



Laboratorní práce: Tlakové ztráty na ionexové koloně

Cíl práce:

Určení závislosti tlakové ztráty na rychlosti proudění při průchodu ionexovou kolonou.

Teoretický úvod

Při návrhu technologie úpravy vody pomocí kolony s ložem sorbentu je nutné hledat kompromis mezi velikostí částic a výškou vrstvy na jedné straně a tlakovou ztrátou na straně druhé.

Z hlediska optimálního využití kapacity sorbentu je pak vhodné navrhnout výšku lože značně vyšší, než je výška výměnné zóny. Zpravidla se volí výška vrstvy minimálně 0,5 až 1 m a maximálně 2,5 m.

To, že výrobce se snaží držet výšku lože ionexu v rozmezí 1 – 2 m je dáno tím, že tlakové ztráty na koloně, a tím i náklady na čerpání vody, jsou přímo úměrné výšce lože. Dalším faktorem, který ovlivňuje tlakovou ztrátu, je velikost částic sorbentu. Z hlediska kinetiky sorpce je výhodné použít sorbent s co nejmenší velikostí částic. Čím menší velikost částic, tím tlaková ztráta vzrůstá. Klasické ionexy mají velikost částic okolo 0,7 mm v rozpětí většinou 0,3 – 1,2 mm. V poslední době však všichni hlavní výrobci ionexů přecházejí na ionexy s úzkou frakcí zrnění – monosferické ionexy. Zvyšování tlakové ztráty kolony může indikovat několik nežádoucích jevů, které je potřeba sledovat.

Jsou to:

- Zanesení kolony suspendovanými látkami (tj. např. selhání předúpravy),
- rozpad částic ionexu/sorbentu na jemný podíl,
- ucpání trysek distributorů průtoku.

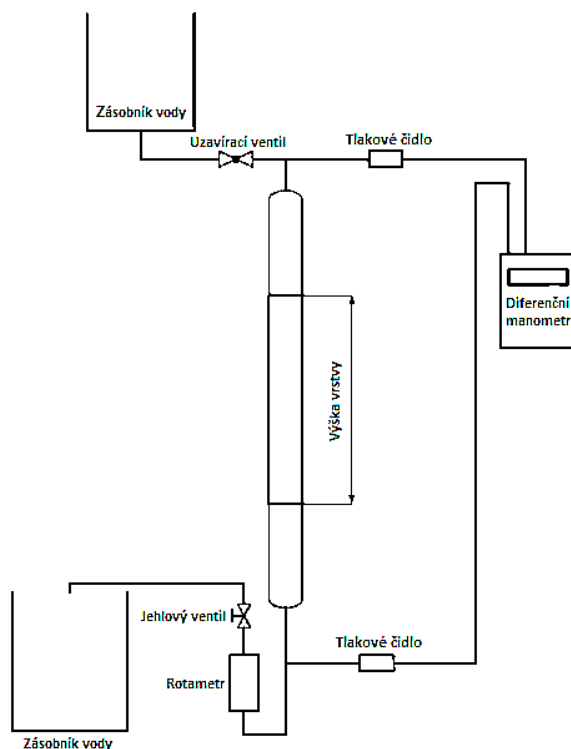
Pracovní postup

Při modelovém měření tlakové ztráty využíváme průtok vody samospádem (Obr. 1), jímž lze dokonale eliminovat veškeré tlakové rázy, které by generovalo například peristaltické čerpadlo.

Voda z horního zásobníku protéká kolonou se skleněnou fritou, na které je umístěna vrstva ionexu. Průtok lze regulovat pomocí jehlového ventilu umístěného na rotametri v rozmezí 1-25 l·h⁻¹. Před a za kolonou je měřen tlak. Vliv rozdílné výšky umístění tlakových senzorů je eliminován vynulováním manometru při nulovém průtoku. Aby bylo možno jednoduše eliminovat vliv tlakových ztrát na fritě a dalších částí kolony, je nejprve změřena závislost tlakové ztráty prázdné kolony na průtoku ta je pak (jako slepý pokus) odečtena od tlakové ztráty kolony naplněné ionexem. Výsledkem měření je pak závislost tlakové ztráty (normalizované na 1 m výšky kolony) na průtoku (vyjádřeném jako lineární rychlost v m·h⁻¹).

Pro výše uvedené výpočty je kromě tlakové ztráty v závislosti na průtoku nutno změřit i vnitřní průměr kolony a výšku ionexové vrstvy.

Měření je provedeno při průtocích 5, 10, 15, 20 a 25 l·h⁻¹.



Obr. 1: Aparatura pro měření závislosti tlakové ztráty na rychlosti proudění

Vyhodnocení výsledků

Tlaková ztráta na koloně Δp_c je vyjádřena Ergunovou rovnicí (1).

$$\Delta p_c = \frac{150 \cdot \eta \cdot (1 - \varepsilon)^2 \cdot u_0 \cdot h_b}{\varepsilon^3 \cdot d_p^2} + \frac{1,75 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho \cdot u_0^2 \cdot h_b}{\varepsilon^3 \cdot d_p} \quad [\text{Pa}] \quad (1)$$

η dynamická viskozita upravovaného roztoku [$\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$]

ε mezerovitost

u_0 povrchová rychlost roztoku [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

h_b výška ionexového lože [m]

d_p průměr částic sorbentu [m]

ρ hustota roztoku [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Z naměřených dat vytvořte graf závislosti tlakové ztráty Δp [$\text{kPa} \cdot \text{m}^{-1}$] na lineární rychlosti proudění v [$\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$].