

# Stanovení vody, popela a prchavé hořlaviny v uhlí

## Teoretický úvod

Základním rozbořením tuhých paliv se rozumí stanovení obsahu vody ( $W$  = water), popela ( $A$  = ash) a zdánlivé hořlaviny ( $h$ ). Součet těchto tří hodnot dává 100 hm. % (rovnice 1). Ze znalosti obsahu vody a popela lze vypočítat hmotnostní podíl zdánlivé hořlaviny.

$$W + A + h = 100 \text{ [hm. \%]} \quad (1)$$

Celková zdánlivá hořlavina v palivu ( $h$ ) je součtem hořlaviny prchavé ( $V$  = volatiles) a neprchavé ( $FC$  = fixed carbon), jak je uvedeno v rovnici (2).

$$h = V + FC \quad (2)$$

## Voda

Vodu obsahuje každé tuhé palivo a její obsah je jedním z jeho základních palivářských charakteristik. Vlhkost paliva je do určité míry nežádoucí, protože snižuje energetickou hodnotu paliva, ovšem malý obsah vlhkosti může někdy působit i blahodárně na rychlost hoření, teplotu v kotli apod. Obsah vody kolísá v širokém rozmezí: u uhlí se například pohybuje v rozmezí 1 až 60 hm. %, u rašeliny může být dokonce i vyšší než 90 hm. %. Vlhkost závisí na druhu paliva, místě jeho těžby, jeho úpravě aj. Obecně se dá říci, že geologicky mladá paliva obsahují více vody než paliva velmi prouhelněná.

Tab. 1: Rozdělení vody

|              |                                                          |                                 |
|--------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------|
| veškerá voda | hydrátová – vázaná na popeloviny                         |                                 |
|              | konstituční – chemicky vázaná na organickou hmotu paliva |                                 |
|              | volná (tzv. přimíšená)                                   |                                 |
|              | vázaná (tzv. kapilárně vázaná)                           | hrubá                           |
|              |                                                          | hygroskopická (tzv. zbylá voda) |
|              |                                                          | okludovaná                      |

Malá část vody, která je vázaná na popeloviny (**hydrátová voda**) a část vody chemicky vázané na organickou hmotu paliva (**konstituční voda**) se při běžné analýze nestanovují. Pro běžnou analýzu má význam pouze **voda volná** a **vázaná**. **Volnou vodu** lze od paliva oddělit mechanicky (např. odstředěním, odkapáváním nebo filtrací).

**Voda kapilárně vázaná** se dělí na **hrubou**, **hygroskopickou** a **okludovanou**. Volným vysycháním na vzduchu ztrácí paliva postupně vodu kapilární až po určitou mez. Uvolněné množství vody je **hrubá voda** a z kapilárně vázané vody zbývá v palivu hygroskopická a okludovaná voda. Sušením paliva za zvýšené teploty při teplotě 105 °C se z paliva uvolňuje **hygroskopická voda** a toto množství vody se nazývá **zbylá voda**, nebo též **analytická voda**.

Vázaná voda odpovídá součtu hrubé a zbylé vody. Okludovaná voda představuje malé množství vody, která se z uhlí neuvolní ani usilovným sušením a uvolňuje se teprve při teplotách rozkladu paliva – tato část vody se do hrubého rozboru paliva nezapočítává.

## Popel

Popel je podíl paliva, který získáme jeho dokonalým spálením. Vzniká z minerálních složek obsažených ve spalovaném palivu, které se nazývají popeloviny. Při spalování paliva se popeloviny teplem rozkládají v oxidační atmosféře a těkavé podíly přecházejí do spalin. Popel je tedy netěkavá součást popelovin. Popel stejně jako voda je nežádoucí složkou paliva, jak z hlediska výhřevnosti, tak z hlediska chování paliva (jeho spékání, struskování, prašnosti spalin atd.). Pro důkladnější popis chování popela je důležité znát také jeho složení.

## Postup

### Příprava vzorku:

Z původního vzorku připravte analytický vzorek (frakce < 0,2 mm). Při úpravě musí být zachovány veškeré chemické vlastnosti vzorku.

### Stanovení obsahu vody v uhlí:

1. Do předem zváženého porcelánového kelímku navažte cca 1 g vzorku.
2. Takto připravené vzorky vložte do sušárny vyhřáté na  $105 \pm 2$  °C na cca 2 hod.
3. Poté vzorky vložte do exsikátoru a nechte vychladnout na laboratorní teplotu.
4. Vzorky zvažte.

5. Poté vložte vzorky znovu do sušárny a nechte ještě půl hodiny sušit. Znovu vzorky zvažte. Toto opakujte, dokud nebude hodnota dvou po sobě jdoucích měření shodná na dvě desetinná místa.

Vypočtete hmotnostní obsah vody v palivu (nezapomeňte do protokolu uvést vztah pro výpočet).

### **Stanovení obsahu prchavé hořlaviny:**

Ve vysušených vzorcích po stanovení vlhkosti stanovte obsah prchavé hořlaviny (V) vložením kelímku na sedm minut do pece vyhřáté na  $900 \pm 10$  °C (kelímek musí být zakrytý víčkem) a nechte v exsikátoru vychladnout na laboratorní teplotu. Úbytek hmotnosti je prchavá hořlavina.

### **Stanovení obsahu popela v uhlí:**

Ve vzorcích stanovte i obsah popela:

1. Vzorky vložte do chladné muflové pece
2. Pec zahřívejte dle režimu uvedeného v tabulce v Příloze 1.
3. Na teplotě setrvejte minimálně 60 minut.
4. Vzorky nechte vychladnout na laboratorní teplotu a zvažte.
5. Pokud jsou pochyby o úplném spálení vzorku, postupujte dle pokynů v Příloze 1.

Z naměřených hodnot vypočtete obsah popela vztážený na suchý vzorek a na původní navážku (opět nezapomeňte uvést do protokolu vzorce).

Vypočtete z naměřených hodnot obsah zdánlivé hořlaviny v palivu.

Do protokolu popište stručně princip stanovení vody, popela a prchavé hořlaviny, stručně popište postup stanovení (spolu se všemi naměřenými hodnotami) a konečné hodnoty W, A, h, V s FC spolu se vztahy, které byly k jejich vyjádření použity. Držte se níže uvedené symboliky (a snažte se použít všechny symboly).

### **Přehled symbolů**

A – obsah popela ve vzorku (hm. %)

FC – obsah neprchavé hořlaviny ve vzorku (hm. %)

h – obsah zdánlivé hořlaviny ve vzorku (hm. %)

V – obsah prchavé hořlaviny ve vzorku (hm. %)

W – obsah vody ve vzorku (hm. %)

<sup>d</sup> – suchý vzorek (z angl. dry)

<sup>daf</sup> – suchý a bezpopelnatý vzorek (z angl. dry ash free)

## Literatura

ČSN 44 1377. *Tuhá paliva - Stanovení obsahu vody*. 1.3.2004. Praha: Český normalizační institut, 2004.

ČSN ISO 562. *Černá uhlí a koks - Stanovení prchavé hořlaviny*. 1.10.2011. Praha: ÚNMZ, 2011.

ČSN ISO 1171. *Tuhá paliva - Stanovení popela*. 1.10.2011. Praha: ÚNMZ, 2011.

ČSN ISO 1928. *Tuhá paliva - Stanovení spalného tepla kalorimetrickou metodou v tlakové nádobě a výpočet výhřevnosti*. 1.10.2010. Praha: ÚNMZ, 2010.

ČSN EN 14774-3. *Tuhá biopaliva - Stanovení obsahu vody - Metoda sušení v sušárně - Část 3: Voda v analytickém vzorku pro obecný rozbor*. 1.4.2010. Praha: ÚNMZ, 2010.

ČSN EN 15148. *Tuhá biopaliva - Stanovení obsahu prchavé hořlaviny*. 1.5.2010. Praha: ÚNMZ, 2010.

ČSN EN 14775. *Tuhá biopaliva - Stanovení obsahu popela*. 1.5.2010. Praha: ÚNMZ, 2010.

ČSN EN 14918. *Tuhá biopaliva - Stanovení spalného tepla a výhřevnosti*. 1.6.2010. Praha: ÚNMZ, 2010.

ČSN EN 15414-3. *Tuhá alternativní paliva - Stanovení obsahu vody metodou sušení v sušárně - Část 3: Voda v analytickém vzorku pro obecný rozbor*. 1.8.2011. Praha: ÚNMZ, 2011.

ČSN EN 15402. *Tuhá alternativní paliva - Stanovení obsahu prchavé hořlaviny*. 1.8.2011. Praha: ÚNMZ, 2011.

ČSN EN 15403. *Tuhá alternativní paliva - Stanovení obsahu popela*. 1.8.2011. Praha: ÚNMZ, 2011.

ČSN EN 15400. *Tuhá alternativní paliva - Stanovení spalného tepla a výhřevnosti*. 1.8.2011. Praha: ÚNMZ, 2011.

# NÁVODY PRO LABORATOŘ PALIV 3. ROČNÍKU BAKALÁŘSKÉHO STUDIA

Michael Pohořelý, Michal Jeremiáš, Zdeněk Beňo, Josef Kočica

## Příloha 1 - Parametry pro HR různých druhů tuhých paliv

| typ paliva                        | parametr       |                 |                                     |                         |                 |               |                |                 |                                                              |                                           |                                                            |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                                   | voda,<br>W     |                 |                                     | prchavá hořlavina,<br>V |                 |               | popel,<br>A    |                 |                                                              |                                           | spalné teplo,<br>Qs                                        |
|                                   | navážka<br>[g] | teplota<br>[°C] | dobu<br>[min]                       | navážka<br>[g]          | teplota<br>[°C] | dobu<br>[min] | navážka<br>[g] | teplota<br>[°C] | teplotní režim                                               | dobu<br>[min]                             |                                                            |
| tuhá paliva<br>(TP)               | min. 1g        | 105±2           | do konst.<br>hmotnosti<br>(120-180) | 1±0,1                   | 900±10          | 7             | min. 1g        | 815±10          | 8°C/min na<br>500°C, setrvat<br>30min, 8°C/min<br>na 815°C   | **<br>do konst.<br>hmotnosti<br>(min. 60) | p <sub>O2</sub> =3MPa, navážka dle<br>vlastností materiálu |
| tuhá biopaliva<br>(TB)            | min. 1g        | 105±2           | do konst.<br>hmotnosti<br>(120-180) | 1±0,1                   | 900±10          | 7             | min. 1g        | 550±10          | 6°C/min na<br>250°C, setrvat 60<br>min, 10°C/min<br>na 550°C | *<br>do konst.<br>hmotnosti<br>(min. 120) | p <sub>O2</sub> =3MPa, navážka dle<br>vlastností materiálu |
| tuhá alternativní<br>paliva (TAP) | min. 1g        | 105±2           | do konst.<br>hmotnosti<br>(120-180) | 1±0,1                   | 900±10          | 7             | min. 1g        | 550±10          | 6°C/min na<br>250°C, setrvat 60<br>min, 10°C/min<br>na 550°C | *<br>do konst.<br>hmotnosti<br>(min 120)  | p <sub>O2</sub> =3MPa, navážka dle<br>vlastností materiálu |

Pozn: Hmotnosti u všech stanovení měřit s přesností na 0,1mg

\* Při vzniku pochybnosti o úplném spálení vzorku se vzorek vloží do pece na dalších 30 min, dokud není změna hmotnosti menší než 0,5 mg.

\*\* Pokud jsou pochyby o úplném spálení vzorku, žíhá se vzorek při dané teplotě v 15 minutových intervalech, dokud změna hmotnosti převyšuje 1 mg.