

# TUNELOVÝ KOMPLEX BLANKA A VYBRANÁ POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ

## BLANKA COMPLEX OF TUNNELS – SELECTED FIRE SAFETY EQUIPMENT

PETR KEJKLIČEK

### ABSTRAKT

Dnešní velkoměsta se již neobejdou bez dopravy umístěné do podzemí. Podíváme-li se kamkoliv do světa, tak doprava postupně mizí v tunelových sítích. Tento proces není novodobý. Typickým představitelem je metro, které je ve velkých aglomeracích nejrozšířenějším podzemním dopravním systémem. S rostoucím počtem obyvatel ve městě a tím i rostoucím počtem automobilů se trend podzemních silničních komunikací stává čím dál tím víc aktuální. Společně s městskými okruhy tunely přispívají ke zklidnění dopravy v centrech měst a usnadňují průjezd rozsáhlými aglomeracemi. Předpokladem toho, že účastníci provozu budou podzemní komunikace využívat, je jejich důvěra v bezpečný průjezd a v případě nehody bezproblémové vyřešení této situace. Z těchto důvodů jsou novodobé tunely vybavovány složitými systémy, které hlídají bezpečný pohyb dopravních prostředků a usnadňují řešit komplikace, které mohou vlivem nepozornosti řidiče nebo z důvodu technické závady v tunelu vzniknout. V tunelech se nacházejí, mimo jiné, systémy pro odvod tepla a kouře, které eliminují tepelné namáhání konstrukcí, umožňují bezpečnou evakuaci a zásah jednotek HZS. Tunely jsou také protkány hustou sítí kabelů, které procházejí požárními úseky, na jejichž hranicích se musí požárně těsnit. To vše je i součástí tunelového komplexu Blanka, který vzhledem ke svému ojedinělému rozsahu je technologiemí výborně vybaven.

### ABSTRACT

Today's cities can no more cope without traffic put underground. If we look anywhere in the world, traffic gradually disappears in networks of tunnels. This process is not new. Metro is a typical representative. It is the most common underground transportation system in large agglomerations. With growing population of cities, thus also growing numbers of vehicles, the trend towards underground roads becomes more and more current. Together with city ring roads, tunnels contribute to easing traffic flows on roads in centres of cities and facilitate passage through large agglomerations. A condition for the use of underground roads by road traffic participants is that they will trust in the safe passage through the tunnel and that, in the case of an accident, the situation will be solved without problems. For these reasons current tunnels are equipped with complicated systems watching over the safe movement of means of transport, facilitating solutions to the complications which can originate due to inattentiveness of a driver or because of a technical defect inside the tunnel. In tunnels there are, apart from other things, heat and smoke evacuation systems eliminating thermal loading on structures and allowing for safe evacuation and the intervention of fire rescue service units. Tunnels are, in addition, interwoven with a dense network of cables passing along fire compartments; they have to be provided with fire sleeves at the borders of the compartments. All of that is also part of the Blanka complex of tunnels, which is, with respect to its unique extent, provided with excellent equipment.

### ÚVOD

V současné době je tunelový komplex Blanka největší podzemní silniční dopravní stavbou, která byla realizována v České republice. Jedná se o soustavu na sebe navazujících tunelů (Brusnický, Dejvický a Bubenečský) s celkovou délkou tunelových těles 5,5 km, patřící k nejdélším městským

