



NÁVODY PRO LABORATOŘ ENVIRONMENTÁLNÍCH RIZIK V ENERGETICE

Tento výukový materiál je autorským dílem, které je chráněno autorským právem VŠCHT Praha.

Některé části výukového materiálu vycházejí z autorských děl třetích osob, která VŠCHT Praha užívá pro účely výuky svých studentů na základě zákonné licence.

Obsah tohoto výukového materiálu je určen výlučně pro výuku studentů VŠCHT Praha.

Obsah výukového materiálu nesmí být rozmnožován, zaznamenáván, napodobován, publikován ani jinak rozšiřován bez písemného souhlasu majitele autorských práv.

Autorské právo neporušuje ten student VŠCHT Praha, který výlučně pro svou osobní potřebu zhotoví záznam či napodobeninu díla nebo užije dílo jiným způsobem, který dle zákona autorské právo neporušuje.

© VŠCHT Praha 2020

Laboratorní práce č. 9: Technický rozbor tuhého paliva a stanovení užitečné energie vázané v tuhém palivu

Cíl práce

Seznámení se se základním rozbořem pevných paliv, tj. stanovení obsahu vody, popela, prchavé hořlaviny a spalného tepla. Výpočet výhřevnosti a statistické zpracování výsledků.

Teoretický úvod

Technickým (hrubým) rozbořem pevných paliv se rozumí stanovení obsahu vody (W = water), popela (A = ash) a prchavé hořlaviny (V = volatiles) a výpočet zdánlivé hořlaviny (h) a neprchavé hořlaviny (FC = fixed carbon). Součet obsahu vody, popela a zdánlivé hořlaviny dává 100 hm. % – rovnice (1).

$$W + A + h = 100 \quad (1)$$

Celková zdánlivá hořlavina v palivu je součtem hořlaviny prchavé a neprchavé, jak je uvedeno v rovnici (2).

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

Voda

Vodu obsahuje každé pevné 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. %, u dřevní štěpky 2-70 hm. %. Vlhkost závisí na druhu paliva, místě jeho těžby, jeho úpravě, způsobu skladování aj. Obecně se dá říci, že geologicky mladá paliva obsahují více vody než paliva velmi prouhelněná.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání





NÁVODY PRO LABORATOŘ ENVIRONMENTÁLNÍCH RIZIK V ENERGETICE

Malá část vody, která je vázána 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.

Tab. 1: Rozdělení vody

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

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.

Spalné teplo

Spalné teplo Q_s (anglicky HHV – Higher Heating Value) je teplo uvolněné dokonalým spálením jednotkového množství paliva. Vzniklá voda zkondenzuje (uvolní své výparné teplo) a nachází se v kapalném stavu.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání





NÁVODY PRO LABORATOŘ ENVIRONMENTÁLNÍCH RIZIK V ENERGETICE

Výhřevnost

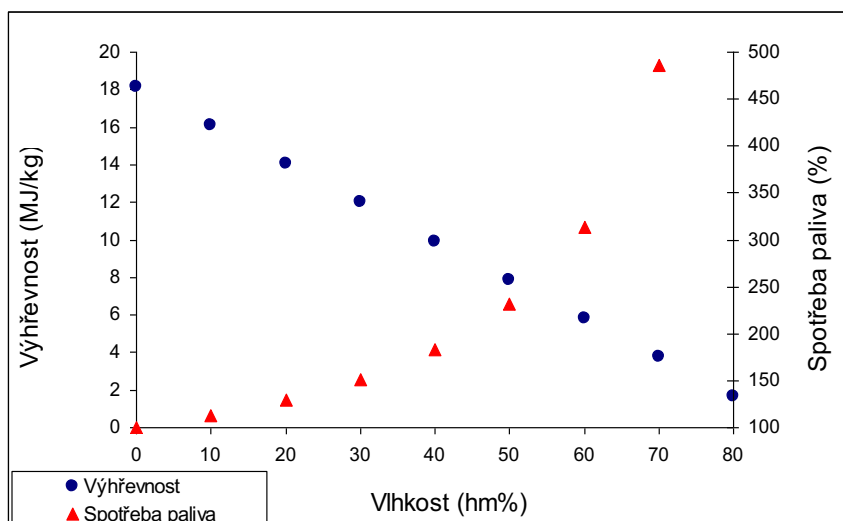
Výhřevnost Q_i (anglicky LHV – Lower Heating Value) je teplo uvolněné za stejných podmínek jako Q_s , ale vzniklá voda je ve formě páry. Výhřevnost je tedy nižší než spalné teplo o výparné teplo vody – rovnice (3).

$$Q_i = Q_s - \frac{2441,5}{100}(W + 8,94H) \quad [\text{kJ.kg}^{-1}] \quad (3)$$

kde Q_i je výhřevnost, Q_s spalné teplo v kJ/kg, W obsah vody v hm. %, H obsah vodíku v hm. %, 2441,5 kJ/kg výparné teplo vody a 8,94 koeficient k přepočtu vodíku na vodu (vodík se stanovuje elementární analýzou).

