

ANTIMIKROBIÁLNÍ ÚČINKY NANOVLÁKNITÝCH FILTRAČNÍCH MEMBRÁN PRO VODÁRENSKÉ TECHNOLOGIE

Eva Trávníčková, Přemysl Mikula, Jakub Opršal,
Marie Boháčová, Lubomír Kubáč, Dušan Kimmer, Jana Soukupová, Michal Bittner

Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, Masarykova univerzita, Kamenice 5, 625 00 Brno



Research centre
for toxic compounds
in the environment

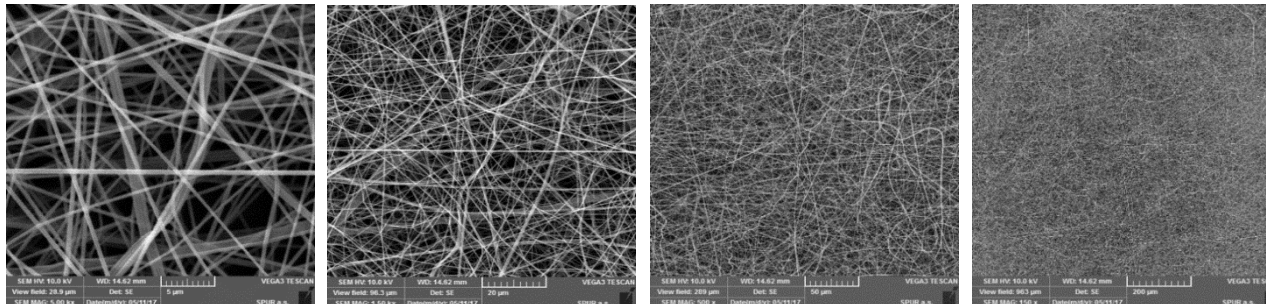


Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Centrum polymerních systémů



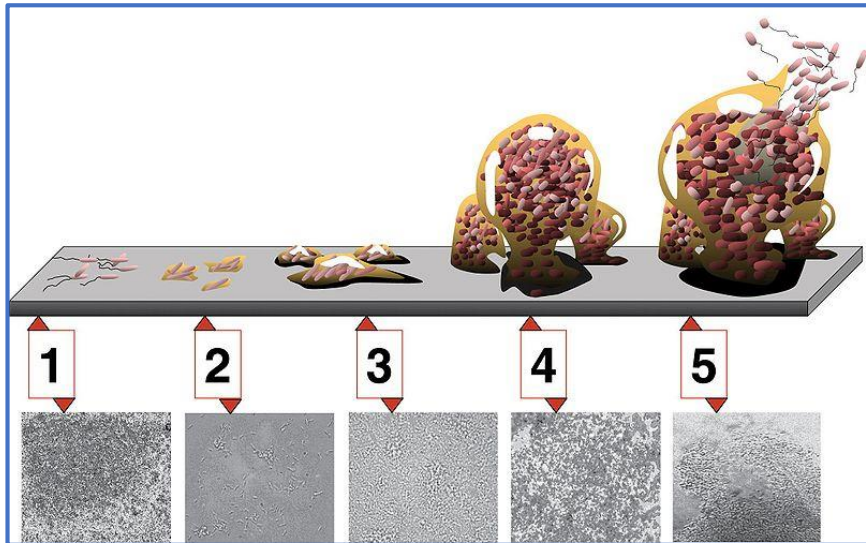
Úvod

- filtrace jako nástroj pro čištění a úpravu vod
 - písková
 - **membránová filtrace** (mikro-, ultra-, nano-, reverzní osmóza)
- požadované vlastnosti:
 - vysoká účinnost odstraňování mikroorganismů
 - nejvyšší možný průtok (→ úspora energie → nižší náklady)
 - dlouhá životnost (mechanická odolnost, odolnost vůči zanášení)

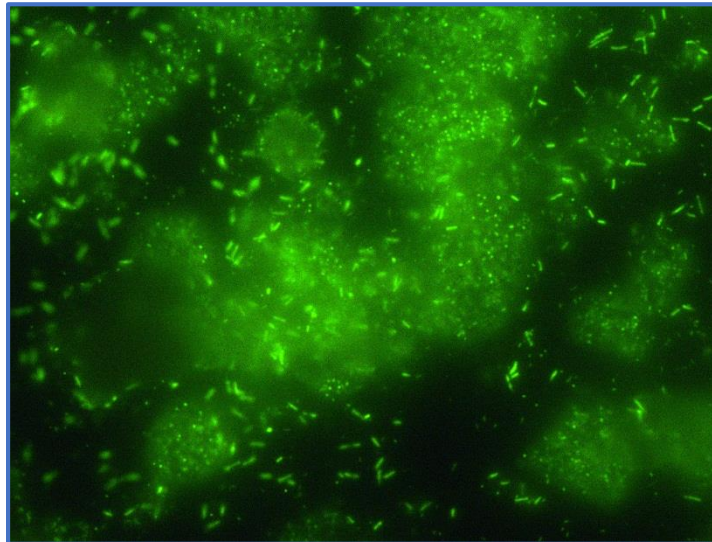


Úvod

- zanášení membrány - tvorba mikrobiálních biofilmů (= biofouling)
- snížení účinnosti membrány
- hledání/použití pokročilých materiálů pro antimikrobiální účinky
 - snížení adheze na membránu – použití specifických polymerů
 - přímý antimikrobiální účinek



(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Biofilm.jpg>)



Wageningen University & Research (www.wur.nl)

Materiál a metody

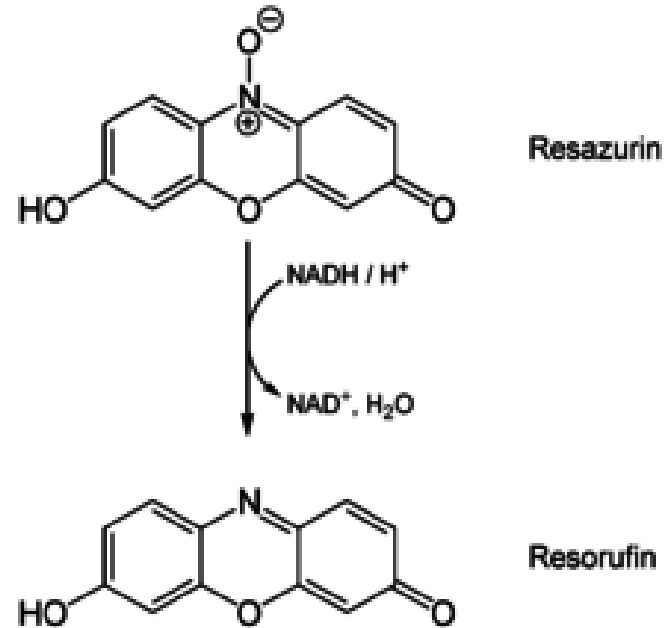


ČSN ISO 20743
absorbční metoda

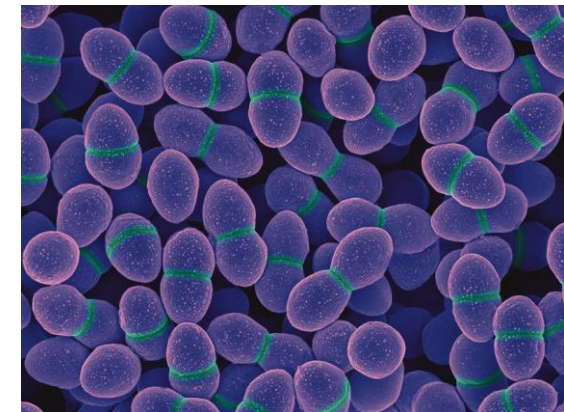
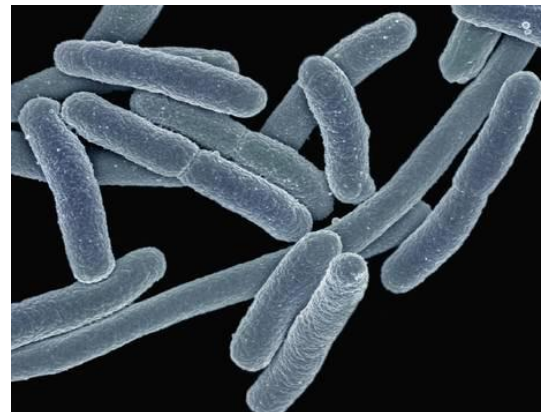


resazurinová metoda

- kalibrace
- hodnocení vzorků



- membrány s obsahem QAS a AgNPs
- *Escherichia coli* CCM 3954 (G-, bf+)
- *Enterococcus faecalis* CCM 4224 (G+, bf-)
- Odtok ČOV (Ochozský potok, 1000 EO)



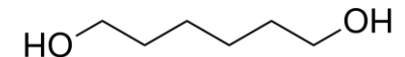
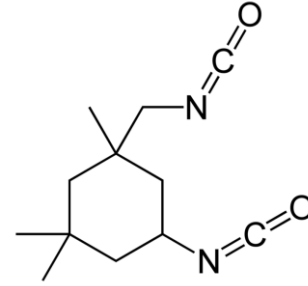
https://static.wixstatic.com/media/72dee4_f35b2908c78c470ab8b91791778bb03e~mv2.png

https://imgc.allpostersimages.com/img/print/posters/scientifica-escherichia-coli-bacteria-commonly-known-as-e-coli_a-G-9015336-14258389.jpg

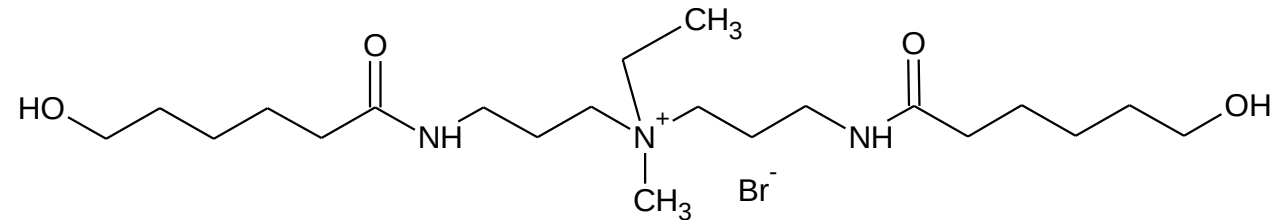
Příprava membrán

Membrány s obsahem QAS

- příprava PU: IDPI (isoforondiisokyanát) + 1,6-hexandiol
- v průběhu syntézy plynule přidávána QAS
- produkt naředěn DMF na 30% roztok



- zvláknění roztoku, multikanálová tryska
- 3 typy podpůrných vrstev: MFRF (microfiltration reinforced foam), PP, VS



Membrána s obsahem AgNPs

- roztok PU v DMF, s přídavkem síťovadla
- zvláknění roztoku
- podpůrná vrstva PP
- síťovadlo s funkčními skupinami s obsahem N – navázány AgNPs

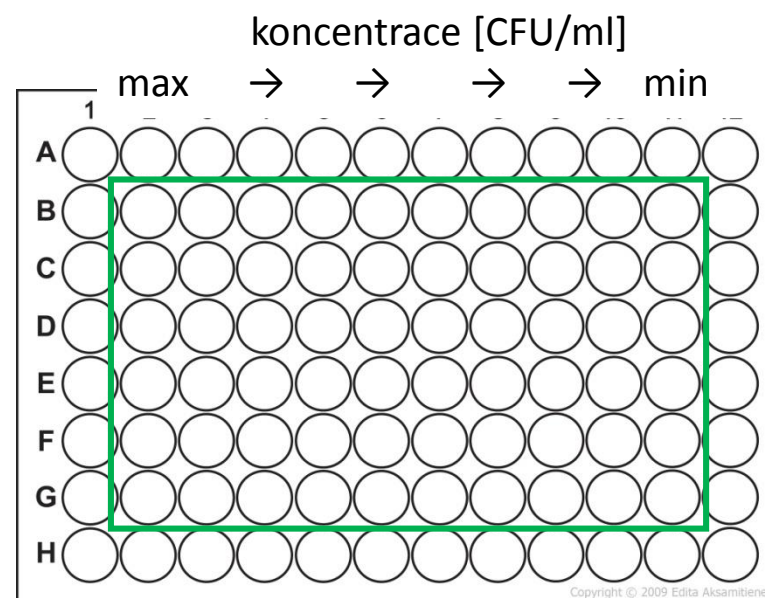
Resazurin - kalibrace



max: 10^9 CFU/ml
 10^8
⋮
min: 5×10^2 CFU/ml



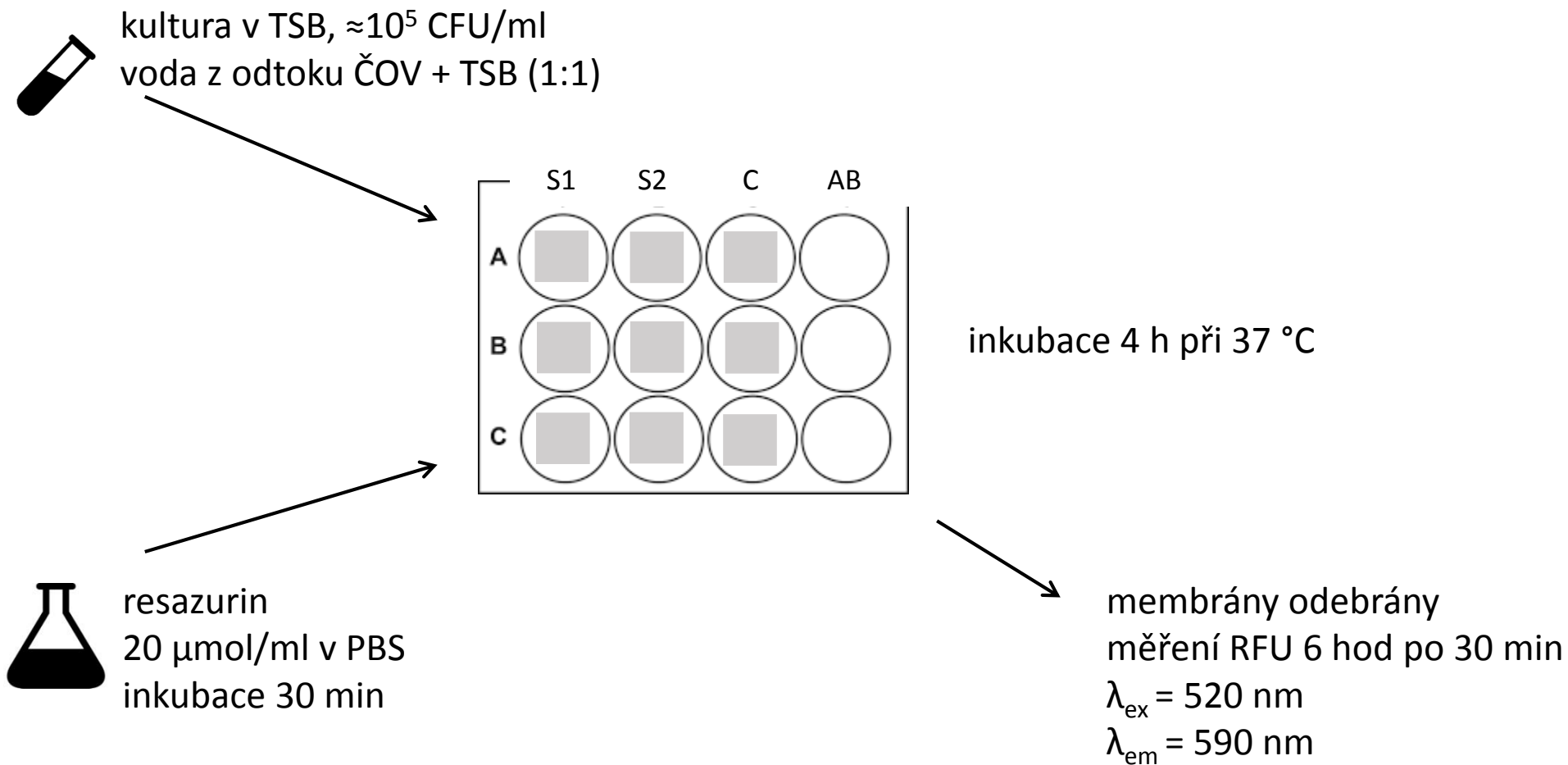
resazurin
 $20 \mu\text{mol/ml}$ v PBS

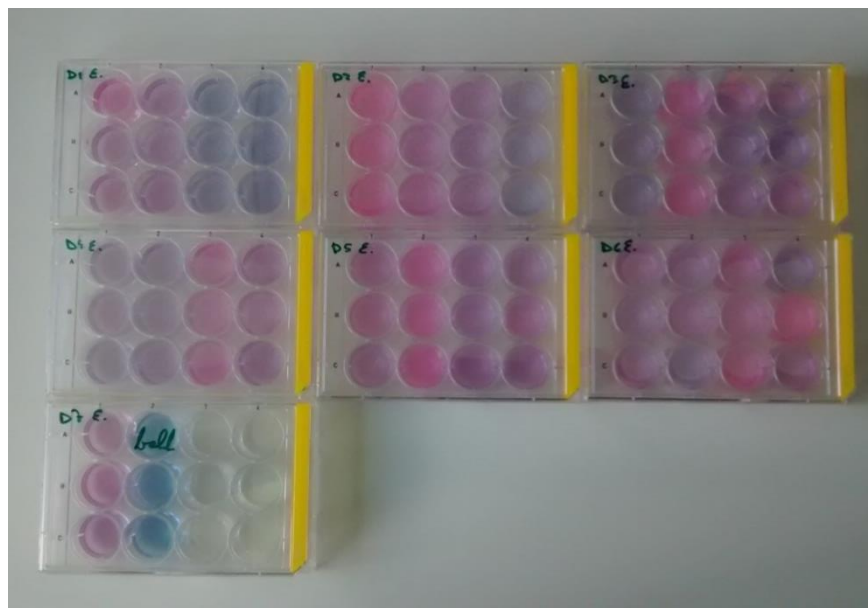
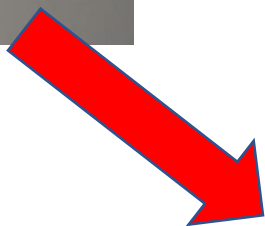
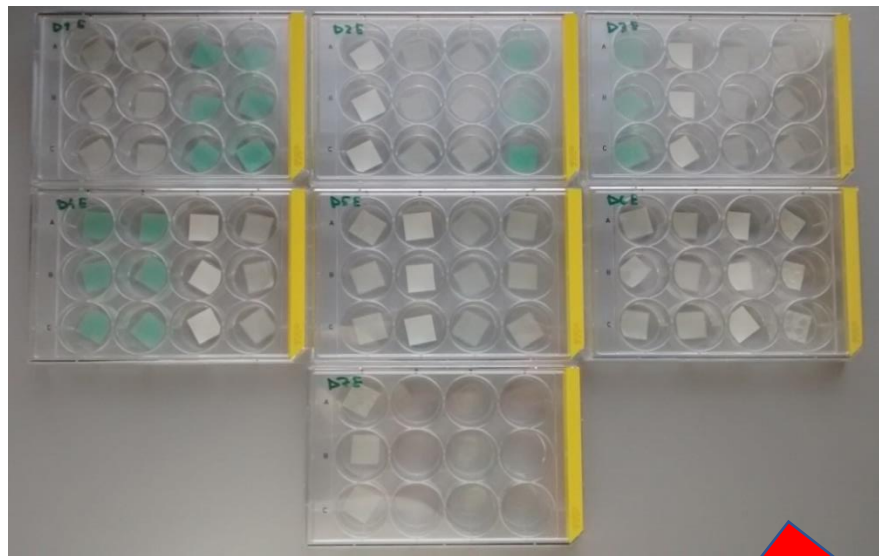


měření RFU
 $\lambda_{\text{ex}} = 520 \text{ nm}$
 $\lambda_{\text{em}} = 590 \text{ nm}$

ihned po přidání
resazurinu, 6 hod po 30 min

Resazurin - hodnocení membrán

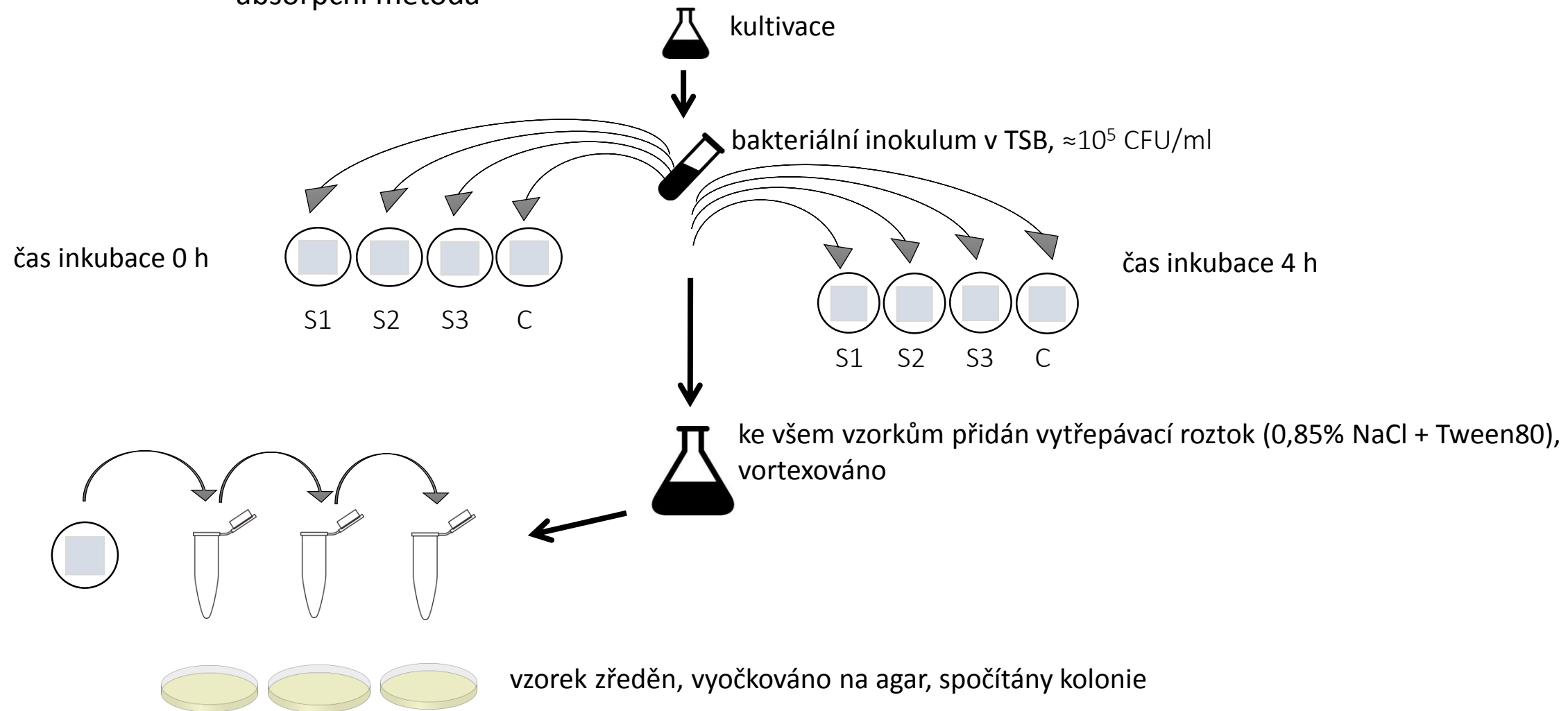




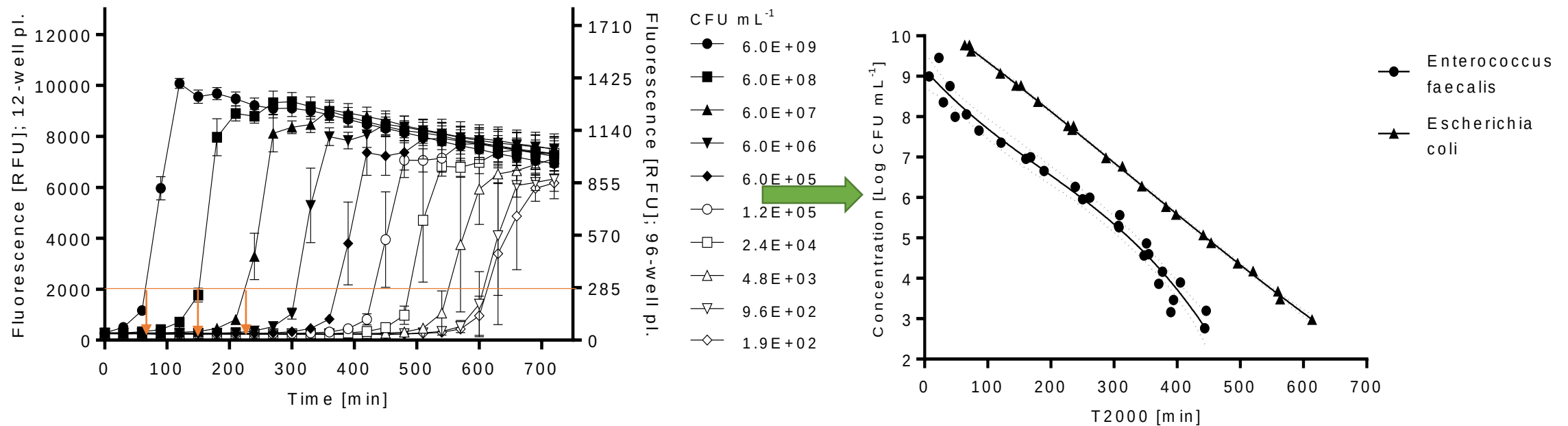
Hodnocení membrán dle ISO

Antibakteriální účinnost dle ČSN ISO 20743

- absorpční metoda



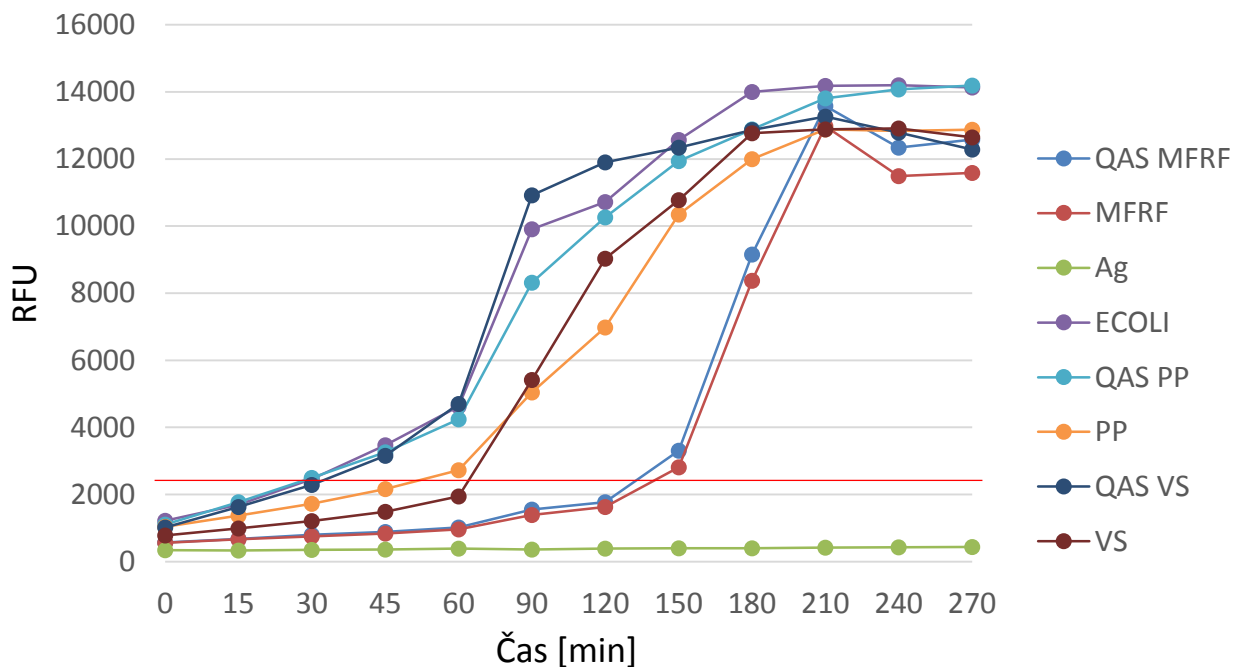
Výsledky



- *E. coli*: $y = -0,0125x + 10,604$, $R^2 = 0,9993$ v rozsahu $5,9 \times 10^9$ až $9,4 \times 10^2$ CFU/ml
- *E. faecalis*: $y = -6 \times 10^{-8}x^3 + 3 \times 10^{-5}x^2 - 0,0174x + 8,1754$, $R^2 = 0,9778$ v rozsahu $1,0 \times 10^{10}$ až $1,6 \times 10^3$ CFU/ml
- LOQ: 10^3 CFU/ml (pro obě bakterie, nejnižší bod kalibrační přímky/křivky)

Výsledky

Metabolizační křivky bakterie + membrány

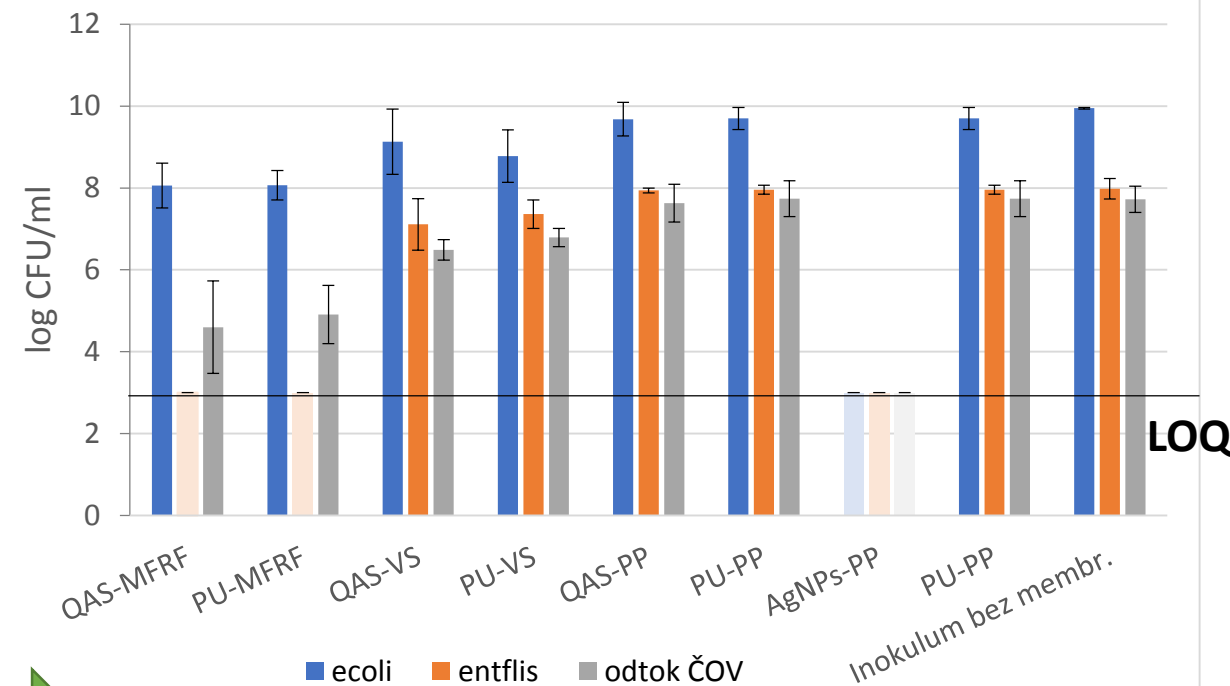


$$E. coli: y = -0,0125x + 10,604 \text{ [CFU/ml]}$$

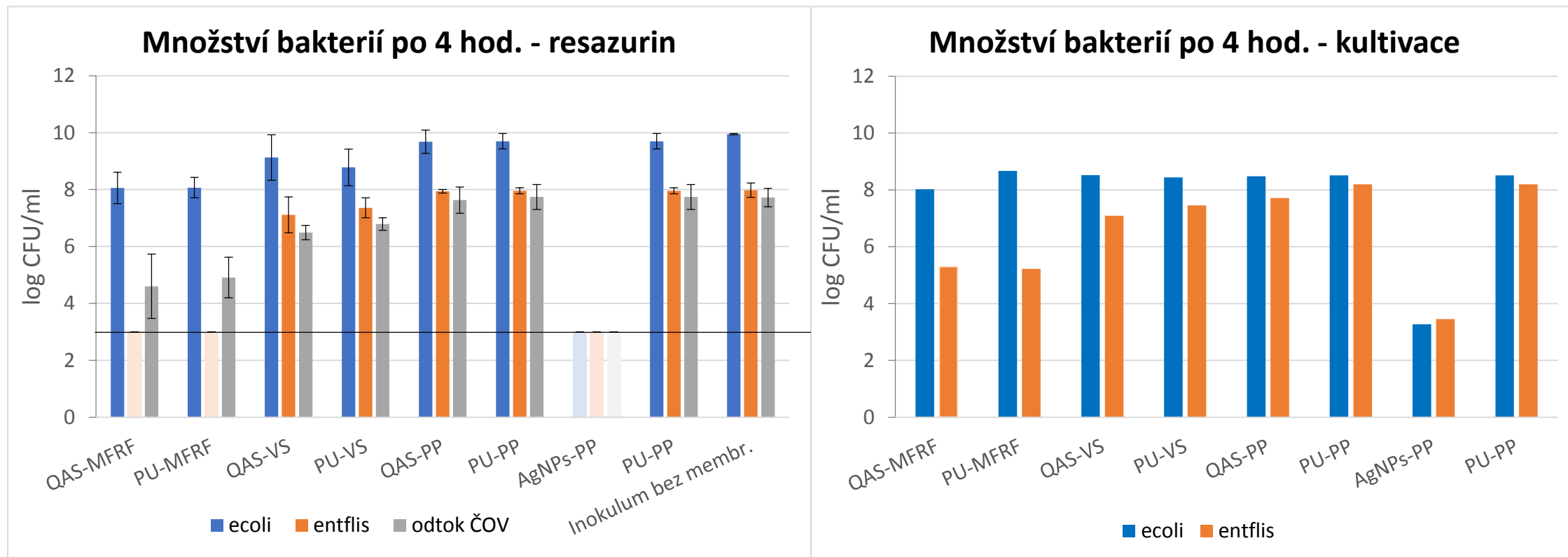
$$E. faecalis: y = ax^n \pm \dots \text{ [CFU/ml]}$$

odtok ČOV: dle *E. coli* [CFU_{EEQ}/ml]

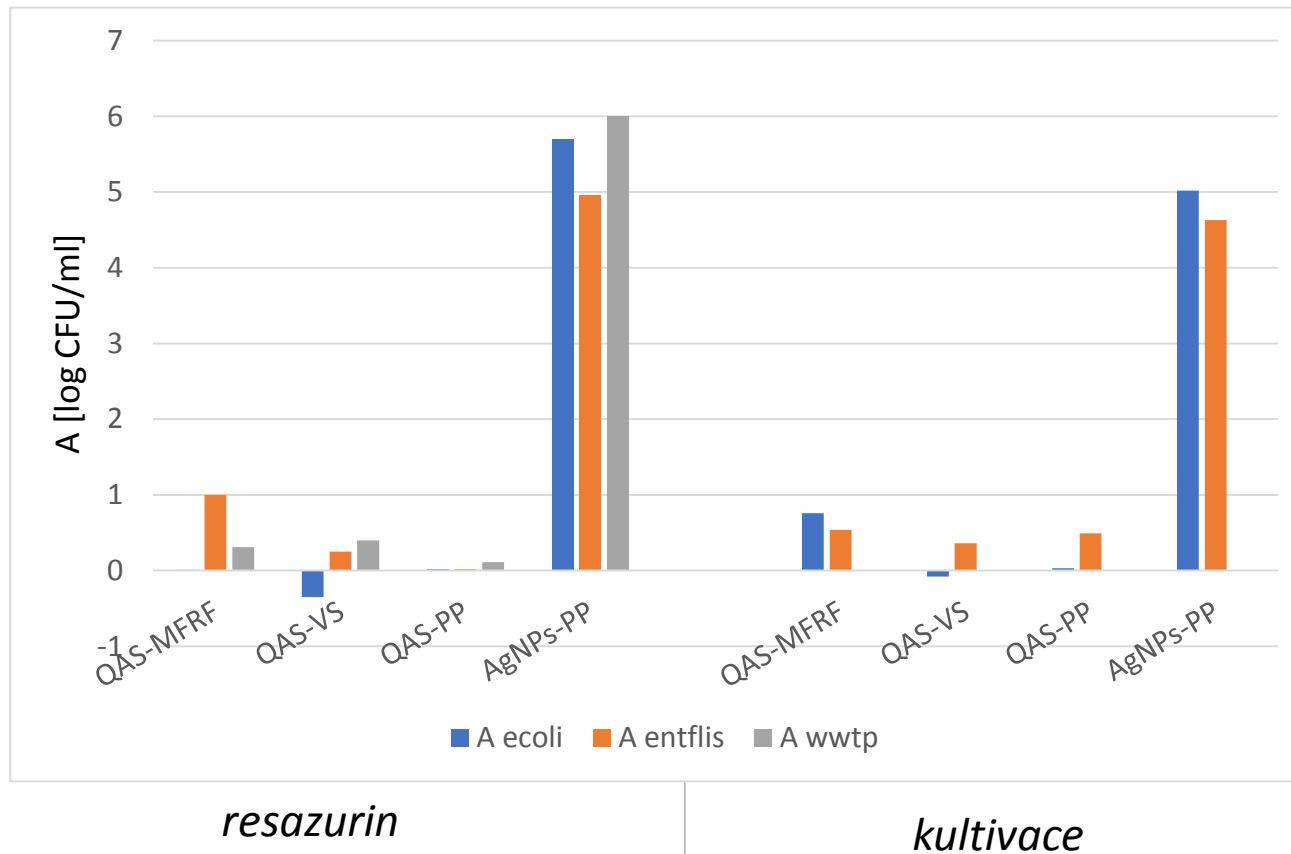
Množství bakterií po 4 hod.



Výsledky



Výsledky



$$A = (\log C_{4h} - \log C_{0h}) - (\log S_{4h} - \log S_{0h})$$

antibakteriální účinnost	Redukce CFU ($\log_{10}$) A
významná	$2 \leq A < 3$
vysoká	$A \geq 3$

Závěr

- screeningová metoda pro zjišťování antibakteriálních účinků membrán
 - rychlá, jednoduchá
 - přesností srovnatelná s ISO metodou
 - nutnost předchozí kalibrace – ale pouze u čistých kultur
- membrány s QAS nebyly dostatečně účinné
- membrána s AgNPs velmi účinná

Tento výzkum byl podpořen projekty MPO (FV10323), MŠMT – program NPU I (LO1504), RECETOX Research Infrastructure (LM2015051 and CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_013/0001761) a ERDF "Development of pre-applied research in nanotechnology and biotechnology" (No. CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_048/0007323)