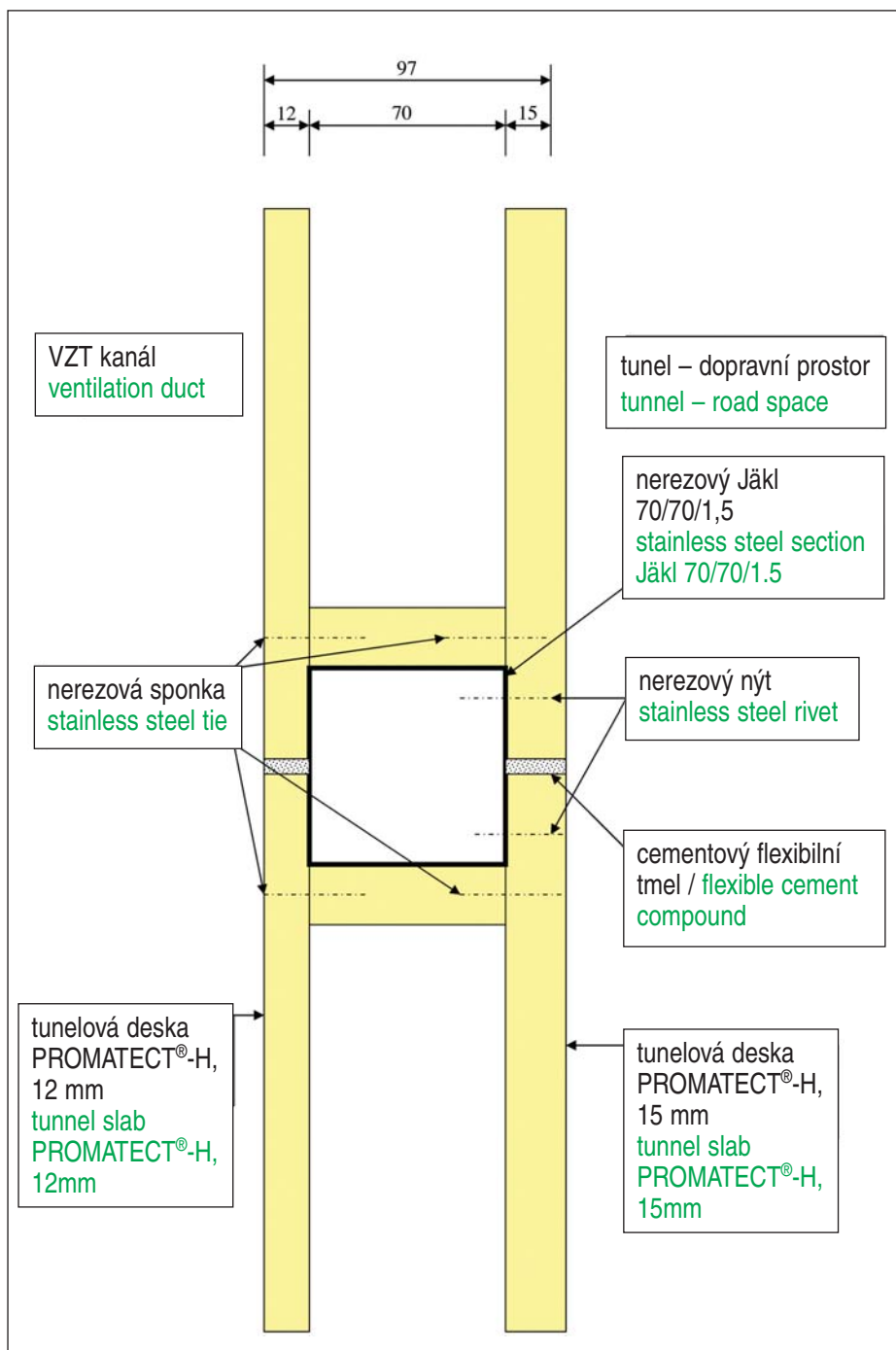


Obr. 1 Otevřený tunelový komplex Blanka  
Fig. 1 Commissioned Blanka complex of tunnels

### INTRODUCTION

The Blanka complex of tunnels is currently the largest underground road project realised in the Czech Republic. It is a series of tunnels linking to each other (the Brusnice, Dejvice and Bubeneč tunnels) with the total length of the tunnel bodies reaching 5.5km, thus belonging among the longest urban tunnels in Europe. Through its parameters the construction ranks among the state-of-the-art and safest projects of this type in the world. In terms of traffic, this complex of tunnels is interconnected with the part of the City Circle Road (the inner circle) realised in the past, containing the Zlíchov, Strahov and Mrázovka tunnels, which have already been in operation for some time. This system gave rise to traffic connection from the Barrandov Bridge on the Southern Link Road up to the municipal district of Troja, where the complex of tunnels is, for the time being, terminated, led to the surface and connected to existing at-grade roads.

The tunnel was open on 19/09/2015 at 14:39 hours, after a relatively short and intimate speech, in Letná. First car



Obr. 2 Schéma konstrukce zákrytů  
Fig. 2 Cover structure chart

tunelům v Evropě. Svými parametry se řadí k nejmodernějším a nejbezpečnějším stavbám tohoto typu na světě. Tento tunelový komplex je dopravně propojen s částí Městského okruhu realizovanou v minulosti a s již nějaký čas provozovanými tunely Zlíchovským, Strahovským a tunelem Mrázovka. Bylo tak vytvořeno dopravní spojení z „jižní spojky“ od Barrandovského mostu až do Troje. Tam je tunelový komplex prozatím ukončen, vyveden na povrch a napojen na stávající pozemní komunikace.

