

Fyzikální modelování v aerodynamických tunelech: Od bezpečnostního výzkumu k záchraně ekosystémů

*Laboratoř Modelování fyzikálních a chemických procesů v atmosféře,
Akademie věd*

Hana Chaloupecká

Katedra Geoinformatiky, Fakulta životního prostředí, UJEP

Ústav termomechaniky, Akademie věd ČR

Obsah

- Motivace
- Fyzikální modelování
- Velký aerodynamický tunel v Novém Kníně
- Malý aerodynamický tunel v Praze
 - aktuálně řešená problematika

Motivace

BEZPEČNOSTNÍ VÝZKUM

3. PROSINEC 1984

Únik plynu methyloxykarbonylu (MIC) v Union Carbide, Bhopal, Indie

VÍCE NEŽ 25 000 MRTVÝCH

***ÚNIK
NITRÓZNÍHO
PLYNU***



**20.8.2012
&
21.8.2012**

Motivace

ZÁCHRANA EKOSYSTÉMŮ

Včely a další opylovači zajišťují přibližně 75 % celosvětové zemědělské produkce. Jejich úbytek přímo ohrožuje dostupnost potravin.

Včely jsou klíčovými opylovači, ale jejich schopnost najít zdroje potravy je ohrožena znečištěním ovzduší, klimatickou změnou a dalšími environmentálními stresory.



Rostliny lákají opylovače pomocí chemických pachových signálů (VOC - těkavé organické látky), které se mohou šířit až stovky metrů od zdrojů a být rozpoznatelné při stopových koncentracích v řádech ppb (particles per billion).

Problém: Znečištění ovzduší (např. ozon, výfukové plyny) a tepelný stres mohou tyto signály chemicky měnit nebo ničit.



Možnosti studia dané problematiky

Možnosti studia

Měření v realitě

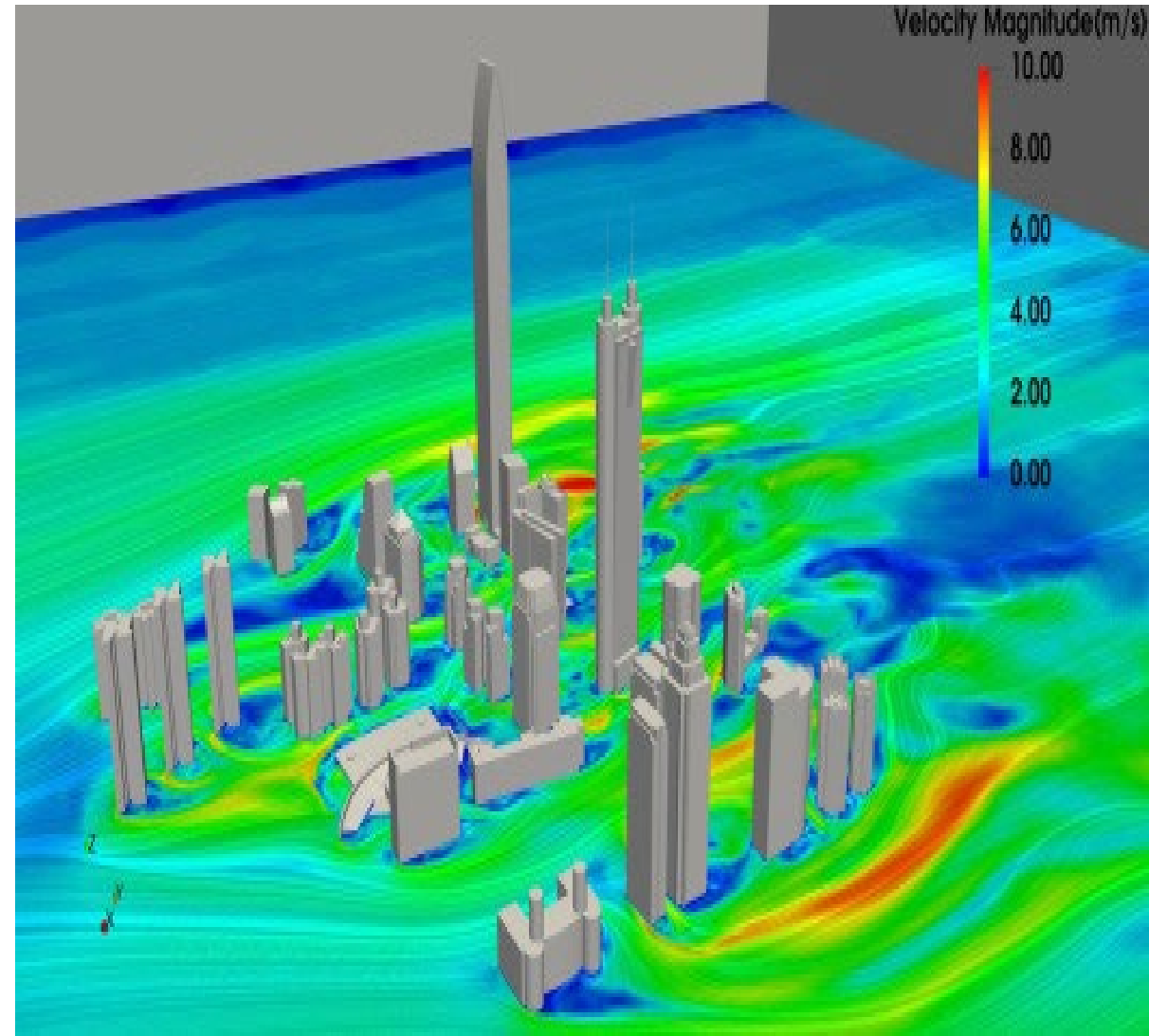
- Jistota reálnosti dějů bez zjednodušujících předpokladů
- Finančně nákladné
- Nestálost okolních podmínek (např. směr a velikost větru)
- Nutnost v případě simulací znečišťujících/toxických látek využívat inertních ekologicky nezávadných stopovacích látek (např. cyklické perfluorokarbonové tracery)



Možnosti studia

Matematické modelování

- Možnost simulací velkého počtu scénářů simulací (např. různé směry větru)
- Možnost simulovat nebezpečné události (únik toxických látek, požár), které nelze bezpečně testovat v reálném světě
- Nutnost verifikace modelu (ověření správnosti užití matematického aparátu) a validace modelu (porovnání výsledků s měřeními v realitě nebo simulacemi v aerodynamickém tunelu)
- Nutnost užití zjednodušujících předpokladů pro náročné úlohy, jako je např. proudění ve městech či proudění kolem křídla letadla v reálných letových podmínkách



Možnosti studia

Fyzikální modelování

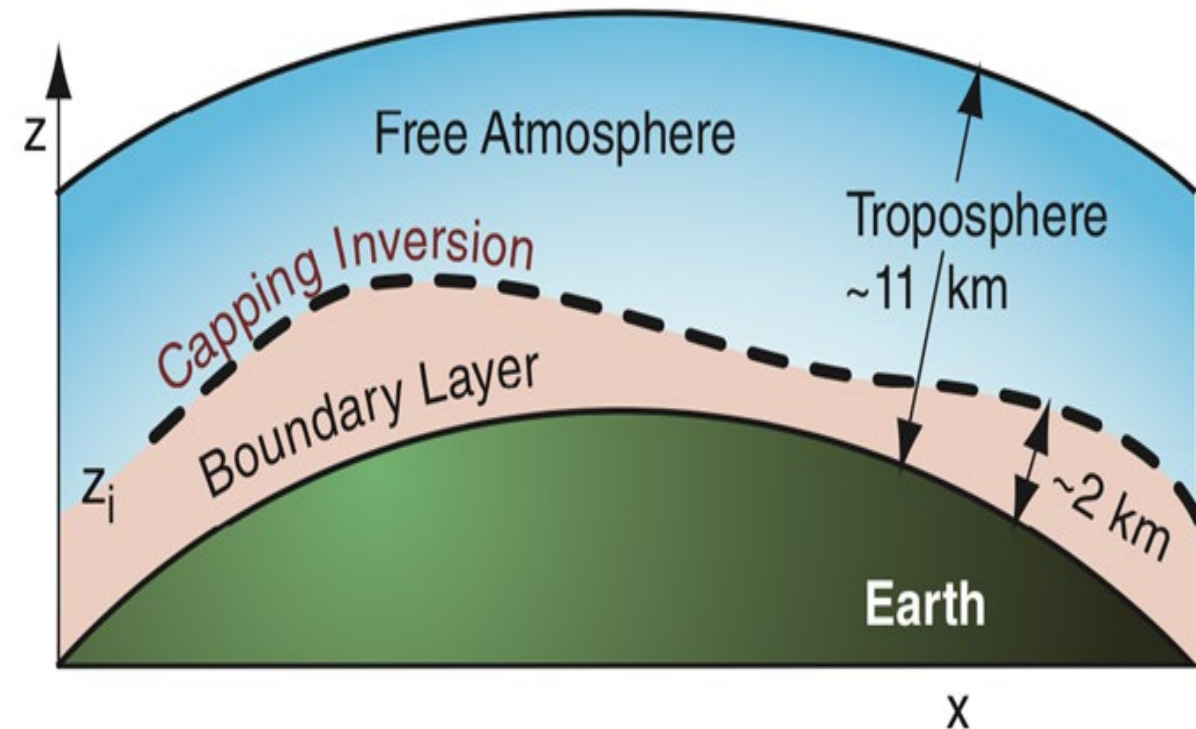
- Možnost simulací reálných dějů ve zmenšeném měřítku užitím teorie podobnosti
- Oproti matematickému modelování není třeba validací u řešených simulací
- Úplné dynamické podobnosti modelu a reality nelze dosáhnout, tedy se obdobně jako u matematického modelování využívá kompromisů (např. zanedbají se hodnoty některých podobnostních čísel, které nejsou pro řešený problém podstatné)



Fyzikální modelování - teorie podobnosti

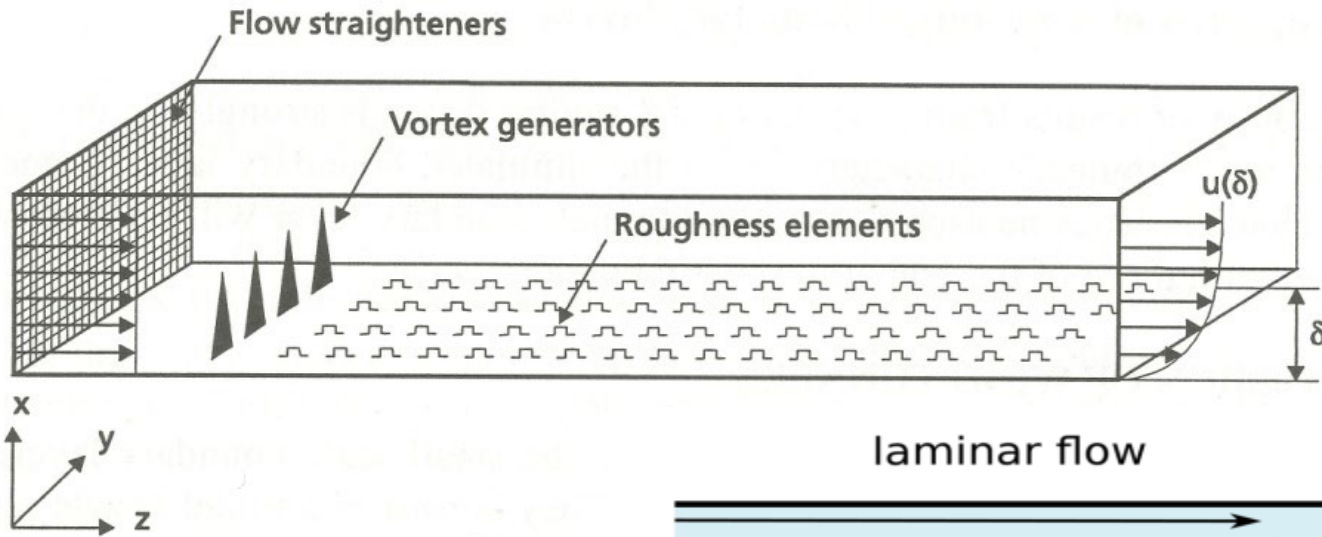
Pro simulace v aerodynamických tunelech je nutné:

- Zachování stejných poměrů mezi silami působícími na vzduchové částice na modelu a v realitě, které jsou pro řešený problém relevantní. Tyto poměry jsou vyjádřeny podobnostními čísly (např. Reynoldsovo číslo, Rossbyho číslo, Eckertovo číslo,).
- Geometrické podobnosti modelu a reality
- Modelování mezní vrstvy atmosféry ve zmenšeném měřítku



Fyzikální modelování

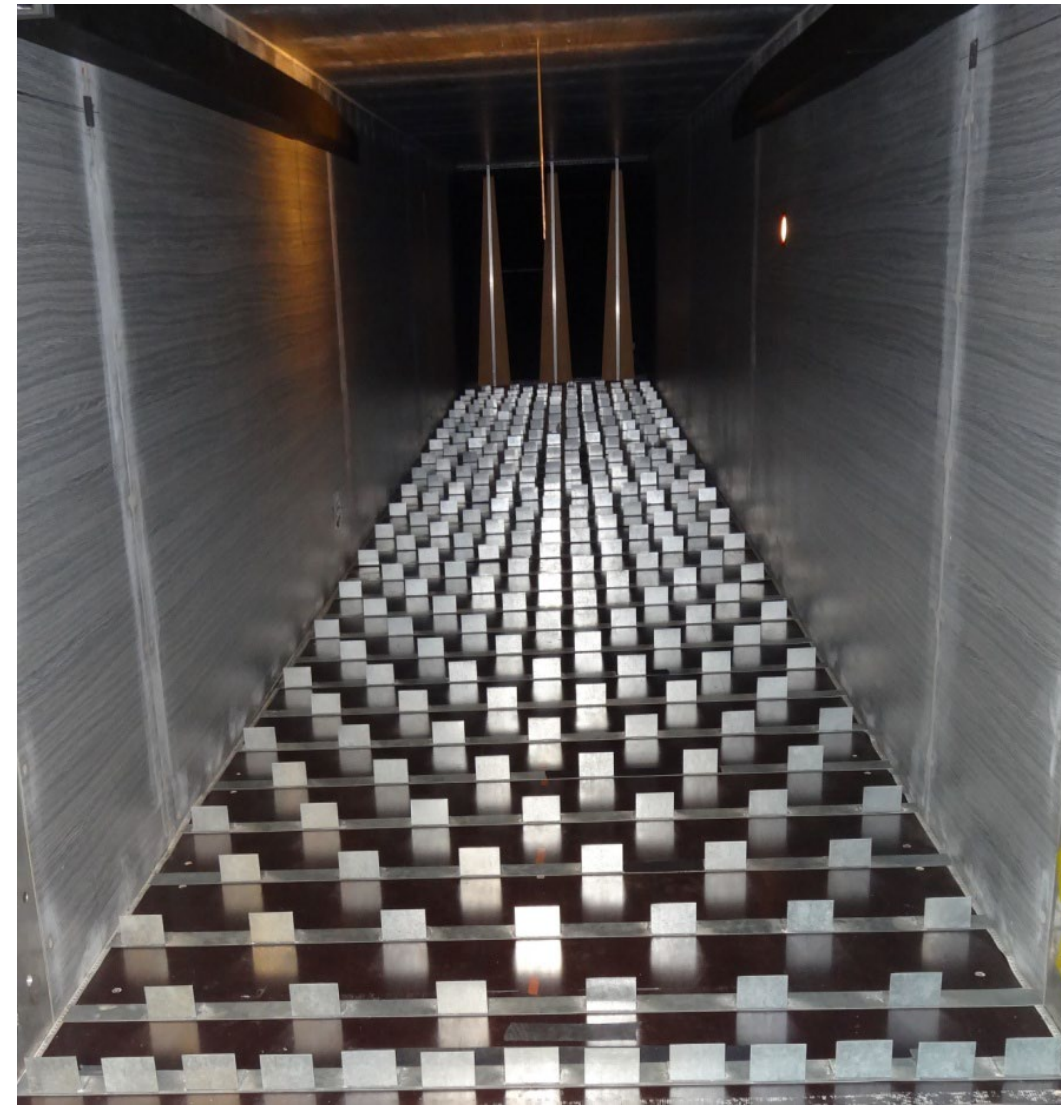
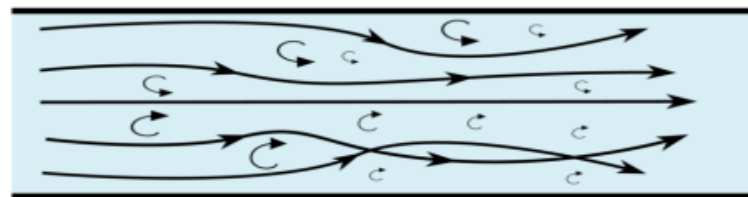
- Podobnost pole proudění



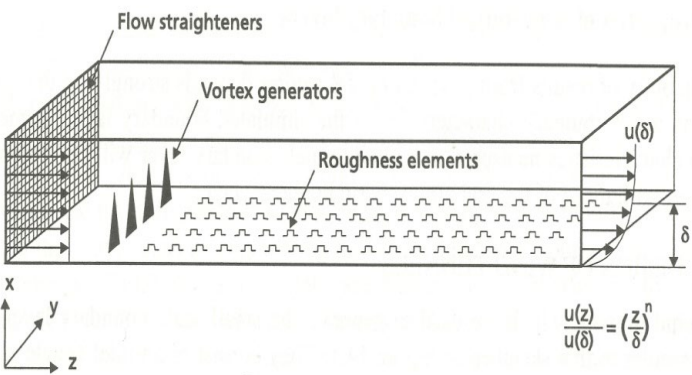
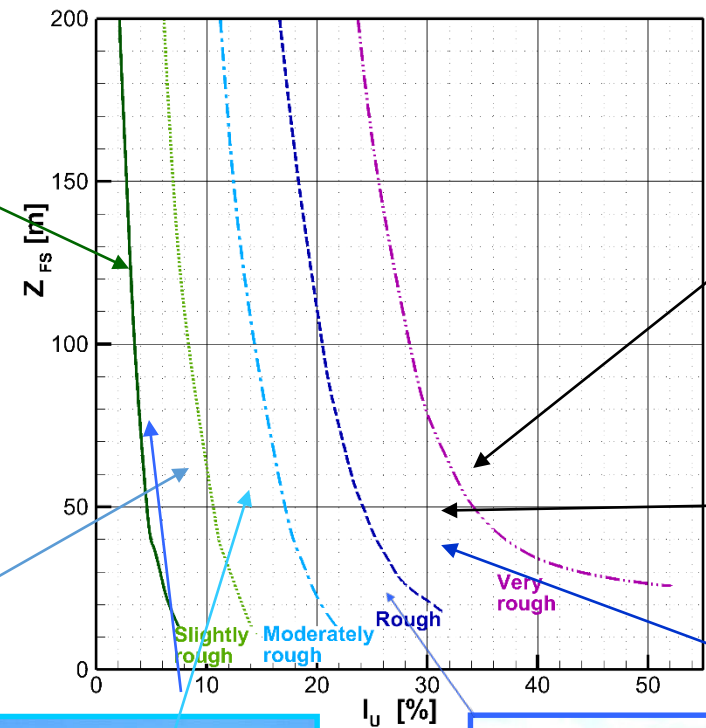
laminar flow



turbulent flow

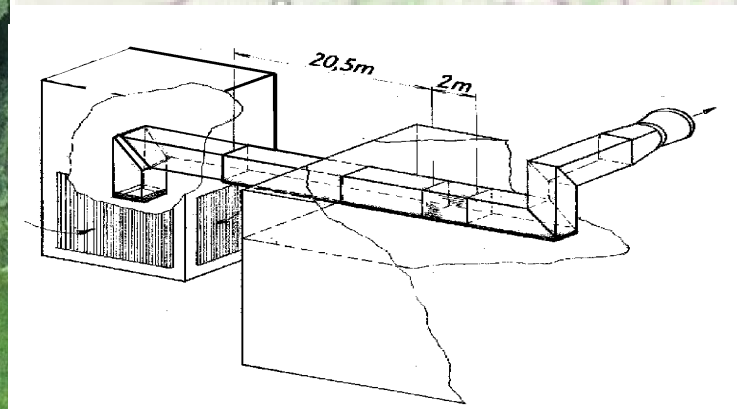
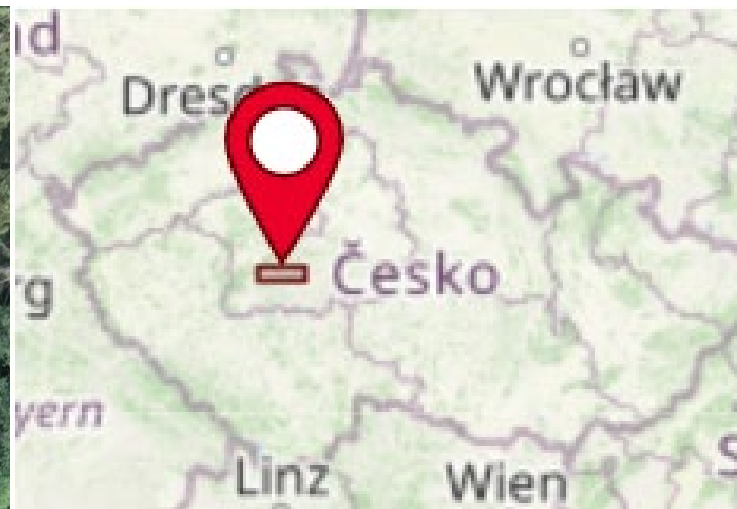


Možnost modelování různých prostředí užitím elementů drsnosti a spirů (generátorů vírů)



Velký aerodynamický tunel v Kníně

- Střední Čechy, Nový Knín

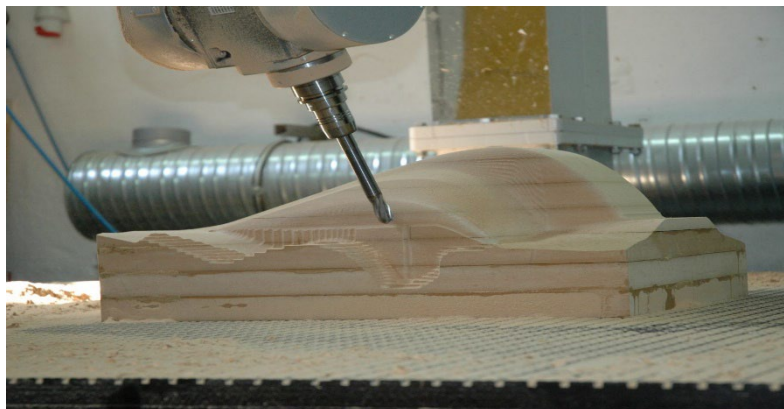


Velký aerodynamický tunel v Kníně - nízkorýchlostní



Model a jeho výroba

- Ručně
- Frézováním
- 3D tisk



Model a jeho výroba



Simulace kontaminantů na modelu

- Plynné látky simulující znečištění/toxické látky
- Zdroj kontaminantu:
 - Bodový (kouř z komína, únik toxických látek z rezervoáru/otvoru v zařízení v chemičce)
 - Liniový (výfukové zplodiny aut,...)
 - Plošný (skládka)



Modelové studie

Pardubice



Malý aerodynamický tunel v Praze



Aktuálně řešená problematika studium pachových signálů rostlin

Rostliny k lákání opylovačů využívají těkavé organické látky (VOC), které slouží jako dálkové pachové signály detekovatelné na vzdálenost stovek metrů. Tento signalizační proces je narušen environmentálními stresory. Dochází tím k destrukci komunikačních stop, což snižuje úspěšnost opylení.

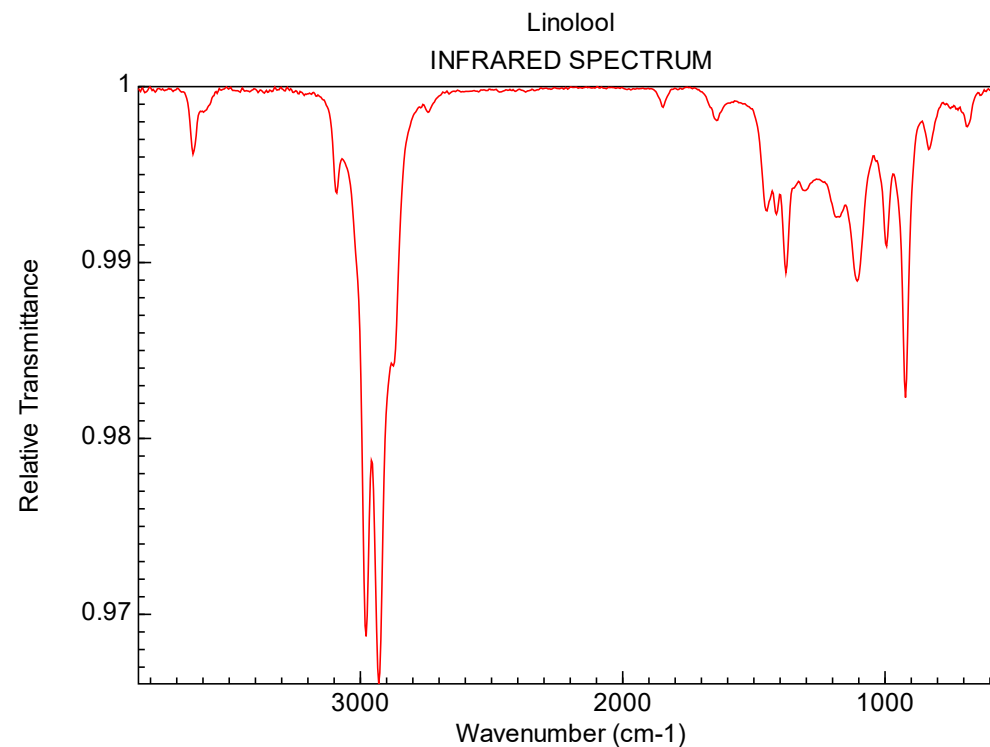
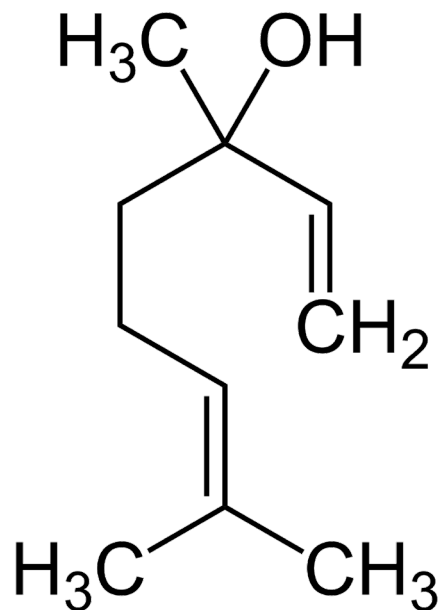


Konstrukce aerodynamického tunelu pro studium pachových signálů rostlin

- Do aerodynamického tunelu bude instalován zdroj chemických látek - pachových stop - atraktantů pro včely medonosné.
- Ve směšovací komoře umístěné před aerodynamický tunel budou do proudu vzduchu míšeny znečišťující látky - např. ozon, dusičnany.
- V rámci aerodynamického tunelu pak budou v jednotlivých jeho místech po celé jeho délce sledovány reakce těchto polutantů s včelími atraktanty.
- Budou měněny i jiné podmínky pro chemické reakce (např. typ povrchu, teplota, vlhkost)

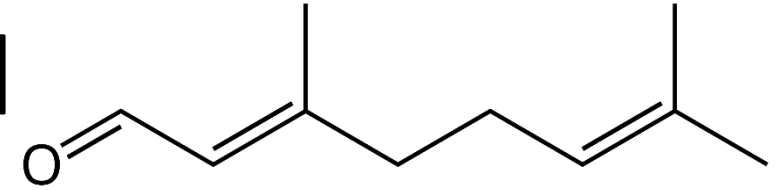
Příklady studovaných látek - Linalool

- 3,7-dimethylocta-1,6-dien-3-ol.
- **Přírodní zdroje:** Levandule, máta, bazalka, citrusové plody, koriandr, ylang-ylang, tymián a mnoho dalších rostlin.



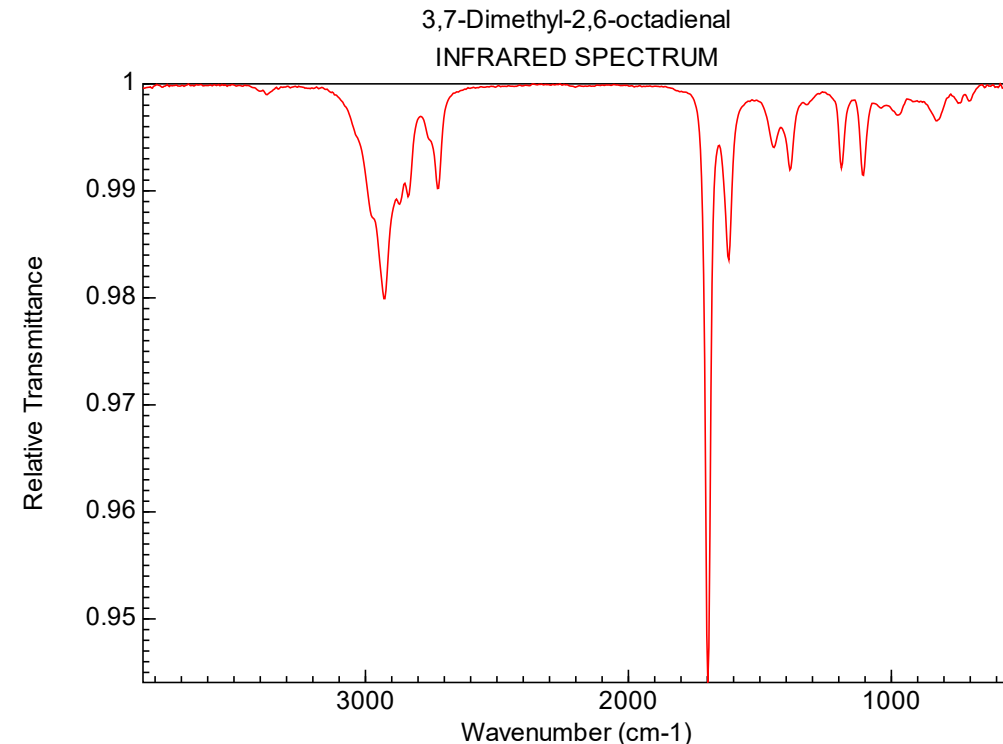
NIST Chemistry WebBook (<https://webbook.nist.gov/chemistry>)

Příklady studovaných látek- Citral



3,7-dimethylokta-2,6-dienal (terpenoid - monoterpen)

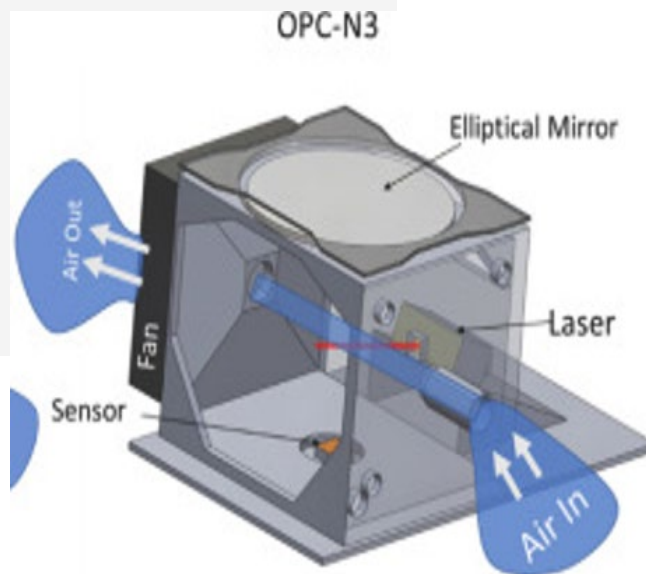
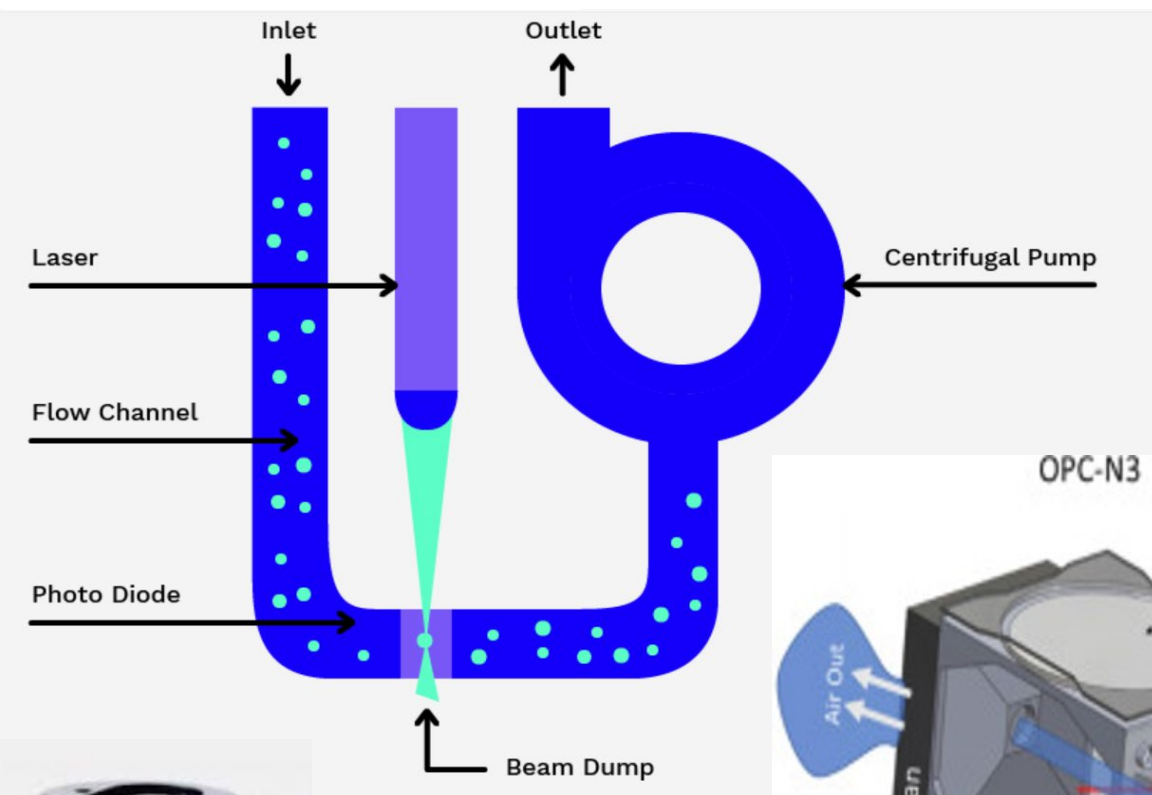
Přírodní zdroje : Citronová kůra, citronová tráva, verbena, tymián, bergamot.



NIST Chemistry WebBook (<https://webbook.nist.gov/chemistry>)



Detekční metody: nízkonákladové senzory



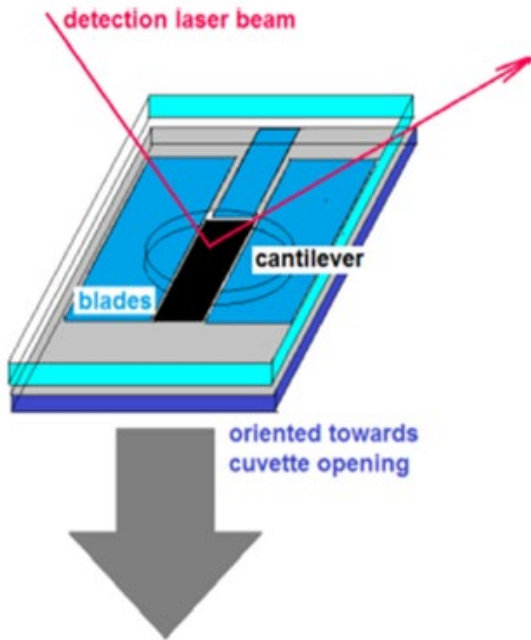
Měření:

- Aerosolové částice (PM)
- Těkavé organické látky (VOC)
- Nox
- CH₄
- Teplota
- Relativní vlhkost,...

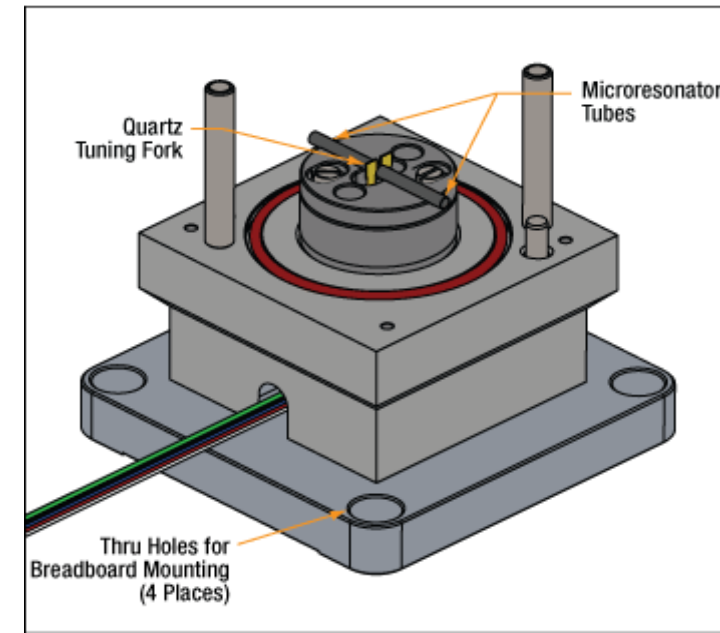
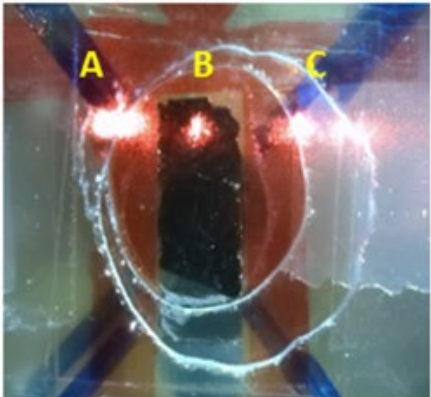
Detekční metody: spektroskopie

- **Převážně absorpční spektroskopie**

- **optická spektroskopie detekuje přímo světlo**, které je absorbované, emitované nebo rozptýlené
- **optoakustická spektroskopie detekuje zvukové vlny** generované vzorkem po absorpci světla,



Princip: Absorbovaná energie v plynném vzorku lokálně ohřeje prostředí, čímž vzniká rázová vlna detekovaná citlivým mikrofonom nebo jiným zařízením (quartz tuning fork - v podstatě speciální ladičky)



Očekávané výsledky

Průběh chemických reakcí
v závislosti na typu povrchu a
okolních podmínkách (teplota,
vlhkost) pro včelí atraktanty a
environmentální stresory
(např. ozon, dusičnany)



Shrnutí

- Fyzikální modelování, tj. experimenty na modelech v aerodynamickém tunelu a vyhodnocení dat, je důležitým nástrojem ke studiu environmentální problematiky
- Studujeme reálné situace tak, že si zmenšíme danou oblast a vyrobíme model, na kterém provedeme relevantní studii, kterou lze za pomoci teorie podobnosti převést zpět do reality
- Aktuálně rozvíjíme Společnou laboratoř ÚT a ÚFCH JH, kde se řečenou problematikou zabýváme

Nabídka pro Vás:

Bakalářská práce na řešení téma chemických signálů rostlin

Nový předmět Atmospheric Processes: From Fundamentals to Applications

Tato práce vznikla za podpory MŠMT v rámci projektu LUC25008.

Hana Chaloupecká hchaloupecka@seznam.cz



Změněná vůně
ozonem

Děkuji za pozornost ☺