ODBORNÉ VZDĚLÁVÁNÍ ÚŘEDNÍKŮ
PRO VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY
OCHRANY OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE

OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

Jednorázové měření emisí
nadstavbový výukový modul

RNDr. Svatopluk Krýsl, CSc.

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

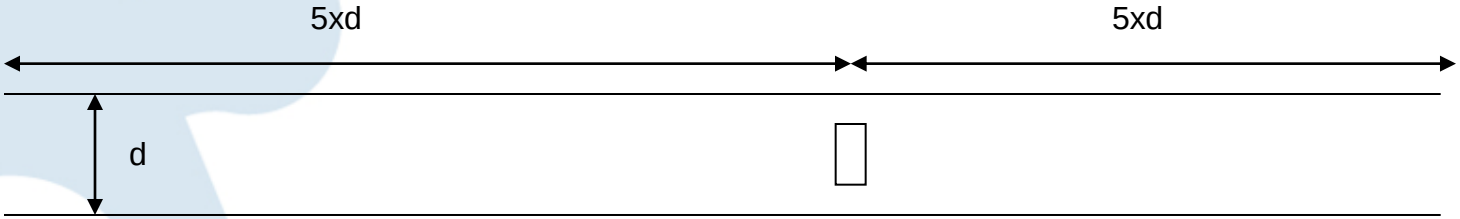
Výběr měřícího místa

- **Kritéria pro výběr měřícího místa a jeho parametry** – umístění měřícího místa může zcela zásadním způsobem ovlivnit reprezentativnost celého měření
- Nehomogenita proudíciho plynu nebo plynného aerosolu je ovlivněna změnami koncentrací, teplotou, rychlostí proudění
- **Před měřením je třeba znát:**
- provozní režim (cyklický, kontinuální, vsázkový)
- spotřebu a složení vstupních surovin, resp. paliva
- účinnost odstraňování znečišťujících látek
- konfiguraci potrubí, ze kterého je odebrán vzorek, umístění vzorkovacího profilu
- přístupnost měřícího profilu a přístupnost k elektrickým přípojkám
- způsob zajištění bezpečnosti práce

To vše je nutné přednostně popsat a vytvořit plán měření (strategii měření)

Výběr měřícího místa

- **Umístění měřícího profilu** – měření musí probíhat v přímém úseku potrubí s konstantním tvarem a plochou průřezu, co nejdále po směru toku od jakýchkoliv překážek, které by mohly způsobit poruchy nebo změny toku plynu
- Pro zajištění rovnoměrného rozdělení rychlosti plynu v rovině měření musí mít přímý úsek potrubí délku rovnou přinejmenším 7násobku hydraulického průměru* potrubí. Na tomto úseku se umístí měřící profil ve vzdálenosti 5 hydraulických průměrů od počátku tohoto úseku. Přitom vzdálenost k ústí potrubí do atmosféry musí být rovněž 5 hydraulických průměrů (**ČSN ISO 10780**):



***Hydraulický průměr** – je (pro nekruhová potrubí) vypočítán vynásobením plochy průřezu potrubí čtyřmi a dělením výsledné hodnoty velikostí jeho obvodu

Výběr měřícího místa

- **Počet měřících přímek a bodů** – Pro potrubí kruhového průřezu je minimální počet měřících přímek 2 a pro čtyřhranného průřezu 2 – 4
- Obecně platí, že tento počet stoupá s rostoucí plochou průřezu
- Nejmenší počet měřících přímek (udávají směr, ve kterém se měření postupně provádí) a měřících bodů (místa, kde se měření provádí) je uveden v **ČSN ISO 10780** (83 4772) - Stacionární zdroje emisí - Měření rychlosti a průtoku plynů v potrubí
- V normách není řešena situace pro potrubí o průměru menším než 300 mm – přitom tvoří zdroje s potrubím uvedených rozměrů významnou část
- **ČSN EN 13284-1:** „Pokud pro sledované zařízení nelze nalézt vhodné místo pro lokalizaci měřícího průřezu nebo bylo měření uskutečněno za neustálených podmínek provozu, což vedlo ke zvětšení nejistoty měření, musí být v protokolu o zkoušce uvedeno, že měření neproběhlo v souladu s normou“
- Výběr měřícího místa úzce souvisí s charakterem proudění v potrubí, v případě, že jde o ustálené proudění s homogenním koncentračním polem, je výběr měřícího místa prakticky nezávislý na jeho geometrických rozměrech

Měření rychlosti proudění

- **Ustálené provozní podmínky** – základním měřítkem ustálenosti je časová změna průřezové rychlosti odpadního plynu
- Pokud se některá z průřezových rychlostí (tj. 3 hodnot rychlostí proudění zjištěných v průběhu šestihodinového měření) odlišuje o více než ±10% od aritmetického průměru všech naměřených hodnot, pak se sledovaný zdroj vyznačuje **neustálenými provozními podmínkami**
- Jak lze za těchto podmínek provést měření? Tak že kontinuálně měříme rychlost v referenčním bodě a souběžně v několikanásobném měření lokálních rychlostí v průřezu (viz ČSN ISO 3966)
- Měření rychlosti proudění za ustálených podmínek popisuje řada norem a minimální nutné podmínky pro zajištění ustálenosti jsou kromě zmíněných geometrických požadavků - Reynoldsovo číslo (>1200), víření plynu a minimální kolísání tlaku (<24 Pa)

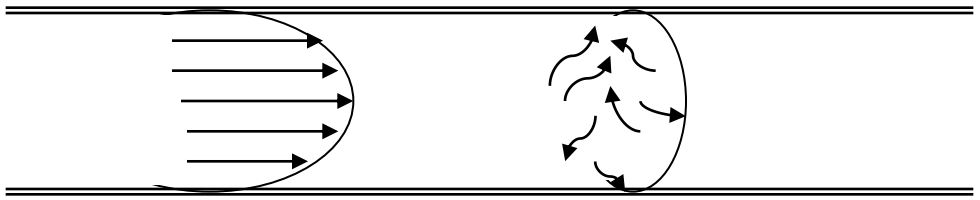
$$\mathrm{Re} = \frac{v_s \times d}{\upsilon}$$

Re...Reynoldsovo číslo

V_s ...střední rychlost proudění

v.....kinematická viskozita

d.....hydraulický průměr

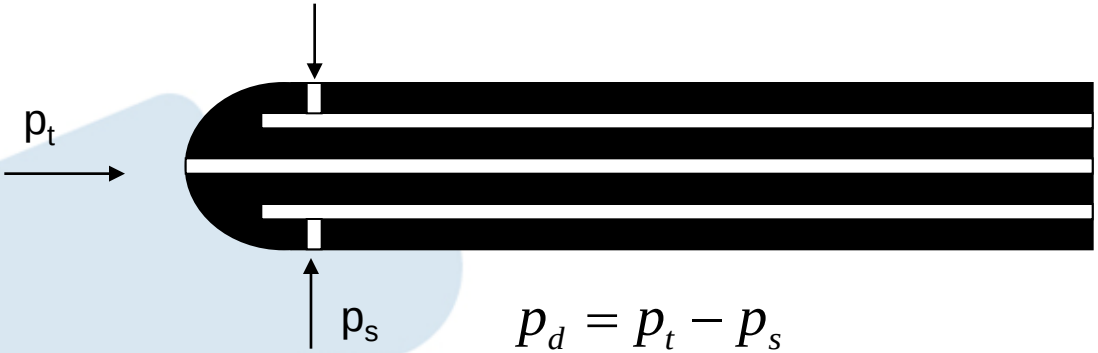


Laminární tok v potrubí Turbulentní tok v potrubí

esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST www.esfcr.cz

Měření rychlosti proudění

- **Prandtlova trubice**: tenká trubka, dvouplášťová, obrácená ústím vnitřní trubky proti směru proudění plynu a s dalším otvorem ve stěně vnější trubky, kolmým ke směru proudění plynu
- **Měření Prandtlovou trubicí** využívá rozdílu celkového (dynamického a statického) a statického tlaku zjišťovaného trubicí uvnitř systému a měřeného dále na diferenčním manometru.



$$p_d = p_t - p_s$$

Bernoulliho rovnice: $p_s + \frac{\rho \times v^2}{2} = p_t \Rightarrow v = \sqrt{\frac{p_d \times 2}{\rho}}$

Ověření správnosti volby umístění vzorkovacích profilů

- **Před začátkem měření je nutné zkontrolovat rychlost proudění a teplotu ve zvoleném profilu**
- **Předběžné měření rychlosti a teploty plynu** provedeme podrobným vzorkováním dynamického tlaku a teploty plynu v měřeném profilu
- Výsledky předběžného měření slouží k výpočtu vzorkovacího průtoku za předpokládaného ustáleného toku v potrubí

Sleduje se:

- úhel proudění plynu vzhledem k ose potrubí (<±15º)
- zda-li se nevyskytuje v potrubí lokálně zpětné proudění
- dynamický tlak - vzhledem k použité Prandtlově trubici by měl být >5 Pa
- zda poměr největší a nejmenší rychlosti proudění plynu <3:1
- neliší-li se teplota v každém bodě o <±5ºC od průměrné teploty plynu

Pokud podmínky nejsou splněny, je měření zatíženo větší nejistotou než ±10%

Měření průtoku odpadního plynu

- Měření průtoku odpadního plynu a měření koncentrace znečišťujících látek umožňují stanovit hmotnostní tok a měrnou výrobní emisi, což je cílem měření emisí

$$\dot{m} = \gamma_m \times \dot{V}$$

$$\left[\frac{mg}{m^3} \times \frac{m^3}{s}\right]$$

$\dot{m}$ .....hmotnostní tok $[mg/s]$

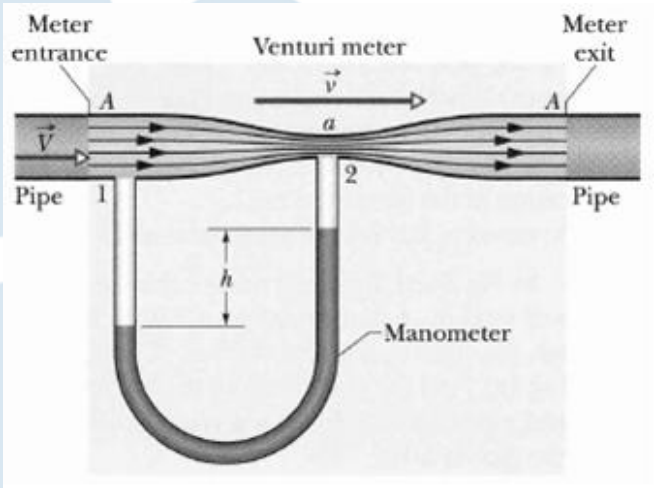
γ .....hmotnostní koncentrace

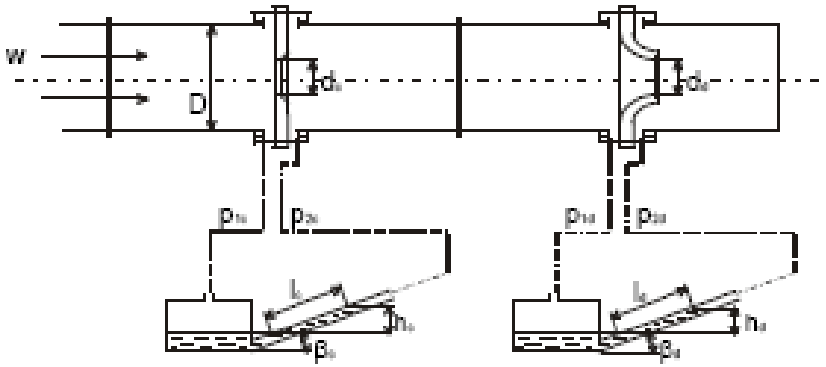
$\dot{V}$ .....průtok odpadního plynu

esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Měření průtoku odpadního plynu

- **Objemovým průtokem *Qv*** označujeme objem tekutiny, který projde potrubím za jednotku času (například $m^3.s^{-1}$).
- **Pro zjištění objemového průtoku se využívá**
- **měření pomocí rozdílů tlaků (Venturiho trubice, dýza, clona)**
- **výpočet z rychlosti proudění tekutiny v potrubí o známém průřezu (Prandtlova sonda)**
- **přímé měření objemového průtoku (membránový, bubnový průtokoměr)**
- **Měření hmotnostního průtoku (Coriolisův průtokoměr, termoanemometr)**
- **Venturiho trubice** **Clona** **dýza**





OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Měření průtoku odpadního plynu

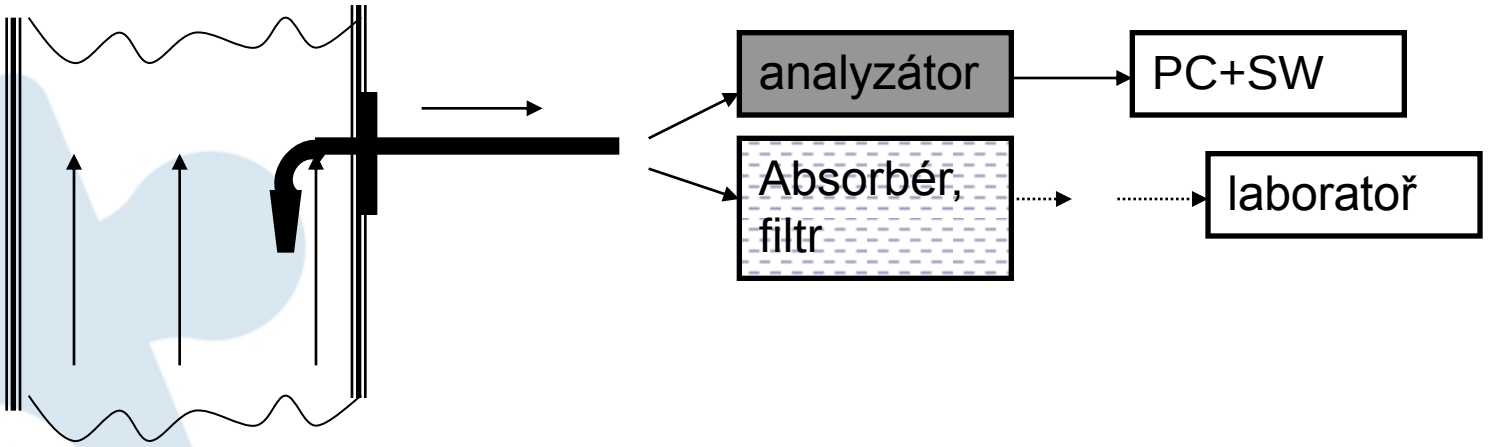
Přehled průtokoměrů

Průtokoměr	Rozsah (Qmax:Qmin)	Teplota [°C]	Tlak [MPa]	Přesnost (z měřené hodnoty)
Normalizovaná clona	4:1	do 540	do 41	1-2%
Venturiho trubice	4:1	do 540	do 41	1-2%
Dýza	4:1	do 540	do 41	1-2%
Pitotova trubice	3:1	do 540	do 41	5%
Plováčkový skleněný	10:1	do 120	do 3	1%
Ultrazvukový (Dopplerův efekt)	30:1	do 300	do 10	5%
Coriolisův průtokoměr	80:1	do 200	do 10	0,20%
Termoanemometr	50:1	do 65	do 31	1%

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření plynných a aerosolových složek emisí

- **Extraktivní a neextraktivní metody analýzy plynů**, kritérium je reprezentativnost vzorkování
- **Extraktivní metody:** odebíráme ze sledované matrice čerpáním do analyzátoru nebo do odběrového zařízení (odstraňujeme přitom vodní páru)



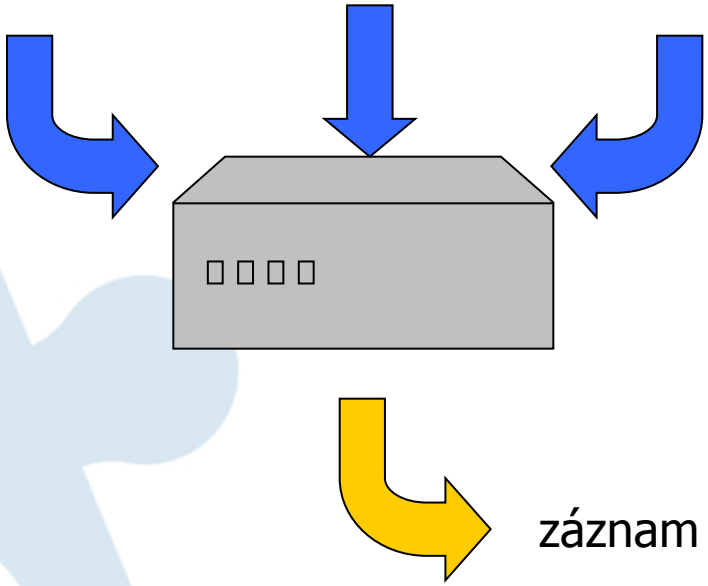
- **Neextraktivní metody:** metody měření *in situ*, tj. bez odběru či zásahu do matrice, čidlo je přímo v místě odběru a je „omýváno“ procházejícím plynem

OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

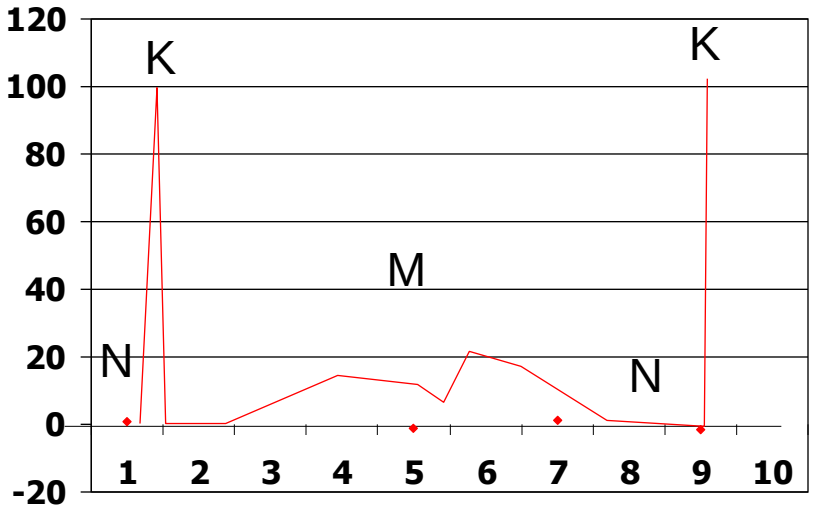
Metody měření plynných složek emisí

- **Analyzátory**

Nulovací plyn Měřený plyn Kontrolní plyn



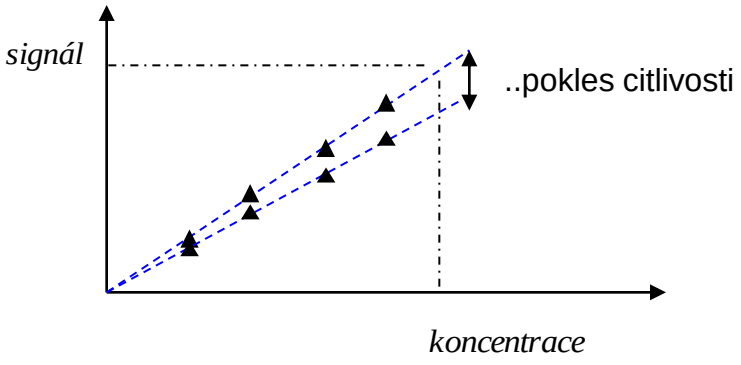
drift, span...dvě veličiny charakterizující vlastnosti analyzátoru – viz obrázek