V sobotu 19. 9. 2015 v 14.39 byl po relativně krátkém a komorním proslovu na Letné tunel otevřen a do podzemních prostor vjelo první civilní auto, čímž byla odstartována nová etapa pražské dopravy (obr. 1). Bezpečnost provozu má na starosti velké množství systémů sloužících pro řízení běžného provozu a také při řešení mimořádných událostí. Patří mezi ně zejména dopravní nehody nebo v krajním případě

entered the underground space, thus starting a new stage of Prague traffic (see Fig. 1). The operation safety is taken care of by numerous systems serving to manage common operation and, in addition, to solve extraordinary events. Among them, there are mainly traffic accidents or, in an extreme case, the origination of a fire after an accident or on a vehicle passing along the tunnel. All these systems are fed by power and communicate among each other by means of cable distribution systems passing through fire compartments, which have to be sealed in all fire dividing structures in compliance with requirements of the project fire design. It is necessary in the case of a fire in the tunnel to ensure quick evacuation of smoke from the tunnel by means of effective smoke and heat evacuation systems. In this way the evacuation of people and the intervention of Fire Rescue Service units are secured and facilitated.

### EVACUATION OF SMOKE AND HEAT FROM TUNNEL TUBES OF THE MINED PARTS OF THE BLANKA TUNNEL

Approximately a half of the total length of the tunnels was carried out using the cut-and-cover method, whilst the other half was constructed using mining methods. The system of operating ventilation in the Blanka complex of tunnels is based on a combination of semi-transverse and longitudinal ventilation, using the piston effect of passing vehicles. During the course of the common operation, air is supplied through entrance portals and local intake gates distributed in individual sections of the whole tunnel.



Obr. 3 Nasávací štěrba  
Fig. 3 Suction slot



Obr. 4 Požární těsnění prostupů kabelů  
Fig. 4 Fire-stop sealing of openings for cables

vznik požáru po nehodě či na projíždějícím vozidle. Všechny tyto systémy jsou napájeny elektrickou energií a komunikují mezi sebou pomocí kabelových rozvodů, které procházejí požárními úseky a musí být ve všech požárně dělících konstrukcích utěsněny podle požadavků požárně bezpečnostního řešení stavby. Při požáru v tunelu je nutné zajistit jeho rychlé odvětrání účinnými systémy pro odvod kouře a tepla. Tím se zabezpečí a usnadní evakuace osob a zásah jednotek HZS.

## ODVOD KOUŘE A TEPLA Z TUNELOVÝCH TRUB RAŽENÝCH ČÁSTÍ TUNELU BLANKA

Z celkové délky tunelů byla přibližně polovina tunelových trub prováděna technologií hloubenou a druhá technologií raženou. Systém provozního větrání v tunelovém komplexu Blanka je založen na kombinaci polopříčného a podélného větrání s využitím pístového efektu projíždějících vozidel. Za běžného provozu je vzduch do tunelu přiváděn vjezdovými portály a lokálními přívody po jednotlivých úsecích celého tunelu.

V případě požáru je odvod tepla a zplodin hoření v hloubené části tunelů zajištěn proudovými ventilátory, které jsou osazené ve vrchlíku ostění tunelu.

V ražených úsecích tunelů je navržen nucený odvod tepla a kouře pomocí ventilačních kanálů a ventilátorů. Úkolem těchto kanálů je odvádět vzduch, případně zplodiny hoření při požáru, z vrchlíku tunelového tělesa do spodního, centrálního vzduchotechnického kanálu pod vozovkou. Tento hlavní kanál je napojen na centrální ventilátory, které odsávají v případě požáru kouř a teplo mimo tělesa jednotlivých trub tunelů. Nasávací systémy jsou umístěny ve vzdálenosti cca 80 m v nice betonového ostění ražených tunelů (severní a jižní tubus).

Nasávací štěrby a zakrytí odvětrávacích kanálů jsou vytvořeny speciální technologií Promat, navrženou a realizovanou přímo pro tento typ a charakter stavby. Tato polygonová konstrukce, kopírující po cca 500 mm obloukový tvar tunelového ostění, má za úkol uzavřít vzduchotechnické kanály v ostění, které se nacházejí v ostění tunelu. Obvod těchto kanálů je tvořený ze tří stran železobetonovou konstrukcí ostění tunelu, která sama o sobě splňuje požadované parametry požární odolnosti. Oproti tomu čelní strana (vlastní zákryt kanálu) je provedena speciálně navrženou sendvičovou konstrukcí, tvořenou pomocí skladby tunelových desek PROMATECT®-H, v kombinaci s vodorovnými nos-

In the case of a fire, the evacuation of smoke and heat from the cut-and-cover parts of the tunnels is provided by jet fans, which are installed under the tunnel lining vault crown.

