

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Dřevařství

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



**Hodnocení metod pro zjišťování úniku formaldehydu z
materiálů na bázi dřeva**

Bakalářská práce

Jindřich Janda:

doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.:

© 2013 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Janda Jindřich

Dřevařství

Název práce

Hodnocení metod pro zjišťování úniku formaldehydu z materiálů na bázi dřeva

Anglický název

Evaluation of the methods for assessment of formaldehyde emissions from wood-based materials

Cíle práce

Hodnocení vhodnosti využití jednotlivých metod pro zjišťování úniku a obsahu formaldehydu u různých typů materiálů na bázi dřeva.

Metodika

1. Literární rešerše
2. Porovnání jednotlivých metod pro hodnocení obsahu a úniku formaldehydu
3. Porovnání výsledků limitních hodnot pro jednotlivé metody
4. Posouzení vhodnosti využití metod pro různé typy materiálů na bázi dřeva
5. Závěry a doporučení

Harmonogram zpracování

- 4/2012 - zadání práce
- 9/2012 - příprava osnovy a metodiky zpracování BP
- 10/2012 - 2/2012 - zpracování textové části
- 3/2012 - odevzdání a kontrola práce vedoucím BP
- 4/2012 - odevzdání tištěné a elektronické verze

Rozsah textové části

textová část 30 - 50 stran, přílohy 5 - 15 stran

Klíčová slova

formaldehyd, materiály na bázi dřeva, obsah formaldehydu, EN 717, EN 120

Doporučené zdroje informací

1. Salem, M. Z. M., Böhm, M., Srba, J., Bomba, J. (2011) Reviewing the situation and trend of formaldehyde emission and content from particleboard and MDF panels produced in the Czech Republic from 2005 to 2009. Konference WoodWorking Techniques, Czech University of Life Sciences, 7.-10. 9. 2011, Praha.1.
2. DIBt 100 (1994) Směrnice o klasifikaci a kontrole desek z materiálů na bázi dřeva týkající se úniku formaldehydu, DIBt Berlín.
3. IARC (2004). International Agency for Research on Cancer. Overall Evaluations on Carcinogenicity to Humans. As Evaluated in IARC Monographs, Vol. 1. International Agency for Research on Cancer, Lyon, France.
4. Příslušné normy ČSN EN, ASTM, CARB, ISO, JIS.

Vedoucí práce

Böhm Martin, doc. Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

duben 2013



doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.


Děkan fakulty

V Praze dne 25.3.2013

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Hodnocení metod pro zjišťování úniku formaldehydu z materiálů na bázi dřeva" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob a jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 29.4.2013



Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Martinu Böhmovi, Ph.D. za jeho názory, kritiku, rady a připomínky, za jeho vedení a pomoc při získávání materiálů potřebných ke zdárnému dokončení této práce.

Dále bych chtěl poděkovat rodině, která mne po celou dobu podporovala a dodávala potřebnou energii. Bez jejich pomoci bych práci jen těžko dokončil.

Rád bych také poděkoval celému pedagogickému sboru za neúnavnou snahu s vyučováním nás v průběhu studia, kde bych bez znalostí, získaných na základě jejich informací, nebyl schopen tuto práci napsat.

Hodnocení metod pro zjišťování úniku formaldehydu z materiálů na bázi dřeva

Souhrn

V této bakalářské práci jsou hodnoceny metody, což jsou v tomto případě převážně normy, které slouží k zjišťování úniku formaldehydu z materiálů na bázi dřeva. Tato práce obsahuje porovnání norem pro stanovení úniku formaldehydu z desek vyrobených ze dřeva. Z českých norem to jsou norma ČSN EN 717-1 - Emise formaldehydu komorovou metodou, dále ČSN EN 717-2 - Únik formaldehydu metodou plynové analýzy, dále ČSN EN 717-3 - Únik formaldehydu lahvovou metodou a ČSN EN 120 - Extrakční postup nazývaný „perforátorová metoda“ tyto normy jsou ekvivalentem, nebo opisem evropských norem, a proto mají platnost v celé EU.

Ze zahraničních metod, které tato práce hodnotí, je to japonská norma JIS A 1460 – Exsikátorová metoda, která je důležitou normou nejen ve východní části světa a dále americké metody CARB - ASTM D5582 - Exsikátorová metoda, dále ASTM E1333 - Velká komora a ASTM D6007 - Malá komora.

Uvedené normy jsou porovnávány mezi sebou, na základě legislativních požadavků daného kontinentu a materiálových možnostech použití. Pohledem do historie problematiky formaldehydu se zde ukazuje, proč vývoj směřoval právě k těmto normám a je zde ukázáno, jakým způsobem ovlivňuje legislativa jednotlivých států potažmo kontinentů tuto problematiku.

Klíčová slova: formaldehyd, únik formaldehydu, obsah formaldehydu, materiál na bázi dřeva, EN 717, EN 120

Evaluation of the methods for assesment of formaldehyde emissions from wood-based materials

Summary

In this work are evaluated methods, which in this case are mostly standard, which is used for detection of formaldehyde emissions from wood-based materials. This paper contains a comparison of standards for the determination of formaldehyde release from plates made of wood. The Czech standards are the norm ČSN EN 717-1 - Formaldehyde emission by the chamber method, as well as ČSN EN 717-2 - Formaldehyde release by the gas analysis, as well as DIN EN 717-3 - Formaldehyde release by the flask method and EN 120 - Extraction method called "perforator method "these standards are equivalent or copy of European standards and, therefore, are valid throughout the EU.

Of foreign methods, which this work evaluates, is it Japanese standard JIS A 1460 - Dessicator method, which is an important standard not only in the eastern part of the world and next U.S. CARB method - ASTM D5582 - Dessicator method, the ASTM E1333 - Great Chamber and ASTM D6007 - Small chamber.

These standards are compared with each other, based on the legislative requirements of the continent and material possibilities of use. Looking at the history of the formaldehyde issue here shows why the development was directed precisely to these standards and is shown here how legislation affects national extension continents this issue.

Keywords: formaldehyde, release of formaldehyde, formaldehyde content, wood-based material, EN 717, EN 120

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Seznam obrázků | 5 |
| Seznam tabulek | 5 |
| Seznam vzorců..... | 6 |
| Úvod | 7 |
| 1 Cíl práce a metodika..... | 8 |
| 1.1 Cíl práce | 8 |
| 1.2 Metodika | 8 |
| 2 Seznámení s formaldehydem..... | 9 |
| 2.1 Popis a vlastnosti formaldehydu | 9 |
| 2.2 Vliv na zdraví člověka a zdravotní rizika | 9 |
| 3 Seznam porovnávaných metod využívaných ke zjištění úniku formaldehydu..... | 10 |
| 3.1 České technické normy | 10 |
| 3.1.1 Definování rozdílů mezi únikem a obsahem formaldehydu..... | 11 |
| 3.2 Americké technické normy..... | 11 |
| 3.3 Japonské technické normy | 12 |
| 4 Legislativa a materiály spojené s emisí formaldehydu | 13 |
| 4.1 Legislativní možnosti a historický vývoj..... | 13 |
| 4.1.1 Historický vývoj legislativy..... | 13 |
| 4.1.2 Emisní třídy..... | 14 |
| 4.1.3 Materiály | 15 |
| 5 ČSN EN 717-1 emise formaldehydu komorovou metodou..... | 17 |
| 5.1 Popis a podstata metody | 17 |
| 5.1.1 Zkušební komory pro ČSN EN 717-1 | 17 |
| 5.2 Výpočet a stanovení rovnovážné hodnoty emise formaldehydu | 18 |
| 5.3 Hodnocení metody..... | 19 |
| 6 ČSN EN 717 – 2 emise formaldehydu metodou plynové analýzy | 21 |
| 6.1 Popis a podstata metody | 21 |
| 6.2 Výpočet a stanovení rovnovážné hodnoty emise formaldehydu | 22 |
| 6.3 Hodnocení metody..... | 23 |
| 7 ČSN EN 717 – 3 emise formaldehydu lahvovou metodou | 24 |
| 7.1 Popis a podstata metody | 24 |
| 7.2 Výpočet a stanovení rovnovážné hodnoty emise formaldehydu..... | 24 |
| 7.3 Hodnocení metody..... | 25 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 8 | ČSN EN 120 „perforátorová metoda“ | 26 |
| 8.1 | Popis a podstata metody | 26 |
| 8.2 | Výpočet a stanovení hodnoty obsahu formaldehydu | 26 |
| 8.3 | Hodnocení metody..... | 28 |
| 9 | ASTM E-1333 americká velká komora..... | 29 |
| 9.1 | Popis a podstata metody | 29 |
| 9.2 | Výpočet a stanovení hodnoty emise formaldehydu a emisního stupně | 30 |
| 9.3 | Hodnocení metody | 31 |
| 10 | ASTM D 6007 americká malá komora | 32 |
| 10.1 | Popis a podstata metody | 32 |
| 10.2 | Výpočet a stanovení hodnoty emise formaldehydu..... | 33 |
| 10.3 | Hodnocení metody..... | 33 |
| 11 | ASTM D 5582 americká exsikátorová metoda..... | 35 |
| 11.1 | Popis a podstata metody | 35 |
| 11.2 | Výpočet a stanovení hodnoty emise formaldehydu..... | 35 |
| 11.3 | Hodnocení metody..... | 36 |
| 12 | JIS A 1460 japonská exsikátorová metoda | 37 |
| 12.1 | Popis a podstata metody | 37 |
| 12.2 | Výpočet a stanovení hodnoty emise formaldehydu..... | 37 |
| 12.3 | Hodnocení metody..... | 38 |
| 13 | Závěrečné hodnocení metod..... | 39 |
| 14 | Závěr | 41 |
| | Seznam použitých zdrojů | 42 |
| | Přílohy | 44 |

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek č. 1: Graf redukce emise formaldehydu v dřevotřískových deskách | 14 |
| Obrázek č. 2: Graf příklad kalibrační křivky stanovené acetyl-acetonovou metodou..... | 18 |
| Obrázek č. 3: Zkušební aparatura pro lahvovou metodu – typ 1 | 25 |
| Obrázek č. 4: Zkušební aparatura pro lahvovou metodu – typ 2..... | 25 |
| Obrázek č. 5: Extrakční přístroj pro „perforátorovou metodu“ | 27 |
| Obrázek č. 6: Schematický diagram exsikátorové metody..... | 38 |
| Obrázek č. 7: Pomocné kovové držáky vzorků | 38 |
| Obrázek č. 8: Velká komora s paralelním prouděním vzduchu..... | 44 |
| Obrázek č. 9: Velká komora s cirkulačním prouděním vzduchu..... | 44 |
| Obrázek č. 10: Komora o objemu 1 m ³ | 44 |
| Obrázek č. 11: Komora o objemu 0,225 m ³ | 44 |
| Obrázek č. 12: Zkušební zařízení pro plynovou analýzu..... | 45 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka č. 1: Limity obsahu formaldehydu v prostředí v roce 2008..... | 13 |
| Tabulka č. 2 Emisní třídy v Evropě USA a Japonsku | 15 |
| Tabulka č. 3: Maximální emise pro materiály na bázi dřeva v Evropě, USA a Japonsku... | 16 |
| Tabulka č. 4: Materiály a Emisní třídy v ČSN EN 717-1 | 20 |
| Tabulka č. 5: Materiály a emisní třídy v ČSN EN 717-2 | 23 |
| Tabulka č. 6: Materiály a emisní třídy v ČSN EN 120..... | 28 |
| Tabulka č. 7: Materiály a povolená emise v ASTM-E 1333 | 31 |
| Tabulka č. 8: Materiály a povolená emise v ASTM D 6007 | 34 |
| Tabulka č. 9: Souhrnná hodnotící tabulka | 40 |

Seznam vzorců

| | |
|--|----|
| Množství formaldehydu v promývacích lahvích u ČSN EN 717 – 1 | 18 |
| E mise formaldehydu v ČSN EN 717-1..... | 19 |
| Číslo plynové analýzy za hodinu v ČSN EN 717-2..... | 22 |
| Celkové číslo plynové analýzy v ČSN EN 717-2 | 22 |
| Lahvová hodnota v ČSN EN 717–3 | 24 |
| Perforátorové číslo pro ČSN EN 120 | 27 |
| Celková koncentrace formaldehydu v ASTM E 1333..... | 30 |
| Celkový únik formaldehydu v ASTM E 1333..... | 30 |
| Standardní objem vzduchu..... | 31 |
| Emisní stupeň v ASTM E 1333 | 31 |
| Určení Q/A poměru pro ASTM D 6007 | 32 |
| Ustálená doba koncentrace pro ASTM D 6007 | 33 |
| Stanovení koncentrace pro ASTM 5582..... | 35 |
| Výpočet koncentrace pro JIS 1460..... | 37 |

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením norem, jako uznávaných a certifikovaných metod, které slouží ke zjišťování a stanovení úniku formaldehydu z materiálů na bázi dřeva. Vybrané nomy z České Republiky (platné i v EU – EN normy), USA a Japonska nám ukazují jak přesně metodicky postupovat, abychom získali potřebná data pro srovnání s odpovídající legislativou daných zemí. V tomto ohledu je právě legislativa každé jednotlivé země nastavena jinak a vzniká zde problém jiných maximálních povolených hodnot úniku či případně obsahu z těchto materiálů po jejich vyrobení nebo po umístění těchto materiálů do interiérů a únik formaldehydu do vnitřního prostředí. Tato nejednotnost bohužel může vést k tomu, že výrobky z materiálů na bázi dřeva, které jsou vyrobené v jedné zemi a které splní normativu a legislativu země původu, nemusí splnit tyto podmínky pro jinou zemi. V posledních letech se v tomto směru však učinil výrazný pokrok a legislativní nařízení se stále více přibližují ke sjednocení.

Problémem však i nadále zůstává i nejednotnost v pohledu hodnocení emise formaldehydu a jiných organických těkavých látek (VOC - Volatile Organic Compounds) do vnitřního prostředí a hodnocení vlivu na člověka, který je touto emisí zasažen. Tato nejednotnost není pouze mezi zeměmi USA, Japonskem a Českou Republikou, ale i ve společenství EU, kde opět není jednotný předpis, který by stanovil limity úniku VOC pro výrobky, ale vícero norem a státních nařízení jednotlivých států, které určují maximální povolené množství formaldehydu a jiných VOC ve vnitřním prostředí jako celku. K tomuto je nutné dodat, že hodnoty se mohou měnit v závislosti na celkovém obsahu jednotlivých výrobků, z nichž formaldehyd a další VOC uniká, v místnosti, dále na frekvenci používání místnosti a na kvalitě její izolace od vnějšího prostředí a samozřejmě v neposlední řadě na výměně a cirkulaci vzduchu v této místnosti. K tomuto tématu by se dala vytvořit další obsáhlá samostatná studie, která by hodnotila obsah formaldehydu a VOC jako celku v závislosti na použitých materiálech (výrobci), stavebních technologiích a dalších TZB specifikacích.

1 Cíl práce a metodika

1.1 Cíl práce

Cílem práce je porovnání a hodnocení metod, které jsou používány ke zjišťování úniku formaldehydu z materiálů na bázi dřeva a které jsou používány v České Republice, USA a Japonsku. Porovnání a hodnocení metod ukazuje rozdíly z hlediska legislativního, kde se klade důraz na jiné emisní hodnoty, případně povolené množství ve vnitřním prostředí, každé světové oblasti, z které dané normy pocházejí.

Dále se pak práce zabývá porovnáním metod z hlediska použití, to znamená, jaké materiály je možno danou metodou hodnotit, případně pro které materiály metoda není vhodná. Nezmiňují se zde všechny materiály, ale pouze materiály jako OSB, MDF, tvrdé vláknité desky, překližované desky a dřevotřískové desky.

1.2 Metodika

Seznámení s jednotlivými metodami probíhá stručným popisem každé normy a jejím grafickým znázorněním, pokud jej norma obsahuje.

Metody jsou porovnávány a hodnoceny v návaznosti na emisních třídách a jejich limitních hodnotách úniku formaldehydu pro Českou Republiku, USA a Japonsko, kde výstupem je tabulka, která obsahuje možné zařazení do emisní třídy podle toho, jak určí daná metoda, a hodnoty legislativou povolených úniků dané země dle platných vyhlášek a nařízení.

Vybrané materiály, pro které je daná metoda vhodná, vyplývají logicky z kontextu popisu každé jednotlivé metody, případně legislativního nařízení, které je aktuálně platné.

2 Seznámení s formaldehydem

2.1 Popis a vlastnosti formaldehydu

Formaldehyd je bezbarvý plyn, který přirozeně uniká do ovzduší z většiny organických materiálů. Některé studie dokonce uvádějí, že přirozený únik je větší, než únik způsobený činností člověka. Nicméně problém nastává při vyšších koncentracích formaldehydu v prostředí, které je běžně využíváno k pobytu a pohybu osob. Průmyslově se v dnešní době formaldehyd využívá k výrobě formaldehydových pryskyřic, které se dále používají k výrobě materiálů na bázi dřeva a jiných výrobků (www.irz.cz).

Formaldehyd je reaktivní a těkavý plyn, je velmi dobře rozpustný ve vodě a snadno polymerizuje, a proto se jeho koncentrace v ovzduší přirozeně snižuje v závislosti na čase, vlhkosti, teplotě a množství přírůstku obsahu z úniku (www.irz.cz).

Tyto vlastnosti formaldehydu jsou zohledněny v metodách, které se zabývají zjišťováním jeho úniku a obsahu. Zpravidla se jedná o časové zvýhodnění, které má vyrobený materiál obsahující formaldehydové pryskyřice, čímž je myšleno, že v metodách je stanoven maximální počet dnů či hodin, do kdy se má únik ustálit na stabilní hodnotě, případně jak je naměřená hodnota závislá na tomto čase. (EN 717-1, EN 717-2, EN 717-3)

2.2 Vliv na zdraví člověka a zdravotní rizika

Formaldehyd uniká z materiálů na bázi dřeva jako plyn, budeme tedy předpokládat, že se do lidského organismu může dostat pouze jako plyn a vynecháme proto možnosti jako je kontakt s kůží či okem, případně kontaminovanou stravu, nebo vodný roztok.

Vstřebávání formaldehydu z plic do krevního oběhu probíhá velmi snadno, v krvi se posléze formaldehyd mění na kyselinu mravenčí, kterou vylučujeme močí a oxid uhličitý, který vydechujeme. Vystavování se malým dávkám vyvolává bolesti hlavy a zánět nosní sliznice. Vyšší koncentrace způsobují vážné podráždění sliznic a respirační problémy, které mohou u citlivých jedinců dokonce vyvolat astma. Vyšší obsah kyseliny mravenčí v krvi může vést ke snížení tělesné teploty případně dušnosti. Při velkých koncentracích dokonce až k poškození vnitřních orgánů (plíce, ledviny) nebo přímo smrti. Formaldehyd je označován jako pravděpodobný lidský karcinogen. Je také veden jako mutagenní látka (www.irz.cz).

3 Seznam porovnávaných metod využívaných ke zjištění úniku formaldehydu

V této práci se porovnávají metody, což jsou v tomto případě normy, kterými se přesným popsáním postupem v nich určuje množství uvolněného formaldehydu, tedy únik, z materiálů na bázi dřeva. Formaldehyd ale není jediná látka, která se z vyrobených materiálů na bázi dřeva uvolňuje. Tuto problematiku sleduje ISO 16000-9:2006, která slouží ke stanovení VOC (těkavé organické látky) a tím pádem i formaldehydu, pomocí zkušební komory. Jelikož se ale tato norma nezabývá přímo formaldehydem, nebude v této práci podrobně specifikována. (ISO 16000-9:2006)

3.1 České technické normy

V České Republice jsou ke stanovení úniku využívány české technické normy, které vydává Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví. Tyto normy jsou zároveň ekvivalentem nebo jsou identické s evropskými normami.

- **ČSN EN 717 – 1:2005** Desky ze dřeva - Stanovení úniku formaldehydu
Část 1: Emise formaldehydu komorovou metodou
- **ČSN EN 717 – 2:1996** Desky ze dřeva - Stanovení úniku formaldehydu
Část 2: Únik formaldehydu metodou plynové analýzy
- **ČSN EN 717 – 3:1997** Desky ze dřeva - Stanovení úniku formaldehydu
Část 3: Únik formaldehydu lahvovou metodou

Důležitou normou, která se ovšem zabývá stanovením obsahu formaldehydu obsaženého ve vyrobeném materiálu, je tato:

- **ČSN EN 120:2000** Dřevěné materiály – Zjišťování obsahu formaldehydu
Extrakční postup zvaný „perforátorová metoda“

3.1.1 Definování rozdílu mezi únikem a obsahem formaldehydu

V tomto bodě je důležité rozlišovat rozdíl mezi únikem formaldehydu z materiálu na bázi dřeva a obsahem formaldehydu v materiálu na bázi dřeva. Mnohdy se tyto dvě hodnoty dají snadno zaměnit. Únik formaldehydu je tedy množství uniklého formaldehydu z materiálu na bázi dřeva do okolního prostředí a stanovuje se podle výše uvedených metod ČSN EN 717 a udává se v jednotkách, které stanovuje každá jednotlivá metoda. Obsah formaldehydu je oproti tomu množství formaldehydu, které je přímo obsaženo ve vybraném materiálu na bázi dřeva a určuje se pomocí metody ČSN EN 120 a udává se v mg/100g úplně suchého materiálu (Böhm, Reisner, Bomba, 2012).

3.2 Americké technické normy

Americké technické normy slouží stejně tak jako české normy k zjištění úniku formaldehydu. Vydává je organizace American Society for Testing and Materials zkráceně ASTM, která se snaží shromažďovat a vydávat již v USA, ale i jinde ve světě, využívané a prověřené normy (www.astm.org). Normy ke zjištění úniku formaldehydu, které uznává ASTM, jsou normy navržené organizací The California Air Resources Board zkráceně CARB, která byla založena na ochranu životního prostředí. (www.arb.ca.gov).

- **CARB ASTM E-1333:1996** (úprava 2002) – Standardní testovací metoda pro Určení koncentrace a emise formaldehydu do ovzduší z dřevěných materiálů užitím velké komory
- **CARB ASTM D-6007:2002** – Standardní testovací metoda pro Určení koncentrace formaldehydu v ovzduší z dřevěných materiálů užitím maloobjemové komory
- **CARB ASTM D-5582:2000** – Standardní testovací metoda pro Určení úrovně formaldehydu z dřevěných materiálů užitím exsikátoru

Nová legislativa v USA nařizuj od roku 2013 provádět zjištění metodou ASTM E-1333 nebo ASTM D-6007 a následně po šesti měsících provést kontrolu normou ASTM D-6007 nebo ASTM D-5582 a nebo jinou podobnou metodou, která by tyto mohla nahradit. (S 1660:2010).

3.3 Japonské technické normy

Japonské technické normy Japanese Industrial Standards vydává a zpravuje The Japanese Standards Association. Tato instituce pracuje velmi podobně jako UNMZ u nás. Z japonských norem pro zjištění úniku formaldehydu z materiálů na bázi dřeva se používá

- **JIS A 1460:2001** – Stavební desky

Zjišťování úniku formaldehydu – Exsikátorová metoda

Na tuto normu se odkazují další JIS normy, pokud se v nich zmiňuje otázky emise formaldehydu (www.jsa.or.jp)

4 Legislativa a materiály spojené s emisí formaldehydu

Pro porovnání a možnost vyhodnocení je nutno uvést jaké jsou vlastně vymezené legislativní možnosti emise v daných porovnávaných lokalitách. Dále je nutno popsat existující emisní třídy, které existují a které se aktuálně používají v ČR, USA a Japonsku. Dále je nutno alespoň okrajově uvést jejich historický vývoj, aby bylo vidět, kam tato problematika směřuje.

4.1 Legislativní možnosti a historický vývoj

4.1.1 Historický vývoj legislativy

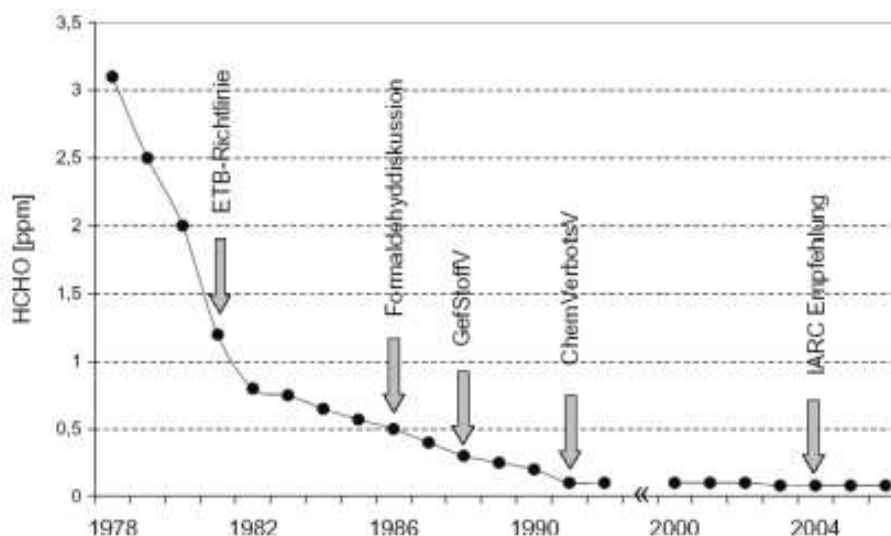
Již v sedmdesátých letech minulého století se začala věnovat vyšší pozornost formaldehydu, který se používá v průmyslové výrobě, a zároveň s tím i formaldehydovým pryskyřicím používaných při výrobě materiálů na bázi dřeva. Začal se sledovat únik do okolního prostředí z těchto a dalších materiálů, které ve svém složení některou z formaldehydových pryskyřic obsahují. Emise tohoto plynu byla různými nařízeními a studii konstantně redukována, což vedlo od roku 2004 až po současnost k výraznému sjednocení celosvětové legislativy. Na doporučení IARC (The International Agency for Research Cancer) se začali sjednocovat limity pro krátkodobé vystavení a dlouhodobé působení formaldehydu na osoby pracující v prostředí emisí formaldehydu zasaženém (IARC, 2006).

Tabulka č. 1: Limity obsahu formaldehydu v prostředí v roce 2008

| Stát | limit [ppm] | Stát | limit [ppm] | Stát | limit [ppm] |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| Australie | 0,3 | Itálie | 0,3 | Norsko | 0,5 |
| Belgie | 0,3 | Japonsko | 0,5 | Rakousko | 0,3 |
| Brazílie | 1,6 | Kanada | 0,3 | Řecko | 2 |
| Dánsko | 0,3 | Malajzie | 0,3 | Španělsko | 0,3 |
| Finsko | 0,3 | Mexiko | 2 | Švédsko | 0,5 |
| Francie | 0,5 | Německo | 0,3 | Švýcarsko | 0,3 |
| Hong Kong | 0,3 | Nizozemí | 1 | UK | 2 |
| Irsko | 2 | N. Zeland | 1 | USA | 0,3 |

pozn. * ppm = parts per milion - 1 ppm = 1,25 mg/m³
zdroj: (IARC, 2006)

Obrázek č. 1: Graf redukce emise formaldehydu v dřevotřískových deskách



zdroj: Marutzky,(2008)

4.1.2 Emisní třídy

Výše zmíněný historický vývoj vedl samozřejmě také ke sjednocování norem týkajících se emise formaldehydu z materiálů na bázi dřeva. Užitím těchto norem pro Evropu, USA a Japonsko získáme hodnotu emise formaldehydu. Abychom ale mohli určit, jestli je emise vysoká, či nízká byli zavedeny tzv. emisní třídy pro únik formaldehydu z materiálů na bázi dřeva. V Evropě jsou to třídy E1 a E2 (EN 13986: 2005).

U materiálů, u kterých nebyla použita formaldehydová pryskyřice, se také můžeme setkat s označením NAF – bez přídavku formaldehydu nebo ULEF – velmi málo emitující formaldehyd (S 1660:2010). V Japonsku se používá označení tříd F**, F*** a F**** (JIS A 5908). V USA je od začátku roku 2012 kompletně platná nová vyhláška S 1660 z roku 2010 Formaldehyde Standards for Composite wood products, tedy formaldehydové normy pro materiály na bázi dřeva, ve které je uvedeno, jaké emise je nutno dodržet při použití tak zvaných neformaldehydových pryskyřic (pryskyřice vyrobené ze sóji, z polyvinylacetátu nebo methylen diisokyanátu) a při použití formaldehydových pryskyřic (melamin-močovino-formaldehydová pryskyřice, fenol-formaldehydová pryskyřice, resorcin-formaldehydová pryskyřice). Jiné než uvedené pryskyřice se k výrobě v USA a dovozu těchto materiálů do USA nesmí používat (www.gpo.gov), Vyhláška dále specifikuje povolenou emisi z jednotlivých konkrétních materiálů

Tabulka č. 2 Emisní třídy v Evropě USA a Japonsku

| Stát | | mg/100g | ppm | mg/h*m² | mg/l |
|-----------------|------------------------------|----------------|-------------|---------------------------|-------------|
| Evropa | obsah/únik v E1 | ≤ 8 | ≤ 0,1 | ≤ 3,5 | |
| | obsah/únik v E2 | > 8 ≤ 30 | > 0,1 ≤ 0,3 | > 3,5 ≤ 8 | |
| USA | v závislosti na materiálu | | ≤ 0,05 | | |
| | | | ≤ 0,09 | | |
| | | | ≤ 0,11 | | |
| | | | ≤ 0,13 | | |
| Japonsko | únik v F** | | | | ≤ 1,5 |
| | únik v F*** | | | | ≤ 0,5 |
| | únik v F**** | | | | ≤ 0,3 |

pozn.*: 1 mg/l = 1 ppm

zdroj: JIS A 5908:2003, S 1660:2010, EN 13986: 2005

4.1.3 Materiály

Jak již bylo řečeno v odstavci 5.1.2., existují dané emisní třídy. Do těchto tříd se zařazují materiály na bázi dřeva, jako jsou například OSB desky, MDF desky, PW desky (překližované desky), PB desky (dřevotřískové desky). V USA jsou limity emise pro různé druhy materiálů určovány opět vyhláškou S. 1660, v Evropě je únik sledován normou ČSN EN 13986, která definuje materiály a použité metody pro zjištění úniku a obsahu. V Japonsku je pro každý vyráběný materiál jiná norma, která by měla určovat i jeho vztah vůči formaldehydovým emisím (JIS A 5908:2003).

Tabulka č. 3: Maximální emise pro materiály na bázi dřeva v Evropě, USA a Japonsku

| Stát | materiál | Maximální povolený únik | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------|--------|----------------------|-------|
| | | mg/100g | ppm | mg/h* m ² | mg/l |
| Evropa | PB - dřevotříska | ≤ 30 | ≤ 0,3 | | |
| | OSB | ≤ 30 | ≤ 0,3 | | |
| | MDF | ≤ 30 | ≤ 0,3 | | |
| | PW - překližka | | | ≤ 8 | |
| USA | | | | | |
| | PW a PW s kompozitním jádrem | | ≤ 0,05 | | |
| | Dřevotřískové desky | | ≤ 0,09 | | |
| | MDF | | ≤ 0,11 | | |
| | Tvrdé vláknité desky -Sololit | | ≤ 0,13 | | |
| Japonsko | | | | | |
| | PB, OSB, MDF, PW, Sololit | | | | ≤ 1,5 |

pozn.*: 1 mg/L = 1 ppm

zdroj: JIS A 5908:2003, EN 13986: 2005, S 1660:2010,

Z uvedené tabulky vyplývá, že emise formaldehydu z materiálů na bázi dřeva jsou nejpřísnější v USA. V současném trendu snižování budou ale určitě pokračovat i ostatní země.

5 ČSN EN 717-1 emise formaldehydu komorovou metodou

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 717-1:2004, je vydaná v květnu 2005 a nahrazuje ČSN P ENV 717-1 (49 0163) z ledna 2000 a ČSN 49 0030 ze září 1993.

5.1 Popis a podstata metody

V této normě je uveden postup pro stanovení úniku za použití tří typů komor, kde únik je stanoven jako rovnovážná koncentrace formaldehydu v komoře. Do komory s definovanou vlhkostí a teplotou a maximálním povoleným obsahem formaldehydu $0,006 \text{ mg/m}^3 = 0,005 \text{ ppm}$ se umístí těleso o známém povrchu. Pro každou komoru jsou určeny jiné rozměry tělesa, přesný postup pro odbírání a manipulaci s tělesy určuje EN 326-1. Ze zkušebních těles majících podle své tloušťky definovaný poměr plochy otevřených boků k celkové ploše povrchu, se uvolňuje formaldehyd. Tento je mísen se vzduchem v komoře a definovanou výměnou tohoto vzduchu z komory je pravidelně odebírán a veden do dvou promývacích lahví s destilovanou vodou, která formaldehyd absorbuje. Koncentrace formaldehydu ve vzduchu se vypočte z koncentrace formaldehydu ve vodě a objemu odebraného vzduchu vyjádřena jako mg/m^3 . Odběry vzorků vzduchu se opakovaně provádí dvakrát denně, interval mezi odběry musí být delší než tři hodiny, až do dosažení rovnovážné koncentrace formaldehydu a získání dostatečných údajů k výpočtu.

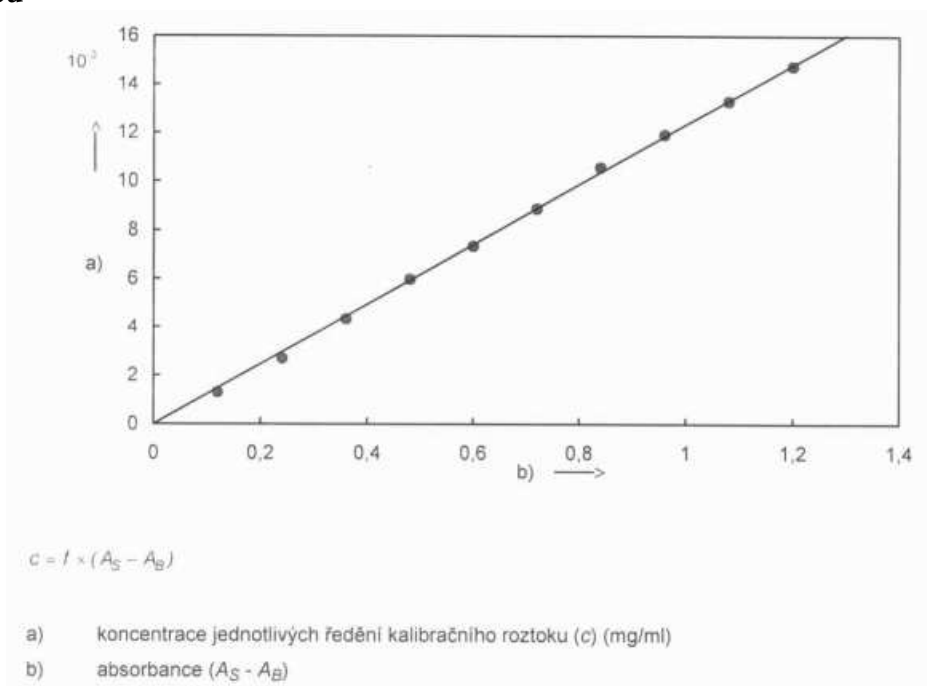
5.1.1 Zkušební komory pro ČSN EN 717-1

Jak již bylo řečeno, pro tuto normu existují více druhů komor. Konkrétně to jsou velká komora s paralelním prouděním vzduchu, velká komora s cirkulačním prouděním vzduchu, komora o objemu 1 m^3 a komora o objemu $0,225 \text{ m}^3$. Každá z těchto komor musí splňovat konstrukční a provozní náležitosti, které jsou v ČSN EN 717-1 přesně specifikovány. Pro názornost jsou v příloze č. 1 uvedeny obrázky všech tří komor.

5.2 Výpočet a stanovení rovnovážné hodnoty emise formaldehydu

Stanovení je založeno na tzv. Hantzscheho reakci, při které formaldehyd reaguje s acetylacetonem a amoniovými ionty za vzniku diacetyldihydrolutidinu – DDL, který má absorpční maximum při 412 nm. Pro stanovení je dále nutné vytvořit kalibrační křivku ze standardního roztoku formaldehydu. Jak vytvořit standardní roztok je přesně popsáno v normě.

Obrázek č. 2: Graf příklad kalibrační křivky stanovené acetyl-acetonovou metodou



zdroj: ČSN EN 717 – 1:2005

Množství formaldehydu zachyceného v promývacích lahvích se vypočte z rovnice

$$G = (A_s - A_b) \times f \times V_{sol}$$

Kde G je množství formaldehydu v každém absorpčním roztoku v miligramech, A_s je absorpce roztoku z promývací lahve, A_b je absorpce vody, f je směrnice kalibrační křivky standardního roztoku formaldehydu v mg/ml, V_{sol} je objem absorpčního roztoku v ml. Hodnoty G z obou roztoků se sečtou na celkové G_{tot} .

Samotná emise je tedy dále vyjádřena jako koncentrace ve vzduchu zkušební komory v mg/m^3 .

$$c = G_{\text{tot}} / V_{\text{air}}$$

Kde V_{air} je objem vzorku vzduchu z komory v metrech krychlových.

G_{tot} je součet celkového množství absorbovaného formaldehydu z promývacích lahví v miligramech.

Pro stanovení rovnovážné hodnoty emise je nutné provádět měření komorovou zkouškou alespoň 10 dní, z nichž se musí alespoň 7 dní zjišťovat koncentrace formaldehydu. Rovnovážného stavu se může dosáhnout již po čtyřech dnech za podmínky, že sklon koncentrační křivky je roven nebo nižší než 5%. V opačném případě, když tato podmínka není splněna ani do 10 dnů, musí zkouška pokračovat. Nejdéle zkouška smí trvat 28 dní, kdy koncentrace v poslední den je stanovena jako rovnovážná emise.

5.3 Hodnocení metody

Komorová metoda má své nesporné výhody. Na prvním místě stojí možnost v komoře testovat i již hotové výrobky velkých rozměrů. Další výhodou je, že naměřené hodnoty lze jednoduše převést z mg/m^3 do ppm, a tím zjistit, zdali je testovaný materiál vhodný k prodeji i na přísném americkém trhu a jestli obstojí i při zkoušce ASTM E 1333 či nikoli. Dále pomocí převodu do ppm poznáme také, jak si materiál stojí oproti Japonské legislativě a předběžně určit do jaké třídy bychom ho mohli zařadit. Tato metoda nám samozřejmě určuje únik formaldehydu, potřebujeme-li z testovaného materiálu zjistit obsah, tato metoda nám nepomůže.

Touto metodou je vhodné testovat materiály jako je OSB, MDF, třískové desky, překližky, desky z rostlého dřeva, LVL, vláknité desky vyrobené mokrým procesem a cementotřískové desky. Obecně tedy, desky z orientovaných třísek, dřevotřískové desky, dřevovláknité desky a výrobky z těchto materiálů vyrobené bez povrchové úpravy, ale i v jejich lakovaných, opláštěných nebo dýhovaných modifikacích. (ČSN EN 13986: 2005)

Tabulka č. 4: Materiály a Emisní třídy v ČSN EN 717-1

| ČSN EN 717-1 | Emisní třída | | | |
|------------------|--------------|-------------|---------------------|---------------------|
| | E1 | E2 | E1 | E2 |
| | ppm | ppm | mg / m ³ | mg / m ³ |
| materiál | | | | |
| PB, MDF, OSB, PW | ≤ 0,1 | > 0,1 ≤ 0,3 | ≤ 0,125 | > 0,125 ≤ 0,375 |

zdroj: ČSN EN 13986: 2005

Časová náročnost metody může být minimálně 7 dní a maximálně 28 dní. Dá se tedy říci, že zkušební metoda je velmi rychlá. Legislativa nenařizuje další přezkoušení již jednou testovaných materiálů.

Pokud bychom testovaný výrobek chtěli označit pro český trh jako ekologicky šetrný výrobek, musela by hodnota rovnovážné koncentrace c podle ČSN EN 717-1 být nižší nebo rovna $0,02 \text{ mg/m}^3$ (MŽP, 2011).

6 ČSN EN 717 – 2 emise formaldehydu metodou plynové analýzy

Tato norma je identická s EN 717-2:1994 a je vydaná se souhlasem CEN v Česku v červnu 1996. Tuto metodu vyvíjela v letech 1965 až 1973 Evropská federace svazu průmyslu pro výrobu třískových desek FESYP a v září roku 1984 byla vydána jako německá norma DIN 52 368.

6.1 Popis a podstata metody

Tato norma určuje metodu stanovení urychleného úniku formaldehydu z desek ze dřeva tak, že se zkušební tělesa o známém povrchu vloží do uzavřené předeřáté komory. Tělesa jsou celkem 3 o rozměrech 400 mm x 50 mm x tloušťka desky a nesmí být odebírána z okrajů desky. Boky zkušebních těles se neprodyšně uzavrou (tři vrstvy dvousložkového PUR laku nebo samolepící hliníková folie). Pro stanovení úniku je také nutné stanovit vlhkost zkušebních těles. Stanovení se provádí pomocí EN 322 tak, že se odebere 5 nebo 6 vzorků s rozměry 25 mm x 25 mm x tloušťka desky. V komoře je nastavená teplota $60 \pm 0,5$ °C a tělesa jsou v ní omývány vzduchem bez formaldehydu se stejnou teplotou $60 \pm 0,5$ °C a s relativní vlhkostí 2 ± 1 %. Průtok vzduchu se nastavuje jehlovým ventilem na hodnotu 60 ± 3 l/h. Komora je z korozivzdorné oceli nebo skla s délkou 555 mm, průměrem 96 mm a vnitřním objemem 4017 ml. Po celou dobu je v komoře přetlak v rozsahu 1000 až 1200 Pa. Uvolněný formaldehyd se v komoře smísí se vzduchem, který je odváděn přes osm promývacích lahví s 20 ml – 30 ml destilované vody, do které je formaldehyd absorbován. Lahve se mění po dvou kusech vždy po hodině zkoušky. To znamená, že zkouška trvá čtyři hodiny. Koncentrace se měří fotometricky a z této koncentrace, doby zkoušky a emitujícího zkušebního tělesa se vyjádří únik jako miligram na metr čtvereční na hodinu ($\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$) Provádí se alespoň dvě stanovení na různých zkušebních tělesech. Pokud se hodnoty liší o víc než $0,5 \text{ mg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ je zapotřebí provést třetí stanovení. Zkušební zařízení je znázorněno v příloze č. 2.

6.2 Výpočet a stanovení rovnovážné hodnoty emise formaldehydu

Obsah ve vodném roztoku se stanoví fotometricky z odměrných baněk na 250 ml, ve kterých se přelije destilovaná voda s formaldehydem. Stanovení je založeno na tzv. Hantzscheho reakci, při které vzniká diacetyldihydrolutidin (DDL) a na fotometru má absorpční maximum při 412 nm. Pro porovnání se musí připravit standardní roztok formaldehydu a a z něj stanovit kalibrační křivku.

Pro každou hodinu zkoušky se stanoví číslo plynové analýzy G_i v $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

$$G_i = \frac{(A_s - A_b) \times f \times V}{F}$$

Kde G_i je obsah formaldehydu v roztoku z každé zkušební hodiny v miligramech děleno emitujícím, nikoli uzavřeným povrchem, i je první, druhá, třetí nebo čtvrtá hodina, A_s je extinkce roztoku z promývacích lahví, A_b je extinkce analýzy s destilovanou vodou, f směrnice kalibrační přímký standardního roztoku formaldehydu v mg/ml , F emitující, nikoli celkový uzavřený povrch zkušebního tělesa m^2 a V je objem odměrné baňky.

Pro celkové vyjádření G_m v $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ je potřeba vypočítat všechny čtyři G_i . Často se stává, že v první hodině je obsah formaldehydu nižší. Je to z důvodu toho, že zkušební těleso není zahřáté na $60\text{ }^\circ\text{C}$. Je proto nutné toto sledovat a zvolit podle toho vhodnou rovnici.

$$G_m = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + G_4}{4}$$

Konečné číslo plynové analýzy se vypočte z G_m hodnot zkušebních těles

6.3 Hodnocení metody

Metoda plynové analýzy je metodou vhodnou pro všechny materiály na bázi dřeva uvedené v kapitole 5.3. Touto metodou se dá zjistit únik formaldehydu, jak z materiálu s povrchovou úpravou, tak i z materiálu bez povrchové úpravy. Tato metoda má jasně daná specifika, která ovšem omezují její flexibilitu ve výsledku, jelikož je měřen únik formaldehydu za teploty a tlaku vyšších oproti přirozenému „standardnímu“ prostředí. To znamená, že tento únik je větší než při přirozené emisi. Na druhou stranu je tato metoda použitelná celosvětově, jelikož je svázána přísnými laboratorními kritérii a není ovlivněna teplotou, tlakem ani vlhkostí vzduchu dané oblasti, ze které testovaný materiál pochází, ale pouze kvalitou tohoto materiálu, případně kvalitou povrchové úpravy. Metoda je v celku dost rychlá, únik se měří 4 hodiny a následné laboratorní práce jsou hotovy do jednoho dne. (ČSN EN 13986: 2005)

Pokud bychom testovaný výrobek chtěli označit pro český trh jako ekologicky šetrný výrobek, musela by střední hodnota Gm podle ČSN EN 717-2 být nižší nebo rovna 1,5 mg/m².h (MŽP, 2011).

Tabulka č. 5: Materiály a emisní třídy v ČSN EN 717-2

| ČSN EN 717-2 | Emisní třída | |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| | E1 | E2 |
| | mg/m ² .h | mg/m ² .h |
| materiál | | |
| PW | ≤ 3,5 | > 3,5 ≤ 8 |

pozn. * Norma ČSN EN 13986 udává ještě jednu hodnotu ≤ 5 mg/m².h během tří dnů po výrobě v E1 a ≤ 12 mg/m².h během tří dnů po výrobě v E2 zdroj: ČSN EN 13986: 2005

7 ČSN EN 717 – 3 emise formaldehydu lahvovou metodou

Tato norma ČSN EN 717-3 z listopadu 1997 je českou verzí normy EN 717-3: 1996 a byla schválena CEN 22. prosince 1995. Tato norma existuje ve třech oficiálních jazycích (angličtina, francouzština, němčina) ovšem každý překlad pod dohledem CEN má status jako oficiální verze.

7.1 Popis a podstata metody

Princip zjišťování úniku formaldehydu lahvovou metodou publikoval v roce 1975 Wilhelm Klauttze. Následně vznikaly mnohé modifikace až do dnešní podoby, kde se udržuje stálá teplota 40 °C a zkouška trvá 3 hodiny. Samotné stanovení emise formaldehydu spočívá v zavěšení zkušební tělesa s rozměry 25 mm x 25 mm za pomoci kovového háku (z nekorodující oceli) nebo pryžového pásku nad hladinu destilované vody o teplotě 20 °C ve vzduchotěsné nádobě vyrobené z polypropylenu nebo z polyetylenu a obsahu 500 ml. Teplota 40 °C se udržuje tak, že jsou nádoby i se zkušebními tělesy vloženy do sušárny. Počet zkušebních těles je stanoven tak, aby jejich hmotnost byla cca 100 g. Tyto se dále rozdělí do sad tak, aby se hmotnost jedné sady maximálně přiblížila 20 g. Uvolněný formaldehyd je absorbován do vody, z které se fotometricky za pomoci acetylacetonu jako činidla vyjádří v mg na kilogram suché desky (mg/kg). Z desek je také potřeba odebrat vzorky pro stanovení vlhkosti. Začátek zkoušky od chvíle odebrání vzorků nesmí být delší než 72 hodin a musí být pokaždé konstantní.

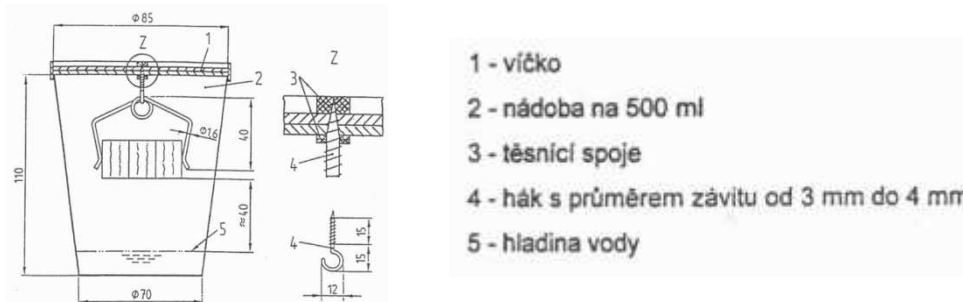
7.2 Výpočet a stanovení rovnovážné hodnoty emise formaldehydu

Stanovení se provádí vždy na dvou souborech zkušebních těles. Pokud se naměřené hodnoty liší o více než 20%, je nutné provést třetí měření. Stanovení probíhá z vodného roztoku, který je ze zkušební nádoby po 180 minutách ± 1 minuta přelit do baněk, ve kterých se nechají ochladit na teplotu okolí. K fotometrickému zjištění obsahu formaldehydu se opět využívá Hantzscheho reakce, kde z vodného roztoku formaldehydu vzniká DDL. Lahvová hodnota F_v vyjádřená jako mg/kg absolutně suché desky se vypočte podle následujícího vzorce

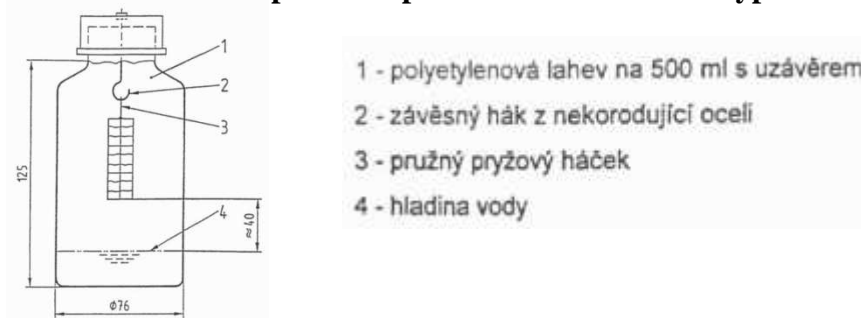
$$F_v = \frac{(A_s - A_b) \times f \times 50 \times 10(100 + H)}{m}$$

Kde A_s je absorpce analyzovaného roztoku z nádob, A_f je absorpce analýzy s destilovanou vodou, f směrnice kalibrační přímky standardního roztoku formaldehydu v mg/ml, H je vlhkost zkušebních těles v procentech a m je navážka zkušebních těles v gramech.

Obrázek č. 3: Zkušební aparatura pro lahvovou metodu – typ 1



Obrázek č 4: Zkušební aparatura pro lahvovou metodu – typ 2



7.3 Hodnocení metody

Lahvová metoda se používá pro surové materiály bez povrchové úpravy. Vzorky se odebírají ihned po vychladnutí výrobku a výsledek zkoušky je znám od začátku testování do tří hodin. Z těchto faktů vyplývá, že se metoda nejvíce hodí ke zjištění emise formaldehydu ihned po výrobním procesu, kde si výrobce může ověřit technický a technologický proces výroby v závislosti na emisi formaldehydu a v případě špatných naměřených výsledků včas zareagovat. Vzhledem k tomu, že výsledek je lahvé číslo a je uváděn v mg/kg a v ČSN EN 13986 není uvedeno, jaké limitní hodnoty mohou být naměřeny, aby se výrobek dal zařadit do emisní třídy, je možné pro porovnání výsledků hodnoty převést na mg/100g. Po tomto převodu můžeme určit emisní třídu stejně jako u ČSN EN 120, s tím rozdílem, že ČSN EN 717 – 3 sleduje únik, nikoli obsah. Emisní třídy a hodnoty pro ČSN EN 120 jsou uvedeny v tabulce č. 6. (ČSN EN 13986: 2005)

8 ČSN EN 120 „perforátorová metoda“

Tato norma ČSN EN 120 Zjišťování obsahu formaldehydu Extrakční postup zvaný „perforátorová metoda“ z března roku 1994 je identická s EN 120: 1992 a je vydaná se souhlasem CEN. Z technických a ekonomických důvodů je tato norma vydávána v původním jazyce, a to ve slovenštině. Základem pro tuto normu byla extrakční metoda, kterou vyvinula Evropská federace svazu průmyslu pro výrobu třískových desek FESYP.

8.1 Popis a podstata metody

Jak již název napovídá, tato norma se na rozdíl od předchozích norem zabývá zjišťováním obsahu formaldehydu v povrchově neupravených materiálech na bázi dřeva, nikoli úniku. Podle postupu v této normě získáme tzv. perforátorové číslo, které se v tomto případě považuje za obsah formaldehydu ve výrobku. Výsledek zkoušky se musí zároveň hodnotit v závislosti na stavu desky, délce zkoušky, čase zkoušky od vyrobení desky a vlhkosti desky.

Formaldehyd se extrahuje ze zkušebních těles vroucím toluenem bez nečistot a je zachytáván v destilované vodě. Obsah formaldehydu v tomto roztoku se zjišťuje acetylacetonovou metodou fotometricky, nejpozději do 72 hodin po odebrání vzorků. Zkušebních těles, pro zjištění vlhkosti, je zapotřebí odebrat z jedné desky dvanáct o rozměrech 25 mm x 25 mm x tloušťka. Pro zjištění perforátorového čísla, je zapotřebí odebrat tolik kusů vzorků o stejných rozměrech (25 mm x 25 mm), aby jejich hmotnost byla v součtu přibližně 500 g. Toto platí pro odebírání vzorků z desek přímo z výroby. Pokud chceme určit obsah formaldehydu z již zabudovaných desek, musí se zainteresované strany dohodnout na způsobu odběru, přípravy a klimatizování zkušebních těles a tyto vlivy uvést v protokole o zkoušce. Zpravidla to bývá tak, že teplota před zkouškou je stanovena na 23 ± 1 °C a relativní vlhkost vzduchu je 45 ± 5 %. K provádění testu, jak desek z výroby, tak již zabudovaných desek, jsou zapotřebí laboratorní váhy s dělením stupnice na 0,001g, spektrofotometr a extrakční přístroj, který je uveden na obrázku č. 10.

8.2 Výpočet a stanovení hodnoty obsahu formaldehydu

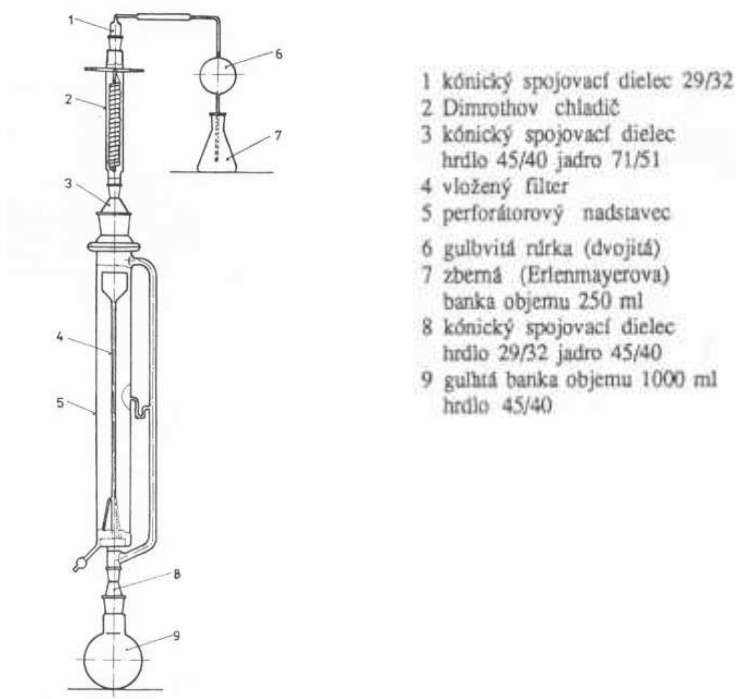
K přesnému výsledku je zapotřebí provést zjištění vlhkosti podle ČSN EN 322 a ke zjištění perforátorového čísla provést dvě extrakce, pokud se ovšem výsledek liší o více

než 20 % je zapotřebí provést extrakci třetí. Extrakce probíhá tak, že 110 g zkušebních těles se s 600 ml toluenu v kulaté baňce spojí s perforátorem, tato soustava se dále napojí na perforátorový nadstavec, ve kterém je 1000 ml destilované vody a dále se tato celá soustava připojí na chladič a na pohlcovač plynů, který je opět naplněn destilovanou vodou o objemu přibližně 100 ml. Zapne se vyhřívání a chlazení, čímž se celý proces extrakce spustí. Extrakce se ukončí po dvou hodinách a voda v perforátoru se nechá ochladit na teplotu okolí a pak přelije společně s vodou z pohlcovače plynů a vodou o objemu 200 ml, kterou se dvakrát promyje perforátor, do baňky o obsahu 2000 ml, která se následně doplní destilovanou vodou. K fotometrickému zjištění se stejně jako u předchozích metod využívá Hantzscheho reakci. A k vyjádření výsledků je zapotřebí opět určit kalibrační křivku standardního roztoku formaldehydu. Perforátorové číslo se poté vyjádří v miligramech na 100 g absolutně suché hmoty materiálu podle následujícího vzorce

$$\text{Perforátorové číslo} = \frac{(A_s - A_b) \cdot f \cdot x \cdot (100 + H) \cdot V}{m}$$

Kde A_s je extrakce analyzovaného extrakčního roztoku, A_b je extrakce destilované vody, f je směrnice kalibrační křivky standardního roztoku v mg na ml, H je vlhkost dřevěného materiálu v %, V je objem baňky (2000 ml) a m je hmotnost zkušebního materiálu.

Obrázek č. 5: Extrakční přístroj pro „perforátorovou metodu“



8.3 Hodnocení metody

Tato metoda je nezbytnou součástí při výrobě desek z materiálů na bázi dřeva. Nejen, že je stanovení obsahu rychlé a přesné, ale i její využití přesahuje i ke zjištění obsahu již zabudovaných materiálů, což je její největší výhoda. Technicky je tato metoda relativně závislá na zkušenostech obsluhy extrakčního přístroje, jelikož zde může dojít k řadě chyb, které by pak ovlivňovali zjištěný výsledek. V zemích EU je tato metoda využívána (ČSN EN 13986: 2005) a je možno jí aplikovat i mimo země EU, jelikož jsou zde jasně stanoveny parametry vlhkosti, tlaku a teploty, při kterých se zkouška provádí. Norma ČSN EN 13986 dále uvádí, že pokud je vlhkost OSB a MDF desek jiná než 6,5% musíme hodnoty, uvedené v tabulce č. 6, přepočítat koeficientem F, který nalezneme pro třískové desky v ČSN EN 312, pro MDF v ČSN EN 622 – 1 a pro OSB v ČSN EN 300. Toto právě poukazuje na fakt, že norma ČSN EN 120 je, jak již bylo uvedeno výše, opravdu hojně využívaná a oblíbená metoda v zemích EU.

Tabulka č. 6: Materiály a emisní třídy v ČSN EN 120

| ČSN EN 120 | Emisní třída | |
|-----------------|--------------|----------|
| | E1 | E2 |
| | mg/100g | mg/100g |
| materiál | | |
| PW | ≤ 8 | > 8 ≤ 30 |

zdroj: ČSN EN 13986: 2005

9 ASTM E-1333 americká velká komora

Tato testovací metoda byla sepsána v roce 1996 a prošla úpravou v roce 2002 a je schválená ASTM – American Society for Testing and Materials. Obsahuje odkazy na další ASTM normy podobně jako ČSN EN normy.

9.1 Popis a podstata metody

Metodou se měří koncentrace formaldehydu ve vzduchu a stanovuje se emisní stupeň z materiálů na bázi dřeva ve velké komoře s teplotou 25 ± 1 °C a relativní vlhkostí 50 ± 4 %. Tato metoda je především určena pro použití ihned při výrobě. Testovací vzorky se odebírají ihned po vyrobení a jsou přepravovány v neprodyšných obalech do zkušební komory. Pokud se tato metoda používá pro již zabudované panely, nebo pro výrobky z nich, musí být celý postup a další specifikace odběru popsány v protokolu o zkoušce. Vzorky musí být před testováním uchovávány při teplotě 24 ± 3 °C a při relativní vlhkosti $50 \pm$ %. Množství uvolněného formaldehydu v komoře je doporučeno stanovit metodou chromotropické kyseliny sýrové vydanou National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) a je to uznávaná analytická metoda NIOSH 3500. Norma dovoluje použít i acido-acetonovou metodu jako u ČSN EN norem. Zkušební komora má mít obsah minimálně 22 m^3 vzduchu a musí v ní být zajištěna jeho cirkulace. Komora dále nesmí obsahovat žádné části, na kterých by kondensovala voda, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Vnitřní povrch komory by měl být z materiálů s minimální absorpcí. Vzduch, který se vhání do komory, musí být předem přefiltrován, bez prachu a formaldehydu. Tento vzduch prochází přes průtokoměr vzduchu a sleduje se na něm průtok vzduchu za hodinu. Ten by měl být $0,5 \pm 0,05$ AC/h (AC/h je výměna vzduchu za hodinu a stanoví se podle vzorce $(V2 - V1) / (t - 0) \times$ objem komory, kde V2 a V1 jsou obsahy vzduchu v kubických metrech, které projdou měřidlem za danou dobu t). Ke správnému výsledku musíme znát rozměry testovaného povrchu, teplotu a relativní vlhkost v komoře, počet výměn vzduchu v komoře za hodinu. Vše probíhá za normálního atmosférického tlaku. Mezi šestnáctým a dvacátým cyklem, to znamená mezi šestnáctou a dvacátou hodinou, se ze vzorku vzduchu stanovuje emise formaldehydu do okolí. Z komory vedou minimálně

dva nasávací porty pro odebírání vzorků vzduchu, které by neměli přesáhnout délku 6 metrů a které odvádějí vzorky do zkušebních stanic.

9.2 Výpočet a stanovení hodnoty emise formaldehydu a emisního stupně

Ve zkušebních stanicích probublává vzorek vzduchu přes baňku s obsahem 20 ml 1% roztok NaHSO₃, čímž vzniká aerosol, který je dále hnán přes speciální filtr, který zpět separuje vzduch a NaHSO₃ s formaldehydem. Za tímto filtrem je dále umístěn kalibrovaný průtokoměr, který má průchodnost $1 \pm 0,05$ l/min po dobu minimálně 60 minut. Vyfiltrovaná NaHSO₃ se přepipetuje v množství 4 ml do dvou zkušebních baněk o různém obsahu od 16 do 150 ml. Dále se do baňky přidá 4 ml čistého 1 % roztoku NaHSO₃ a 0,1 ml 1% chromotropické kyseliny sírové. Baňky se protřepou, aby se obsah promísil. Dále se odměří 6 ml čisté kyseliny sírové a pomalu a jemně se promísí s obsahem. Takto vytvořený roztok se porovnává při vlnové délce 580 nm. Množství formaldehydu se stanovuje podle níže uvedeného vzorce. Pokud je stanovený obsah formaldehydu z obou zkušebních stanic rozdílný o 0,03 ppm, musí se zkouška opakovat.

$$Ct = Ca \times Fa$$

Kde Ct je celkové množství formaldehydu v mg, Ca je formaldehyd obsažený v každém testovaném roztoku a Fa je alikvotní faktor vypočten z množství vloženého roztoku vzorku v ml / množství ředící kapaliny v ml.

Pro výpočet množství uniklého formaldehydu ve velké testovací komoře je zapotřebí použít tento vzorec

$$Cl = \frac{Ct \times 24,47}{Vs \times 30,03}$$

Kde Cl je množství molekul formaldehydu na milion molekul vzduchu vyjádřených v ppm, 30,03 je molekulová hmotnost formaldehydu, 24,47 je mikrolitr formaldehydu na jeden mikromol při tlaku 101 kPa a teplotě 298 °K a Vs je standardní objem vzduchu při tlaku 101 kPa a teplotě 298 °K vypočten pomocí vzorce

$$V_s = \frac{V \times P \times 298}{101 \times (T + 273)}$$

Kde P je barometrický tlak a T je teplota vzorku.

Pro určení emisního stupně ER (emission rate) použijeme vzorec

$$ER = 1,23 \text{ Cs} \times N/L = \text{mg} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

Kde ER je emise jednoho miligramu formaldehydu na velikost prostoru v čase jedné hodiny, Cs je koncentrace formaldehydu za stálých podmínek, N je množství protečeného vzduchu v komoře za hodinu (AC/h) a L je zatížení komory v m^2/m^3 , které určují jednotlivé metody pro jednotlivé testované materiály (např. pro dřevotřískové desky je to norma ANSI A.208.1 pro MDF je to ANSI A.208.2 atd.)

9.3 Hodnocení metody

Tato metoda je nejpoužívanější metoda v USA pro zjištění úniku formaldehydu a pro zjištění emisního stupně. V ČSN EN bychom touto metodou mohli nahradit 717-1 i 717-2, jelikož se zabývá stejným problémem a je zakončena stejným cílem. Nicméně je zde patrný rozdíl ve vývoji a ve formě. Kde americká norma důkladně popisuje postupy a dbá na možné ovlivňující faktory a tím i zanechává dojem, že výsledek může být mnohem více nepřesný než při použití ČSN EN 717-1,2. Oproti tomu ale norma ASTM-E 1333 působí dojmem ucelenějším a komplexnějším, jelikož obsahuje i přepočtení tabulky v případě jiných relativních vlhkostí, případně jiných teplot. Navíc může být využita i pro zabudované desky, s přihlédnutím k tomuto faktu v protokolu o zkoušce. Metoda vyžaduje 7 dní na klimatizování desek a 1 den na samotnou zkoušku.

Tabulka č. 7: Materiály a povolená emise v ASTM-E 1333

| ASTM E 1333 | Povolená emise v ppm |
|----------------------|----------------------|
| Překližky | ≤ 0,05 |
| Dřevotřískové desky | ≤ 0,09 |
| MDF | ≤ 0,11 |
| Tvrdé vláknité desky | ≤ 0,13 |

zdroj: S 1660:2010

10 ASTM D 6007 americká malá komora

Tato norma byla vydána v roce 2002 a vysvětluje postup pro zjištění koncentrace úniku formaldehydu z materiálů na bázi dřeva a je schválená ASTM. Tato metoda byla vyvinuta, aby sloužila jako porovnání pro ASTM E 1333 a aby se menší vzorky z menších výrobků nemuseli zkoušet ve velké komoře. Zároveň se doporučuje metodou zkoušet vzorky s větší homogenitou.

10.1 Popis a podstata metody

Podobně jako u ASTM E 1333 obsah formaldehydu ze vzorků určuje pomocí chemotropické kyseliny sírové - analytická metoda NIOSH 3500. Opět je zapotřebí znát velikost komory, teplotu, relativní vlhkost, tlak, výměnu vzduchu z komory. A musíme jasně definovat testovaný vzorek – poměr zatížení (jaké má rozměry vystavená testovaná plocha). Pomocí těchto parametrů můžeme vyjádřit koncentraci formaldehydu v ustáleném stavu. Komora musí mít objem od 0,2 do 1 m³, musí v ní být zajištěna cirkulace vzduchu a nesmí obsahovat možné cívky pro kondenzaci vody. Povrch komory musí být z materiálů s malou absorpcí. Vzduch vháněný do komory musí být bezprašný s obsahem formaldehydu maximálně 0,02 ppm a musí procházet přes kalibrovaný průtokoměr. Vzorky vzduchu s obsahem formaldehydu se odebírají přes tzv. výfuk do skleněných baněk. Jestliže je hrana exponované plochy větší než 5% celkového vystaveného povrchu testovaného vzorku, je nutno jí zakrýt hliníkovou páskou nebo jiným funkčním zákrytem. Testované materiály a jejich zacházení s nimi před zkouškou musí být detailně popsáno v protokolu o zkoušce. Vzduch v komoře se před použitím vyhřeje na teplotu 25 ± 1°C s relativní vlhkostí 50 ± 4% testované vzorky se do komory umístí tak, aby byly rovnoměrně ovívány cirkulovaným vzduchem. Pro správné určení koncentrace je zapotřebí zjistit tzv. Q/A poměr, což je poměr mezi vháněným vzduchem do komory a výchozím vzduchem ven z komory v m/h. Tento poměr je ekvivalentem N/L poměru, který určuje poměr vháněného vzduchu do komory a celkový povrch vzorků v komoře.

$$N/L = Q/V / A/V = (Q/V) \times (V/A) = Q/A$$

Kde A je celková vystavená plocha bez hran vzorku v m², Q je množství přivedeného vzduchu do komory v m³/h a V je objem komory v m³,

10.2 Výpočet a stanovení hodnoty emise formaldehydu

Vzorky zůstávají v komoře až do doby ustáleného stavu koncentrace formaldehydu, který se dá vypočítat podle následující rovnice

$$t = \frac{-\ln\left(1 - \frac{C_t}{C_s}\right)V}{Q + KA}$$

Kde t je doba do každé jednotlivé koncentrace menší než 100%, C_t je dané koncentrace v čase t , C_s je koncentrace ustáleného stavu, V je objem komory v m^3 , A je plocha testovaného vzorku a K je koeficient prostupu hmoty v m/h , který musíme znát, případně můžeme odhadnout pomocí odborné literatury.

Vzduch odebraný z komory se nechá po dobu jedné minuty probublávat přes 20 ml 1% roztoku $NaHSO_3$ čímž vzniká aerosol, který se pomocí průtokoměru žene na filtr, který opět separuje vzduch a $NaHSO_3$ s obsahem formaldehydu. Dále stanovní probíhá stejně jako u ASTM E 1333 pomocí spektrofotometru při vlnové délce 580 nm. Opět se musí určit standardní obsah vzduchu - V_s , určit celkové množství formaldehydu ze zkoušek - C_t a vypočítat koncentraci formaldehydu - C_s za použití stejných vzorců jako u ASTM E 1333

10.3 Hodnocení metody

Tato metoda i její vyjádření výsledků je stejná jako ASTM E 1333, s tím rozdílem, že se využívá komora s menším objemem a že se touto metodou nezjišťuje emisní stupeň. Tato metoda se používá pro zjištění úniku formaldehydu z menších vzorků materiálu. Malý objem komory a menší velikosti materiálů zkracují celkový použitý čas při zjišťování úniku formaldehydu. Je vhodnější k přezkoušení již zabudovaných materiálů, ze kterých je možné odebrat právě onu menší část. Výsledky zjištěné touto metodou musí odpovídat stejnému množství pro vyhlášku S.1660 jako u ASTM E 1333.

Tabulka č. 8: Materiály a povolená emise v ASTM D 6007

| ASTM D 6007 | Povolená emise v ppm |
|----------------------|-----------------------------|
| Překližky | $\leq 0,05$ |
| Dřevotřískové desky | $\leq 0,09$ |
| MDF | $\leq 0,11$ |
| Tvrde vláknité desky | $\leq 0,13$ |

zdroj: S 1660:2010

11 ASTM D 5582 americká exsikátorová metoda

Tato metoda vznikla v roce 2000 a byla upravena v roce 2006. Tato metodou se testují malé vzorky s potenciálem úniku formaldehydu.

11.1 Popis a podstata metody

Množství formaldehydu se zjišťuje tak, že vzdušný formaldehyd uvolněný z materiálu se vstřebává do 25 ml destilované vody, která je položena na dně v Petriho misce těsně uzavřeného exsikátoru, ve kterém je umístěn testovaný vzorek. Zjištění množství se jako v předchozích případech stanovuje metodou NIOSH 3500, kde norma opět povoluje stanovit množství jinými postupy, které dávají stejně kvalitní výsledky (acetyl-acetonová metoda, pararosanilinová metoda) a naopak tyto postupy doporučuje v případě většího obsahu fenolu ve zkoušeném materiálu, a to jestliže je jeho obsah větší než 8:1 oproti formaldehydu. Exsikátor je válcového tvaru s průměrem 250 mm a objemem okolo 10,5 l. Dovnitř se postupně vkládá 8 vzorků se zakrytými hranami (nátěr, nebo hliníková páska) o velikosti od 70 ± 2 do 127 ± 2 mm x 25 mm. Tyto vzorky se vybírají z 16 vzorků odebraných z desky. Před vložením do exsikátoru se vzorky nechávají sedm dní ± 4 h provětrat při teplotě $24 \pm 1,7$ °C a při relativní vlhkosti $50 \pm 10\%$. Vzorky jsou v exsikátoru uzavřeny dvě hodiny za pokojové teploty 24 ± 1 °C, které se v průběhu testu kontroluje a zapisuje každých 30 minut. Po této době se z roztoku destilované vody a uniklého formaldehydu stanovují výsledky

11.2 Výpočet a stanovení hodnoty emise formaldehydu

Po stanovení výsledků pomocí NIOSH 3500 a odečtení hodnot spektrofotometrem se vypočítává koncentrace C_t jako množství formaldehydu na objem destilované vody použité při zkoušce v $\mu\text{g/ml}$ pomocí vzorce

$$C_t = \frac{C_s}{D \times 4}$$

Kde C_s je koncentrace odečtená pomocí spektrofotometru a kalibrační křivky ze 4 ml vzorku a D je faktor ředění roztoku (např. $1 \text{ ml}/4 \text{ ml} = D = 0,25$)

11.3 Hodnocení metody

Touto metodou se testují dřevotřískové desky, MDF, tvrdé vláknité desky, překližované materiály a dřevo lepené UF pojidly. Tato metoda se využívá pro již zabudované materiály jako kontrolní a porovnává se právě s ASTM E 1333. Pokud je vztah mezi výsledky testu z velké komory a výsledky této metody rozdílný, berou se výsledky velké komory jako osnova, kde se výsledná koncentrace C_t zjištěná pomocí exsikátorové metody upraví podle vztahu $1 \text{ mg/l} = 1 \text{ ppm}$ a porovnává se. Celková doba testu je krátká, ovšem příprava vzorků na testování jí protáhne minimálně na týden.

12 JIS A 1460 japonská exsikátorová metoda

Tato norma je z 20. března 2001 a byla oficiálně přeložena do angličtiny Japanese Standards Association a tento překlad byl poprvé vydán v červenci 2007.

12.1 Popis a podstata metody

Postupy v této metodě se stanovuje únik formaldehydu ze stavebních desek. Únik se stanovuje pomocí skleněného exsikátoru s 300 ml destilované vody, ve které jsou na dně umístěny, obvykle tři, krystalizační nádržky. Vzorky jsou umístěny v exsikátoru o průměru 240 mm po dobu 24 hodin \pm 5 minut za teploty $20 \pm 0,5$ °C a jsou přidržovány za pomoci ocelových drátů tak, aby se dráty nedotýkali destilované vody. Velikost vzorků by měla být 150 mm x 50 mm \pm 1 mm a jejich počet je určen tak, že součet všech ploch, i hranových, se musí co nejvíce přibližovat 1800 cm². Připravují se dvě sady těchto vzorků. Po nařezání se udržují při teplotě $20 \pm 0,5$ °C a relativní vlhkosti 65 ± 5 % tak, aby nedošlo ke kontaminaci. Po uplynutí 24 hodin se vyndají krystalizační misky a jejich obsah se přelije do Erlenmayerovy baňky, kde může být roztok, před samotným zjištěním koncentrace, uchováván 30 hodin při teplotách mezi 0 – 5°C.

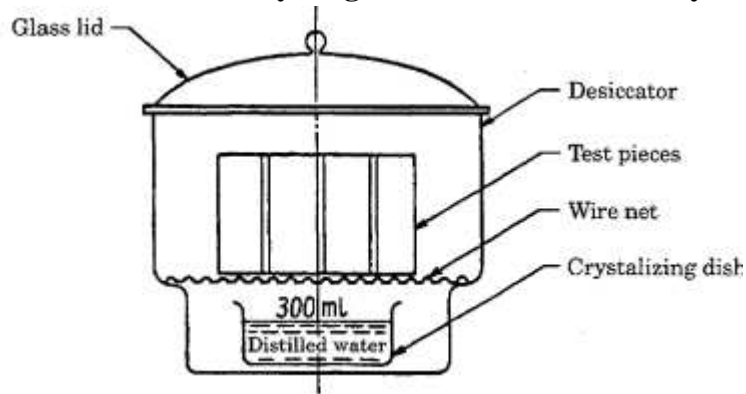
12.2 Výpočet a stanovení hodnoty emise formaldehydu

Koncentrace formaldehydu ve vodě se stanovuje podle acetyl-acetonové metody tzv. Hantzscheho reakce, stejně jako ČSN EN, spektrofotometricky při vlnové délce 412 nm. Ke správnému výsledku je nutné stanovit i kalibrační křivku standardního roztoku formaldehydu. Koncentrace se poté vypočte podle vzorce

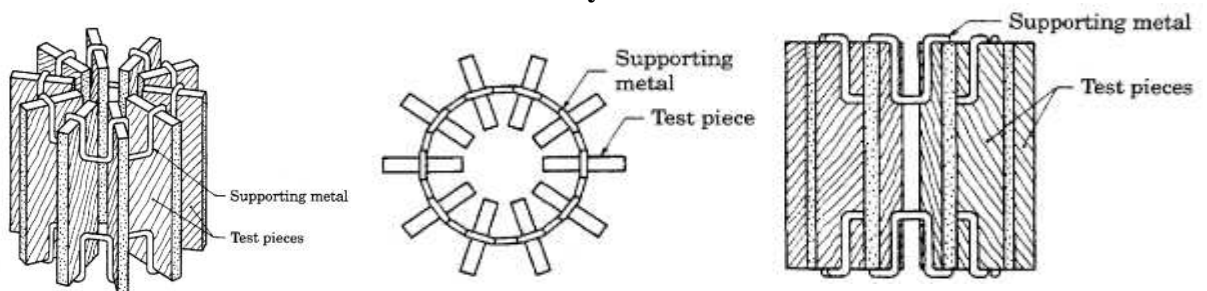
$$G = F \times (A_d - A_b) 1800/S$$

Kde G je koncentrace formaldehydu z testovaného vzorku v mg/l, A_d je absorpce roztoku uvnitř exsikátoru, A_b je absorpce analýzy s formaldehydem, F je kalibrační křivka standardního roztoku formaldehydu, S je povrch zkušebních vzorků v cm². Pokud se výsledky z dvou sad zkušebních vzorků liší o více než 20 %, musí se test opakovat. V normě je přesně popsáno, jak by měl vypadat protokol o zkoušce.

Obrázek č. 6: Schematický diagram exsikatorové metody



Obrázek č. 7: Pomocné kovové držáky vzorků



zdroj: JIS A 1460:2001

12.3 Hodnocení metody

Tato metoda je jasně a srozumitelně popsána, jsou v ní uvedené veškeré ostatní normy, které určují např. kvalitu destilované vody, která se používá při zkoušce. Výsledkem je koncentrace v mg/l, která lze převést za na ppm. Takže získané výsledky můžeme porovnávat s ostatními metodami - jak s ČSN EN 717-1 tak s ASTM E 1333. Rychlost a příprava na zkoušku jsou velmi krátké, a proto lze metodu využít jak při výrobě, tak i pro zabudované materiály. Touto normou se sleduje únik v podstatě všech materiálů na bázi dřeva, které se v Japonsku vyrábějí. Materiály a emisní třídy v JIS A 1460 musí splňovat podmínku, že koncentrace nesmí přesahovat 1,5 mg/l, pokud by tomu tak bylo, nedosáhla by emise ani nejhorší třídy zařazení, což je F**.

13 Závěrečné hodnocení metod

Všechny výše uvedené normy se zabývají únikem formaldehydu z materiálů na bázi dřeva, ale pouze jedna se zabývá jeho obsahem. U komorových metod, jak evropských, tak amerických, se využívá stejného principu k získávání výsledků při unikání formaldehydu z těchto materiálů. Americká malá komora a evropská metoda plynové analýzy celý proces zrychlují a tím snižují čas potřebný k zjištění koncentrace úniku formaldehydu. Při tomto stanovení koncentrace se využívá u evropských a amerických norem jiná analytická metoda. Je ovšem zapotřebí sdělit, že použité analytické metody přinášejí stejně přesný výsledek a tím pádem je snadné z naměřených výsledků zjistit, zdali je daný materiál a výrobky z něj možno exportovat do ostatních zemí s jinou normativní legislativou, či nikoli. Pokud bychom ovšem vyrobený materiál zde v České Republice otestovali naší ČSN EN 717-1 a dosáhli bychom výsledku, který by splňoval například americkou legislativu, museli bychom materiál případně výrobek před exportem stejně otestovat americkou normou ASTM E 1333, jelikož legislativní nařízení S 1660 americké vlády jasně stanovuje, že pouze výrobky otestované ASTM E 1333 mohou být uvedeny na americký trh. V opačném případě s opačným postupem je tomu naprosto stejně. Norma ČSN EN 13986 stanovuje jaké výsledky, jakou metodou, mají být dosaženy, aby splňovali emisní třídy pro evropský trh.

Evropská lahvová metoda je velice podobná americké exsikátorové metodě a stejně tak japonské exsikátorové metodě. Tyto metody jsou pro zjištění emise formaldehydu nejrychlejší. Zatím co americká a japonská metoda jsou za jedno ve vyjádření výsledku jako mg/l evropská metoda vyjadřuje výsledek jako mg/kg. Tento nesoulad vzniká při výpočtech, pokud by se například pro evropskou lahvovou metodu ČSN EN 717 - 3 zvolil stejný postup jako pro japonskou JIS A 1460 výsledek a porovnání by bylo ihned k dispozici. Navíc bychom nemuseli zkušební zařízení ani žádným způsobem měnit, pouze by se změnil objem destilované vody a velikost zkušebních vzorků.

Nad všemi výše zmíněnými metodami vyčnívá evropská metoda pro zjištění obsahu formaldehydu v materiálech na bázi dřeva a to ČSN EN 120. Tato metoda je v tomto ohledu jedinečná a ani japonská ani americká legislativa jí nestanovuje k používání ve svých vyhláškách. Pokud by tato norma byla zavedena i v ostatních sledovaných oblastech, vyřešilo by to problematiku jednotnosti stanovených výsledků. Po zkoušce touto metodou by výrobce ihned věděl, zdali jeho výrobek splňuje normativ či nikoli.

V praxi se tato metoda nejčastěji využívá pro zjištění obsahu v nepovrchově upravených deskách (nejčastěji OSB), ale norma ČSN EN 13986 udává, že je jí možno použít i pro desky s povrchovou úpravou. Pro celkové hodnocení a přehled materiálů, emisních tříd evropských, amerických a japonských a zkušebních norem, je níže uvedená tabulka č. 9.

Tabulka č. 9: Souhrnná hodnotící tabulka

| | | | únik a obsah formaldehydu v emisních třídách | | | | | |
|------------------------------|----------|--------------|--|-------|--------------|-------|---------------------|-----|
| Evropa | metoda | | ČSN EN 120 | | ČSN EN 717-1 | | ČSN EN 717-2 | |
| hodnoceno podle ČSN EN 13986 | | | mg/100g | | ppm | | mg/h*m ² | |
| | materiál | emisní třídy | E1 | E2 | E1 | E2 | E1 | E2 |
| | PB | | ≤ 8 | ≤ 30 | ≤ 0,1 | ≤ 0,3 | ≤ 3,5 | ≤ 8 |
| | OSB | | ≤ 8 | ≤ 30 | ≤ 0,1 | ≤ 0,3 | ≤ 3,5 | ≤ 8 |
| | MDF | | ≤ 8 | ≤ 30 | ≤ 0,1 | ≤ 0,3 | ≤ 3,5 | ≤ 8 |
| | PW | | ≤ 8 | ≤ 30 | ≤ 0,1 | ≤ 0,3 | ≤ 3,5 | ≤ 8 |
| | HDF | | ≤ 8 | ≤ 30 | ≤ 0,1 | ≤ 0,3 | ≤ 3,5 | ≤ 8 |
| USA | metoda | | ASTM E 1333 | | ASTM D 6007 | | | |
| hodnoceno podle S 1660 | | | ppm | | ppm | | | |
| | materiál | max. emise | | | | | | |
| | PB | | ≤ 0,09 | | ≤ 0,09 | | | |
| | OSB | | ≤ 0,12 | | ≤ 0,12 | | | |
| | MDF | | ≤ 0,11 | | ≤ 0,11 | | | |
| | PW | | ≤ 0,05 | | ≤ 0,05 | | | |
| | HDF | | ≤ 0,13 | | ≤ 0,13 | | | |
| Japonsko | metoda | | JIS 1460 | | | | | |
| hodnoceno podle JIS A 5908 | | | mg/l | | | | | |
| | materiál | emisní třída | F**** | F*** | F** | | | |
| | PB | | ≤ 0,3 | ≤ 0,5 | ≤ 1,5 | | | |
| | OSB | | ≤ 0,3 | ≤ 0,5 | ≤ 1,5 | | | |
| | MDF | | ≤ 0,3 | ≤ 0,5 | ≤ 1,5 | | | |
| | PW | | ≤ 0,3 | ≤ 0,5 | ≤ 1,5 | | | |
| | HDF | | ≤ 0,3 | ≤ 0,5 | ≤ 1,5 | | | |

pozn. * PB – dřevotřískové desky, PW – překližované materiály, HDF – tvrdé vláknité desky

14 Závěr

Cílem mé práce bylo porovnání a hodnocení metod, které se používají k zjišťování emise formaldehydu v materiálech na bázi dřeva v České Republice, USA a Japonsku a ukázání legislativních rozdílů jednotlivých států, ve kterých se tyto normy používají. Zároveň práce měla porovnávat materiály, které se danými metodami testují.

V práci je hodnoceno osm technických norem, z nichž jsou čtyři evropské, tři jsou americké a jedna je japonská. Tyto normy jsou porovnávány s legislativními vyhláškami oblastní, do kterých jednotlivé normy spadají. Všechny uvedené normy se zabývají stanovením úniku formaldehydu, pouze jedna evropská se zabývá stanovením jeho obsahu.

Kdyby pro tuto normu byly zavedené legislativní předpisy ve všech hodnocených oblastech, vedlo by to k průlomu a ke sjednocení pohledu na problém obsahu formaldehydu v materiálech na bázi dřeva a bylo by možné například při změně obsahu v závislosti na zařazení do emisních tříd na tuto změnu flexibilněji reagovat.

Jednotlivé metody pro stanovení úniku se od sebe v principu tolik neodlišují, používají se však jiné postupy pro stanovení přesných výsledků. Výsledky ze vzorků získané postupem v jedné metodě není ani tak obtížné porovnat s výsledky získanými jinou metodou, ale toto porovnání je pouze orientační a neřeší legislativní problém. Všechny oblasti mají jasně stanovenou, kterou metodu je pro zjištění emise formaldehydu nutno použít, aby se shodovalo s legislativními požadavky.

Metody pro stanovení úniku a výsledky těmito metodami získané ovlivňují faktory jako je vlhkost desky, relativní vlhkost vzduchu, teplota, tlak a proudění vzduchu. Na tyto faktory je v každé metodě kladen velký důraz a právě tyto parametry mají vliv na celkový únik do okolního prostředí, které je samozřejmě mnohdy jiné, nežli laboratorní prostředí. Možná by se tedy dalo říci, že právě proto jsou jednotlivé metody rozdílné, protože v každé oblasti jsou tyto faktory jiné.

Materiálově se možnosti použití jednotlivých metod tolik neliší, což jsem ze začátku tolik nepředpokládal. Způsob použití je spíše dán praxí zkušebních laboratoří, případně je přímo omezen povrchovou úpravou. Na druhou stranu nemůžeme říci, že všechny metody se hodí pro všechny materiály. V konečném důsledku ani tak nemusíme rozhodovat, jaký materiál chceme testovat jakou metodou, jelikož tento problém za nás řeší již dané legislativní nařízení.

Seznam použitých zdrojů

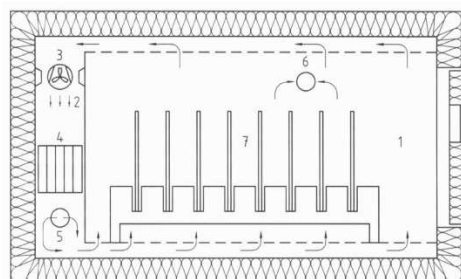
1. MARUTZKY, R. Zahájení a tematický úvod, Sborník technické konference o formaldehydu, WKI. Hannover, Německo, 2008. Konference.
2. ČSN EN ISO 16000-9. Vnitřní ovzduší - Část 9: Stanovení emisí těkavých organických látek ze stavebních materiálů a nábytku - Metoda zkušební komory. Česká republika, 2006
3. ČSN EN 717-1 (490163). Desky ze dřeva - Stanovení úniku formaldehydu - Část 1: Emise formaldehydu komorovou metodou. Česka republika: Český normalizační institut, 2005
4. ČSN EN 717-2 (490163). Desky ze dřeva. Stanovení úniku formaldehydu. Část 2: Únik formaldehydu metodou plynové analýzy. Česka republika: Český normalizační institut, 1996.
5. ČSN EN 717-3 (490163). Desky ze dřeva - Stanovení úniku formaldehydu - Část 3: Únik formaldehydu lahvovou metodou. Česka republika: Český normalizační institut, 1997.
6. ČSN EN 120 (492657). Dřevěné materiály – Zjišťování obsahu formaldehydu. Extrakční postup zvaný „perforátorová metoda“. Česka republika: Český normalizační institut, 1994.
7. ČSN EN 13986 (732871). Desky na bázi dřeva pro použití ve stavebnictví – Charakteristiky, hodnocení shody a označení. Česka republika: Český normalizační institut, 2005
8. CARB ASTM E-1333. Standardní testovací metoda pro Určení koncentrace a emise formaldehydu do ovzduší z dřevěných materiálů užitím velké komory. USA: The California Air Resources Board, 1996.
9. CARB ASTM D-6007. Standardní testovací metoda pro Určení koncentrace formaldehydu v ovzduší z dřevěných materiálů užitím maloobjemové komory. USA: The California Air Resources Board, 2002.
10. CARB ASTM D-5582. Standardní testovací metoda pro Určení úrovně formaldehydu z dřevěných materiálů užitím exsikátoru. USA: The California Air Resources Board, 2000.

11. JIS A 1460. Stavební desky Zjišťování úniku formaldehydu – Exsikátorová metoda. Japonsko: The Japanese Standards Association, 2001.
12. JIS A 5908. Dřevotřískové desky. Japonsko: The Japanese Standards Association, 2003
13. USA. 111 kongres: Odstavec VI - Formaldehydové normy pro materiály na bázi dřeva. In: S.1660. U.S. Government Printing Office, 2010. Dostupné z: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/BILLS-111s1660es/pdf/BILLS-111s1660es.pdf>
14. Česká republika. MŽP, Technická směrnice č. 12 - 2011, kterou se stanovují požadavky a environmentální kritéria pro propůjčení ochranné známky. In: Praha, 2011, č. 12.
15. IARC(2006) Monografie číslo 88: Formaldehyd, 2-Butoxyethanol a 1-tert-butoxypropan-2-ol. IARC monografie [online]. Lyon, Francie [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://monographs.iarc.fr/>
16. BÖHM, Martin, Jan BOMBA a Jan REISNER. Materiály na bázi dřeva [online]. Praha, 2012 [cit. 2013-04-2]. ISBN 9788021322516. Dostupné z: http://fld.czu.cz/~bohmm/materialy_na_bazi_dreva.pdf
17. Formaldehyd [online]. [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/repository/latky/formaldehyd.pdf>
18. Wwww.arb.ca.gov [online]. [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.arb.ca.gov/homepage.htm>
19. Wwww.astm.org [online]. [cit. 2013-02-07]. Dostupné z: <http://www.astm.org/>
20. Wwww.jsa.or.jp [online]. [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: http://www.jsa.or.jp/default_english.asp
21. Wwww.iarc.fr [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.iarc.fr/>
22. Wwww.gpo.gov [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: <http://www.gpo.gov/>

Přílohy

Příloha č. 1 - obrázky Zkušebních komor pro ČSN EN 717-1

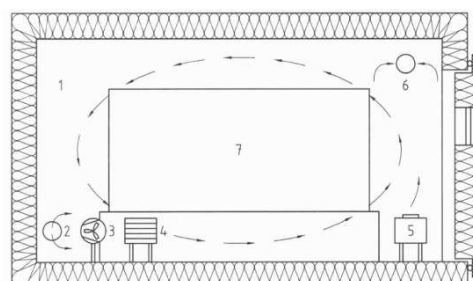
Obrázek č. 8: Velká komora s paralelním prouděním vzduchu



Legenda

- 1 zkušební komora
- 2 vstup vzduchu
- 3 ventilátor
- 4 zařízení pro regulaci teploty
- 5 vstup vlhkosti, regulace relativní vlhkosti
- 6 výstup vzduchu
- 7 zkušební tělesa

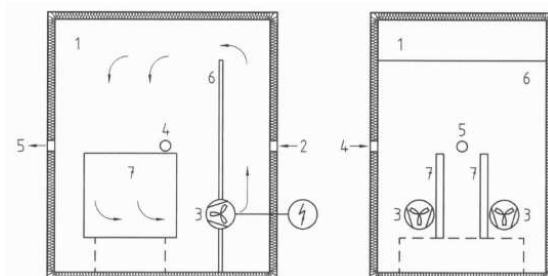
Obrázek č. 9: Velká komora s cirkulačním prouděním vzduchu



Legenda

- 1 zkušební komora
- 2 vstup vzduchu
- 3 ventilátor
- 4 zařízení pro regulaci teploty
- 5 vstup vlhkosti, regulace relativní vlhkosti
- 6 výstup vzduchu
- 7 zkušební tělesa

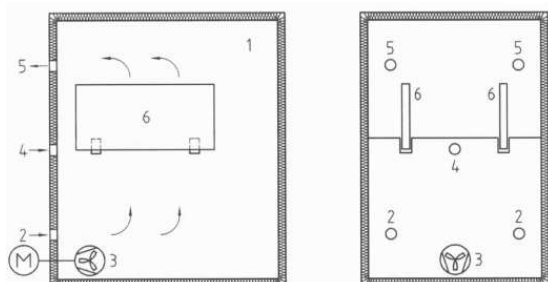
Obrázek č. 10: Komora o objemu 1 m³



Legenda

- 1 zkušební komora o objemu 1 m³
- 2 vstup vzduchu
- 3 ventilátor s elektrickým zdrojem
- 4 vstup pro monitorovací zařízení (čidla)
- 5 výstup vzduchu
- 6 dělící stěna
- 7 zkušební tělesa

Obrázek č. 11: Komora o objemu 0,225 m³



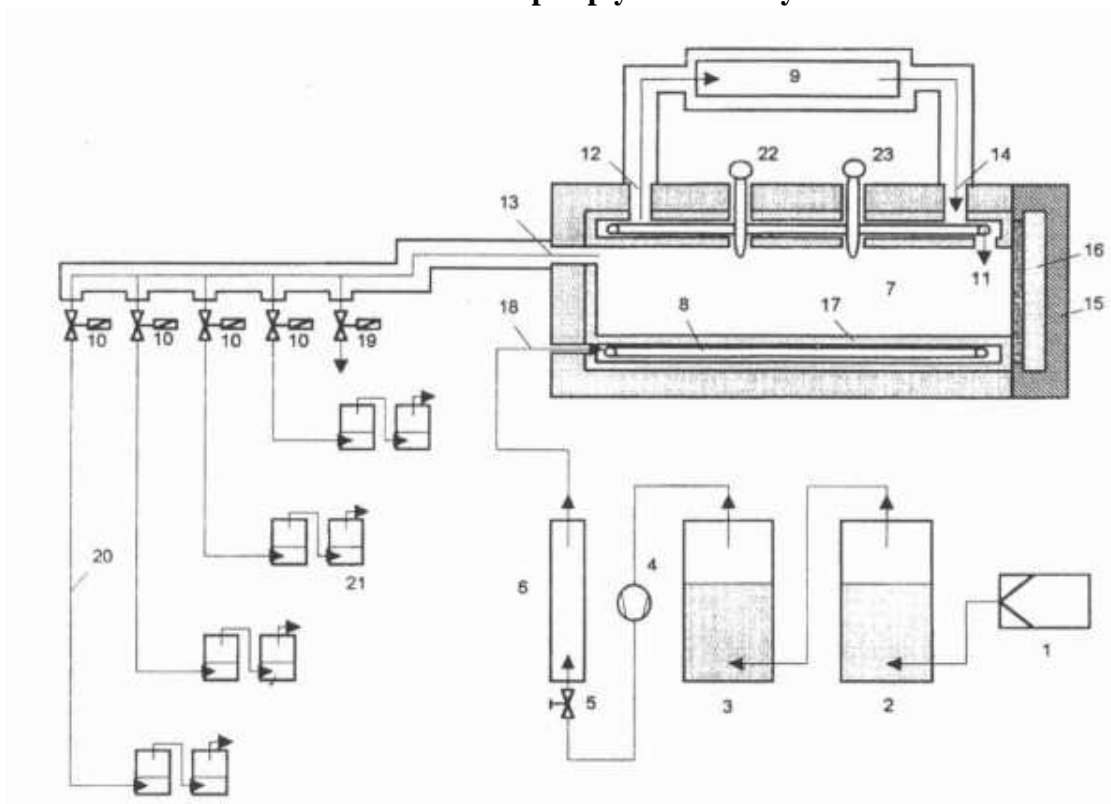
Legenda

- 1 zkušební komora o objemu 0,225 m³
- 2 vstup vzduchu
- 3 ventilátor s elektrickým zdrojem
- 4 vstup pro monitorovací zařízení (čidla)
- 5 výstup vzduchu
- 6 zkušební tělesa

Zdroj obrázků: ČSN EN 717-1

Příloha č. 2 Zkušební zařízení pro plynovou analýzu

Obrázek č. 12: Zkušební zařízení pro plynovou analýzu



- 1 Vzduchový filtr
- 2 Promývací lahev
- 3 Sušicí věž
- 4 Čerpadlo
- 5 Jehlový ventil
- 6 Průtokoměr
- 7 Zkušební komora
- 8 Topná spirála
- 9 Termostat
- 10 Magnetický ventil
- 11 Vstup vzduchu do zkušební komory
- 12 Výstup topného média

- 13 Výstup vzduchu ze zkušební komory
- 14 Vstup topného média
- 15 Izolace
- 16 Dveře zkušební komory
- 17 Dvojitý plášť
- 18 Vstup vzduchu do topné spirály
- 19 Magnetický ventil k promývání
- 20 Propojovací hadice
- 21 Dvojice promývacích lahví
- 22 Tlakoměr
- 23 Teploměr

Zdroj: ČSN EN 717-2