

První off-line inspekce distribučního vysokotlakového plynovodu v ČR

Ing. Petr Kubíček

CEPS a. s.

Ing. Martin Kugler

RWE Distribuční služby, s. r. o.

V dubnu letošního roku uskutečnil CEPS jako generální dodavatel akce unikátní vnitřní inspekci VTL distribučního plynovodu DN 300 zásobujícího Brno a především paroplynovou teplárnu Červený mlýn (obr. 1) o celkovém maximálním elektrickém výkonu 95 MW. Vnitřní inspekce VTL-plynovodu proběhla při plánované odstávce teplárny, v rámci které byla prováděna generální oprava spalovací turbíny SGT-100 (V64.3A). Úplná odstávka teplárny byla naplánována v termínu od 21. března do 29. května 2016. Odstávku teplárny využil provozovatel distribučního plynovodu

RWE GasNet k provedení údržbových a kontrolních prací, tedy k výměně některých nevyhovujících částí potrubí a k vnitřní inspekci celého plynovodu. Současně ji využil i provozovatel přepravní soustavy NET4GAS k opravám předávací a regulační stanice Podolí. Termín obnovení dodávky zemního plynu do teplárny byl pevně stanoven na 10. května 2016, kdy měly být zahájeny „horké“ zkoušky plynové spalovací turbíny. Převážná část trvání plánované odstávky plynovodu trvající 50 dní byla rezervována pro čtyři souběžně prováděné stavby (zmíněné údržbové práce), jejichž dodavatelem byl Moravský Plynostav. V rámci těchto čtyř staveb byla provedena výměna šestnácti továrních ohybů a cca 110 běžných metrů VTL-plynovodu DN 300. Časový prostor pro provedení samotné vnitřní inspekce a souvisejících prací tedy činil „šibeničních“ deset dní.

Provedení této inspekce bylo unikátní hned z několika důvodů:

- Hlavním cílem vnitřní inspekce byla velmi přesná specifikace geometrických parametrů průběhu potrubí a zjištění případných korozních úbytků materiálu v jeho stěně.



Obr. 1. Teplárna 95 MWe Červený mlýn, Brno

- Inspekce byla provedena na VTL distribučním plynovodu, který nebyl vyprojektován a postaven jako čistitelný a tedy ani inspektovatelný.
- Pohon inspekčního nástroje byl ve srovnání se standardní metodou, kdy jsou inspekční nástroje unášeny proudem přepravovaného média, zajištěn náhradním médiem – vodou.
- V rámci projektu byly použity speciální technologie, které se v České republice standardně nevyužívají, nebo byly aplikovány poprvé v historii. Jednalo se jak o samotnou off-line inspekci, tak o proces chemického čištění plynovodu a využití dusíkové inertizační směsi při odplyňování potrubí.

Inspektovaný VTL-plynovod DN 300 PN 40 byl postaven v roce 1997. Trasa plynovodu o délce cca 5,3 km je vedena převážně zastavěným územím města Brna, ve směru od trasového uzávěru Soběšice do teplárny Červený mlýn. Na trase plynovodu jsou vysazeny čtyři odbočky pro zásobování regulačních stanic a jedna odbočka pro napojení plynovodu „Obchvat Brno–východ“. V době výstavby plynovodu Soběšice – Červený mlýn nebylo bráno v úvahu, stejně jako u většiny VTL-plynovodů v České republice, že v budoucnu vznikne potřeba plynovod čistit a provádět jeho vnitřní inspekci. Tomu odpovídala i volba materiálu a provedení plynovodu, zejména oblouků a odboček. Úspěšný průchod čistících a inspekčních nástrojů potrubím proto přes všechnu přípravu a provedená opatření předem garantován být nemohl.

Průběh celého projektu je chronologicky popsán v následujícím textu.

Odstavení VTL-plynovodu z provozu

Veškeré rozpojovací práce „pod plynem“ provedla skupina speciálních technologií společnosti RWE Distribuční služby s využitím metody přerušení průtoku v plynovodech uzavíracími balony (obr. 2).

Odstavení VTL-plynovodu bylo provedeno po částech s cílem co nejdéle zachovat v provozu distribuční regulační stanici Dusíkova pro zásobování města a to s ohledem na probíhající přechodné období topné sezóny. První část plynovodu o délce

3,2 km byla odstavena v rámci výše uvedených čtyř staveb. Odplynění první části bylo provedeno přímou metodou s využitím vzduchu.

Poznámka: Při přímém odplyňování se plyn vytěsňuje z potrubí přímo proudem vzduchu, zatímco při nepřímém odplyňování se plyn vytěsňuje nejprve inertním plynem a ten následně vzduchem – viz ČSN EN 12327 [1].

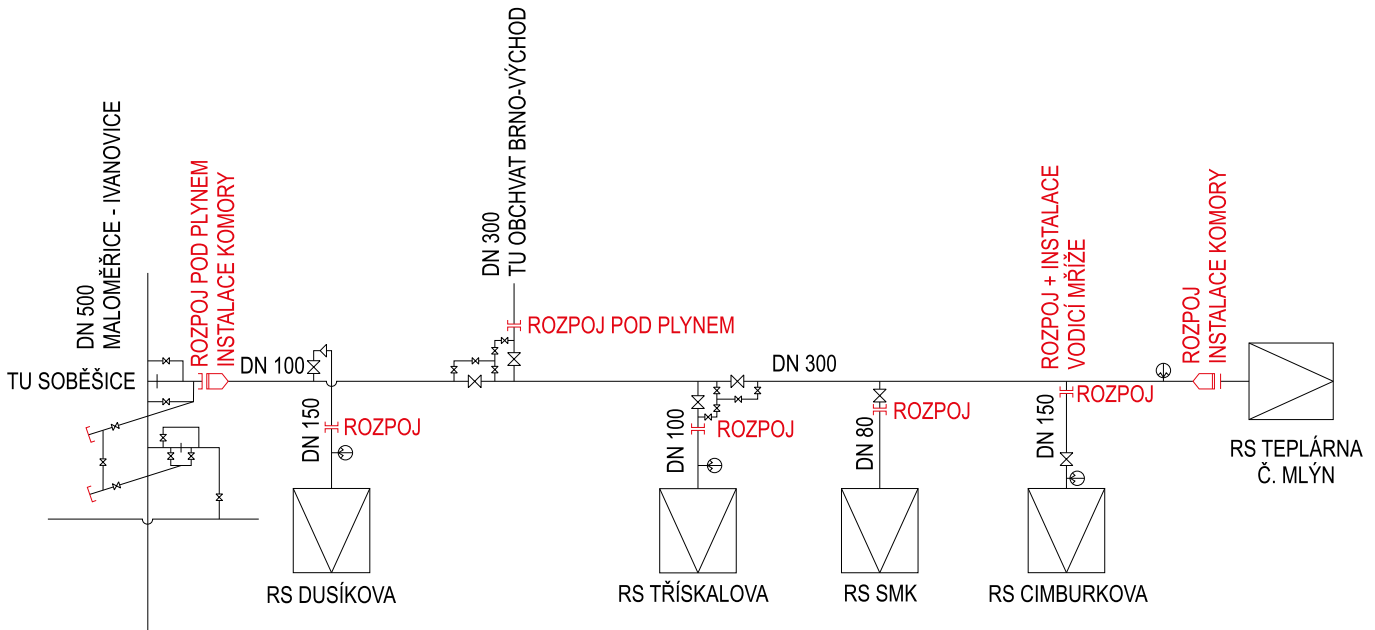
Zbývající část plynovodu o délce 2,1 km byla odplyněna v rámci vnitřní inspekce. Tato část plynovodu byla již odplyněna nepřímou s využitím inertizační dusíkové směsi. Použitím inertizačního plynu bylo zcela zabráněno vzniku výbušné směsi v potrubí, což zásadně přispělo ke zvýšení bezpečnosti a rychlosti procesu odplyňování. Inertizační směs byla vyráběna přímo na staveništi mobilním generátorem s výkonem 1 100 m³/hod. (obr. 3) pracujícími technologiemi membránové separace dusíku z atmosférického vzduchu. Tato technologie byla podrobně popsána v předložském ročníku časopisu Plyn [2].



Obr. 2. Rozpojování potrubí u TU Soběšice



Obr. 3. Mobilní generátor inertizační směsi



Obr. 4. Schéma úprav plynovodu

Dočasné úpravy potrubí

Jak již bylo uvedeno v úvodu článku, dotčený VTL-plynovod nebyl postaven tak, aby bez úprav umožňoval průjezd čistících a inspekčních nástrojů. Proto bylo nezbytné plynovod na obou koncích dočasně vybavit speciálními komorami pro odesílání a příjem čistících a inspekčních nástrojů. Vzhledem ke specifickým, diametrálně odlišným nárokům na koncové komory při různých fázích prací, tedy při provádění mechanického čištění, kalibrace, chemického čištění, off-line inspekce a sušení potrubí, bylo nutné navrhnout a vyrobit soupravu šesti přírubových nástavců, ze kterých bylo možné pro každou z uvedených činností operativně sestavit koncové komory požadovaných parametrů. Na každý konec plynovodu byl přivařen pouze jeden nástavec, ke kterému se ostatní potřebné specifické díly připojovaly operativně pomocí přírubových spojů. V rámci úprav plynovodu bylo rovněž provedeno odpojení a zaslepení všech pěti odboček (obr. 4).

Čištění a kalibrace potrubí

Průchodnost plynovodu pro inspekční nástroje se před vlastní inspekcí ověřuje průjezdem čistícího a kalibračního pístu. Poškozená kalibrační deska, popřípadě čistící píst uvízlý v potrubí může znamenat předčasné ukončení celého projektu. Výsledek čištění a následné kalibrace potrubí byl proto pro zainteresované strany zásadní událostí, které se osobně zúčastnila řada účastníků projektu.

Čištění již odplyněného potrubí bylo provedeno lamelovým pístem, který byl v potrubí posouván stlačeným vzduchem. Čistící píst vynesl z potrubí po pěti hodinách chodu cca 8 kg nečistot (!), které svou barvou a konzistencí připomínaly vlhkou betonovou směs (obr. 5). Z nečistot vyjmutých z potrubí byl odebrán vzorek pro provedení laboratorního rozboru. Vzhledem k tomu, že skutečná doba čištění byla o celé dvě hodiny delší než doba průchodu pístu ježka stanovená výpočtem, o výsledek kalibrace se v té chvíli začali obávat i ti největší optimisté, pesimisté byli klidní.

Doba průjezdu kalibračního pístu však již odpovídala plánovaným předpokladům. Po otevření komory v podvečer 20. dubna v 18.36 hod. a po vyjmutí pístu se všem zúčastněným velmi ulevilo a pesimisté byli překvapeni – kalibrační deska žádná významná poškození nevykazovala (obr. 6).

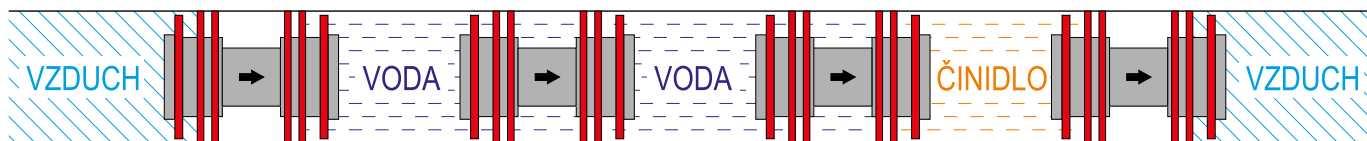
PLYN.VCVI.2016



Obr. 5. Kalibrační píst

Chemické čištění

Chemické čištění je další z operací, které měly v Brně svojí plynárenskou premiéru. Cílem chemického čištění bylo odstranění zbytků oleje a kondenzátu z vnitřního povrchu potrubí tak, aby následně nemohlo dojít ke kontaminaci 700 m³ vody, použité pro pohon inspekčních nástrojů. Čištění bylo provedeno průjezdem plynovodu tzv. „čisticím vlakem“ (obr. 7) sestaveným ze čtyř oddělovacích lamelových pístů, mezi které byla načerpána jedna chemická a dvě výplachové dávky. Principem chemického čištění bylo rozpouštění zbytků oleje do chemického činidla PETROSOL a jejich následný výplach z potrubí. Posun čistícího vlaku potrubím byl zajištěn stlačeným vzduchem. Použitý čistící roztok a výplachová voda byly po ukončení čištění ekologicky likvidovány jako nebezpečný odpad (obr. 8–9).



Obr. 7. Schéma „čisticího vlaku“



Obr. 6. Skupina optimistů po přjezdu kalibračního pístu, stále nevěřící pesimisté postávají mimo záběr



Obr. 8. Stáčení čisticího roztoku do cisterny

Inspekční nástroje

Hlavním cílem vnitřní inspekce byla velmi přesná specifikace geometrických parametrů potrubí, zejména pak stávajících továrních ohybů, a zjištění případných korozních úbytků materiálu ve stěně potrubí.

Na základě specifických požadavků provozovatele plynovodu byly nizozemskou společností ROSEN sestaveny dva inspekční nástroje. První nástroj byl vybaven zařízením pro geografické mapování trasy plynovodu a provádění geometrické inspekce potrubí. Druhý nástroj byl vybaven zařízením pro měření anomálií potrubí metodou rozptylu magnetického pole (dále MFL) a stejně jako první nástroj zařízením pro geografické mapování trasy plynovodu. Zdvojení zařízení pro geografické mapování trasy plynovodu bylo společně se zvýšením hustoty referenčních bodů provedeno záměrně, s cílem dosáhnout co nejvyšší přesnosti geografického mapování.

Jako referenční body byly podle okolností použity buď přístupné obvodové svary, nebo magnetické markery instalované přímo na potrubí, případně elektronické markery nadzemní. Pro dosažení vysoké přesnosti geografického mapování trasy plynovodu bylo nutné osadit referenční body v rozestupu maximálně 250 m a jejich polohu geodeticky zaměřit diferenciálním přístrojem GPS (DGPS) (obr. 10).

Poznámka: Diferenciální GPS (DGPS) je jedním ze způsobů, kterými lze zpřesnit výsledky měření v systému GPS.



Obr. 9. Rozebírání „čisticího vlaku“

Pohon inspekčních nástrojů

Další z řady operací, které bylo v Brně nutné vzhledem k podmínkám provést netradičně, byl pohon inspekčního nástroje. Při standardní on-line inspekci je inspekční nástroj unášen v proudu přepravovaného média. I kdyby byl plynovod vybaven pro vnitřní inspekci (dostatečně dlouhé čisticí komory – délka inspekčního nástroje činila cca 3 m), vzhledem k odstávce teplárny nebylo možné zajistit dostatečný odběr zemního plynu pro pohon inspekčního nástroje. Navíc již byl plynovod odstaven a odpojen pro čtyři souběžně realizované stavby. Provádění on-line inspekce až po ukončení odstávky teplárny, tedy za běžného provozu, se jevílo rizikové s ohledem na možnost uvíznutí inspekčního nástroje. Kromě toho tento konkrétní plynovod není pro provedení on-line vnitřní inspekce příliš vhodný, protože změny tlaku způsobené pohybem inspekčního nástroje by mohly negativně ovlivnit režim chodu regulační stanice teplárny. Proto byla provedena inspekce off-line, při které bylo pro pohon inspekčního nástroje využito médium alternativní. Obecně se plynulého pohybu potřebného pro správnou funkci inspekčního nástroje v potrubí dosahuje použitím pokud možno co nejméně stlačitelného hnacího média. Z tohoto důvodu byla jako hnací médium pro oba inspekční nástroje zvolena voda.



Obr. 10. Zaměřování markerů přístrojem DGPS

Optimální výsledky měření poskytují inspekční nástroje při rychlosti pohybu cca 1 m/s. Pro dosažení této rychlosti nástroje v potrubí DN 300 je nutné zajistit čerpání 276 m³ vody za hodinu, přičemž do potrubí o délce 5,3 km bylo při každém inspekčním běhu nutné načerpat 400 m³ vody. Pro doplnění informace je třeba uvést, že rozdíl nadmořských výšek nejvyššího a nejnižšího bodu plynovodu činí 150 m, což odpovídá hydrostatickému tlaku 15 bar. Po připočtení hydraulických tlakových ztrát a tlaku potřebného k překonání odporu inspekčního nástroje činí potřebný tlak na výtlaku čerpadla cca 25 bar.

V blízkosti teplárny se bohužel nenachází žádný přírodní zdroj vody, ze kterého by bylo možné vodu pro potřebu inspekce odebírat. Díky vstřícnému přístupu pracovníků Tepláren Brno byla zvládnuta i tato komplikace. Teplárny Brno poskytly pro provedení inspekce nepoužívanou nádrž na LTO o objemu 5 000 m³. Před použitím bylo nutné nádrž nejprve dokonale vyčistit od zbytků LTO a dále vybavit dostatečně kapacitním sacím potrubím (obr. 11–12).



Obr. 11. Montáž sacího potrubí



Obr. 12. Nádrž, čerpadlo a inspekční nástroje

Pro čerpání vody použil CEPS speciální, na zakázku postavené čerpadlo, poháněné úctyhodným šestiválcovým turbo-diesellovým motorem Caterpillar s objemem válců 18,1 l a výkonem necelých 600 kW. K nádrži bylo čerpadlo připojeno sacím potrubím DN 200. Připojení výtlaku čerpadla ke startovací komoře bylo provedeno mobilním potrubím DN 150 PN 63 přes areál teplárny o délce cca 200 m. Inspekční nástroj byl předem vložen do příslušného dílu startovací komory, který byl následně připojen k nástavci přivařenému na potrubí.

Běh prvního inspekčního nástroje byl naplánován na pátek 22. dubna 2016. V tento den opět zavládl mezi zúčastněnými lehká nervozita (pouze u optimistů, pesimisté zůstávali klidní). Průchodnost potrubí pro inspekční nástroj totiž zdaleka nelze považovat za zcela zaručenou, a to i přesto, že byla v předstihu ověřena průchodem pístu s kalibrační deskou. Tolerance lehkého a krátkého kalibračního pístu k překážkám v potrubí je ve srovnání s těžkým a téměř 3 metrovým inspekčním nástrojem mnohem příznivější. Pravděpodobnost uvíznutí inspekčního nástroje je tudíž vyšší, než v případě ježka s kalibrační deskou (obr. 13).



Obr. 13. „Nabíjení“ inspekčního nástroje do komory

První inspekční běh byl odstartován ze startovní komory v areálu teplárny ve 12.30 hod. Při jízdě vydával geometrický inspekční nástroj zvuk připomínající řev motoru závodní formule, díky čemuž bylo snadné monitorovat jeho průjezdy lokalitami s odkopaným potrubím. Po překonání čtyřpruhové komunikace Velkého brněnského městského okruhu již začala nervozita zúčastněných optimistů opadávat. Pravděpodobnost

uvíznutí pístu pod frekventovanou komunikací Velkého městského okruhu byla sice minimální, nicméně záchrana uvízlého inspekčního nástroje právě pod touto komunikací by vůbec nebyla jednoduchá a pravděpodobně proto se zde shromáždila i nepočtená skupina tábora zbývajících pesimistů, kteří poté konvertovali k optimistům. Jízda prvního inspekčního nástroje byla zakončena po 90 minutách hladkým přistáním v dojezdové komoře u trasového uzávěru Soběšice.

Běh druhého inspekčního nástroje (MFL) byl naplánován na následující den. Tentokrát již o úspěchu prakticky nikdo nepochyboval. Průběh inspekčního běhu se od předchozího téměř nelišil. Jediným patrným rozdílem byla změna zvuku, který při pohybu inspekčního nástroje vydával. Zvuk těžšího MFL nástroje spíše připomínal dunění rozjetého nákladního vlaku a řada přítomných tak mohla pochopit, jak byl Antonín Dvořák při své tvorbě inspirován jízdou a zvuky vlaku. Jízda druhého inspekčního nástroje byla rovněž zakončena hladkým přistáním v dojezdové komoře, což však už nikoho nepřekvapilo (obr. 14–15).

Po dojezdu každého z obou nástrojů byla načtena naměřená data. Konzistence naměřených dat byla ověřena kontrolními algoritmy. Vyhodnocení naměřených dat je časově velmi náročné a bude k dispozici nejdříve začátkem července 2016. Po vyhodnocení výsledků inspekce se k této problematice určitě vrátíme v některém dalším čísle časopisu Plyn, mimo jiné i proto, že se jedná o první úspěšnou inspekci distribučního plynovodu v cca 170leté historii českého plynárenství.



Obr. 14. Dojezd inspekčního nástroje

Sušení potrubí

Základním předpokladem pro následný spolehlivý provoz plynovodu po provedené inspekci je jeho vysušení. Odstranění zbytkové vody z potrubí se mimo jiné zabráňuje vzniku a rozvoji vnitřní koroze a provozním problémům se zamrznutím vody v regulátorech tlaku plynu. Sušení bylo provedeno technologií vhánění vysoce suchého vzduchu do potrubí. Pro sušení byl využit vysoce suchý vzduch vyrobený mobilním generátorem přímo na staveništi (obr. 16). Účinnost sušení byla zvýšena pravidelnými průjezdy molitanových pístů potrubím, které rovnoměrně roztíraly zbytkovou vodu po celém vnitřním povrchu trubky a tím zvětšovaly její výparnou plochu. Potrubí plynovodu bylo vysušeno v souladu s požadavky TPG 702 11 [3] na teplotu rosného bodu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr. 15. Čištění inspekčního nástroje po akci



Obr. 16. Generátor vysoce suchého vzduchu

Závěrečné práce, zpětné uvedení do provozu

Po dokončení vnitřní inspekce byl proveden chemický rozbor vody použité pro pohon inspekčních nástrojů. Chemickým rozбором byla potvrzena vysoká kvalita provedeného chemického čištění potrubí, neboť použitá voda ve sledovaných parametrech splňovala požadavky na vodu odpadní a nemusela být tudíž likvidována jako nebezpečný odpad. Chemické čištění bylo tedy velice přínosné i z ekologického hlediska, neboť jeho provedením bylo zabráněno vzniku velkého množství (700 m^3) nebezpečného odpadu. Vyprázdňená nádrž byla následně odborně vyčištěna a předána zpět provozovateli (obr. 17).



Obr. 17. Čištění vnitřku nádrže po inspekci

Zemní a montážní práce potřebné pro projekt prováděl Moravský Plynostav. Propojovací práce „pod plynem“ a odvzdušnění plynovodu provedla společnost RWE Distribuční služby. Uvedení plynovodu do původního stavu včetně napuštění zemním plynem bylo provedeno v souladu s harmonogramem projektu. Po včasné zprovoznění VTL-plynovodu bylo v teplárně možné přistoupit k zahájení „horkých“ zkoušek plynové spalovací turbíny.

Poděkování

Závěrem bychom rádi vyjádřili poděkování pracovníkům Tepláren Brno – Ing. Ludkovi Ondrouškovi a Miroslavu Maškovi za jejich pomoc a pozitivní přístup, čímž velkou měrou přispěli ke zdárnému průběhu celého projektu.

Seznam literatury

- [1] ČSN EN 12327 (38 6414) Zařízení pro zásobování plynem – Tlakové zkoušky, postupy při uvádění do provozu a odstavení z provozu – Funkční požadavky, článek 3.1.15
- [2] Brynych, A.; Crha, P.: Bezpečnější vyprazdňování potrubí přepravujících hořlavé plyny a kapaliny, Plyn, 94, 2014, 57–63
- [3] TPG 702 11 Čištění a sušení plynovodů všech tlakových úrovní po výstavbě, článek 9.1.2

Lektorovali: Ing. Václav Herman, Ing. Tomáš Krása



Ing. Petr Kubíček (*1971)

Vystudoval obor vodní hospodářství a vodní stavby na stavební fakultě ČVUT v Praze. V období 1995–2011 se věnoval projektování plynárenských zařízení. Od roku 2011 působí ve společnosti CEPS a. s., v současné době jako zástupce technického ředitele.



Ing. Martin Kugler (*1964)

Vystudoval Fakultu strojní ČVUT Praha, od roku 1988 pracoval ve společnosti Plynoprojekt. Od roku 2012 působí jako vedoucí projektování v RWE Distribuční služby, s. r. o.

Summary:

Martin Kugler, Petr Kubíček:

The First Off-line Inspection of a Distribution High-pressure Gas Pipeline in the Czech Republic

April 2016 saw a unique in-line inspection of a DN 300 high-pressure distribution gas pipeline that supplies Brno and, primarily, the Červený mlýn combined cycle CHP plant. The inspection was carried out on a gas pipeline that had not been built as a cleanable, and therefore piggable, pipeline. Compared with the standard

method where the inspection tools are carried by the flow of the transported utility, here the inspection tool was driven by a substitute utility, water. The key objective of the in-line inspection was specifying very accurately the geometrical parameters along the entire length of the pipeline and identifying any metal loss in pipe walls due to corrosion. The project employed special technologies that are not normally used in the Czech Republic, or that were applied for the first time ever. They included the off-line inspection, the process of the chemical cleaning of the pipeline and the use of a nitrogen-based inertisation mixture for gas expulsion from the pipeline.

XIII. Kongres SIMONE

Už po třinácté se konal Kongres SIMONE, což je jediná pravidelná konference v Evropě zaměřená na simulaci a modelování plynárenských sítí. Jeho cílem je společné setkání všech, kteří se zabývají, ať už na poli teoretickém či praktickém, výpočtovou podporou přepravy či distribuce plynu, a dále pak vytvoření vhodného zázemí pro vzájemnou výměnu znalostí a zkušeností. Tato setkání se ustálila ve velmi neformální podobě, podporující volnou živou diskusi pokrývající široké spektrum teoretických i praktických aspektů výpočtů a řízení přepravy a distribuce plynu.

Letošní ročník byl výroční, neboť první Kongres se konal přesně před dvaceti pěti lety v německém Rothenburgu na řece Tauber. Tohoto prvního setkání se účastnilo celkem 20 delegátů, většina z nich byli autoři systému SIMONE. Jak se Kongres dostával do povědomí plynárenské komunity, rostl i počet účastníků, a na letošní, 13. setkání přijelo celkem 108 delegátů z 22 zemí celého světa. Nejdlejší cestu museli letos urazit účastníci z Texasu, Sibíře, Alžíru a Tunisu.



Konference proběhla v Krakově a to i díky podpoře polského operátora přepravní sítě, společnosti Gaz-System. Bohatý pracovní program byl doplněn neméně bohatým sociálním programem, kdy se galavečeře podávala 120 metrů pod zemí v solném dolu Wieliczka. S večerí byla spojená exkurze, na které zkušební průvodci provedli účastníky po malé části ohromujícího komplexu dolů, ve kterém je například podzemní katedrála, jezera i sochy, všechno vytesané ze soli.

Prezentace delegátů zodpovídaly mnoho otázek z oblasti přepravy a distribuce plynu. Nás samotné, jako autory SIMONE, nepřestává překvapovat spektrum nápadů a vylepšení, k čemu všemu se dá software pro simulaci plynárenských sítí využít.