Spalné teplo a výhřevnost lze přibližně vypočítat i podle empirických vzorců z elementárního složení paliva. Tyto vzorce se ale vztahují zpravidla jen na určitý druh paliva.

Spalné teplo a jeho výhřevnost jsou jedním ze základních parametrů paliva. Výhřevnost je zásadně ovlivněna vlhkostí paliva, jak je vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 1 – Závislost výhřevnosti dřevní biomasy a teoretické spotřeby paliva na její energetické vlhkosti.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



NÁVODY PRO LABORATOŘ ENVIRONMENTÁLNÍCH RIZIK V ENERGETICE

Velmi stručný úvod do statistického vyjadřování výsledků

Aritmetický průměr $\bar{x}$ je statistická veličina, která vyjadřuje typickou hodnotu popisující soubor naměřených hodnot x_i . Počítá se podle vzorce (4).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4)$$

kde písmeno n označuje počet měření.

Další možností pro vyjádření výsledků měření je **medián** $\tilde{x}$, což je hodnota, jež dělí řadu vzestupně seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny. Platí, že nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu.

Pro nalezení mediánu daného souboru stačí hodnoty seřadit podle velikosti a vzít hodnotu, která se nalézá uprostřed seznamu. Pokud má soubor sudý počet prvků, obvykle se za medián označuje aritmetický průměr hodnot na místech $n/2$ a $n/2+1$. Obecně se za medián dá označit více čísel. V případě sudého počtu prvků neexistuje jedinečná hodnota. Platí však, že polovina hodnot je menší nebo rovna a polovina prvků je větší nebo rovna, ať už se za medián zvolí libovolné z obou prostředních čísel. Totéž dokonce platí i pro libovolné číslo, jehož velikost leží mezi těmito dvěma čísly. Proto se jako medián takového souboru může vzít libovolné z obou prostředních čísel i libovolné z čísel mezi nimi. Pro určení mediánu lze využít funkci =median(...) v programu Excel.

Chyby měření

Každé měření je zatíženo chybou, a to buď systematickou anebo náhodnou.

Systematické chyby zkreslují výsledek měření zcela určitým způsobem a s jistou pravidelností, což se projevuje zejména tím, že vedou k hodnotám, které jsou buď trvale vyšší, nebo trvale nižší, než je hodnota správná. Jejich příčinou často bývá použitá metoda měření, použité měřicí přístroje a ten, kdo měření provádí (tzv. chyby osobní).

Hrubé chyby vznikají v důsledku omylů při provádění analýzy (měření) nebo při vyhodnocení výsledku. Velká hodnota chyby může způsobit nepřesnost a nesprávnost konečného výsledku, proto je nezbytné odlehlý výsledek vyloučit ze souboru hodnot. Pro jeho vyloučení seřadíme nejprve všechny výsledky podle stoupající hodnoty $x_1 < x_2 < \dots < x_n$. Odlehlý výsledek – nejnižší (x_1) nebo nejvyšší (x_n) ve vytvořené posloupnosti – testujeme dosazením do příslušných vztahů a vypočtená hodnota se porovnává s kritickou, tabelovanou hodnotou pro danou hladinu statistické významnosti $\alpha = 0,05$ (pravděpodobnost 95 %) nebo $\alpha = 0,01$ (pravděpodobnost 99 %). Pokud máme k dispozici tabulkový procesor, není potřeba hodnoty řadit dle stoupající hodnoty, ale můžeme vypočítat hodnotu T_n pro každou hodnotu dle vztahu (5) (Grubbsův test).

$$T_n = \frac{|x_n - \bar{x}|}{S}, \text{ kde veličinu } S \text{ vypočteme ze standardní odchylky.}$$

$$S = s \cdot \sqrt{\frac{n-1}{n}} \quad (5)$$



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání





NÁVODY PRO LABORATOŘ ENVIRONMENTÁLNÍCH RIZIK V ENERGETICE

Vypočtenou veličinu T_n porovnáváme s kritickou hodnotou T_α pro zvolenou pravděpodobnost či hladinu významnosti α . Je-li $T_n \geq T_\alpha$, výsledek je odlehlý a je třeba vyloučit jej ze souboru testovaných hodnot.

Náhodné chyby vznikají při každém měření a ovlivňují přesnost výsledků. Jsou způsobeny drobnými nepřesnostmi při vážení nebo měření, nedokonalostí odečítání sledované veličiny atp. Mají náhodný charakter s případnou tendencí vzájemné kompenzace. Rozdělení náhodných chyb, tj. závislost pravděpodobnosti výskytu chyb na jejich absolutní velikosti $|x_i - \mu|$, charakterizuje v grafickém vyjádření Gaussova křivka o normálním rozdělení, která má dva parametry. Parametr μ určuje polohu maxima křivky vzhledem k vodorovné ose a parametr σ vystihuje šířku křivky, tj. rozptýlení. Čím je rozptyl menší, tím je křivka užší, symetričtější s velkou četností správných dat, tj. s nulovou chybou – hodnocený soubor je přesnější. Nejlepším odhadem parametru μ je aritmetický průměr, parametru σ je směrodatná (standardní) odchylka „s“, která je mírou přesnosti série paralelních výsledků.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

Rozdíl naměřené hodnoty od průměru $(x_i - \bar{x})$ je tzv. odchylka jednotlivého výsledku, druhá mocnina směrodatné odchylky (s^2) je rozptyl. Hodnota sumy čtverců odchylek se často nahrazuje vztahem (7) užívaným také ve statistických programech.

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \quad (7)$$

V programu Excel se směrodatná odchylka výběru zadává vzorcem =smodch.výběr(.....). V anglické verzi =STDEV(.....).

U většiny hodnocených sérií měření (stanovení) neznáme skutečnou hodnotu μ . Na základě matematické statistiky však lze vymezit oblast, v níž se s určitou pravděpodobností (na předem zvolené hladině významnosti) skutečná hodnota nachází. Tato oblast – interval spolehlivosti $L_{1,2}$ – je tím užší, čím jsou získané výsledky přesnější, charakterizuje spolehlivost výsledku. Pokud je rozdělení pravděpodobnosti normální, interval spolehlivosti se stanovuje na základě t-rozdělení (Studentovo).

$$L_{1,2} = \bar{x} \pm \frac{s \cdot t_\alpha}{\sqrt{n}} = \bar{x} \pm s_{\bar{x}} \cdot t_\alpha \quad (8)$$

kde L_1 a L_2 označují krajní meze intervalu spolehlivosti, t_α je kritická hodnota Studentova t-rozdělení pro zvolenou hladinu významnosti α .

Při aplikaci hladiny významnosti např. $\alpha=0,05$ dostaneme interval spolehlivosti, pro který platí, že podle daného rozdělení (Studentovo, Normální) leží výsledek s 95% pravděpodobností v daném intervalu $L_{1,2}$. Pro hladinu významnosti $\alpha=0,01$, toto můžeme tvrdit s 99% pravděpodobností.

V Excelu je k dispozici jako funkce pro rozptyl funkce =confidence.norm(...). Tento interval spolehlivosti je založen na Normálním rozdělení, kde je Gaussova křivka rozdělení pravděpodobnosti užší než v případě použití Studentova rozdělení, tedy i výsledný interval spolehlivosti bude užší, což ale neodpovídá charakteristice náhodného výběru. Dále je v Excelu k dispozici i funkce pro interval



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



NÁVODY PRO LABORATOŘ ENVIRONMENTÁLNÍCH RIZIK V ENERGETICE

spolehlivosti dle Studentova rozdělení $= \text{confidence.t}(\dots)$. Při uvádění výsledků s intervalem spolehlivosti je nutno uvést i podle kterého rozdělení pravděpodobnosti a s jakou hladinou významnosti byl počítán. K prozkoumání a porovnání různých způsobů zadávání směrodatné odchylky i různých rozdělení můžete použít soubor „interval spolehlivosti.xlsx“. V tomto souboru naleznete i statistické tabulky kritických hodnot.

Při uvádění výsledků s intervalem spolehlivosti je potřeba si uvědomit, že postihuje pouze náhodné chyby, a ne chyby systematické, způsobené např. špatným odběrem (prováděným pořád stejně), různým nastavením a kalibrací přístrojů apod. Interval spolehlivosti nám proto poskytuje informaci o míře náhodných chyb, kterých jsme se dopustili při měření za daných podmínek. Při měření na jiném přístroji, nebo v jiné laboratoři (s jinými pracovními postupy) by však hodnoty mohli být velmi odlišné.

Pracovní 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 pevném palivu:

1. Do každého z předem zvážených šesti porcelánových kelímků navažte množství vzorku dle specifikace v tabulce v Příloze 1.
2. Takto připravené vzorky vložte do sušárny vyhřáté na 105 ± 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.
6. Vypočítejte hmotnostní obsah vody v palivu a statisticky data zpracujte.

Stanovení obsahu prchavé hořlaviny v pevném palivu:

Ve třech vysušených vzorcích po stanovení vlhkosti stanovte obsah prchavé hořlaviny (V) vložením kelímku na sedm minut do pece vyhřáté na 900 °C (viz Příloha 1) a nechte v exsikátoru vychladnout na laboratorní teplotu. Relativní úbytek hmotnosti je prchavá hořlavina. Data statisticky zpracujte.

Stanovení obsahu popela v pevném palivu:

Ve 3 zbylých vzorcích stanovte obsah popela:

1. Vložte vzorky do chladné muflové pece.
2. Pec zahřívejte dle režimu uvedeného v Příloze 1.
3. Vzorky nechte vychladnout v exsikátoru na laboratorní teplotu a zvažte.
4. Pokud jsou pochyby o úplném spálení vzorku, postupujte dle pokynů v Příloze 1.

Naměřená data statisticky zpracujte. Vypočítejte také obsah zdánlivé hořlaviny (h) a neprchavé hořlaviny (FC).



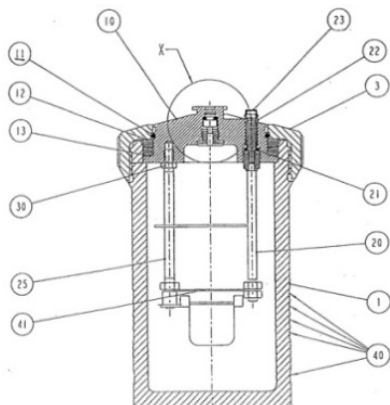
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání





NÁVODY PRO LABORATOŘ ENVIRONMENTÁLNÍCH RIZIK V ENERGETICE

Postup stanovení spalného tepla:



Obrázek 2 – Příklad IKA 2000.

Měření bude provedeno na přístroji IKA 2000 (Obrázek 2), který provádí veškerá vyhodnocení automaticky. Není třeba provádět kalibraci přístroje, protože je již nakalibrován.

1. Zapněte chlazení vody (alespoň půl hodiny před měřením). Zkontrolujte hladinu vody. Měla by téměř přetékat. Případně ji doplňte (jedná se o demineralizovanou vodu).
2. Až klesne teplota chladicí vody pod 20 °C, zapněte přístroj a povolte ventil na kyslíkové tlakové láhvi.
3. Navažte 0,5 – 1 g vzorku do kovového kelímku.
4. Vypláchněte kalorimetrickou bombu destilovanou vodou a opláchněte víko a elektrody. Elektrody a zapalovací drátek poté vysušte buničinou. Do kalorimetrické bomby odměřte 11 ml NaOH (0,1mol/l) nebo demineralizované vody.
5. Navažte zapalovací bavlnu na zapalovací drátek a zasuňte ji pod vzorek. Bombu zkompletujte a uzavřete.
6. Stiskněte tlačítko pod nápisem „Vzorek“, zadejte navážku vzorku a stiskněte OK (bomba bez pruhu je č. 1 a bomba s pruhem č. 2). Vložte bombu do držáku v hlavě kalorimetru. Na displeji by se měl objevit nápis „Start“. Stiskněte tlačítko pod nápisem, hlava zajede s bombou do vodní lázně a začne probíhat měření.
7. Měření trvá cca 30 minut. Potom hlava vyjede a na displeji se objeví hodnota spalného tepla. Dejte pozor na váhu bomby při vyjímání z hlavy kalorimetru a raději ji vyndávejte oběma rukama.
8. Hodnotu výhřevnosti vypočítejte z rovnice (3). Obsah vodíku v suchém vzorku $H^d=6,1$ hm. % (je potřeba přepočítat na H, což je obsah vodíku v nevysušeném vzorku).
9. Bombu odtlakujte a otevřete.

Spalné teplo pro daný vzorek změřte minimálně 3x, vypočítejte výhřevnost a statisticky data zpracujte.

Literatura

1. Beneš M. a kol.: Laboratorní cvičení z koksárenství a plynárenství. SNTL 1981.
2. Novák J.: Základy teorie chyb a zpracování fyzikálních měření. Dostupné na: <http://webfyzika.fsv.cvut.cz/PDF/teoriechyb.pdf> (21.02.2011).



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání





NÁVODY PRO LABORATOŘ ENVIRONMENTÁLNÍCH RIZIK V ENERGETICE

3. Kotouček M., Skopalová J., Adamovský P.: Multimediální učebnice: „Příklady z analytické chemie“. Dostupné na: <http://ach.upol.cz/ucebnice> (21.02.2011).
4. Pavlík J. a kol.: Aplikovaná statistika. Skriptum VŠCHT (2005). ISBN 80-7080-569-2.
5. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Medián> (18.2.2022)
6. ČSN 44 1377. Tuhá paliva - Stanovení obsahu vody. 3. 2004. Praha: Český normalizační institut, 2004.
7. ČSN ISO 562. Černá uhlí a koks - Stanovení prchavé hořlaviny. 10. 2011. Praha: ÚNMZ, 2011.
8. ČSN ISO 1171. Tuhá paliva - Stanovení popela. 1.10.2011. Praha: ÚNMZ, 2011.
9. ČSN DIN 51900-2. Zkoušení tuhých a kapalných paliv - Stanovení spalného tepla v tlakové nádobě kalorimetru a výpočet výhřevnosti - Část 2: Metoda s isoperibolickým kalorimetrem nebo kalorimetrem se statickým pláštěm. 12. 2014. Praha: ÚNMZ, 2014.
10. ČSN EN ISO 18134-3. Tuhá biopaliva - Stanovení obsahu vody - Metoda sušení v sušárně - Část 3: Obsah vody v analytickém vzorku pro obecný rozbor. 2.2016. Praha: ÚNMZ, 2016.
11. ČSN EN ISO 18123. Tuhá biopaliva - Stanovení obsahu prchavé hořlaviny. 6. 2016. Praha: ÚNMZ, 2016.
12. ČSN EN ISO 18122. Tuhá biopaliva - Stanovení obsahu popela. 6. 2016. Praha: ÚNMZ, 2016.
13. ČSN EN ISO 18125. Tuhá biopaliva - Stanovení spalného tepla a výhřevnosti. 3. 2019. Praha: ÚNMZ, 2019.
14. ČSN EN 15414-3. Tuhá alternativní paliva - Stanovení obsahu vody metodou sušení v sušárně - Část 3: Voda v analytickém vzorku pro obecný rozbor. 12. 2021. Praha: ÚNMZ, 2021.
15. ČSN EN ISO 22167. Tuhá alternativní paliva - Stanovení obsahu prchavé hořlaviny. 10. 2021. Praha: ÚNMZ, 2021.
16. ČSN EN ISO 21656. Tuhá alternativní paliva - Stanovení popela. 1. 2022. Praha: ÚNMZ, 2022.
17. ČSN EN ISO 21654. Tuhá alternativní paliva - Stanovení spalného tepla a výhřevnosti. 1. 2022. Praha: ÚNMZ, 2022.

Návody zpracovali: Doc. Ing. Michael Pohořelý, Ph.D., Ing. Michal Jeremiáš, Ph.D.

Ing. Zdeněk Beňo, Ph.D., Ing. Hana Juklíčková

Rok 2018

Aktualizovala Ing. Kateřina Sukdolová v roce 2022

Rok 2018, aktualizace 2022



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání





NÁVODY PRO LABORATOŘ ENVIRONMENTÁLNÍCH RIZIK V ENERGETICE

Příloha 1 - Parametry pro technický rozbor různých druhů pevných paliv

typ paliva	parametr										
	voda, W			prchavá hořlavina, V			popel, A				spalné teplo, Qs
	navážka [g]	teplota [°C]	dobu [min]	navážka [g]	teplota [°C]	dobu [min]	navážka [g]	teplota [°C]	teplotní režim	dobu [min]	
tuhá paliva (TP)	min. 1g	105±2	do konst. hmotnosti (120-180)	1±0,1	900±10	7	min. 1g	815±10	8°C/min na 500°C,setrvat 30min,8°C/min na 815°C	** do konst. hmotnosti (min. 60)	pO2=3MPa, navážka dle vlastností materiálu
tuhá biopaliva (TB)	min. 1g	105±2	do konst. hmotnosti (120-180)	1±0,1	900±10	7	min. 1g	550±10	6°C/min na 250°C,setrvat 60 min, 10°C/min na 550°C	* do konst. hmotnosti (min. 120)	pO2=3MPa, navážka dle vlastností materiálu
tuhá alternativní paliva (TAP)	min. 1g	105±2	do konst. hmotnosti (120-180)	1±0,1	900±10	7	min. 1g	550±10	6°C/min na 250°C,setrvat 60 min, 10°C/min na 550°C	* do konst. hmotnosti (min 120)	pO2=3MPa, navážka dle 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, žihá se vzorek při dané teplotě v 15 minutových intervalech, dokud změna hmotnosti převyšuje 1 mg.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

