

Dokumentace funkčního vzorku

Název zařízení:

LSD 119

Umístění:

Technická Univerzita v Liberci, Laboratoře filtrace Ústavu pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace.

Vypracoval:

Jakub Hružza

Datum:

6.1. 2019

Účel zařízení:

Cílem zařízení je simulace filtrace kapalin regenerovatelnými membránami za podmínek blízkých reálnému namáhání. Zařízení by mělo být schopno simulovat reálné průtoky, tlaky, dobu jednotlivých cyklů i základní geometrii procesu působící na membránu. Současně s vývojem nanovláknenných membrán je nutné též vyvíjet postupy a optimalizovat parametry samotného filtračního procesu. To by mělo nové zařízení LSD 119 zajistit i pro malé vzorky membrán a malé množství filtrované kapaliny. Dalším cílem LSD 119 je kompletace podkladů pro konstrukci prototypu filtračního zařízení.

Princip zařízení:

LSD 119 vychází konstrukčně předchozích verzí přístrojů LSD 115 a LSD 117 3m. Podstatou je simulace procesu čištění různě kontaminované vody pomocí dvou regenerovatelných deskových membrán při provozním tlaku do 100 kPa. Lze na něm měřit účinnost filtrace, koeficient propustnosti filtru a jeho změnu v čase v závislosti na různých režimech procesu filtrace a regenerace. Zařízení umožňuje odběr vody před a za filtrem pro další analýzu. Efektivitu filtrace lze vyjádřit dle vztahu:

$$E = \frac{c_1}{c_2} \cdot 100,$$

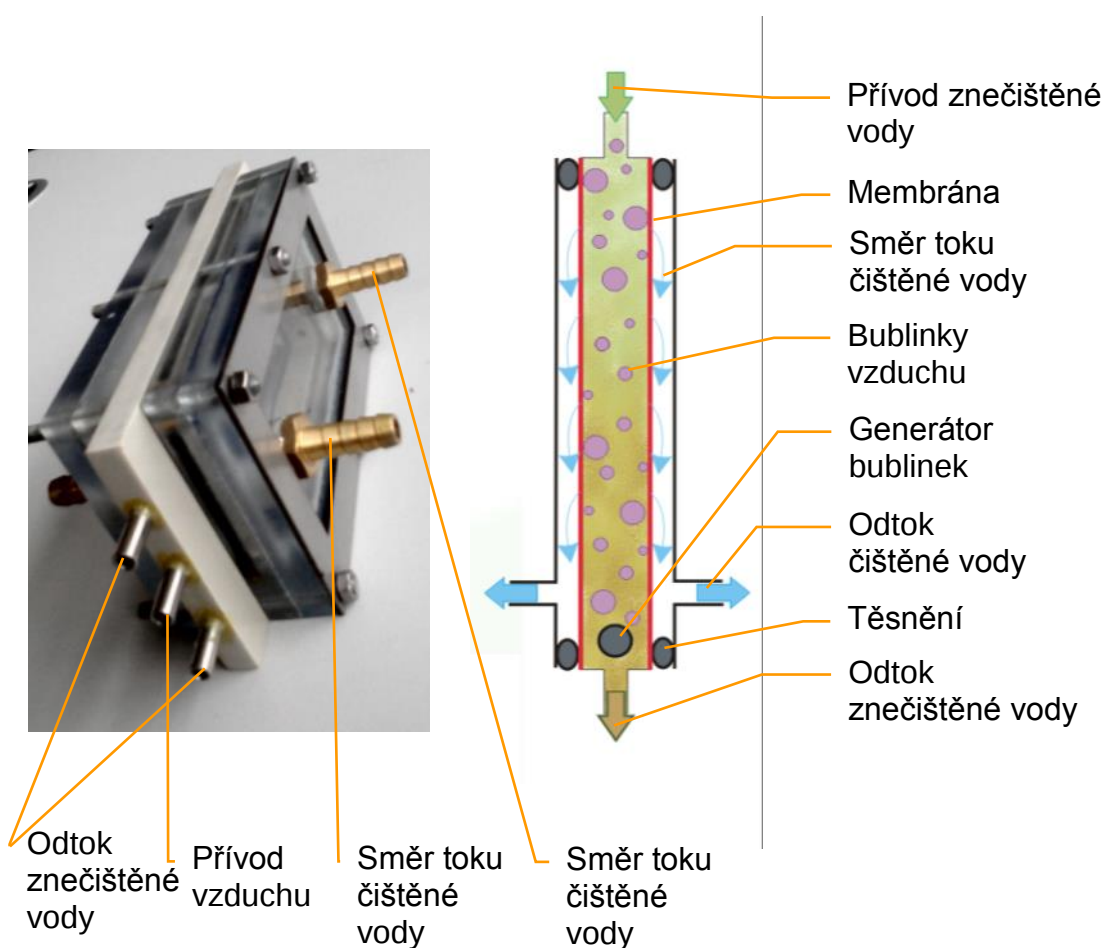
Kde c_1 vyjadřuje množství sledované látky v čištěné vodě a c_2 vyjadřuje množství sledované látky ve vodě kontaminované. Typická velikost filtrovaných částic je 0,2 – 1 μm . Z toho důvodu se provádí bakteriální rozbor pro kmeny Escherichia Coli, další koliformní bakterie a Clostridium Perfringens. Druhou variantou je kontaminace vody monodisperzními částicemi a následné měření hodnot zákalu vody pomocí turbidimetru. Příkladem jsou částice polystyrenu o velikosti 0,5 μm .