In the mined sections of the tunnels, a forced heat and smoke removal system is designed, using ventilation ducts and fans. The task of these ducts is to remove air or combustion products during a fire from the top of the tunnel body and lead it to the central ventilation duct at the bottom. This main duct is connected to central fans, which suck smoke and heat in the case of a fire, and divert them outside individual tunnel tubes. The suction systems are located at the spacing of approximately 80m, in niches in the concrete lining of the mined tunnels (the northern and southern tubes).

The suction slots and the cover of the ventilation ducts are formed using a special technology, Promat, which was designed and realised specifically for this type and character of the structure. The task of this polygonal structure copying at ca 500mm spacing the vaulted geometry of the tunnel lining is to close the ventilation ducts carried out in the tunnel lining. The circumference of these ducts is formed from three sides by the reinforced concrete structure of the tunnel lining, which meets the required fire resistance parameters by itself. In contrast, the front side (the duct cover itself) is carried out using an especially designed sandwich structure formed by means of the composition of PROMATECT®-H tunnel boards in combination with horizontal load-bearing ribs made from closed stainless steel square profiles 70/70/1.5mm or 70/70/2mm. Stainless steel grade 1.4404 ensuring the resistance not only to water but also to contingent aggressive substances was prescribed. The composition of the structure and the suction slot are obvious in Fig. 2 and Fig. 3, respectively.

The requirement for the fire resistance value was set by the designer to be EI30 DPI-S, with the temperature scenario according to the ISO 834 curve. The project owner in addition required resistance to oil products, road salt, frost, water, moisture, mildew etc.

The following two types of the ducts occur on this construction site: ducts in a tunnel tube for two traffic lanes (41 sets) and for three traffic lanes (28 sets).

The procedure of the assembly of the covers comprised anchoring PROMATECT®-H 12mm thick tunnel boards into cut-to-measure PROMATECT®-H boards. Stainless steel closed sections were subsequently anchored with stainless-steel anchors at ca 500mm spacing for the purpose of creating the required polygon copying the tunnel lining vault. The whole system is subsequently closed by a 15mm thick PROMATECT®-H tunnel board for the reason of better mechanical properties.

Structural steel parts of the suction gates were transported to the construction site as semi-finished products and were installed under the tunnel crown as a whole using a lifting mechanism. Level irregularities were removed during the course of the assembly by cement and the smoke tightness parameter was secured at joints with special PROMASE-AL®-Aspray sealant.

The covers were installed in ca 3 months in continually operated shifts, during which 69 double sets were assembled. This assembly proceeded "hand in hand" with the maximum possible detailed preparation and suitable timing



nými žebry z nerezových uzavřených čtvercových profilů 70/70/1,5 mm nebo 70/70/2 mm. Požadavkem byla třída nerezů 1.4404, která zajišťuje odolnost nejenom vůči vodě, ale také i případným agresivním látkám. Skladba konstrukce je patrná na obr. 2 a nasávací šterbina na obr. 3.

Požadavek požární odolnosti byl stanoven projektantem na hodnotu EI30 DP1-S s teplotním scénářem podle křivky ISO 834. Investor také požadoval odolnost vůči ropným produktům, posypovým solím, mrazu, vodě, vlhkosti, plísním, apod.

Na této stavbě se vyskytují dva druhy těchto kanálů, a to kanály v tunelové trubě pro dva průjezdné pruhy vozidel (41 sestav) a pro tři průjezdné pruhy vozidel (28 sestav).

Postup montáže zákrytů probíhal tak, že do přířezů z desek PROMATECT®-H byly ukotveny tunelové desky PROMATECT®-H o tl. 12 mm. Následně pomocí nerezových kotev byly kotveny nerezové uzavřené profily ve vzdálenosti cca 500 mm z důvodu vytvoření požadovaného polygonu kopírujícího ostění klenby tunelu. Celý systém je pak uzavřen tunelovou deskou PROMATECT®-H tl. 15 mm z důvodu lepších mechanických vlastností.

Ocelové konstrukční části nasávacích otvorů byly na stavbu dopraveny jako polotovary a pomocí zdvižného mechanismu jako celek osazeny do vrchlíku tunelu. Vlastní nerovnosti při montáži byly vyrovnány cementovým tmelem a parametr kouřotěsnosti byl zajištěn v místě spojů speciální stěrkovou hmotou PROMASEAL®-Aspray.

Montáž zákrytů probíhala v 24hodinovém nepřetržitém provozu cca 3 měsíce, kdy bylo celkem namontováno 69 zdvojených sestav. Tato montáž šla „ruku v ruce“ s maximální možnou detailní přípravou a vhodným načasováním dodávek veškerých komponentů určených pro zákryty včetně přesného formátování přířezů z tunelových desek PROMATECT®-H.

Zajímavostí je, že vzhledem k požadovaným pevnostním charakteristikám na nosné nerezové uzavřené čtvercové profily nebylo možné tunelové desky PROMATECT®-H kotvit klasickou technologií (tj. vruty se zápusťnou hlavou). Byl proto zvolen netradiční způsob kotvení pomocí nerezových nýtů, který se v praxi výborně osvědčil.

## POŽÁRNÍ TĚSNĚNÍ INSTALACÍ A SPÁR V TUNELOVÉM KOMPLEXU BLANKA

Další oblastí pasivní požární bezpečnosti bylo komplexní řešení veškerých požárních dotěsnění všech druhů instalací a spár procházejících přes jednotlivé požární předěly. To, že těchto míst bude značné množství, vyplynulo z velkého počtu technologických zařízení, která se ve stavbě vyskytují a jsou navzájem propojena hustou sítí kabeláže. Celý tunelový komplex má sedm technologických center zajišťujících kompletní chod tunelu a 23 technologických propojení tunelových trub. To jsou právě ta místa v tunelu, kde je extrémní množství rozvodů technologií, převážně kabelů, procházejících přes jednotlivé požární předěly do dalších požárních úseků. Parametr požární odolnosti požárních ucpávek a spár byl z požárně bezpečnostního řešení stanoven na hodnotu EI90. Prvotním úkolem bylo vytvořit tzv. vstupní pasportizaci s popsáním jednotlivých prostupů a stanovení nejvhodnější technologie systémů Promat. Navržené požární ucpávky v daných prostorách kombinují systémová řešení do suchého a také do vlhkého prostředí. Do vlhkých míst (pod úroveň komunikace tunelového tělesa) byly nejčastěji použity deskové přepážky tvořené hydrofobizovanou minerální vlnou

of the supplies of all components designed for the covers, including precise formatting of the cut-to-measure PROMATECT®-H tunnel boards.

It is an interesting fact that it was not possible to anchor the PROMATECT®-H tunnel boards using the classical technology (i.e. screws with countersunk heads) with respect to the strength-related characteristics prescribed for the load-bearing closed stainless steel square profiles. For that reason a non-traditional way of anchoring with stainless steel rivets was chosen, which excellently proved itself in practice.

## FIRE-STOP SEALING OF INSTALLATIONS AND JOINTS IN BLANKA COMPLEX OF TUNNELS

The comprehensive solution to the completion of fire-stop sealing of all kind of installations and joints passing through individual fire barriers was another area of passive fire safety. The fact that the fire-stop points will be plentiful followed from the large number of equipment sets existing in the construction, which are interconnected by a dense network of cables. The whole complex of tunnels has got seven technology centres ensuring the complete operation of the tunnel and 23 technology links between the tunnel tubes. They are just the places in the tunnel where there are extreme numbers of technology distribution lines, mostly cables, passing through individual fire barriers to other fire compartments. The parameter of the fire resistance of fire-stop sealing points and joints was set in the fire design at EI90. The primary task lied in carrying out the so-called condition survey describing individual passages and determining the most



Obr. 5 Požární těsnění prostupů kabelů  
Fig. 5 Fire-stop sealing of openings for cables



Obr. 6 Spára s požární odolností v klenbě tunelu pod garážemi Prašný most  
Fig. 6 Fire resistant joint at the tunnel crown under Prašný Most Bridge garages

a stěrkovou hmotou PROMASEAL®-Aspray. Oproti tomu do suchého prostředí (nad úroveň komunikace tunelového tělesa) byly aplikovány systémy minerální vlny se stěrkou PROMASTOP®-I. Ukázky požárního těsnění vstupů kabelů jsou zobrazeny na obr. 4 a 5.

Podobné principy návrhů a montáží platily i při těsnění některých stavebních a dilatačních spár. Zajímavostí bylo, že ve vzduchotechnických kanálech vzhledem k vysoké vlhkosti a nutnosti umožnit dilatace spáry ve všech třech možných směrech byla použita speciální technologie vkládaného dílce Promat®, následně mechanicky kotveného ve spáře nerezovými příponkami. Příklad spáry s požární odolností v klenbě tunelu pod garážemi Prašný most je na obr. 6.

V rámci finální pasportizace při předání se dospělo k jistě zajímavému celkovému číslu 3506 ks požárního těsnění instalací a spár.

Další oblastí pasivní požární odolnosti byla ochrana vzduchotechnického plechového potrubí u požárních klapek. Doizolování potrubí ke klapkám se provádělo systémem desek PROMATECT®-L500. V místech dělicích příček v propojovacích chodbách nad průjezdnými vraty určených pro hasičskou techniku byly použity konstrukce z desek PROMATECT®-H.

## ZÁVĚR

Vlastní výstavba takto rozsáhlé stavby byla pro všechny zúčastněné subjekty, podílející se na realizaci, velmi náročná. Každý se ve své oblasti potýkal se spoustou těžkostí. Je dobrou zprávou, že se dílo podařilo. Málokdo z uživatelů ví, co se nachází za ostěním tunelu, v propojovacích chodbách a technologických centrech. Jaké složité systémy bdí nad jejich bezpečností. Je nutné posilovat obecné povědomí, že podzemní stavby jsou bezpečné, a že velké aglomerace se s rostoucím počtem obyvatel a dopravních prostředků bez podobných staveb neobejdou. Stačí se podívat kolem sebe do blízkého evropského světa. První měsíce provozu ukazují, že Tunelový komplex Blanka má nezastupitelné místo v současné i budoucí dopravní infrastruktuře Prahy a přispěl k lepší dopravní obslužnosti. Lze jen doufat, že v brzké budoucnosti budou realizovány další navazující dopravní stavby, které dále posunou dopravu v hlavním městě na ještě vyšší úroveň.

Ing. PETR KEJKLÍČEK, kejklicek@promatpraha.cz,  
Pomat s.r.o.

Recenzovali / Reviewed: Ing. Vladimír Petržílka,  
prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.

suitable technology of the Promat systems. The fire seals designed for particular rooms combined the system solutions for both dry and wet environments. Barriers formed by hydrofobised mineral wool and PROMASEAL®-Aspray sealant were applied to wet places (under the roadway level in the tunnel body). In contrast, systems of mineral wool with PROMASTOP®-I sealant were applied to the dry environment (above the roadway level in the tunnel). Examples of fire-stop sealing of cable passages are presented in Figures 4 and 5.

Similar design and assembly principles were applied even to the sealing of some construction and expansion joints. An interesting fact was that a special Promat® segment insertion technology was applied in ventilation ducts with respect to high humidity and necessity for allowing joints to expand in all three possible directions; the segment was subsequently anchored in the joint using stainless steel ties. An example of a fire resistant joint in the tunnel vault under Prašný Most Bridge garages is presented in Fig. 6.

A certainly interesting total number of 3506 places of the fire-stop sealing of installations and joints was arrived at within the framework of the final condition survey during the process of handing over.

The protection steel sheet ventilation ducts at fire dampers formed another area of passive fire resistance. Completing the insulation up to the dampers was carried out using a system of PROMATECT®-L500 boards. Structures from PROMATECT®-H boards were used in the locations of dividing walls in cross passages above gates passable for fire fighting equipment.

## CONCLUSION

The construction itself of such the extensive structure was very challenging for all subjects participating in the realisation. Each of them was faced with lots of problems in their particular areas. It is good news that their work has succeeded. Few users know what is found behind the tunnel lining, in cross passages and technology centres, which complex systems keep watch over their safety. It is necessary to increase the general awareness that underground structures are safe and that, with the population and the number of means of transport growing, big agglomerations cannot cope without similar projects. Just take a look around into the close European environment. The initial months of the operation show that the Blanka complex of tunnels has an irreplaceable role in the current and future transportation infrastructure of Prague and that it has contributed to better transport accessibility. It is only possible to hope that other linking transportation projects will be soon realised to shift transportation in the capital to even a higher level.

Ing. PETR KEJKLÍČEK, kejklicek@promatpraha.cz,  
Pomat s.r.o.