

## VÝROBA PLYNU V ČECHÁCH VČERA, DNES A ZÍTRA

Karel Ciahotný<sup>a</sup>, Josef Grischa Kahlen<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Ústav plyných a pevných paliv a ochrany ovzduší, VŠCHT Praha, Technická 5, Praha 6

<sup>b</sup>PDI a.s., Klimentská 22, Praha 1

Karel.Ciahotny@vscht.cz

Česká republika patří v oblasti plynárenství k nejvyspělejším zemím světa. Výroba plynu z uhlí zde byla zahájena již v roce 1847 a od té doby se intenzivně rozvíjela. Zpočátku se plyn používal k osvětlování ulic, proto byl označován jako svítiplyn. Záhy se jeho použití rozšířilo i do dalších oblastí, např. k ohřevu vody a k vytápění, ale i k praní a mandlování prádla a k řadě jiných činností. K významné změně došlo v první polovině 20. stol., kdy byl vyvinut proces zplynění uhlí, který začal nahrazovat méně dokonalé postupy výroby plynu karbonizací. První tlaková plynárna v Čechách byla uvedena do provozu během 2. sv. války v Záluží u Litvínova a zásobovala plynem nejen místní chemické závody, ale prostřednictvím vysokotlakého plynovodu také velká města ve svém okolí. Další tlakové plynárny pak byly zprovozněny v padesátých letech v Úžíně a začátkem sedmdesátých let ve Vřesové. Výroba svítiplynu v Čechách v té době dosáhla objemu téměř 4 mld. m<sup>3</sup>/a. Stavba tranzitní plynárenské soustavy ze Sovětského svazu do zemí střední a západní Evropy a její zprovoznění v první polovině 70. let znamenalo útlum výroby svítiplynu a jeho nahrazování zemním plynem. Proto byly tlakové plynárny postupně odstavovány; poslední plynárna, ve Vřesové, ukončila provoz v létě 2020. Technologie výroby plynu jsou však v Čechách vyvíjeny i nadále. Bylo realizováno několik zařízení pro zplyňování biomasy a zařízení určených ke zplyňování různých alternativních paliv. Přerušeni dodávek zemního plynu z Ruska v létě 2022 opět oživilo zájem o tyto technologie, zejména v průmyslových podnicích s technologickými procesy s vysokou spotřebou plynu.

*Klíčová slova:* karbonizace, zplynění, syntézní plyn, svítiplyn, zemní plyn

Došlo 07. 11. 2022, přijato 18. 12. 2022

### 1. Úvod

První plynárna na výrobu svítiplynu byla v českých zemích postavena v roce 1847 v Praze-Karlíně<sup>1</sup>. Brzy poté ji následovaly stavby plynáren na dalších místech Prahy, ale i v ostatních městech. Plynárenství na bázi svítiplynu se v Čechách rozvíjelo zejména proto, že zde bylo k dispozici velké množství černého i hnědého uhlí – výborné suroviny k výrobě plynu.

V období po druhé světové válce byla výroba svítiplynu v tzv. karbonizačních plynárnách nahrazena jeho výrobou ve velkokapacitních tlakových plynárnách. To vedlo k podstatnému zvýšení produkce plynu, automatizaci výroby a také k významnému zlepšení pracovních podmínek dělníků zaměstnaných v plynárenských provozech. Bylo zavedeno čištění plynu systémem *Rectisol* (vypírka kyselých plynů podchlazeným methanolem), což vedlo k ekologizaci celého plynárenství (snížení emisí SO<sub>2</sub> vznikajících při spalování plynu).

Poválečný rozvoj plynárenství byl definován v tzv. Vývojovém plánu československého plynárenství, který vypracoval prof. Riedl, významný odborník v oblasti plynárenství působící na VŠCHT Praha<sup>2</sup>. Tento plán byl schválen v roce 1947 na památném zasedání na Kunětické hoře. Plán navrhoval přechod od lokálního zásobování plynem na komplexní systém výroby svítiplynu v centrálních zdrojích (tlakových plynárnách a koksovárnách) a vytvoření republikové sítě vysokotlakých plynovodů.

Zemní plyn začal do Československa proudit tranzitní soustavou v roce 1973<sup>3</sup>.

Se spuštěním tranzitní soustavy bylo nutné řešit přechod českého plynárenství ze svítiplynu na zemní plyn. Proto byly postaveny celkem tři štěpící stanice zemního plynu, které transformovaly zemní plyn na svítiplyn<sup>2</sup>. Ten se dodával do distribučních plynárenských sítí spolu se svítiplynem vyráběným zplyněním uhlí či jeho karbonizací. Postupně tak bylo možné zahájit přechod plynárenství od svítiplynu k zemnímu plynem. Tento proces trval více než 20 let, až do roku 1996. Tím skončila v Čechách éra svítiplynu, která trvala úctyhodných 150 let<sup>4</sup>.

### 2. Výroba svítiplynu karbonizací uhlí

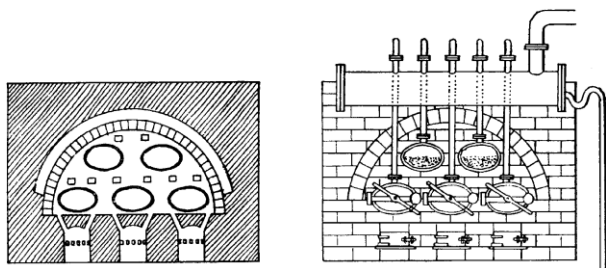
Základní princip výroby plynu v počátcích plynárenství byl založen na odplynění uhlí. Tento proces probíhá za vysokých teplot (obvykle nad 500 °C), kdy je materiál zahříván bez přístupu kyslíku a dochází tak k jeho termickému rozkladu. Přitom se uvolňují plyny a páry (CO, CO<sub>2</sub>, vodík, CH<sub>4</sub> a další plynné uhlovodíky), které tvoří základní hořlavé složky plynu<sup>5</sup>. Protože takto vyráběný plyn byl primárně používán především k osvětlování ulic velkých měst, byl nazván svítiplynem. Jako další produkt vzniká koks, který se používal jako bezdýmné palivo k otopu. Podíl koksu v karbonizačních plynárnách činil cca 70 %, zbytek pak představoval hlavně svítiplyn a v menší míře kapalný podíl (dehet).

První plynárna vyrábějící plyn k osvětlování ulic byla postavena u nás, v Praze-Karlíně, v roce 1847<sup>1</sup>. Osvětlení pražských ulic, ve kterých bylo instalováno celkem 200 plynových lamp, bylo spuštěno v září 1847. Další plynárna na území Čech a Moravy byla postavena

a o rok později uvedena do provozu v Brně a její roční výkon byl 700 tis. m<sup>3</sup> svítiplynu. Osvětlení brněnských ulic bylo spuštěno v lednu 1848. Další plynárny pak byly postaveny v Praze na Smíchově (1857), Ústí nad Labem (1857), Liberci (1858), Opavě (1859), Plzni (1860) a v Prostějově (1860). V dalších letech byly zprovozněny plynárny v celé řadě českých měst. V roce 1870 bylo v Čechách v provozu 24 plynáren, o deset let později to bylo již 40 plynáren, v roce 1890 47 plynáren, v roce 1900 54 plynáren a o deset let později 79 plynáren. Jednalo se však o plynárny malého výkonu s roční výrobou do 150 tis. m<sup>3</sup> svítiplynu<sup>6</sup>. Výjimkou byly plynárny v Praze a v Brně. V Praze byly v roce 1870 čtyři plynárny s celkovou výrobou 20 mil. m<sup>3</sup>, ze kterých cca 12 mil. m<sup>3</sup> bylo používáno k veřejnému osvětlování ulic a 3 mil. m<sup>3</sup> pro vaření a pohon různých plynových strojů. Měrná spotřeba svítiplynu na jednoho obyvatele v Praze dosáhla v této době 53 m<sup>3</sup> za rok<sup>6</sup>. V roce 1938 činila výroba svítiplynu v Praze již 55 mil. m<sup>3</sup>. Následoval rozvoj spotřeby plynu pro pohon motorů, vytápění a pro další účely jak v průmyslu, tak i v domácnostech<sup>6</sup>.

První plynárny pracovaly s ležatými karbonizačními retortami, které byly plněny i vyprazdňovány ručně. Žhavý koks se odvázel koksovými vozíky pod vodní sprchu, kde byl ochlazen na normální teplotu a následně ručně drcen na menší kousky. Podrcený koks byl používán jako palivo v domácnostech.

Schematické znázornění karbonizačních pecí pro výrobu plynu s ležatými retortami<sup>1</sup> je na obr. 1.



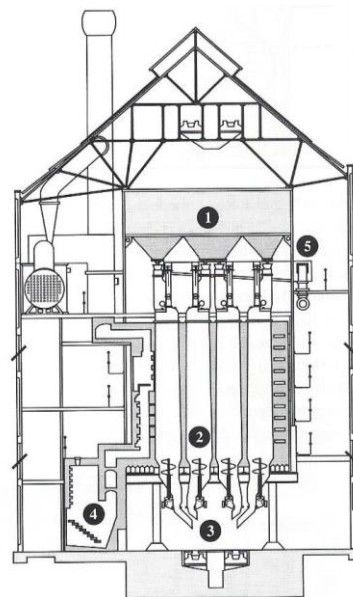
**Obr. 1:** Schematické znázornění karbonizačních pecí s ležatými retortami

**Fig. 1:** Schematic depiction of carbonization furnaces with horizontal retorts

Stupňující se zájem o plyn vedl k modernizaci karbonizačních plynáren. V letech 1925 až 1927 byla v Praze-Michli postavena největší a nejmodernější karbonizační plynárna v českých zemích, která byla současně jednou z nejmodernějších plynáren v Evropě<sup>1</sup>.

Plynárna v Michli používala již tzv. Glower-Westovy pece se svislými karbonizačními komorami, které umožňovaly kontinuální provoz výroby plynu (uhlí se do horní části karbonizačních retort přivádělo v krátkých intervalech, v podobných intervalech se ze spodní části retort odpouštěla část koksu). Koks se částečně využíval k výrobě plynu zplyněním vzduchem pro nepřímý otop retort.

Schematické znázornění Glower-Westových pecí<sup>6</sup> je na obr. 2.



**Obr. 2:** Schematické znázornění Glower-Westových pecí na výrobu svítiplynu

**Fig. 2:** Schematic depiction of Glower-West furnaces for the production of town gas

*Legenda k obr. 2: 1 – uhelný zásobník, 2 – karbonizační retorty, 3 – výpustě koksu, 4 – generátor pro výrobu plynu k otopu karbonizačních retort, 5 – potrubí pro odvod svítiplynu*

Výstavba karbonizačních plynáren pokračovala u nás až do roku 1958, kdy byla v Českých Budějovicích postavena poslední plynárna tohoto druhu v českých zemích<sup>6</sup>.

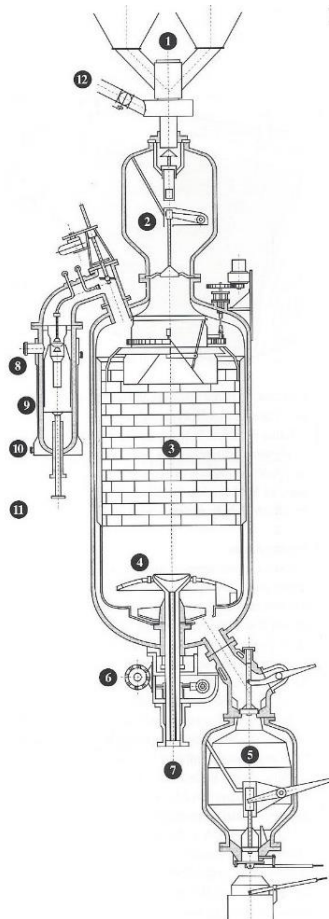
### 3. Výroba svítiplynu zplyněním uhlí

V době druhé světové války byla v chemických závodech v Záluží u Mostu postavena první tlaková plynárna v naší republice na zplyňování hnědého uhlí kyslíkem a vodní parou<sup>7</sup>. Byly zde použity generátory Lurgi se sesuvným ložem uhlí, ve kterých probíhalo zplynění uhlí kyslíko-parní směsí za tlaku 2,6 MPa. Vlastní provoz tlakové plynárny byl zahájen 12. ledna 1944, kdy byly postupně spuštěny tři instalované tlakové generátory. Plynárna vyráběla svítiplyn pro široké okolí. V roce 1941 byl vybudován dálkový plynovod až do Děčína, později byla připojena města Most, Teplice, Ústí nad Labem, Varnsdorf (1943), Duchcov (1944), Litoměřice, Česká Lípa a Rumburk (1945). Tím byla zahájena nová éra zásobování odběratelů dálkovými plynovody z velkovýrobeného plynu.

Kromě generátorů Lurgi byly v Záluží u Mostu provozovány také Winklerovy generátory<sup>7</sup>, které sloužily k výrobě vodíku pro hydrogenaci kapalných paliv vyráběných z uhlí. V těchto generátorech se zplyňoval koks z karbonizačních pecí směsí kyslíku a vodní páry. Vyrobený plyn se po odstranění sirných látek dále upravoval (CO obsažený v plynu byl konvertován reakcí s vodní parou na CO<sub>2</sub> a vodík.). Po odstranění CO<sub>2</sub> byl vodík využíván k hydrogenacím dehtů.

V poválečném období byla provedena dostavba plynárny, kdy bylo postupně instalováno dalších pět tlakových generátorů Lurgi<sup>7</sup> (obr. 3). Ve čtyřicátých letech minulého století představovala zvolená technologie špičku plynárenství a spolu s celým systémem úpravy a čištění surového generátorového plynu byla schopna plně nahradit dosud používanou technologii nízkotlakého zplynění uhlí ve Winklerových generátorech. K dobudování a dalšímu rozvoji tlakové plynárny na 16 tlakových generátorů došlo až v průběhu padesátých a šedesátých let, kdy byly v roce 1968 uvedeny do provozu poslední tři generátory a zároveň byla dokončena výstavba moderní vypírky plynu podchlazeným methanolem *Rectisol*, která po uvedení do provozu postupně zcela nahradila klasickou vodní vypírku<sup>7</sup>. V šedesátých letech se tlaková plynárna podílela na výrobě jedné třetiny spotřeby svítiplynu v Čechách.

V letech 1979–83 došlo k zahájení útlumového programu plynárny, který byl ukončen jejím úplným odstavením a postupnou likvidací v roce 1987.



**Obr. 3:** Schematické znázornění generátoru Lurgi

**Fig. 3:** Schematic depiction of Lurgi generator

*Legenda k Obr. 3: 1 – zásobník uhlí, 2 – uhlíková vpusť, 3 – generátor, 4 – rošt, 5 – popelová výpusť, 6 – pohon roštu, 7 – přívod zplyňovací směsi, 8 – výstup surového plynu, 9 – primární chladič plynu, 10 – výstup chladičí vody, 11 – odvod dehtu, odvod plynů z uhlíkové vpusť, 12 – odsávání plynů a prachu*

Po 43 letech tak skončila éra první tlakové plynárny v českých zemích – tlakové plynárny v Záluží u Litvínova. V souladu s novou koncepcí rozvoje plynárenství byly postaveny další centrální zdroje a k první tlakové plynárně v Záluží u Mostu ze čtyřicátých let přibýly postupně zdroje další. V roce 1961 byla zprovozněna tlaková plynárna Úžín v severočeském regionu. Plynárna se stala jedním z rozhodujících výrobních zdrojů svítiplynu v Čechách<sup>6</sup>. V roce 1970 byl zahájen provoz naší největší tlakové plynárny ve Vřesové u Sokolova<sup>8</sup>. Tato plynárna dosáhla později významných rekordů<sup>6</sup>, např. v roce 1984 zde bylo dosaženo nejvyšší roční výroby svítiplynu v historii závodu a nejvyššího výkonu tlakové plynárny v Československu, a to 1 213 522 000 m<sup>3</sup>. V lednu následujícího roku dosáhla plynárna Vřesová rekordní denní výroby ve výši 5 588 000 m<sup>3</sup> svítiplynu.

Jedním z důležitých způsobů výroby svítiplynu, používaným v závěrečné etapě svítiplynové éry, byla výroba plynu katalytickým štěpením kapalných nebo plyných uhlovodíků (benzinu, propan-butanu, zemního plynu). Tento způsob výroby se začal u nás uplatňovat od roku 1950 a přetrvával až do ukončení výroby svítiplynu v roce 1996<sup>2</sup>. V roce 1950 se začal používat zemní plyn při výrobě svítiplynu v Českém Těšíně a v následujícím roce byla zahájena výroba svítiplynu ze zemního plynu v Brně<sup>2</sup>. Jednalo se o zemní plyn těžený z místních ložisek na severní a jižní Moravě. V roce 1963 byla zahájena výroba svítiplynu z benzinu v Rakovníku, Českých Budějovicích, Chebu a Lanškrouně, v roce 1965 v Havířově-Prostřední Suché (závod 28. října), v Praze-Michli a v Jeseníku. V roce 1967 byly postaveny další štěpící stanice na výrobu svítiplynu štěpením benzinu v Plzni a Klatovech. V roce 1968 byla uvedena do provozu plynárna v Praze-Horních Měcholupech rovněž na výrobu svítiplynu nízkotlakým štěpením benzinu<sup>2</sup>.

V sedmdesátých letech přibýly do subsystému výroby svítiplynu další dva významné zdroje. V roce 1975 byl v plynárně v Horních Měcholupech uveden do provozu sezónní zdroj svítiplynu *Čechy I* na principu kontinuálního vysokotlakého štěpení zemního plynu vodní parou a v roce 1978 byl v areálu tlakové plynárny Úžín<sup>6</sup> uveden do provozu nový vysokotlaký sezónní zdroj *Čechy II* na výrobu svítiplynu vysokotlakým štěpením zemního plynu.

Velkokapacitní centrální zdroje umožnily postupně odstavování lokálních plynáren, které započalo v roce 1944 zrušením plynárny v Mostě, a plynofikaci obcí, které dosud plynem zásobovány nebyly. V roce 1945 byly zrušeny plynárny v Ústí n. L., Duchcově, Chomutově, Děčíně, Podmoklech, Rumburku a Osoblaze, v roce 1947 ve Slaném, Žatci, Lovosicích a Františkových Lázních (v téže roce byl přiveden svítiplyn plynovodem PN 25 z tlakové plynárny v Záluží u Mostu do Prahy) a v roce 1955 plynárny v Olomouci, Čáslavi a Rokycanech<sup>6</sup>. V roce 1970, po 102 letech provozu, skončila výroba svítiplynu v Českých Budějovicích a připojením na dálkový plynovod byly nově plynofikovány Tábor, Český Krumlov, Jindřichův Hradec a Pelhřimov<sup>6</sup>. V dal-

ších letech byla postupně připojována ostatní města Jihočeského kraje. V roce 1975 byly odstaveny poslední výrobní jednotky plynárny v Michli, a tím skončila slavná éra jedné z největších a nejmodernějších plynáren v Evropě. Veškerou výrobu svítiplynu v Praze převzal centrální zdroj v Měcholupech, který pracoval na principu vysokoteplotního štěpení zemního plynu vodní parou.

#### 4. Výroba svítiplynu z koksárenského plynu

V poválečném období došlo v českých zemích také k velkému rozvoji koksoven. Důvodem bylo zahájení výstavby závodů na výrobu těžkých zbraní, pro které bylo zapotřebí velké množství železa. Ruku v ruce s rozvojem železáren došlo k výstavbě nových koksoven vyrábějících koks pro vysoké pece. V roce 1950 bylo v provozu v Československu celkem 12 koksoven (devět báňských a tři hutní). Další dvě koksovny pak byly zprovozněny v šedesátých letech (*Nová huť* a *Košice*)<sup>9</sup>. Koksárenský plyn, který je při výrobě koksu produkován jako druhý nejvýznamnější produkt, byl v hutních koksovnách používán jako energetické médium pro ohřev různých pecí ve válcovnách, slévárnách i v dalších provozech. Z báňských koksoven, které neměly tuto možnost využití plynu, byl koksárenský plyn stlačován a upravován na kvalitu svítiplynu, který byl následně vtlačován do svítiplynových rozvodných sítí. Koksárenský plyn se tak stal v poválečném období také významným zdrojem svítiplynu zejména na Moravě a v okolí Prahy. Závody na úpravu koksárenského plynu na kvalitu svítiplynu byly postaveny v Horní Suché a na Kladně<sup>10</sup>.

Koksárenský plyn opouštějící chemickou část koksovny obsahuje zbytkové koncentrace mnoha nežádoucích látek, které znemožňují jeho dálkový rozvod. Jedná se především o následující nečistoty<sup>10</sup>:

- sulfan (200–500 mg/m<sup>3</sup> podle použité technologie od-síření plynu)
- naftalen (150–300 mg/m<sup>3</sup>)
- benzol (1–4 g/m<sup>3</sup>)
- voda (plyn je nasycen vodní parou)

S těmito nečistotami je možné koksárenský plyn využívat pouze v místě produkce (otop koksovacích komor, příprava směsného plynu mícháním s jinými plyny jako je např. vysokopeční plyn nebo degazační plyn).

Před vpuštěním plynu do plynárenských sítí je nutné plyn komprimovat na 1,0 MPa (po kompresi plynu vy-kondenzuje část vody a zvýší se koncentrace všech nežádoucích látek) a dále jej čistit. Používá se tlakové čištění (stejně jako před použitím plynu k výrobě vodíku<sup>10</sup>).

Úprava koksárenského plynu na kvalitu svítiplynu se využívala zejména pro zimní období, kdy byla spotřeba svítiplynu násobně vyšší než v létě. Svítiplyn se touto cestou vyráběl po celý rok. V letních měsících byl většinou vtlačován do podzemního zásobníku Lobodice na střední Moravě<sup>2</sup>. Výroba svítiplynu z koksárenského plynu dosahovala objemu mezi 500 až 800 mil. m<sup>3</sup> za rok. Koksárenský plyn pocházel zejména z koksoven *Vítězný*

*únor* (dnešní *Svoboda*), *ČSA*, *Karolína* a *Trojice*. Plyn z *Koksovny Šverma* byl využíván k získávání vodíku partiální kondenzací<sup>10</sup>. Vyráběný vodík byl následně využíván v *MCHZ Ostrava* (dnešní *Borsod Chem*) k výrobě amoniaku. V sedmdesátých letech byla tato technologie nahrazena moderní výrobou vodíku ze zemního plynu.

#### 5. Základní vlastnosti svítiplynu

Svítiplyn produkovaný různými způsoby se liší svým složením a obsahem energie, která se uvolní jeho spálením. Konkrétní složení plynu závisí nejen na surovině použité k jeho výrobě, ale i na použité technologii výroby a jejích pracovních podmínkách (hlavně na teplotě). S rostoucí teplotou obvykle stoupá obsah vodíku a CO a naopak klesá obsah methanu a vyšších uhlovodíků v produkovaném plynu. Zásadním způsobem je ale složení plynu ovlivněno složením zplyňovacího média. Při použití vzduchu jako zplyňovacího média obsahuje plyn jako základní složku velké množství balastního dusíku, který významným způsobem snižuje výhřevnost plynu. Proto moderní technologie zplynění pracují se zplyňovacím médiem složeným z kyslíku a vodní páry.

Základní složky svítiplynu z různých zdrojů a jeho energetický obsah uvádí **Tabulka 1**<sup>1</sup>.

**Tab. 1:** Vlastnosti základních druhů svítiplynu vyráběných v ČR

**Tab. 1:** Properties of basic types of town gas produced in the Czech Republic

Druh plynu	Hlavní složky	Vedlejší složky	Spalné teplo (MJ/m <sup>3</sup> )
Beztlaký generátorový plyn	CO, N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	3,6–12
Tlakový generátorový plyn	H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	15,9–16,7
Svítiplyn z karbonizace uhlí	H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	16,8–18,5
Koksárenský plyn	H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	18,9–19,9
Zemní plyn	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	38–39

Hlavní hořlavé složky těchto plynů jsou vodík, oxid uhelnatý a methan. Podle jejich obsahu lze zjistit energetický obsah daného plynu. Balastní příměsi jsou tvořeny především dusíkem, CO<sub>2</sub> a vodní parou. Dusík se do plynu dostává ze spalovacího vzduchu používaného v technologických procesech výroby některých plynů. Proto se v moderních technologiích výroby plynu tlakovým zplyněním používá místo vzduchu čistý kyslík. Oxid uhličitý se do plynu dostává jako produkt dokonalého spálení části uhlíku. To je nutné pro zajištění potřebného tepla pro zplyňovací procesy, které jsou endotermní a probíhají za vysokých teplot (nad 800 °C). V moderních

zplyňovacích technologiích jsou  $\text{CO}_2$  a další kyselé složky plynu (např.  $\text{H}_2\text{S}$ ) z plynu vypírány v procesu jeho čištění (např. tlakovou vypírkou podchlazeným methanolem – proces *Rectisol*). Tento způsob čištění plynu byl instalován ve všech třech tlakových plynárnách, které byly u nás v provozu.

Typické složení některých základních topných plynů je uvedeno v tabulce 2<sup>1</sup>.

**Tab. 2:** Typické složení základních topných plynů

**Tab. 2:** Typical composition of basic heating gases

Složení (% obj.)	Svítiplyn	Koksáren- ský plyn	Generáto- rový plyn	Zemní plyn
Vodík	51	53	15	–
Oxid uhel- natý	9	6	25	–
Oxid uhli- čitý	2	2	5	0,1
Methan	31	26	3	98
Vyšší uhlovodíky	4	2	1	1
Dusík	2	10	52	0,8
Kyslík	0,3	0,3	–	

*Pozn.: jako generátorový plyn je zde označen plyn vyráběný beztlakým zplyněním uhlí vzduchem*

Podle obsahu spalitelných složek (vodík, oxid uhelnatý, oxid uhličitý, methan, vyšší uhlovodíky) se liší také energetický obsah jednotlivých plynů – spalné teplo a výhřevnost (viz tab. 1). Největší rozsah použití mají plyny s vysokým spalným teplem (nad  $15 \text{ MJ/m}^3$ ).

## 6. Současný stav výroby plynu v České republice

Přechodem na používání zemního plynu od sedmdesátých let minulého století došlo k postupnému útlumu výroby svítiplynu a úplnému odstavení svítiplynového rozvodného systému v roce 1996. V současné době se v ČR vyrábí pouze koksárenský plyn ve třech koksovárnách (*TŽ Třinec, Liberty Ostrava, Koksovna Svoboda*). Tento plyn se používá částečně k otopu koksovacích komor; jeho přebytky pak slouží k výrobě tzv. směšného plynu (míchá se např. s vysokopecním plynem nebo s degazačním plynem za účelem zvýšení energetického obsahu směsi). Směšné plyny se pak využívají k otopu různých zařízení v hutních provozech, nebo k výrobě elektrické energie a tepla kogeneračním postupem.

Od sedmdesátých let minulého století se v České republice začalo s výrobou bioplynu. První bioplynová stanice zahájila svůj provoz ve Velkovýkrmně prasat v Třeboni v roce 1974<sup>11</sup>. Další bioplynové stanice rychle při-

bývaly zejména na čistírnách odpadních vod, kde se technologie výroby bioplynu osvědčila v procesu anaerobního zpracování čistírenských kalů. Po roce 2000 pak začaly být masově budovány také tzv. zemědělské bioplynové stanice, které kromě odpadních materiálů (keřda, hnůj, slepičí exkrementy) zpracovávají různé jiné druhotné zemědělské suroviny (siláž, senáž, lihovarské výpalky, řepné řízky, odpadní melasu, odpadní glycerin apod.). V současné době je v ČR v provozu cca 600 bioplynových stanic<sup>12</sup>, z toho je asi polovina bioplynových stanic provozována na ČOV a zbytek tvoří zemědělské bioplynové stanice. Konkrétní objem vyráběného plynu není sledován, protože bioplyn je využíván v převážně většině případů k místní produkci elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách. Z množství produkované elektrické energie je však možné hrubě odhadnout, že se jedná o objem 600 až 800 mil.  $\text{m}^3$  bioplynu ročně. Plyn produkovaný v jednotlivých stanicích však vykazuje poměrně rozdílný obsah balastního  $\text{CO}_2$ , který závisí především na substrátu použitým k jeho výrobě a konkrétním typu reaktoru. Největší bioplynovou stanicí provozovanou v ČR je stanice na Ústřední čistírně odpadních vod v Praze, která produkuje cca 2 000–2 500  $\text{m}^3$  bioplynu za hodinu<sup>13</sup>. Plyn je zde využíván k výrobě elektrické energie a tepla v kogeneračních jednotkách.

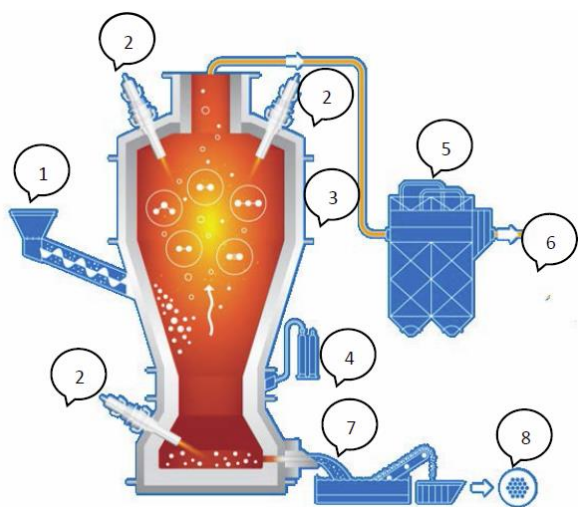
Po roce 2000 pokračoval v ČR také vývoj modifikovaných zplyňovacích zařízení určených ke zplyňování biomasy vzduchem v generátorech se sesuvným ložem paliva. Generátory tohoto typu byly postaveny např. v Odřách, Handlové, Zlaté Olešnici, Kozomině nebo v CAVD Dobříš<sup>14</sup>. V současné době je většina z nich mimo provoz z důvodu vysokého nedopalu a velkého znečištění produkovaného plynu dehtovitými látkami.

Paralelně probíhal v posledních letech také vývoj zcela nové technologie zplyňování tuhých paliv založené na principu zplynění podporovaného plazmou. Tato technologie pracuje při vyšších teplotách než všechny doposud provozované technologie. To zaručuje termický rozklad většiny organických látek v plynu. Plyn produkovaný touto technologií obsahuje pouze vodík a oxid uhelnatý a není nutné jej před použitím čistit. Další výhodou je skutečnost, že všechny anorganické složky paliva přecházejí během procesu zplynění do kapalné strusky, kterou je možné využít např. jako stavební materiál. Na rozdíl od všech předchozích technologií se tato technologie vyznačuje malými rozměry, protože všechny zplyňovací reakce probíhají při vysokých teplotách (kolem  $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ ) velmi rychle.

## 7. Technologie plazmou podporovaného zplyňování

Historie technologie plazmového zplyňování sahá do šedesátých let minulého století, kdy byly plazmatrony vyvinuty jako testovací nástroje pro testování tepelných štítů v kosmickém průmyslu. Později se začalo uvažovat o jejich využití i v jiných oblastech a následně byly plazmatrony využívány v metalurgii pro tavení kovových bloků a rovněž pro vitifikaci popelovin a popílků.

V současné době je rozvoj technologie plazmového zplyňování spojen hlavně s energetickým nebo materiálovým využitím odpadu a syntézním plynem, který je hlavním produktem termického rozkladu organických hmot. Hlavní výhodou této technologie jsou vysoké teploty zplyňování, s tím spojená vysoká kvalita syntézního plynu, rychlost procesu termického rozkladu a v neposlední řadě i skutečnost, že díky vysokým teplotám procesu jsou anorganické látky obsažené ve zplyňovaném materiálu vitrifikovány a jsou certifikovatelné jako stavební materiál<sup>15</sup>. Schematické znázornění plazmou podporovaného zplyňovacího generátoru je na obr. 4.



**Obr. 4:** Schematické znázornění plazmou podporovaného zplyňovacího reaktoru

**Fig. 4:** Schematic depiction of a plasma-assisted gasification reactor

*Legenda k Obr. 4: 1 – přívod zplyňovaného materiálu, 2 – plazmatrony, 3 – zplyňovací reaktor, 4 – přívod zplyňovacího média, 5 – chladič plynu, 6 – výstup plynu, 7 – odvod tekuté strusky do vodní lázně, 8 – tuhá struska*

Termický rozklad organických hmot je u technologie plazmového zplyňování částečně zajištěn výronem plazmatu z plazmatronů, které zajišťují vysokou teplotu v celém prostoru reaktoru; další část energie nutná pro rozklad je pak dodávána do procesu parciální oxidací hořlavých látek zplyňovacím médiem.

Plazmatron je zařízení, ve kterém je řízený oblouk elektrického proudu mezi anodou a katodou vynášen ven z tělesa plazmatronu pomocí nosného plynu. Teplota výronu se pohybuje mezi 5 000 °C až 10 000 °C podle průtoku nosného plynu. U některých konstrukcí plazmatronů, však může teplota výronu plazmatu přesahovat i 25 000 °C. Takto vysoké teploty však nejsou pro většinu aplikací nutné. Druh nosného plynu ovlivňuje finální složení vyrobeného plynu, který je výsledkem procesu rozkladu organických hmot v plazmovém reaktoru. Nejčastěji používaným plynem je vzduch, který však přináší do

zplyňovacího procesu mnoho dusíku a snižuje tak výhřevnost vyrobeného plynu. V současné době se proto začínají ve zvýšené míře používat vodní pára nebo i methan.

Největší zájem o tuto technologii je v současné době v oblasti energetického využívání odpadů nebo TAP (Tuhého Alternativního Paliva vyrobeného z odpadu), kde je výsledný plyn z procesu zplyňování lokálně použit jako náhrada zemního plynu pro kombinovanou výrobu elektrické a tepelné energie. Do budoucna se jeví jako velice perspektivní i materiálové využití odpadů a výroba vodíku, čpavku, či metanolu ze syntézního plynu.

Technologie plazmového zplyňování v současné době přechází z oblasti pilotních jednotek do fáze průmyslové aplikace technologie a bude časem nutné ještě překonat některé její „dětské nemoci“. Největší reaktory se v současné době pohybují od 500 do 3 000 kg zplyňovaného materiálu za hodinu. V budoucnu má však tato technologie ambici stát se základním řešením pro oblast energetického a materiálového využívání odpadů.

## 8. Závěr

Česká republika patří v oblasti plynárenství k nejrozvinutějším zemím v Evropě i ve světě. Průmyslová výroba plynu zde má tradici již 175 let. Za tuto dobu prošlo české plynárenství všemi základními fázemi rozvoje plynárenských technologií. V minulosti zde byly provozovány jak tzv. karbonizační technologie výroby plynu, tak později i různé technologie výroby svítiplynu zplyněným uhlím a dalších organických materiálech. V době druhé světové války zde byly postaveny jedny z prvních Winklerových generátorů v Evropě (Litvínov), které sloužily k výrobě vodního plynu a následně čistého vodíku. Ve stejné lokalitě byly postaveny také tlakové zplyňovací generátory Lurgi, které byly později budovány i v dalších lokalitách (Úžín, Vřesová). Tyto tzv. centrální zdroje výroby svítiplynu sloužily k zásobování celého území Čech pomocí dálkových plynovodů. Na Moravě byl svítiplyn vyráběn hlavně při koksování černého uhlí (výrobě koksu pro vysoké pece) a koksárenský plyn byl dále upravován technologií tlakového čištění a používán jako svítiplyn. První podzemní zásobník určený ke skladování svítiplynu byl vybudován na střední Moravě v Lobodících.

Významné období rozvoje českého plynárenství nastalo v sedmdesátých letech minulého století, kdy byl postaven a zprovozněn první tranzitní plynovod zemního plynu ze Sovětského svazu do země střední Evropy. Po zahájení dopravy zemního plynu do Československa bylo nutné začít proces přechodu plynárenské soustavy ze svítiplynu na zemní plyn. Tato transformace plynárenské soustavy nebyla vůbec jednoduchá a trvala více než 20 let. Nejdříve byly vybudovány tzv. centrální zdroje svítiplynu *Čechy I* a *Čechy II*, které umožňovaly přeměnu zemního plynu (pro který zpočátku nebyla k dispozici distribuční a spotřebitelská infrastruktura) na svítiplyn. Při postupném přechodu distribučních sítí ze svítiplynu na zemní plyn byly tyto zdroje omezovány v provozu, a nakonec úplně odstaveny. Podobný osud potkal i všechny

tří tlakové plynárny. Nejmodernější z nich – Tlaková plynárna ve Vřesové, byla přestavěna na paroplynovou elektrárnu a provozována až do roku 2020. Po roce 1995 byl celý plynárenský systém v ČR převeden na zemní plyn, na kterém je provozován dodnes.

Přesto byly technologie zplynění různých energetických surovin vyvíjeny i nadále. Bylo postaveno několik generátorů se sesuvnou vrstvou paliva určených ke zplyňování dřevní biomasy vzduchem. Další vývoj technologií zplynění nastal v souvislosti s aplikací plazmatronů, které umožňují rychlou regulaci teploty ve zplyňovacím prostoru. Tyto technologie se v současné době nacházejí ve stádiu pilotních zkoušek a jsou připraveny pro provozní aplikaci. Jejich nasazení do provozní praxe urychlí současná situace s nejistými dodávkami zemního plynu a vývoj jeho ceny v poslední době. Tyto technologie výroby plynu se stávají velmi aktuální pro zajištění provozu průmyslových zdrojů spalujících zemní plyn (sklárný, hutě, cementárny a řada dalších provozů).

## Literatura

1. Kolektiv autorů: *Plynárenská příručka*; GAS s.r.o., Praha 1997
2. Potužák, K.: *Vývoj koncepce zásobování České republiky plynem*; ČPNS, Praha, 1995
3. Čech, M., Fošenbauer, P., Petroš, J.: *Tranzitní plynovod 1970–2010*; ATYPO Praha, 2010
4. Štefl, P.: Záměna svítiplynu za zemní plyn; *Plyn*, 3, 2022, s. 40–41
5. Perna, F., Riedl, R.: *Plynárenství, část I.*; Technicko-vědecké vydavatelství v Praze, 1952
6. Kolektiv autorů: *Plynárenství 1847–1997*; ATYPO Praha, 1997
7. Smrčka, Z.: *Od uhlí k ropě – historie a současnost rafinérie v Litvínově*; Česká rafinérská a.s., 2011
8. Mika, P.: Vřesová: stručná historie a vyhodnocení tlakového zplyňování uhlí; *Paliva*, 4, 2020, 169–180, DOI:10.35933/paliva.2020.04.05
9. Piša, J.: *Výroba koksu*; SNTL Praha, 1978
10. Kozina, A., Piša, M., Šplíchal, B.: *Koksárenství*; SNTL/ALFA, Praha, 1973
11. Straka, F. a kol: *Bioplyn*, 3. vydání, GAS, 2010
12. <https://www.czbiom.cz/>
13. Pospěch, Z.: Výroba bioplynu na ÚČOV Praha; *Přednáška na konferenci Bioplyn 2010*, České Budějovice, 2010
14. <https://www.tarpo.cz/produkty/zplynovani/>
15. Richards, G. A.; Casleton, K. H. Gasification Technology to Produce Synthesis Gas. In *Synthesis Gas Combustion: Fundamentals and Applications*, 1<sup>st</sup> edition; Lieuwen, T., Yang, V., Yetter, R. Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2009; pp 1–28

## Summary

### *Gas production in the Czech Republic yesterday, today and tomorrow*

*Karel Ciahotný and Josef Grischa Kahlen*

The Czech Republic is one of the most advanced countries in the world in the field of gas industry. The production of gas from coal started here as early as 1847 and has been developing intensively since then. Initially, the gas was used to light the streets, which is why it was referred to as town gas. Soon its use also spread to other areas, e.g. for heating water and housing heating, but also for washing clothes and almonds and a number of other activities. A significant change occurred in the middle of the 20th century, when the process of coal gasification was developed, which began to replace the less effective methods of gas production with carbonization. The first pressurized gas plant in Bohemia was put into operation during the 2nd world war in Záluží near Litvínov and supplied gas not only to local chemical plants, but also to large cities in its vicinity via a high-pressure gas pipeline. Other pressurized gas plants were located in the 1950s in Úžín and in the early 1970s in Vřesová. The production of town gas in the Czech Republic at that time reached a volume of almost 4 billion m<sup>3</sup>/a. The construction of the transit gas system from the Soviet Union to mainland Central and Western Europe and its commissioning in the first half of the 1970s meant a gradual decline in the production of town gas and its replacement by natural gas. Therefore, the pressurized gas plants were gradually taken out of operation. The last gas plant in Vřesová ceased operation in the summer of 2020. However, gas production technologies are still being developed in the Czech Republic. Several devices for gasification of biomass and devices intended for gasification of various alternative fuels have been implemented. The interruption of natural gas supplies from Russia in the summer of 2022 has again revived interest in these technologies, especially in industrial enterprises with high gas consumption in technological processes.