

## Fluor a anorganické sloučeniny (jako HF)

další názvy	fluor, fluorovodík, kyselina fluorovodíková
číslo CAS*	7782-41-4 (fluor) 7664-39-3 (fluorovodík)
chemický vzorec*	F <sub>2</sub> (fluor) HF (fluorovodík)
<b>ohlašovací práh pro emise a přenosy</b>	
do ovzduší (kg/rok)	5000
do vody (kg/rok)	-
do půdy (kg/rok)	-
ohlašovací práh mimo provozovnu (kg/rok)	-
rizikové složky životního prostředí	ovzduší
<b>věty R*</b>	
R7 (fluor)	Může způsobit požár.
R26 (fluor)	Vysoce toxický při vdechování
R26/27/28 (fluorovodík)	Vysoce toxický při vdechování, styku s kůží a při požití
R35 (fluor; fluorovodík)	Způsobuje těžké poleptání.
<b>věty S*</b>	
S1/2 (fluor; fluorovodík)	Uchovávejte uzamčené a mimo dosah dětí.
S7/9 (fluorovodík)	Uchovávejte obal těsně uzavřený, na dobře větraném místě.
S9 (fluor)	Uchovávejte obal na dobře větraném místě.
S26 (fluor; fluorovodík)	Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc.
S36/37 (fluor; fluorovodík)	Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít.
S45 (fluor; fluorovodík)	V případě nehody, nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).

\*- Jedná se širokou skupinu možných látek. Pro uvedení čísel CAS, chemických vzorců a R a S vět byli zvoleni dva zástupci (fluor a fluorovodík) jakožto plynné látky.

### Základní charakteristika

Fluor je lehce nažloutlý plyn s pronikavým zápachem podobným chloru. Je to velice reaktivní prvek, reaguje velmi prudce s mnohými materiály a látkami za vzniku fluoridů nebo fluorovodíku. Jeho teplota varu je  $-188^{\circ}\text{C}$ , tání  $-223^{\circ}\text{C}$  a hustota  $1,32 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  oproti  $1,26 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  vzduchu (má tedy srovnatelnou hustotu jako vzduch). Při styku s vodou či vzdušnou vlhkostí reaguje za vzniku fluorovodíku. Fluorovodík je za normálních podmínek bezbarvý, nehořlavý, vysoce toxický a dráždivý plyn. Jeho teplota varu je  $19,5^{\circ}\text{C}$  a tání  $-83^{\circ}\text{C}$ . Obvykle se ovšem vyskytuje jako vodný roztok (tj. kyselina fluorovodíková). Kyselina fluorovodíková rozpouští sklo a napadá mnohé kovy (za uvolňování hořlavého vodíku), minerály a organické látky. Roztoky fluorovodíkové kyseliny se uchovávají

v nádobách z umělé hmoty. Fluorovodík je velmi reaktivní, nepřetrvává dlouho ve volném prostředí a rychle se mění na fluoridy.

### Použití

Fluor je využíván v mnoha průmyslových procesech, například při výrobě teflonu. Dále se využívá při syntéze fluorovaných uhlovodíků.

Fluorovodík se využívá v mnoha aplikacích od **čištění a leptání skla, výrobu polovodičových součástek, výroby keramiky, elektropokovování** až po složité chemické procesy, kde vystupuje jako meziprodukt. Dále je využíván například při výrobě **zubních protéz**. Z průmyslových aplikací můžeme ještě zmínit například **produkci fluoridu hlinitého a syntetického kryolitu**. Dále je používán **při čištění uranu** pro používání jako paliva v jaderných elektrárnách a **při výrobě nerezové oceli**.

### Zdroje emisí

Vzhledem k extrémně vysoké reaktivnosti fluoru pravděpodobně neexistují žádné jeho významnější **neantropogenní** zdroje. Jistá málo významná množství fluorovodíku se mohou uvolňovat v rámci vulkanické činnosti.

Již bylo zmíněno, že jak fluor samotný, tak fluorovodík jsou v průmyslu hojně využívané látky. To také vede k jejich možným únikům do životního prostředí. **Mezi antropogenní zdroje emisí můžeme zařadit zejména:**

- **vysokoteplotní procesy** (spalování uhlí, tavení hliníku, výroba fosforečných hnojiv, skla, cihel a dlaždic);
- využití ve sklárnách a metalurgii;
- výroba teflonu a fluorovaných uhlovodíků;
- uvolňování při vystavení organických sloučenin fluoru ohni nebo žáru (fluorované uhlovodíky, fluorované polymery);
- vyluhování ze skládek odpadů či elektrárenských popílků.

### Dopady na životní prostředí

Unikne-li fluor lokálně do ovzduší, může **akutně popálit živé organismy** přítomné v místě úniku. Velmi rychle **reaguje se vzdušnou vlhkostí na fluorovodík, rovněž velice agresivní a korozivní látku**. Deštěm je splachován na zemský povrch a zde se neutralizuje za vzniku anorganických solí fluoru. Fluoridy jsou **vůči živým organismům toxické**. Fluor se silně váže s vápníkem a hořčíkem a zamezuje těmto základním živinám vykonávat jejich biochemické funkce. To je základem toxicity anorganických fluoridů. Nepředpokládá se, že by tyto látky vykazovaly nějaké významnější globální dopady na životní prostředí.

### Dopady na zdraví člověka, rizika

Fluor je velice nebezpečný a agresivní plyn. Jeho výhodou je ale jeho silný zápach, který je člověku patrný již při velmi nízkých koncentracích fluoru (kolem  $55 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). To umožňuje být varován před blížícím se nebezpečím a kontaminovaný prostor urychleně opustit. Fluor a fluorovodík mohou být do organismu především vdechnuty. Kontakt s těmito látkami (zejména s fluorem) způsobuje **popálení očí a kůže s nevratným poškozením**. Vdechování způsobuje **podráždění nosu a dýchacích cest, podráždění plic, dušnost a edém plic**. Opakované expozice způsobují **krvácení z nosu, nevolnost, zvracení a ztrátu chuti k jídlu**. Existuje také **riziko poškození jater a ledvin**.

V České republice platí pro koncentrace fluoru a fluorovodíku následující limity v ovzduší pracovišť:

pro fluor: PEL – 1,5 mg.m<sup>-3</sup>, NPK - P – 3 mg.m<sup>-3</sup>;

pro fluorovodík: PEL – 1,5 mg.m<sup>-3</sup>, NPK - P – 2,5 mg.m<sup>-3</sup>.

### **Celkové zhodnocení nebezpečnosti z hlediska životního prostředí**

Fluor a jeho anorganické sloučeniny jsou velmi reaktivní a korozivní látky. Při jejich úniku do životního prostředí **mohou způsobit akutní poškození živých organismů, rostlin a mnohých materiálů**. Vzhledem k jejich vysoké reaktivitě ale v životním prostředí nesetrvávají po dlouhou dobu, a proto jejich dlouhodobý globální negativní dopad není významný.

### **Důvody zařazení do registru**

- nařízení o E-PRTR
- rozhodnutí o EPER
- vyhláška č. 356/2002 Sb. (příloha č. 1)
- vyhláška č. 232/2004 Sb. (příloha č. 1)

### **Způsoby zjišťování a měření**

Fluor je velmi výrazně zapáchající látka, proto k prvnímu určení jeho úniku může posloužit čich (štiplavý zápach). Hrubou představu o únicích fluoru či fluorovodíku, například v průmyslových procesech, je možné učinit ze spotřeby chemikálií či bilance procesu (vstup x výstup).

Stanovení obsahu fluoru a fluorovodíku obvykle předchází kombinace postupů, jejichž výsledkem je získání vodného roztoku fluoridů vhodných vlastností. Takto získaný vzorek je pak podroben řadě úprav, které umožní zvýšení citlivosti následné analýzy. Analytickou koncovkou je odměrné stanovení pomocí dusičnanu thoričitého ve vodném prostředí nebo spektrofotometrické stanovení. Využívá se také potenciometrické stanovení s iontově selektivní elektrodou. Stanovení koncentrace fluorovodíku a fluoru mohou zajistit komerční laboratoře nebo specializovaná pracoviště.

**Bude-li z průmyslového podniku unikat vzduch kontaminovaný fluorem v koncentraci například 10 mg.m<sup>-3</sup>, bude ohlašovací práh 5000 kg představovat půl miliardy m<sup>3</sup> takto kontaminovaného vzduchu (při stejné teplotě a tlaku jako byl uveden koncentrační údaj).**

### **Další informace, zajímavosti**

Ve výše uvedeném textu již bylo uvedeno, že fluor, potažmo kyselina fluorovodíková, při kontaktu s tkání způsobuje velmi závažná popálení. Jak tyto popáleniny vypadají, je možno vidět na Obr. 1. Poškození tkáně je dlouhodobé a velice pomalu se hojí. Dokonce nelze vyloučit ani trvalé poškození vzhledu či struktury pokožky.



Obr. 1. Akutní popáleniny fluorovodíkem

### **Informační zdroje**

- Hydrochemie, Pavel Pitter, Vydavatelství VŠCHT, Praha 1999
- Analýza ovzduší, Skácel, Tekáč, Praha 2002
- EPA: Pollutants and Toxics, <http://cfpub1.epa.gov/>
- Encyklopedie Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorine>
- Encyklopedie Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrofluoric\\_acid](http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrofluoric_acid)
- Environmental Agency, <http://www.environment-agency.gov.uk/>
- Hazardous Substance Fact Sheet, New Jersey Department of Health and Senior Services, <http://www.state.nj.us/health/eoh/rtkweb/rtkhsfs.htm>
- Scorecard, The Pollution Information Site, <http://www.scorecard.org/chemical-profiles/index.tcl>
- Acron University Database, <http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/chemicals/7/6573.html>
- Ekotoxikologická databáze, <http://www.piskac.cz/ETD/>
- Databáze Eurochem, <http://www.eurochem.cz>