Zařízení je navrženo pro objem vody 4 – 5 l. Průtočná plocha je 50 cm^2 pro každou membránu. Zařízení umožňuje kombinaci 5 stupňů regenerace membrán:

1. **Probublávání povrchu** membrán vzduchem. Tento stupeň lze realizovat kontinuálně, nebo se změnou tlaku vzduchu a tím i množstvím bublinek. LSD 119 umožňuje šokovou regeneraci krátkým působením velkého množství bublin.
2. **Cross-flow**. Voda může kolem membrán cirkulovat pomalu, nebo rychlostí až 5 m/sec. Změna průtoku se děje ručně, není programovatelná.
3. **Snížení tlaku před membránou** dané zastavením jednoho, nebo obou čerpadel.
4. **Protiproudé čištění**. Reverzní pohyb sacího čerpadla vrací čištěnou kapalinu zpět k membráně a může obrátit směr působení tlakového spádu membrány. LSD 119 umožňuje změnu sacího tlaku až na úrovni 100 kPa.

5. **Promývání.** Při zpětném proplachu lze snížit povrchové napětí vody proudící čistěnými membránami. Tento způsob lze použít po delší odstávce zařízení pro tzv. oživení zaschlých membrán.

Princip vychází ze základní konstrukce standardních systémů deskových membrán. Například u čistíren odpadních vod je kontaminovaná voda dávkována do nádrže, kde se pohybuje pouze působením vzduchových bublinek generovaných u dna. Bublínky jsou určeny pro mechanickou regeneraci membrán a pro vyživování bakterií aktivovaného kalu. Desky s membránami jsou ponořeny v nádrži, přičemž každá deska je opatřena dvěma membránami umístěnými na protilehlých stranách. Základní konstrukce zařízení LSD 119 se kromě velikosti odlišuje od běžné konstrukce deskových membránových filtrů především způsobem průtoku čistěné vody (viz. obr. 1). Deska s membránami není ponořena v nádrži s vodou, ale tvoří samostatný filtrační modul. Kontaminovaná voda protéká vnitřkem filtračního modulu, na jehož stranách jsou umístěny dvě membrány. Mezi membránami je umístěn zdroj vzduchových bublinek pro průběžnou regeneraci. Čistěná voda proniká membránami zevnitř filtračního modulu ven a je jímána v uzavřeném prostoru s možností vytvoření podtlaku. Znečištěná voda vytéká z filtračního modulu a vrací se do zachytivé nádrže. Výhodou je mimo jiné spolehlivá komparace vzorků. Touto metodou můžeme současně porovnávat dvě odlišné membrány v identických podmínkách filtrace.



Obr. 1: Schéma funkce membránového modulu LSD 119.

Popis zařízení:

Schéma zařízení LSD 119 ukazuje obr. 2. Kontaminovaná kapalina je z nádoby 1 čerpána vysokotlakým čerpadlem 2, nebo nízkotlakým čerpadlem 3 do rozbočky s regulačními ventily 4. Část kapaliny se vrací obtokovou tratí 5 zpět do nádoby, část pokračuje přes průtokoměr 6 do testovací tratě 7. Množství vody protékající testovací tratí je určeno nastavením regulačních ventilů a otáčkami čerpadel. Voda v testovací trati protéká membránovým modulem 13. Tlak v trati je nastaven škrticím regulátorem 14 a otáčkami čerpadel. Měření je tlakoměrem před membránou 8 a tlakoměrem za membránou 9. Tlakový vzduch tvořený vysokotlakým generátorem 11, nebo nízkotlakým generátorem 12 (akvaristické vzduchovadlo) vstupuje do membránového modulu spodním přívodem. Bublínky vzduchu očišťují povrch membrány a jsou odváděny podsvícenou bublinkovou trubicí 10. Systém je otevřený s možností samovolného odvodu vzduchu. Čištěná kapalina je odsávána nízkotlakými sacími čerpadly 15. Lze též využít vysokotlaké čerpadlo 2. Tlakový spád membrán lze nastavit regulací přetlaku před membránou a regulací podtlaku při odčerpávání čisté vody. Přetlak před membránou závisí na rychlosti proudění kontaminované vody zařízením a na nastavení škrticího ventilu umístěného za filtračním modulem. Při filtraci se zastaveným tokem kontaminované kapaliny lze tlak nastavit volbou výšky vodního sloupce až do hodnoty 15 kPa. Při vypnuté regeneraci vzduchováním lze zvýšit tlak před membránami až na 50 kPa. Podtlak může dosahovat až 50 kPa. Voda odtéká do sběrné nádoby 16. Množství čištěné vody se určuje gravimetricky pomocí vah 17. Celé zařízení včetně prostoru za membránami lze čistit a desinfikovat systémem hadiček napojených na zdroj pitné vody. Nejdůležitější je dokonalý proplach „čistých prostor“ za filtračními membránami.

Řízení procesu čištění vychází z modulu PUSBIO8R. Moduly PUSBIO8R jsou určeny pro spínání většího množství funkcí. K tomuto účelu obsahují osm reléových výstupů s přepínacím kontaktem. Na zařízení LSD 119 jsou tímto modulem ovládány následující prvky: Čerpadlo cirkulace vody před membránami, vzduchovadlo nízkotlaké, vzduchovadlo vysokotlaké, vysokotlaká pumpa pro odsávání, nebo naopak pro přetlak a peristaltické čerpadlo odsávající čistou vodu, včetně jeho reverzního pohonu. Modul je ovládán pomocí aplikace Control Software, umožňující manuální a automatický režim řízení jednotlivých prvků.



1. Nádoba na kontaminovanou vodu
2. Čerpadlo vysokotlaké
3. Čerpadlo nízkotlaké
4. Rozbočka s regulačními ventily
5. Obtoková trať
6. Průtokoměr
7. Testovací trať
8. Tlakoměr pro tlak před membránou
9. Tlakoměr pro tlak za membránou
10. Bublínková trubice
11. Vysokotlaký generátor vzduchu
12. Nízkotlaký generátor vzduchu
13. Membránový modul
14. Škrticí regulátor tlaku
15. Nízkotlaká sací čerpadla čisté vody
16. Sběrné nádoby na čištěnou vodu
17. Váhy
18. Systém promývání a desinfekce