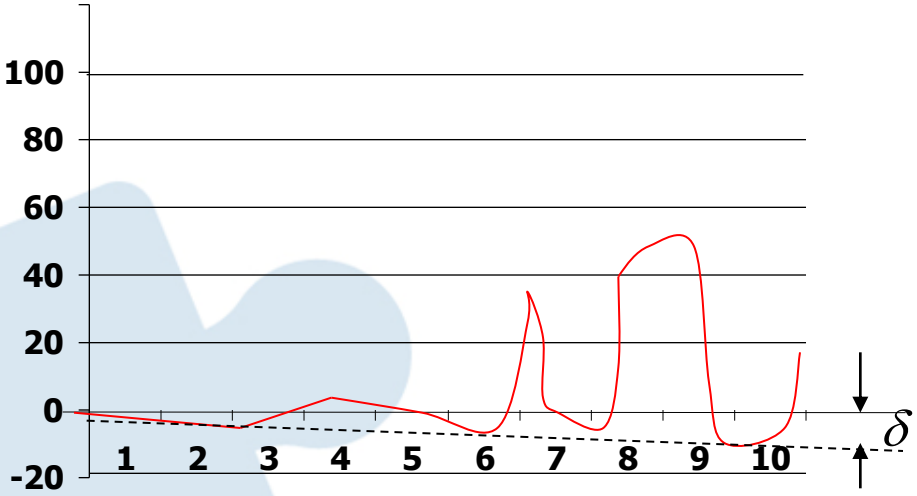


OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

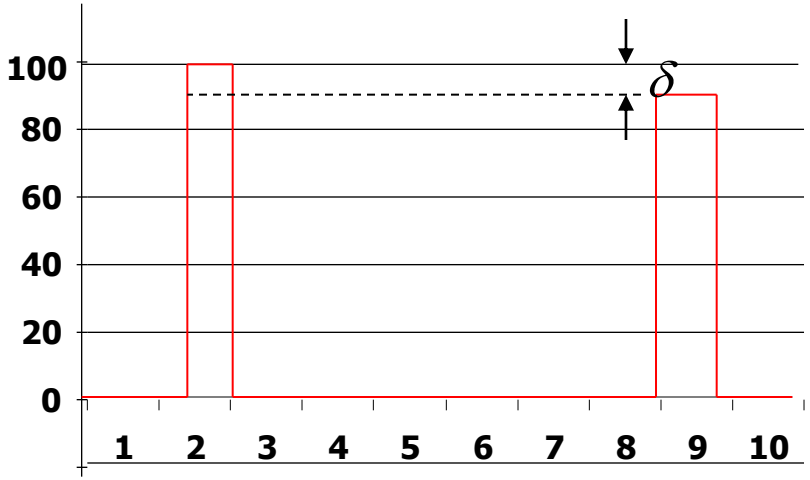
Metody měření plynných složek emisí

veličiny charakterizující vlastnosti analyzátoru





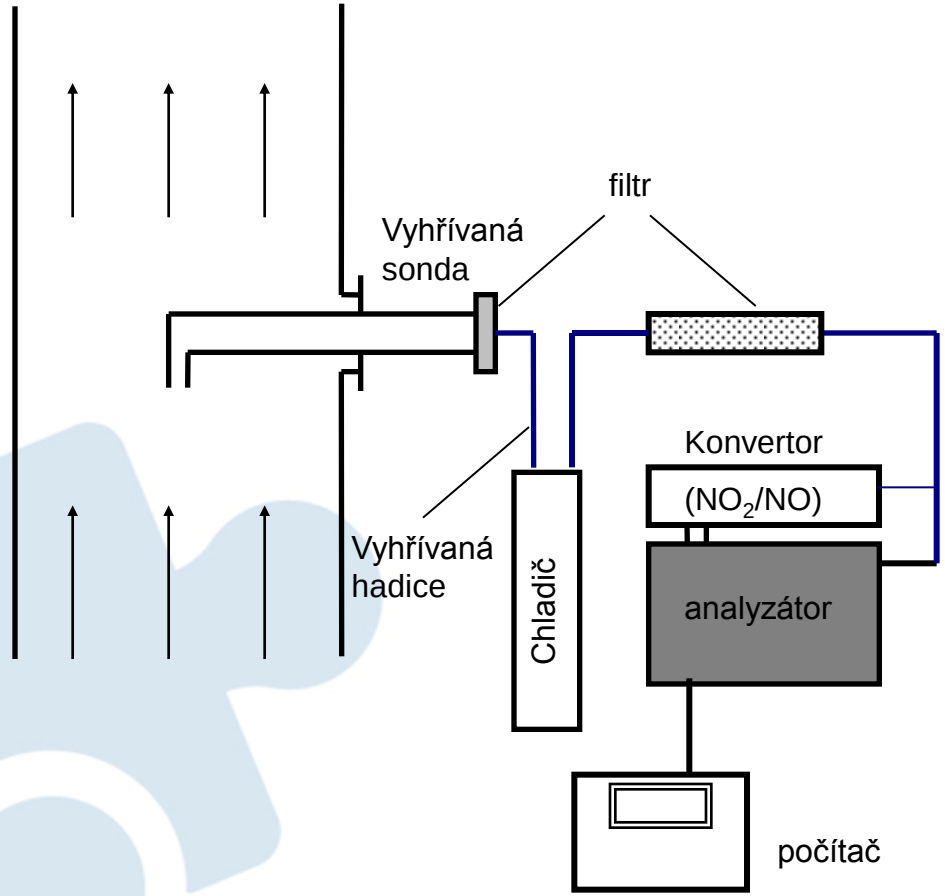
δ ....drift nuly



δ ....drift kalibračního bodu

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření plynných složek emisí

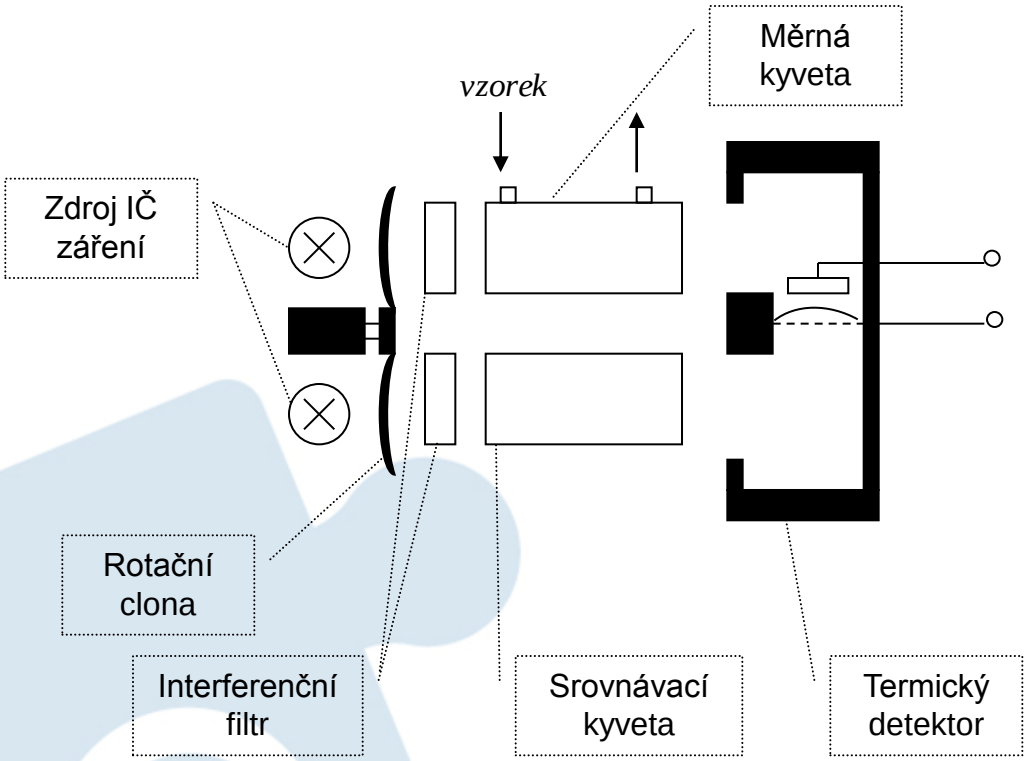


Nedisperzní infračervená absorpce
s cross-flow modulací,
NOX chemiluminiscence,
O2 paramagnetický princip

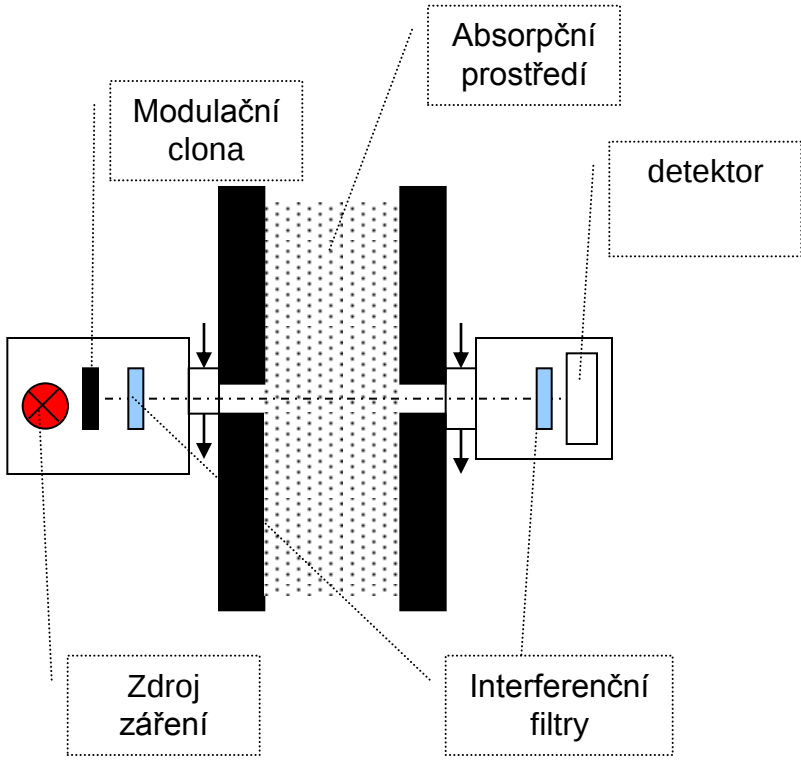
Metody měření plynných složek emisí

stanovení CO, SO_2,NO

- **Schéma NDIR spektrometru**



Extraktivní způsob vzorkování



Neextraktivní způsob vzorkování

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

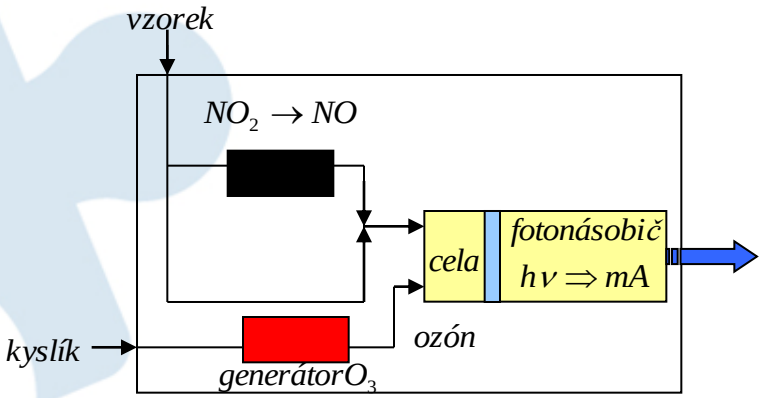
Metody měření plynných složek emisí
NO a NO_2 – referenční metoda (ČSN EN 14792)

- Podstata metody: chemiluminiscenční stanovení založené na reakci oxidu dusného s ozónem:

$$2NO + 2O_3 \rightarrow NO_2 + NO_2^* + 2O_2$$

$$NO_2^* \rightarrow NO_2 + h\nu$$

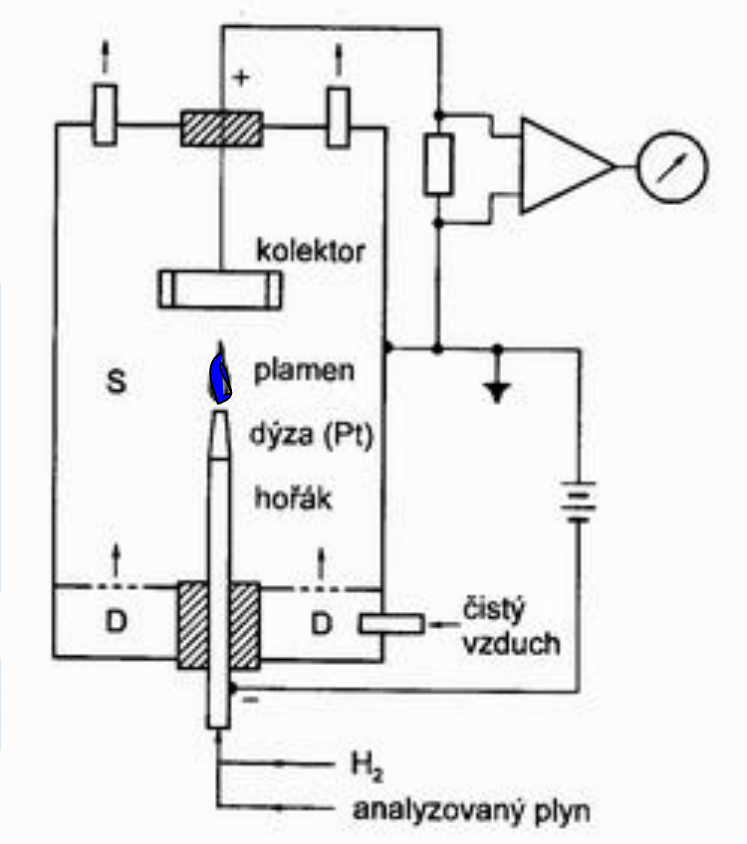
- Duální nebo jednoduché uspořádání chemiluminiscenčního analyzátoru



OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření plynných složek emisí
organický uhlík (ČSN EN 12619,ČSN EN 13526)

- Podstata metody: spalování organických látek v plameni



Princip detekce je používán v plynové chromatografii – plameno-ionizační detektor

Odezva detektoru je závislá na přítomnosti jiných než uhlíkových atomů v molekule, proto by měl být zaveden tzv. odezvový faktor

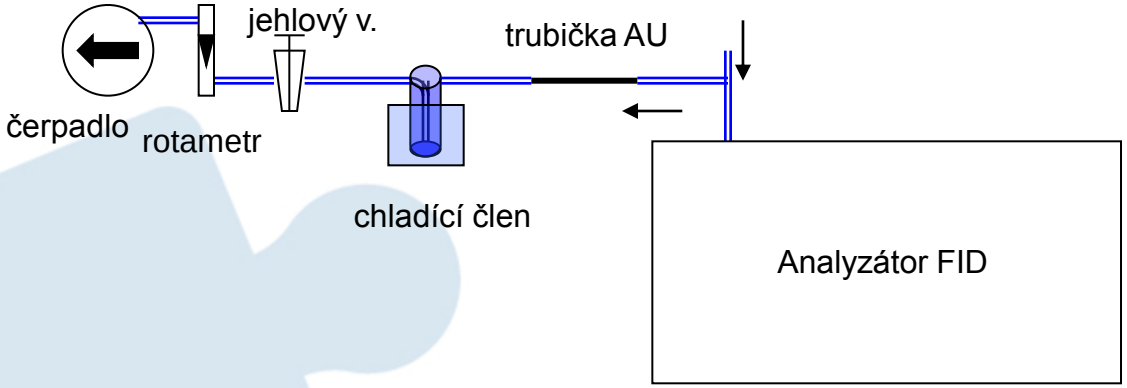
$$f_{l/C3H8} = \frac{S_l / c_l}{S_{C3H8} / c_{C3H8}}$$

látka	Odezvový faktor
Propan	1,00
Methan	1,0-1,3
Ethylbenzen	0,9 -1,1
Kyselina octová	0,5 – 1,2

esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření plynných složek emisí
organické látky (ČSN EN 13649)

- Jednotlivé organické látky se odebírají na sorpční trubici s aktivním uhlím
- Vzorkovací trať je obvykle sestavena tak, aby vzorkování proběhlo těsně před vstupem plynu do analyzátoru uhlíku, například takto:

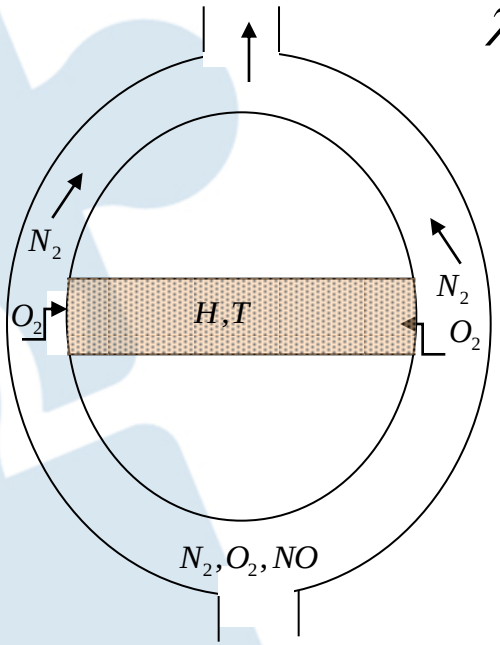


- vlhkost plynu ovlivňuje sorpční i desorpční účinnost AU
- odstraněním vlhkosti může dojít i ke ztrátě analytu – analýza kondenzátu

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření plynných složek emisí
O_2 – paramagnetická metoda (ČSN EN 14789)

- Obsazení elektronového obalu u molekuly kyslíku má za následek jeho chování v magnetickém poli, které v jeho molekule indukuje významný magnetický dipól (tzv. paramagnetismus, kvantitativně popisujeme veličinou - magnetická susceptibilita)
- magnetický dipól způsobuje vtahování molekuly do pole s vyšší intenzitou
- Magnetická susceptibilita je m.j. závislá na teplotě, na této vlastnosti založeno měření koncentrace kyslíku



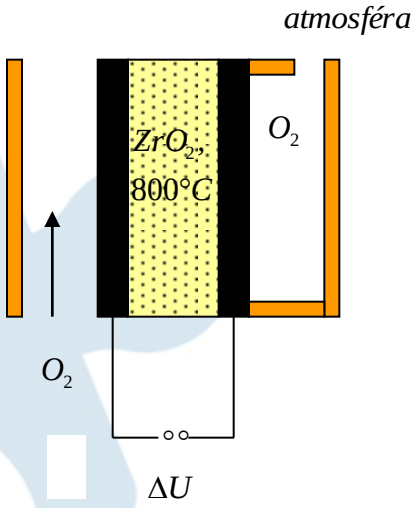
$$\chi = C/T$$

Kyslík je vtahován do nehomogenního magnetického pole obklopujícího tenkostěnnou skleněnou trubici a snižuje tak její teplotu, snížení teploty je kompenzováno v rámci nulové polohy elektrického zapojení Wheatstoneova můstku

OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření plynných složek emisí
O_2 – elektrochemická metoda

- Elektrochemické stanovení kyslíku je založeno na amperometrickém nebo potenciometrickém měření
- V současné době se využívá pouze omezeně vzhledem k rušivým vlivům jiných plynů a nestabilitě zařízení (drift)



$$O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$$

Migrace do ZrO_2 – vznik potenciálu na Pt elektrodách

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření plynných složek emisí
metody stanovení vodní páry (ČSN EN 14790)

Extraktivní způsoby měření

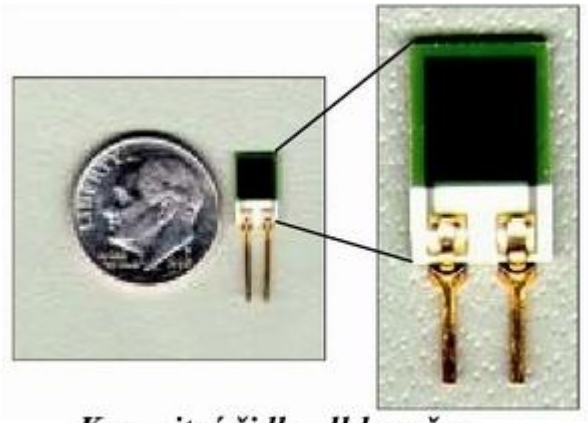
- Kondenzační metoda – dosažení teploty plynu nižší než je jeho rosný bod – využití kondenzačních nádob s vhodným ochlazujícím médiem (například voda+led, elektrická chladnička pracující na principu Peltierova článku nebo kompresorovém či absorpčním) – zjištěný obsah vodní páry stanoven odměřováním objemu
- Absorpční metoda – kolona naplněná vhodným sorbentem zachycujícím vodní páru (molekulové síto, silikagel). Obsah vodní páry lze stanovit vážením

Neextraktivní způsoby – měření on line

- Psychrometrická metoda
- Kapacitní metody (ČSN EN 14790)

Většinou omezení do 100^{o}C

psychrometr



Kapacitní čidlo vlhkoměru

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

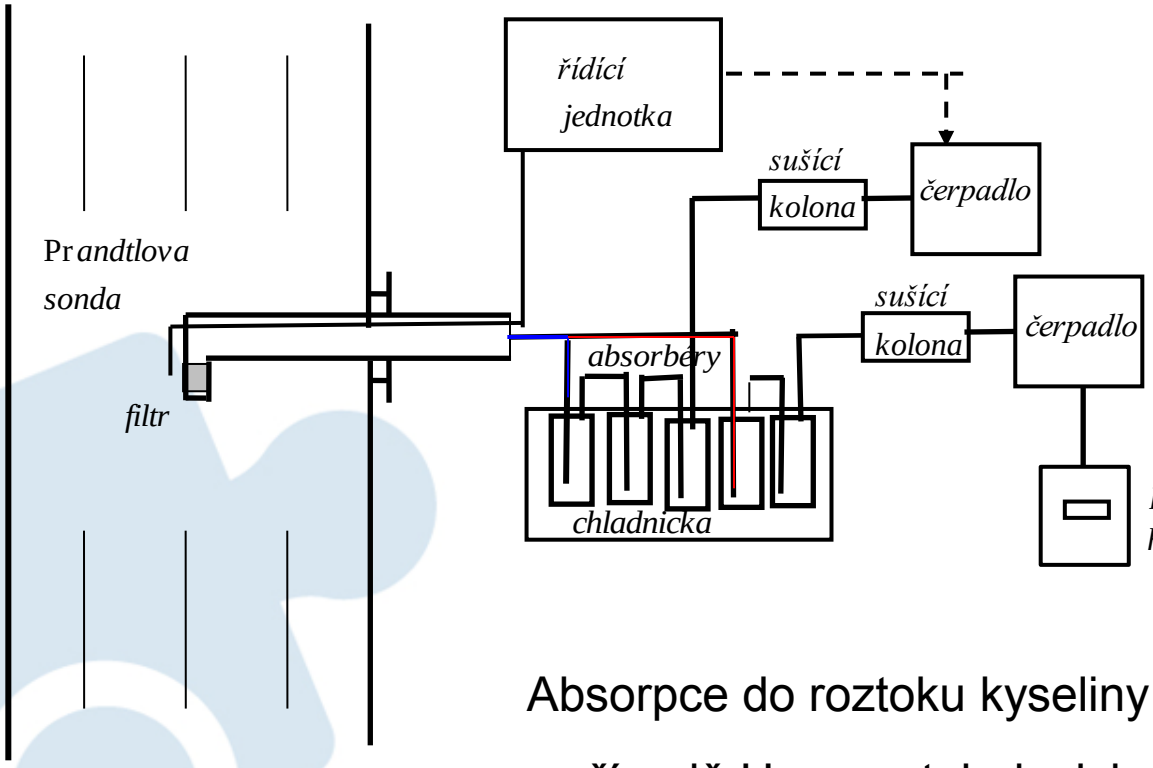
Metody měření plynných složek emisí
manuální metody stanovení

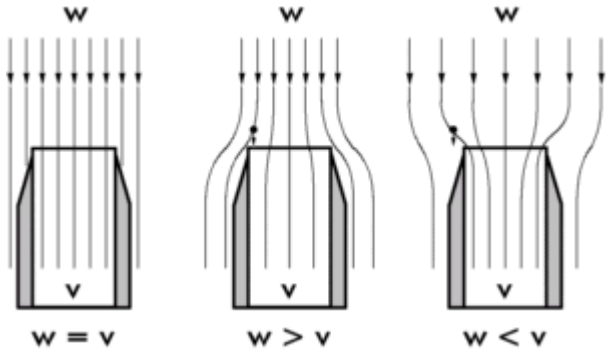
- Oxid siřičitý (ČSN EN 14791) absorpce do roztoku peroxidu vodíku a převedení na síran. Následuje stanovení síranu metodou iontové chromatografie nebo spektrofotometrie, popř. titrace chloristanem barnatým. Referenční metoda!
- Chlorovodík (ČSN EN 1911) – absorpce do destilované vody a následné stanovení chloridů (titračně, spektrofotometricky, iontovou chromatografií)
- Fluorovodík (ČSN 834752) – absorpce do roztoku hydroxidu sodného a po event. oddestilování plynného SiF_4 stanovení fluoridů iontovou selektivní elektrodou, popř. iontovou chromatografií nebo spektrofotometricky
- Amoniak (ČSN 834728) – absorpce do roztoku kyseliny sírové a převedení na amonný ion NH_4^+, následuje oddestilování a fotometrické či titrační stanovení
- Sulfan (ČSN 834712) – absorpce do roztoku síranu stříbrného – sraženina Ag_2S, následuje uvolnění a absorpce, pak fotometrie nebo titarční stanovení

esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření plynných a aerosolových složek emisí - kovy

(ČSN EN 14385,ČSN EN 13211)





Isokinetický odběr

Absorpce do roztoku kyseliny dusičné a peroxidu vodíku v případě Hg – roztok dvojchromanu a kyseliny dusičné dělení toku na dvě větve!

OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření aerosolových složek emisí – TZL (ČSN EN 13284-1)

- isokinetické vzorkování – odběr vzorku plynu, kdy vzorkovaný plyn je odsáván shodnou rychlostí, jako je jeho rychlost v potrubí
- hmotnostní koncentrace TZL je určena z rozdílu hmotností stanovených vážením suchého filtru a filtrem prošlého objemu plynu vztaženého na referenční podmínky

Vzorkovací zařízení se skládá

- z hubice sondy (různé průměry podle rychlosti)
- sestavy filtru: pouzdra, nosiče filtru a filtru, interní nebo externí umístění, temperace nad rosný bod
- filtry – sklovláknité s garantovanou stálostí, popř. křemenné (kovy, fluoridy)
- propojovací hadice – vytápěné
- čerpadlo – řízené frekvenčním měničem z řídící jednotky – pokud jde o automatizovaně řízený odběr, popř. manuálně pak škrtícím ventilem

esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření aerosolových složek emisí – TZL (ČSN EN 13284-1)

Výpočet koncentrace TZL $c_m = \frac{m_1 - m_0}{V}$

m_1..hmotnost exponovaného filtru, m_0..hmotnost čistého filtru

V..objem odsátého plynu

- tři typy uvažovaných objemů plynu

  objem suchého plynu,

  objem vlhkého plynu za normálních podmínek

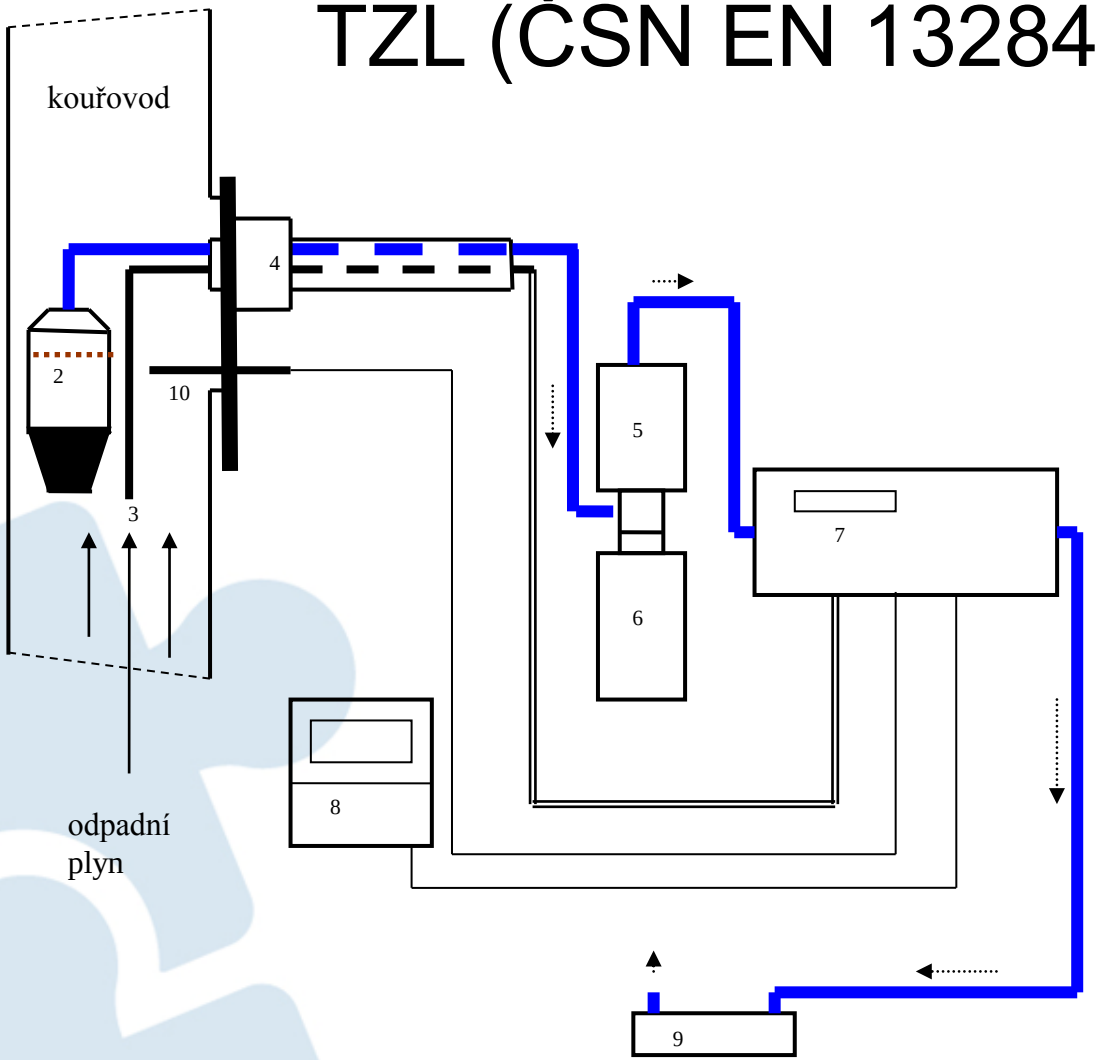
  objem vlhkého plynu za podmínek v potrubí

- koncentrace suchého plynu za normálních podmínek přepočtené na referenční obsah kyslíku $c_{N,s,O2} = c_{N,s} \times \frac{21 - O_{2,ref.}}{21 - O_2}$
- výpočet hmotnostního toku $\dot{m}$ $\dot{m} = c_m \times \dot{V}$
- výpočet výrobní emise E $E = \frac{\dot{m}}{VP}$

  VP ..vztažný výrobní parametr

esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření aerosolových složek emisí – TZL (ČSN EN 13284-1)



2. Držák filtru
3. Sonda na měření rychlosti
5, 6 Sušící věž
7. Měřící a vyhodnocovací jednotka
8. Počítač
9. Čerpadlo
10. Sonda pro měření teploty

OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

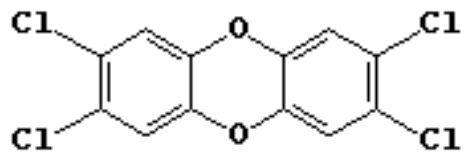
Metody měření aerosolových složek emisí (PCDDs/PCDFs, event. PAU, PCB, ČSN EN 1948)

- polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD) a dibenzofurany (PCDF) jsou v odpadních plynech rozděleny mezi všechny přítomné fáze, totéž platí i pro polyaromatické uhlovodíky (PAU) i polychlorované bifenyly (PCB)
- jsou tedy přítomné na částicích, ale podle teploty a tlaku mohou být přítomné i v plynné či kapalné fázi
- odběr je tedy nutné provést isokineticky a přitom velmi účinně s ohledem na nízké koncentrace, které sledujeme
- součástí vzorkovací tratě je filtr, kondenzor, kapalný nebo tuhý sorbent
- nejvíce jsou používány dvě vzorkovací metody – metoda filtračně-kondenzační a metoda ředící
- principem filtračně kondenzační metody je odstranění tuhých částic na filtru, zachycení podílu, který zchlazením kondenzuje v kondenzační nádobě a absorpce v kapalném médiu u plynné složky
- princip ředící metody je zchlazení provedeno přivedeným vyčištěným vzduchem, následuje filtrace a záchyt na sorbentu (PUF)

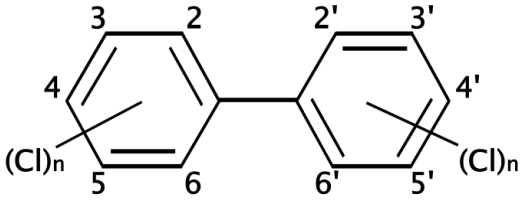
esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření aerosolových složek emisí
(PCDDs/PCDFs, event. PAU, PCB, ČSN EN 1948)

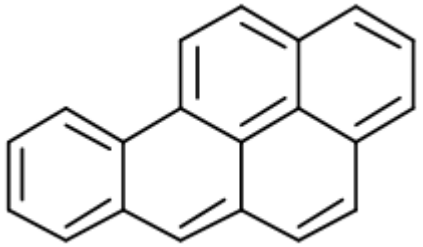
- V životním prostředí se PCDD/PCDF vyskytují v komplexních směsích, jednotlivé kongenery mají přitom různou toxicitu, proto je nutné odhadnout toxicitu takových směsí
- Pro tento účel byl stanoven mezinárodní faktor ekvivalentu toxicity (I-TEF) pro porovnání toxických účinků jednotlivých kongenerů vztažený k toxicitě 2,3,7,8-TCDD, který je považován za nejtoxičtější
- Součin hmotnostní koncentrace jednotlivých PCDD a PCDF a příslušných hodnot I-TEF dává hodnotu ekvivalentu toxicity 2,3,7,8-TCDD (I-TEQ)
- totéž platí pro stanovení dioxinům podobných PCB (viz ČSN P CEN/TS 1948-4)



2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin



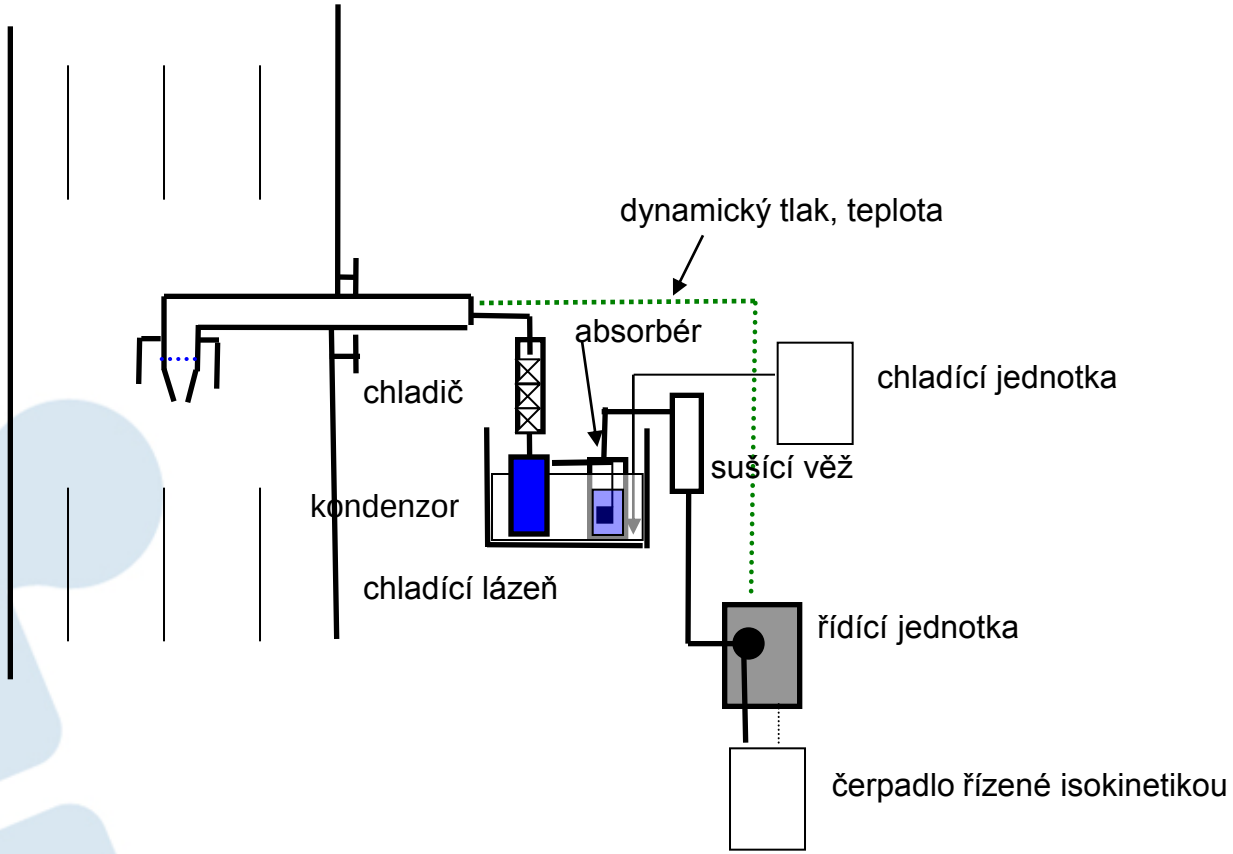
PCB - obecně


PAU: Benzo(a)pyren

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

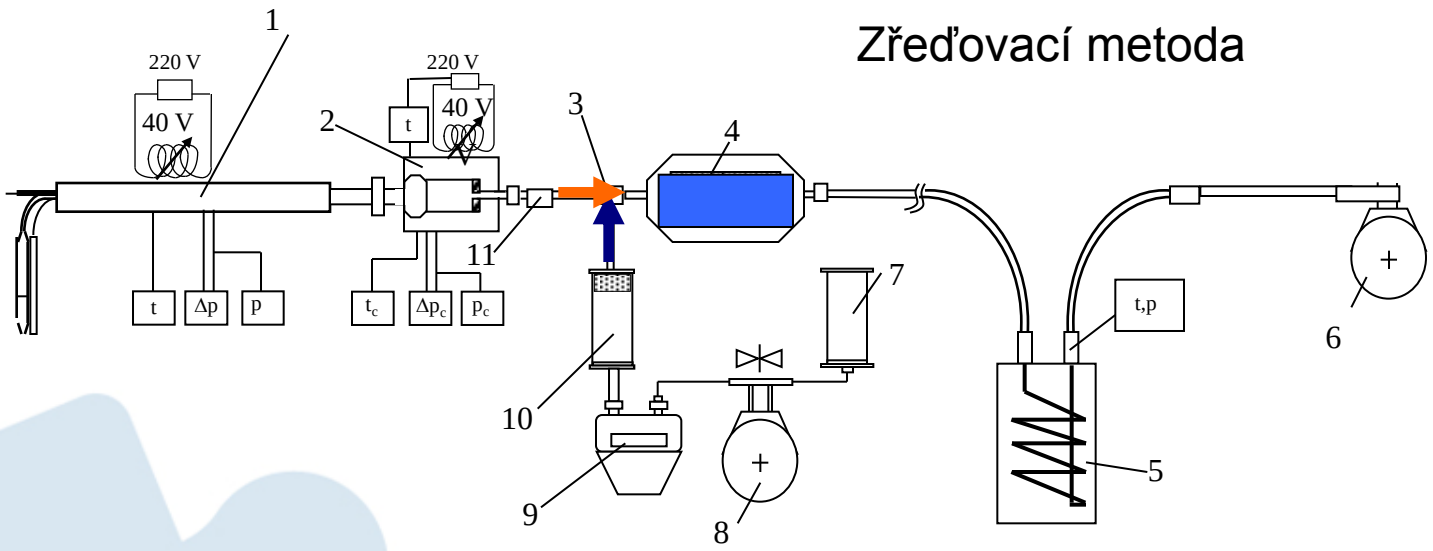
Metody měření aerosolových složek emisí
(PCDDs/PCDFs, event. PAU, PCB, ČSN EN 1948)

filtračně kondenzační způsob odběru vzorku



OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření aerosolových složek emisí
(PCDDs/PCDFs, event. PAU, PCB, ČSN EN 1948)



1 Vytápěná kombinovaná sonda s Prantlovou trubicí

2 Vytápěný zachycovač – měření objemu vzorku

3 Směšovací a ředicí T-kus

4 Zachycovač POP s dvoustupňovým PUF filtrem

5 chladič

6 Zdroj sání

7 Sušicí věž

8 Suchá lamelová vývěva

9 Kontrolní suchý plynoměr

10 Lože s aktivním uhlím a PUF filtrem

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Metody měření aerosolových složek emisí (PCDDs/PCDFs, event. PAU, PCB, ČSN EN 1948)

Zásady při vzorkování

- vysoké nároky na materiál vzorkovací trati (titan, sklo, event. teflon)
- vysoké nároky na čistotu
- kontrola těsnosti před vzorkováním
- požadavek na výsledek slepého pokus – maximálně 10% emisního limitu(vyjádřeného v I-TEQ)
- pro ověření účinnosti záchytu je na začátek tratě nanesen kongener značený uhlíkem $^{13}C_{12,}$ výtěžnost musí být vyšší než 50%
- maximální doba vzorkování 8 hodin minimální 6 hodin, doporučený průtok 5-50 m^3/h
- výplach z vzorkovací trati se přidá k odebraným vzorkům
- transport do smluvní laboratoře za chladu a za nepřístupu světla v utěsněných kontejnerech

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Stanovení pachových látek dynamickou olfaktometrií (ČSN EN 13725 : 2003)

- evropská pachová jednotka OUE - takové množství pachových látek, které při odpaření do 1 krychlového metru neutrálního plynu za standardních podmínek vyvolá fyziologickou reakci komise posuzovatelů shodnou s reakcí vyvolanou evropskou referenční hmotností pachové látky odpařenou do 1 krychlového metru neutrálního plynu za standardních podmínek
- 1 EROM - roven 123 µg n-butanolu (CAS 71 36 3), odpařen do 1 krychlového metru neutrálního plynu vytvoří molární zlomek 0,040 µmol/mol. Je to taková hmotnost látky, která vyvolá fyziologickou odezvu D50 vyhodnocenou komisí posuzovatelů a definičně vytvoří koncentraci 1 OUE /m3
- Odběr vzorku - Odběr plynných vzorků je proveden do vaků ze schváleného materiálu umístěného ve vzorkovnici, z níž je pomocí vývěvy odčerpán vzduch. Podtlak způsobí nasátí vzduchu do vaku umístěného ve vzorkovnici.

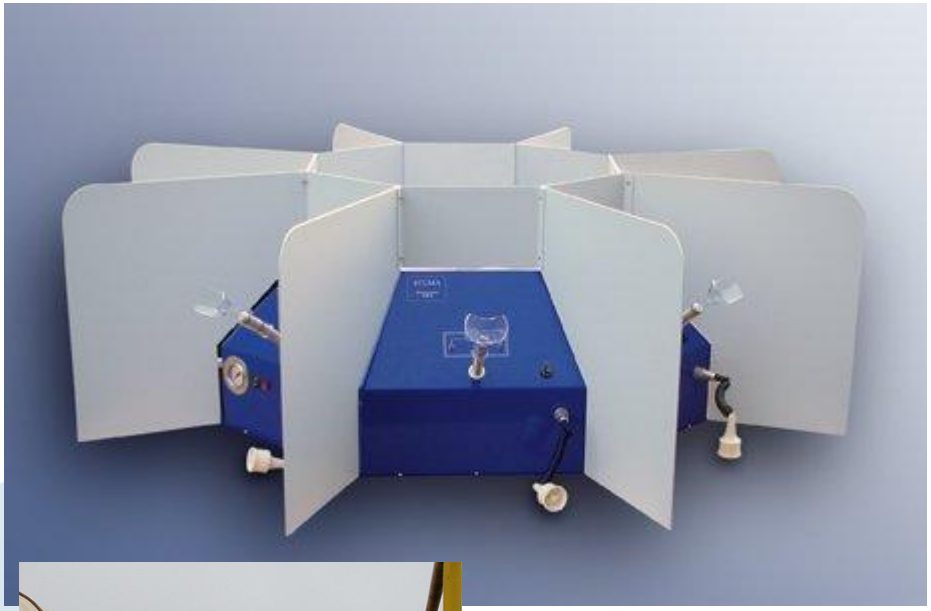
esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Stanovení pachových látek dynamickou olfaktometrií (ČSN EN 13725 : 2003)

- Stanovení koncentrace pachových látek - spočívá v podání vzorků komisi předem vybraných a ověřených posuzovatelů a senzorickým vyhodnocením vzorků s měnící se koncentrací pachové látky ve vzorku uskutečněné postupným ředěním vzorku neutrálním plynem a přiváděným ze vzorkovnic do výstupních portů olfaktometru pro jednotlivé posuzovatele.
- Koncentrace pachových látek v plynném vzorku se stanoví podáním postupně ředěného vzorku komisi vybraných a ověřených lidských subjektů tak, aby byl zjištěn zřeďovací poměr, kdy 50% členů komise cítí prahovou koncentraci. Při tomto zřeďovacím poměru je definičně koncentrace pachových látek rovna 1OUE / m^3.
- Zřeďovací faktor při prahové koncentraci detekce pachu komise se vypočte jako geometrický průměr individuálních odhadů prahové koncentrace pachu platných členů komise. Koncentrace pachových látek ve sledovaném vzorku je rovna číselné hodnotě tohoto zřeďovacího faktoru a je vyjádřena jako násobek jedné evropské pachové jednotky

esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Stanovení pachových látek dynamickou olfaktometrií – olfaktometr



Olfaktometr TO8-8

Členům panelu je podávána sekvence vzorku ředěného neutrálním plynem v měnících se (vzrůstajících nebo náhodně podaných) poměrech. Při prvním zachycení pachového vjemu člen panelu stiskne tlačítko „yes, it smells“ – je dosaženo individuální prahové koncentrace detekce pachové látky. Po minimálně třech kolech, kdy alespoň 4 členové panelu potvrdí detekci pachu, je možno vypočítat prahovou koncentraci detekce pachových látek, která je geometrickým průměrem individuálních prahových koncentrací detekce členů panelu. Je to zřeďovací poměr, při němž dojde za podmínek zkoušky s pravděpodobností 0,5 k detekci pachu.

esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Některé důležité výpočtové postupy v emisích

Koncentrace PZL je měřena analyzátory jako objemový zlomek (ppm). Výsledek měření koncentrace se udává v jednotkách $mg.m^{-3}$ při vztažených stavových podmínkách daných legislativou (zpravidla se jedná o koncentraci v suchém plynu při normálních podmínkách, tj. tlaku 101,325 kPa a teplotě 273 K.
Pro přepočet se použijí koeficienty stanovené pro reálné plyny při normálních stavových podmínkách (tlak 101,325 kPa, teplota 273 K). Přepočet provádíme podle vztahu:

Hodnoty f jsou uvedeny v následující tabulce:

plyn	**Přepočtový faktor f**
SO2	2,858
NOx (jako NO2)	2,05
NO	1,338
CO	1,25
propan	1,963 (na propan)
propan	1,606 (na uhlík)
methan	0,7138

$$\rho_N\,(mg.m^{-3}) = \frac{Mv}{22{,}41383} \times \rho_{ppm} = f \times \rho_{ppm}$$

Pro koncentraci TOC v suchém vzorku za normálních podmínek:

$$\rho_n\,(mgC.m^{-3}) = \rho_{ppmpropanu} \times \frac{3 \times Mv_c}{22{,}41383} = \rho_{ppmpropanu} \times 1{,}606$$

M_{vc} molární hmotnost uhlíku (12 g/mol)

Některé důležité přepočty jednotek:

1 atm = 760 torr = 101325 Pa= 1,01325 bar

1 mm H2O = 9,80639 Pa, 1 torr = 1 mmHg

esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST www.esfcr.cz

Některé důležité výpočtové postupy v emisích

***Rychlost plynu v potrubí**:*

kde v je rychlost plynu v potrubí [m/s]
p_d je dynamický tlak v potrubí [Pa]
ρ měrná hmotnost plynu v potrubí [kg/m^3]

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot p_d}{\rho}}$$

***Objemový tok plynu**:*

$$q = v \cdot S \cdot 3600$$

kde v je rychlost plynu v potrubí [m/s]
S je průřez potrubí [m^2]

***Objemový tok plynu za normálních podmínek**:*

kde q je objemový tok plynu [m^3/h]
p_a je atmosféricý tlak [Pa]
p_s je statický tlak v potrubí [Pa]
t_p je teplota plynu v potrubí [°C]

$$q_N = q \cdot \frac{273{,}15}{273{,}15 + t_p} \cdot \frac{p_a + p_s}{101325}$$

esf evropský sociální fond v ČR EVROPSKÁ UNIE
OPERAČNÍ PROGRAM LIDSKÉ ZDROJE A ZAMĚSTNANOST
PODPORUJEME VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz