

VYUŽITIE ENERGIE Z BIOMASY – 2. časť

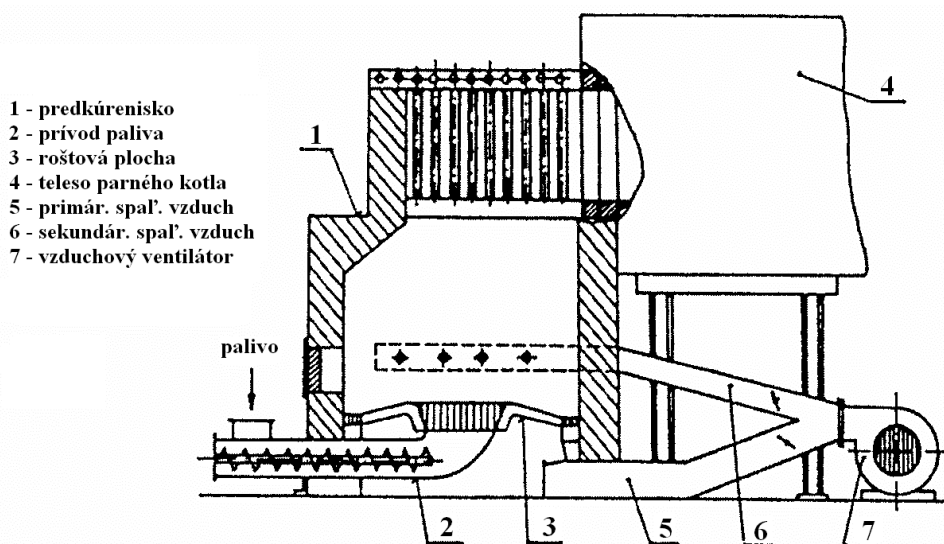
doc.Ing. Ivan Vitázek, CSc.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Konštrukčné riešenie spaľovacích zariadení na biomasu

Spaľovanie biomasy v malých a stredných zdrojoch prebieha najčastejšie na *roštoch* s prívodom spaľovacieho vzduchu roštom a prípadne ďalšími nad roštom upravenými prívodmi. Pre malé výkony rádovo desiatok kW ide o rošty pevné (nepohyblivé) s ručným alebo mechanickým prikladaním paliva a odstraňovaním popola, napr. kachle na kusové palivo alebo lisované brikety, krbové kachle, a i. Periodické, nerovnomerné prikladanie paliva má za následok nerovnomernú spotrebu vzduchu s negatívnym dopadom na kvalitu spaľovania pri vzniku emisií CO a vyššieho nedopalu v popole.

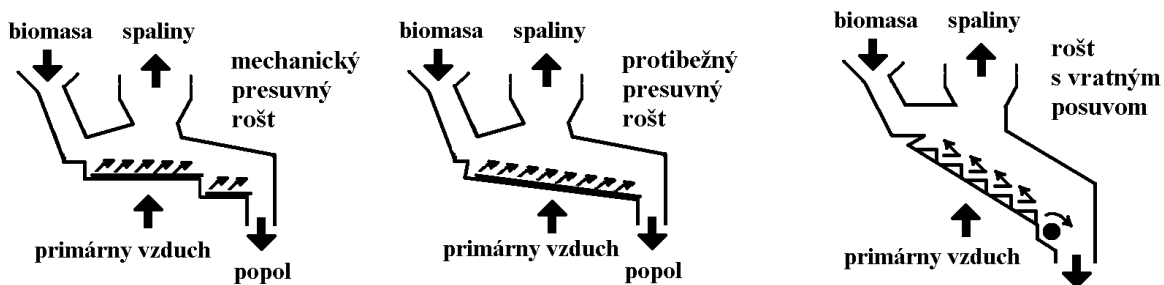
Negatívne vplyvy periodického prívodu paliva sa prejavujú i u zariadení stredných výkonov, kde po doplnení zásobníkov biomasy v niekoľkých minútových intervaloch sa otvorením uzáveru nasype palivo na pohyblivý rošt. Na obr.1 je názorne vidieť zhoršenie spaľovania pri periodickom „priložení“ balíka slamy so zvýšenou vlhkosťou.

Súčasná zariadenia sú preto konštruované s kontinuálnym dávkovaním biopaliva do spaľovacieho alebo splyňovacieho priestoru s cieľom vylúčiť uvedené nerovnomernosti, a to spravidla dopravnými závitkami do priestoru pod, príp. nad rošt ohniska. U zariadení stredných výkonov je tvar pevného roštu prispôbený typu upraveného paliva, napr. s kruhovým stredovým otvorom (obr.2).



Obr.2 Spaľovacie zariadenie s kruhovým stredovým otvorom a závitkovým podávačom

Príklad koncepčného riešenia pohyblivých roštov pri zariadeniach stredných výkonov je na obr.3.



Obr.3 Schematické znázornenie vybraných typov pohyblivých roštov

Odlíšne riešenie vyžaduje spaľovanie slamy, ktorej duté stebľa po príprave rezaním na krátke časti sú dopravované pneumaticky do ohnišťa, kde *horia vo vznose*. Ich tuhé zbytky s relatívne vysokým obsahom horľaviny (až do 10%) musia byť z úletu zachycované odlučovačmi mechanického typu. Iný, tzv. *cigaretový spôsob spaľovania* vyžaduje špecifické dávkovacie zariadenie celých kompaktných balíkov slamy. Na obr.4 je zariadenie na rezanie slamy s pásovým dopravníkom balíkov. Pre porovnanie, na obr.5 je závitkový dopravník paliva. Na obr.2p je kotol na spaľovanie celých balíkov slamy, v danom prípade využívaný na ohrev sušiaceho prostredia pre sušiareň obilnín.

Spaľovanie jemných častíc prachu z brúsenia drevenných plôch alebo veľmi jemných pilín je možné spaľovať v ohniskách s *práškovými horákmi*. Celková koncepcia však musí rešpektovať rozdielne podmienky spaľovania biopaliva a uhlia.



Obr.4 Rezanie slamy pred spaľovaním



Obr.5 Závitkový dopravník paliva

V súčasnosti je rastúci záujem výrobcov malých zdrojov o využitie techniky splyňovania biomasy s následným spálením vzniknutých splodín. Napr. u teplovodných kotlov (napr. fy Verner 25-45 kW) je v prvej fáze palivo vysušované a splyňované teplom získaným horením dreveného plynu. V zóne dohorievania je potom proces spaľovania ukončený. Tepelná účinnosť je udávaná na 84 % pri spotrebe dreva (za vykurovaciu sezónu) 15 a 27 m³ (v plnometroch).

Väčšina malých kotlov na drevo je vybavená zásobníkom a palivo do kotla je potrebné dodávať ručne (približne 1 až 2 krát denne). Na trhu však existujú aj kotly s automatickým podávaním paliva, ktorým sú zvyčajne drevené štiepky alebo pelety, pričom palivo sa skladuje v osobitnom priestore. Automatické kotle si regulujú dodávku paliva samostatne s ohľadom na spotrebu domu. V prípade väčších kotlov na drevo vykurujúcich objekty ako sú napr. poľnohospodárske farmy, sú úspory na energii zvyčajne dostatočné na to, aby bol inštalovaný automatický zásobník s podávačom dreva.

KOTLE S PREHORIEVANÍM DREVA

Najjednoduchšie kotle na drevo, tzv. prehorievacie kotle, pracujú na podobnom princípe ako klasické pece na drevo. Ich usporiadanie je také, že vzduch vniká zo spodu kotla a prechádza hore cez palivo. V takomto prípade drevo prehorieva veľmi rýchlo a plyny nezhoria úplne, pretože teplota kotla je relatívne nízka. Väčšina plynov uniká do komína a spolu s ňou aj užitočná energia. Plyny majú tiež veľmi malý priestor na odovzdanie svojej energie inému médiu, napr. vode. Takéto kotle zväčša nie sú vhodné na spaľovanie dreva, pretože ich účinnosť je nízka - približne 50%.

KOTLE SO SPODNÝM HORENÍM

Kotle so spodným horením sa líšia od prehorievacích kotlov. Vzduch sa totiž neprivádza naraz k celému objemu paliva, ale len k jeho časti, pričom horí len spodná vrstva dreva. Zvyšok dreva sa vysušuje a pomaly sa z neho uvoľňujú plyny. Pridaním dodatočného vzduchu priamo do plameňa dochádza k horeniu plynov. V moderných kotloch tohto typu je spaľovacia komora z keramiky, ktorá je dobrým izolátorom a udržuje teplo vo vnútri komory. Tým sa dosahuje vysoká teplota spaľovania a účinnejšie horenie. Bežná účinnosť takýchto kotlov je asi 65-75%.

KOTLY SO SPLYŇOVANÍM DREVA

Splyňovacie kotly sú najúčinnnejšie zariadenia a sú konštruované tak, aby pri horení paliva dochádzalo k pyrolytickej destilácii, pri ktorej sa všetky spáliteľné zložky paliva splyňujú. Spaľovanie prebieha trojstupňovým procesom v jednotlivých zónach kotla:

1. zóna - vysušenie a splyňovanie drevnej hmoty,
2. zóna - horenie drevného plynu na tryske s prívodom predohriateho sekundárneho vzduchu,
3. zóna - dohorievanie v nechladenom spaľovacom priestore.

Takto riadený systém spaľovania zaručuje vysokú účinnosť - často až 90 %. Pri tom býva výkon kotla plynulo regulovateľný od 40% do 100%. Spaľovací priestor vrátane trysky býva vyrobený zo špeciálnych žiaruvzdorných materiálov. Riadenie prevádzky kotla zabezpečuje elektronický regulátor v závislosti na prevádzkovej teplote a jej predvoľby.

Väčšina splyňovacích kotlov umožňuje prevádzku v tzv. tepelnej rezerve, kedy kotol vydrží v útlme až 24 hodín bez zásahu obsluhy. Aj po uplynutí tejto doby zaistia spínacie hodiny nábeh kotla na plný výkon. Pri výpadku elektrického prúdu prejde kotol automaticky do tepelnej rezervy. Odstraňovanie popola sa vykonáva približne raz za 3-5 dní. Pri automatickej prevádzke s dodávaním paliva zo zásobníka pracuje kotol bezobslužne podobne ako kotol na plyn alebo elektrický bojler. Osobitný režim zaisťuje potrebnú dodávku tepla počas denných aj nočných hodín, kedy stačí vykurovaný objekt len temperovať. Kotle sú určené pre montáž do systému s núteným obehom aj samotiažnou cirkuláciou. Kotol zvyčajne musí mať samostatný komín, ktorý by mal byť dostatočne tepelne izolovaný.

Podstata splyňovania v kotloch VIGAS (obr.6) spočíva v tepelnom rozklade organických a anorganických látok v uzatvorenej komore kotla za mierneho pretlaku primárneho vzduchu vytváraného ventilátorom. Proces splyňovania prebieha v zásobníku kotla, nad žiarobetónovou dýzou. V prvej fáze dochádza k vysušaniu a uvoľňovaniu prchavých zložiek z paliva. V druhej fáze sa uvoľnené plyny zmiešajú v priestore dýzy s predhriatym sekundárnym vzduchom a vytvoria horiacu zmes olynov. V tretej fáze dochádza k zhoreniu plynov v spaľovacom priestore kotla a odvedeniu spalín cez rúrkový výmenník tepla do komína.

Kotle ATMOS-GS (obr.7) majú celokeramické ohnisko (priestor pre palivo je vykladaný keramikou), kde dochádza k vyhoreniu paliva pri minime emisií. Kotol zaisťuje predušenie paliva s následným splyňovaním pri vyššej teplote. Výhodou kotla je, že predohriaty primárny vzduch je privádzaný tesne nad hubicu, a tak nedochádza k horeniu

väčšieho množstva paliva naraz, k odplyneniu celej násypky a kolísaniu výkonu. Rovnomerné rozdelenie prívodu silno predohriateho primárneho vzduchu po oboch stranách zaisťuje, že splyňuje iba nevyhnutné množstvo paliva. Toto usporiadanie umožňuje lepšie splyňovanie štiepkov a dreveného odpadu. Sekundárny vzduch, ktorý sa privádza do hubice na splyňovanie, je tiež predohrievaný na vysokú teplotu. Ako výmenník je použitý zadný dymový kanál. Nedochádza tak k ochladzovaniu plameňa a dôjde k maximálnemu zhoreniu spáliteľných látok. Spodný spaľovací priestor je obložený keramikou, na ktorej dochádza k dohoreniu plameňa a všetkých ohorkov, ktoré prepadnú dolu. Ďalšou novinkou je odťahový ventilátor spalín.

Jedným z najväčších priemyslovo prevádzkovaných splyňovacích zariadení o tepelnom výkone 2,7 MW s energetickou účinnosťou pre pomer energoplyn : surovina = 81 %, je demonštračná jednotka fy ATEKO – vápenka Prachatice. Toto zariadenie využíva na splyňovanie technológiu stacionárnej fluidnej vrstvy, ktorá pre svoje výhodné vlastnosti je využívaná ako progresívna spaľovacia technológia. Fluidná vrstva (FV) vzniká riadeným prietokom vzdušiny vrstvou tuhých častíc tak, že aerodynamické sily pri prúdení sú v rovnováhe s tiažou častice.

FV je tvorená prevážne inertnými časticami popola, príp. piesku a iba malým množstvom tuhého paliva. Prenosové veličiny vo fluidnej vrstve majú rádovo vyššie hodnoty, t.j. výmenu hybnosti, hmoty a energie ako pri spaľovaní na rošte alebo uhoľného prášku. Hmotnosť FV a jej tepelná kapacita je niekoľkonásobne vyššia oproti rovnakému objemu plameňa práškoveho horáka. Ďalšou výhodou spaľovania vo FV je nižšia spaľovacia teplota, znižujúca riziko tvorby termických NOx a zastruskovania ohniska. Navyše je táto teplota v medziach 800-850 °C najvhodnejšia pre účinnú aplikáciu odsírovacieho procesu vápencovým aditívom. Doba zdržania paliva v týchto teplotách je relatívne dlhá a vyhovuje požiadavkám na spaľovanie odpadu.

Spaľovanie biomasy má však aj svoje úskalia. Veľmi populárnym sa stalo „čisté“ palivo na báze biomasy. Ide predovšetkým o momentálne módne peletky a brikety. Už dnes pri štarte takýchto projektov sa však ich cena po prepočte na výhrevnosť priblížila cene zemného plynu. Po raste dopytu sa pravdepodobne ich cena ešte zvýši. Nízka vlhkosť, vysoká výhrevnosť a relatívny komfort pri tomto type paliva sa jednoducho v cene musí odraziť. Napriek tomu je to však pozitívny posun, predovšetkým v prechode od dovážaného plynu na domáce energetické zdroje a samozrejme v priaznivom vplyve na životné prostredie.

Snahy o využívanie obnoviteľných zdrojov energie vedú v oblasti regiónov k výstavbe jednotiek pre výrobu tepla z biomasy prevažne rastlinného pôvodu. Z hľadiska veľkosti získavaného tepla ide o zdroje malého alebo stredne veľkého výkonu.

Málo je využívaná možnosť spracovávať biomasu k energetickým účelom v komunálnej sfére a v regionoch výstavbou malých a stredných zariadení. Pre účel stavby nových zdrojov by malo byť rešpektovaných niekoľko technicko-ekonomických pohľadov:

- Poznanie skutočnej budúcej spotreby tepla, odpovedajúcej spotrebe pri špičkovom a minimálnom tepelnom zaťažení v ročných obdobiach. Tým je možné určiť veľkosť a počet tepelných zdrojov.
- Voľba druhu biopaliva, a to s ohľadom na miestne pomery využitím energetických rastlín (štiavec, slama a i.), drevná hmota a pod, získateľných z vlastných zdrojov alebo lesných a drevárskych závodov.
- Zmluvné zaistenie dodávok zvoleného paliva na predpokladanú životnosť zariadenia.
- Pre prípad neplánovaného nedostatku pôvodného paliva uvažovať o palive náhradnom.
- Pre objasnenie problematiky biopaliva je možné špecifikovať typ spaľovacieho zariadenia s vyhovujúcou spaľovacou, príp. splyňovacou technológiou výroby tepla.

- Voľba spôsobu dopravy a prípravy biopaliva, a to od zdroja k užívateľovi, typ skládky a vlastnú dopravu k zariadeniu a spôsob dávkovania.
- Ekonomické zhodnotenie nákladov investičnej povahy a prevádzkových nákladov.
- Splnenie ekologických požiadaviek pre malé a stredné zdroje v zmysle legislatívy SR (emisie, odpady).
- Finančné zaistenie výstavby novej jednotky (s využitím dotačnej politiky).

Produkcia oxidov dusíka z procesu spaľovania biomasy

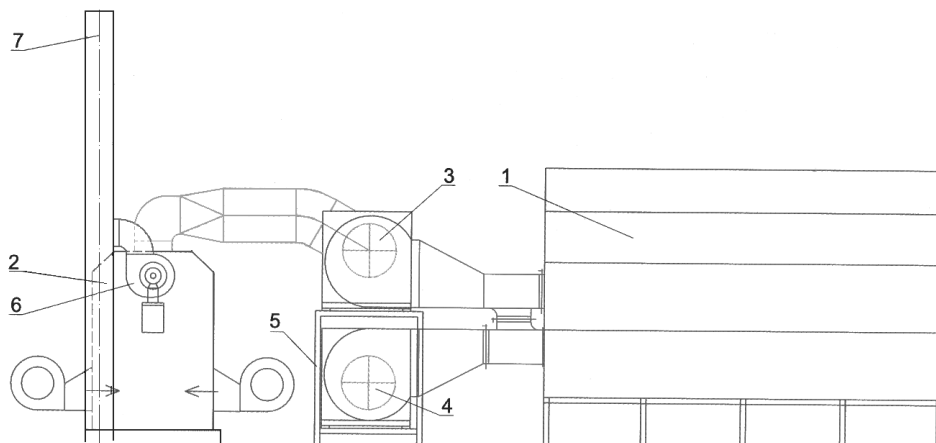
Pri charakterizovaní a hodnotení palív sa dnes okrem energetického a ekonomického hľadiska čoraz viac presadzuje i hodnotenie palív z environmentálnych aspektov. Výsledky analýz spalín vznikajúcich spaľovaním dreva poukazujú na skutočnosť, že spaliny okrem hlavných produktov oxidácie uhlíka a vodíka, CO_2 a H_2O , obsahujú i alifatické a aromatické uhľovodíky, CO a oxidy dusíka. Tieto poznatky evokujú potrebu upustiť od názorov o tzv. ekologicky neškodnej výrobe tepla z dreva a drevných odpadov a nútia nás venovať sa vývoju a skvalitňovaniu technologických postupov spaľovania biomasy v kúreniskách tepelných generátorov (Dzurenda, L., 2004).

Jednou z neželateľných znečisťujúcich látok v spalínach zo spaľovania fytohmoty (drevo, kôra, ihličie, lístie) sú oxidy dusíka vznikajúce nízkoteplotnou oxidáciou dusíka viazaného v palive. Koncentrácie oxidov dusíka v spalínach vznikajúcich uvedenou cestou sú závislé na množstve dusíka nachádzajúcom sa v palive. Údaje o obsahu dusíka vo fytohmote uvádzané v odbornej literatúre sú v značne širokom intervale $N = 0,04\text{-}2,3\%$. Základnými stavebnými prvkami fytohmoty je uhlík, vodík a kyslík (cca 95-98 % v suchej hmote).

Spaľovanie dreva (kôry) s vlhkosťou nad 30% v kúreniskách tepelných generátorov prebieha pri teplotách 675-960 °C. Pri daných teplotných pomeroch v kúreniskách sa oxidy dusíka tvoria len formou nízkoteplotnej oxidácie dusíka viazaného v palive. Hmotnostný tok oxidov dusíka v spalínach vyjadrené formou NO_2 z 1 MW tepelného generátora prevádzkovaného pri tepelnej účinnosti 80% v závislosti na spaľovanom palive (pri $w = 40\%$) je $m_{\text{NO}_2} = 1,5\text{-}9,3 \text{ ton.rok}^{-1}$. Pri spaľovaní kôry z ihličnatých drevín je hmotnostný tok $m_{\text{NO}_2} = 16,7\text{-}22,6 \text{ ton.rok}^{-1}$ a listnatých drevín (buk lesný, dub zimný, agát biely) je $m_{\text{NO}_2} = 23,6\text{-}52,7 \text{ ton.rok}^{-1}$.

Sušenie slamou

Sušenie sa považuje za zásadné poistné opatrenie pre prípad vlhkého priebehu zberu a sušením je možné dosiahnuť najvyššie kvalitatívne parametre zrnín ako pre potravinárske, tak aj pre kŕmne účely. Technologický postup sušenia sa považuje za súčasť výrobného postupu pri komoditách, ako je kukurica na zrno, slnečnica na zrno, repka a ďalšie olejninu. Sušiarne zároveň predstavujú významný spotrebič tepelnej energie, ktorý ovplyvňuje ekonomickú efektívnosť sušenia i celého podniku. Z tohto dôvodu sa hľadajú možnosti náhrady fosílnych palív (ktorých cena neustále rastie) inými zdrojmi, napr. biomasou. Pri horúcovzdušnom sušení krmovín boli úspešne realizované šachtové pece typu KLEMZA, pri sušení osivovej kukurice v komorových sušiarňach spaľovacie zariadenia typu BIOFLAM. V súčasnosti pri sušení obilnín a zrnín bolo úspešne odskúšané a realizované zariadenie pozostávajúce zo sušiarne Mathews Company (MC 975) a ohrievača výrobcu Graso (NPA 1200), schéma obr.8. Ohrievač vzduchu NPA je zariadenie spaľujúce balíky slamy (hranaté i kruhové) so zabudovaným šamotovo-rúrkovým výmenníkom tepla (obr.9). Suší sa teda čistým zohriatym vzduchom. Spaliny sú odvádzané do komína pomocou dymového ventilátora.



Obr.8 Schéma upravenej sušiarne so zdrojom tepla na spaľovanie slamy

1 – sušiareň, 2 – zdroj tepla, 3 – ventilátor zohriateho sušiaceho prostredia, 4 – ventilátor chladiaceho vzduchu, 5 – nosná oceľová konštrukcia ventilátorov, 6 – odvod spalín, 7 - komín

Ako vyplýva z publikovaných informácií firmy dodávajúcej tieto zdroje tepla, jednu tonu slamy je možné „vyrobiť“ za cca 700 Sk, pričom pri spálení tony slamy získame množstvo tepla ako pri spálení 330 až 400 m³ zemného plynu. Cena 330 m³ zemného plynu je cca 5000 Sk, pomer 5000:700 je potom veľmi zaujímavý. V tejto sušiacей sezóne už budujú tepelné zdroje na biomasu aj prevádzkovatelia sušiarň LAW a Chief-MFS.

Biomasa je považovaná za najvýznamnejšiu z obnoviteľných zdrojov energie (OZE). V príspevku sú uvedené možnosti jej termickej premeny do formy tepelnej energie. Ako konkrétne prípady aplikácií sú uvedení vybraní výrobcovia, ktorí však nepokrývajú celú oblasť využitia biomasy vo forme tepla. S ohľadom na súčasný nedostatok obilnín a ich rastúce ceny nie sú uvádzané ani možnosti ich spaľovania. Možnosti výroby bioplynu a jeho využitia boli spracované v iných príspevkoch.

Problematika využívania biomasy na energetické účely je predmetom neustáleho skúmania i v celosvetovom meradle s cieľom diverzifikácie primárnych energetických zdrojov. S ohľadom na závislosť Slovenska od dovozu energií musí byť naša snaha o zvyšovanie podielu OZE na celkovej spotrebe o to vyššia a dúfajme, že v krátkej dobe podporená i legislatívne zákonom, ktorý bude riešiť podmienky výroby energie z obnoviteľných zdrojov.

Literatúra

DZURENDA, L. 2004. Produkcia oxidov dusíka z procesu spaľovania vlhkého dreva a kôry niektorých ihličnatých a listnatých drevín. In: Acta Mechanica Slovaca, roč. 8, 2004, č. 3-A, s. 87-92.

FIBINGER, V. – CEMERKOVÁ, A. 2004. Biomasa jako palivo pro malé a střední zdroje tepelné energie. In: Acta Mechanica Slovaca, roč. 8, 2004, č. 3-A, s. 357-365.

IMRIŠ, I. – KLENOVČANOVÁ, A. – VADÁSZ. 2004. Príspevok k štúdiu spaľovania dendromasy. In: Acta Mechanica Slovaca, roč. 8, 2004, č. 3-A, s. 261-270.

VITÁZEK, I. - HAVELKA, J. 2000. Odpadová biomasa ako zdroj tepelnej energie v poľnohospodárstve. In: Acta Mechanica Slovaca, roč.4, 2000, č.3/2000, s. 437-442.

VITÁZEK, I. 2005. Teplotníka a hydrotechnika. Nitra: Vydavateľstvo SPU, 2005, 104 s.

VITÁZEK, I. 2006. Tepelné procesy v plynnom prostredí – Modifikované i-x diagramy. Nitra: Vydavateľstvo SPU, 2006, 98 s. ISBN 80-8069-716-7

Firemné materiály JUREX spol. s r.o. Bratislava, VIGAS, ATMOS

<http://www.tzb-info.cz>

<http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=1&obor=5>

<http://www.biom.cz>