12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
13
14
15
16
17
18



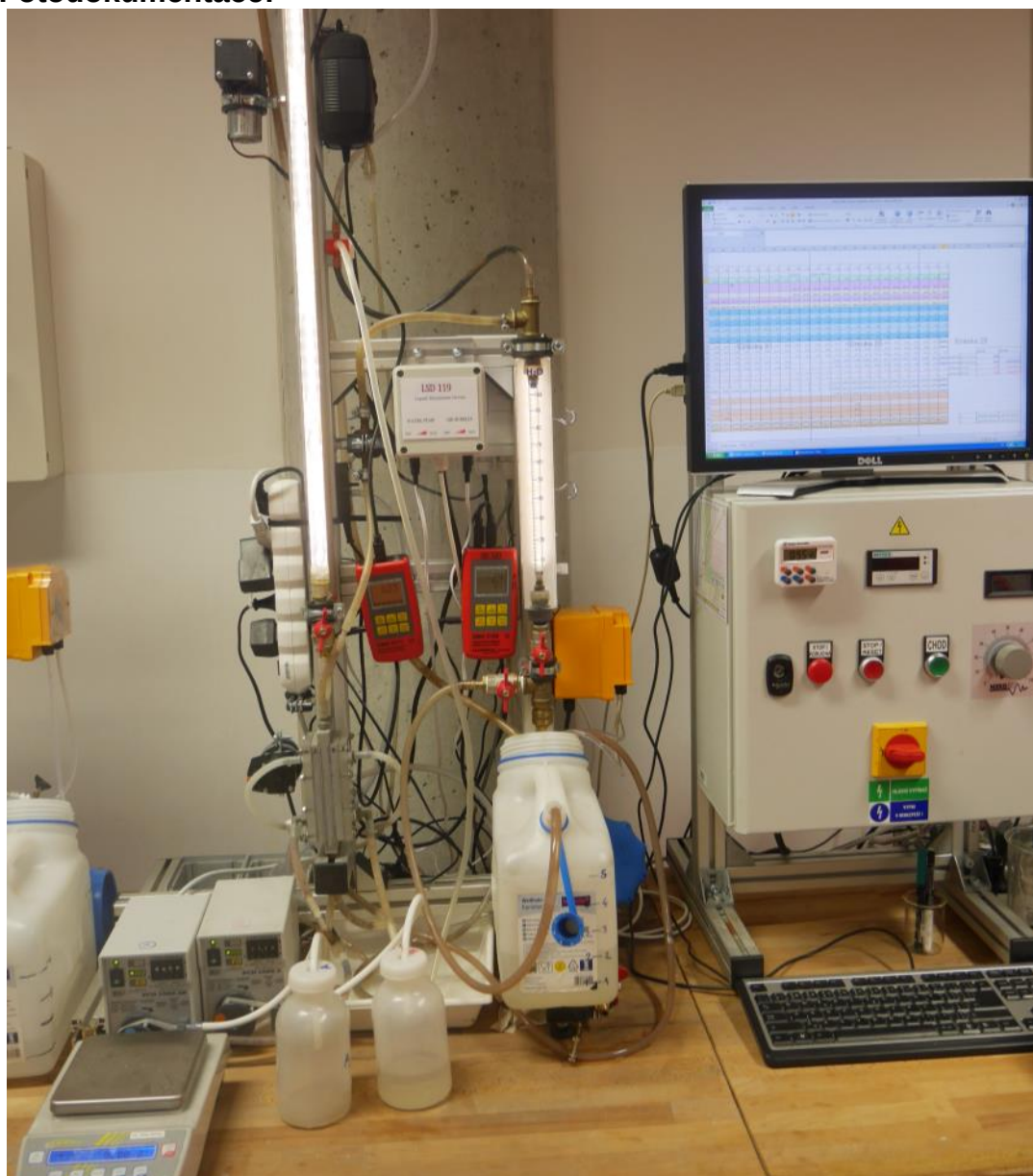
Obr.2: Schéma zařízení LSD 119.

Parametry zařízení:

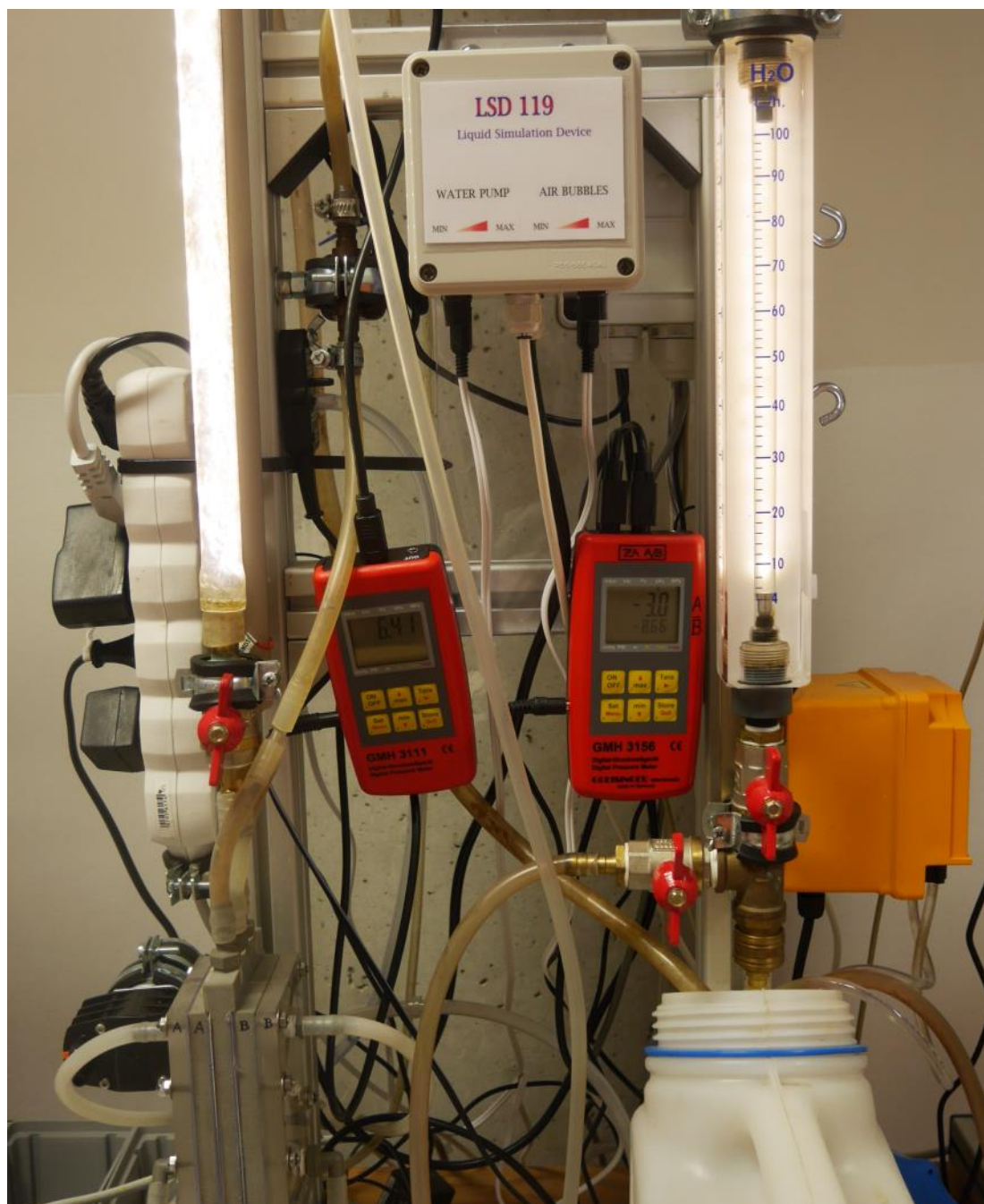
Parametry udává tab. 1.

Tvar a velikost vzorku	obdélníková membrána 7 x 12 cm
Velikost průtočné plochy	5 x 10 cm ²
Objem testované kapaliny	2 – 5 l (pěnová kapalina až 10 l)
Rozsah průtoku crossflow	0 - 100 l/hod
Tlak před membránou	0,1 až 50 kPa
Podtlak za membránou	0 až 50 kPa (lze změnit na přetlak během regenerace)
Obvyklý filtrační výkon	0,5 – 2 ml/min

Tab. 1: Parametry zařízení LSD 119

Fotodokumentace:

Obr. 3: Zařízení LSD 119



Obr. 4: Detail zařízení LSD 119

Obr. 5: Ukázka protokolu pro práci s přístrojem LSD 119

Obr. 5: Ukázka protokolu pro práci s přístrojem LSD 119

Protokol vybraného měření na LSD119: