



Centrum výzkumu Řež, s.r.o

Čištění průmyslových chladících vod

pomocí UV záření

Š. Bártová, P. Kůs, V. Šmejdo

K. Vonková, J. Říhová Ambrožová

15.10.2015

**MS
MT**
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

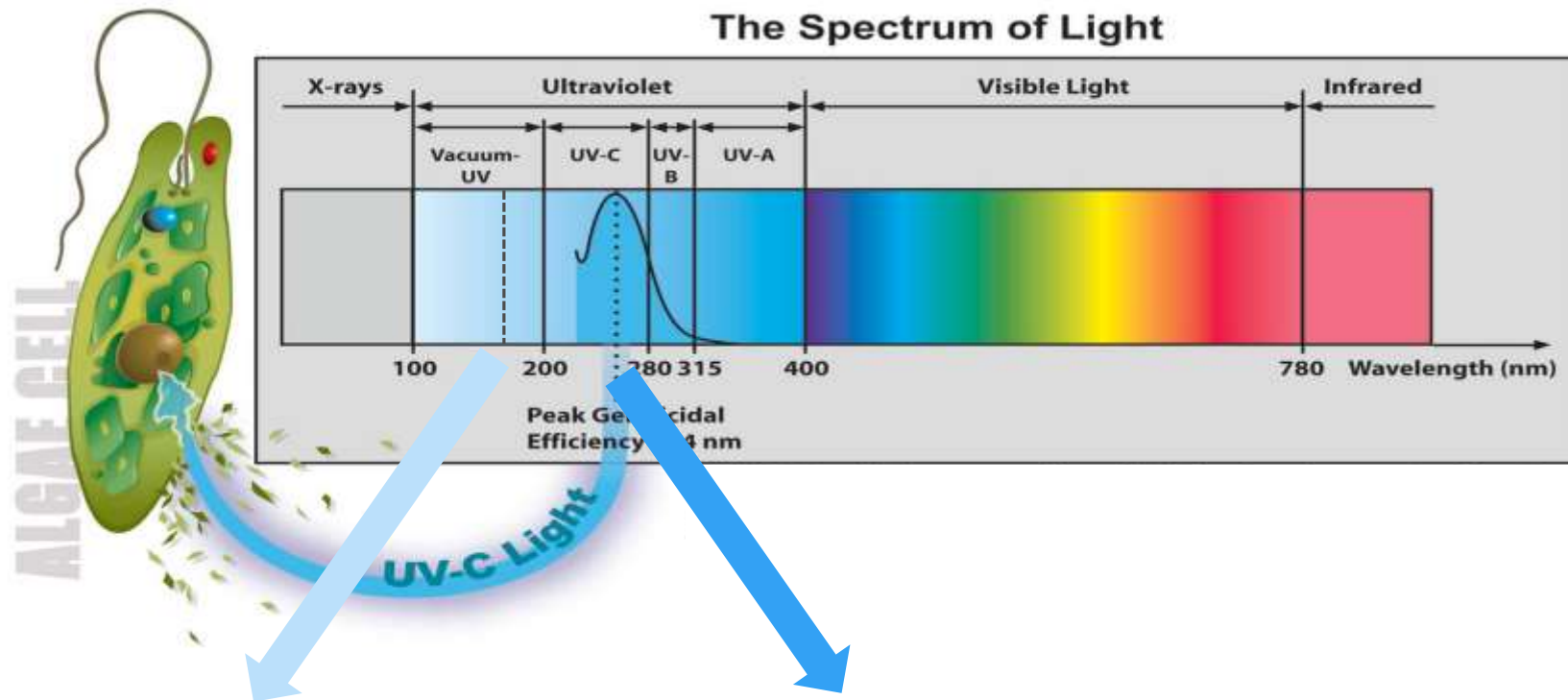


EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI





Rozdělení UV záření::



Vakuové UV: 100 – 200 nm

- vlnové záření o délce ≈ 185 nm
 - vyvolává vznik radikálů
 - oxidace organických látek

UV-C: 200 – 280 nm

- vlnové záření o délce ≈ 264 nm
 - nejvíce absorbováno mikroorganismy
 - nejúčinnější dezinfekce

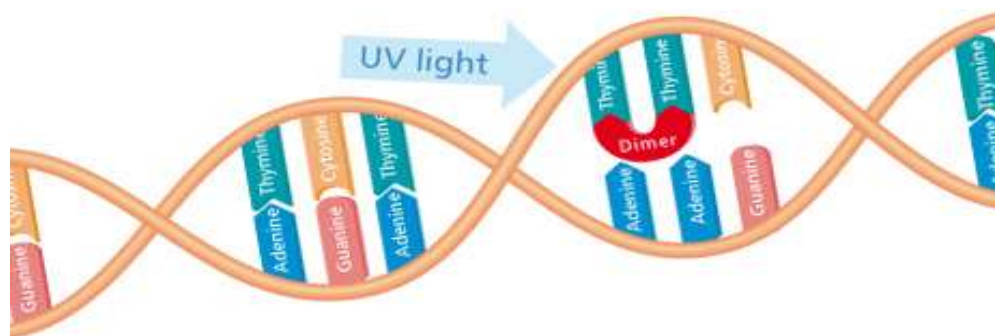


Vliv UV záření na organické látky:

- ozáření vody UV zářením → tvorba $\cdot\text{OH}$ radikálů
- $\cdot\text{OH}$ radikály jsou velice reaktivní → téměř ihned reagují s organickými molekulami
- → organické molekuly rozkládány na CO_2 , H_2O a jiné anorganické molekuly
- selektivita reakcí $\cdot\text{OH}$ radikálů je velice nízká → reagují s jakoukoliv sloučeninou schopnou oxidace → následuje sled oxidačních degradačních reakcí

Vliv UV záření na mikroorganismy:

- germicidní účinky – ničí choroboplodné zárodky
 - fotochemická reakce s DNA mikroorganismů → změny v konfiguraci DNA
 - ztráta schopnosti reprodukce nebo syntézy důležitých proteinů
- ztráta antigenních vlastností při vyšších dávkách UV





Primární chladivo jaderných elektráren (havarijní systémy)

- uzavřený systém
- velice čistá voda – demineralizovaná
- obsahuje H_3BO_3 (0-20 mg/L)
- **organické látky**
 - zdroj: uvolňování z nátěrů spojovacího potrubí
 - limitní hodnota TOC: 500 $\mu\text{g/L}$
- **mikrobiologické množení**
 - není problém s mikrobiologickým množením (uzavřený systém)



Problémy plynoucí ze znečištění chladících vod:

- ukládání vodního kamene, tvorba nánosů
→ zarůstání teplosměnných ploch → horší prostup tepla



Laboratorní aparatura:

UV lampa Sterilight S1Q-PA/2:

- 94 % záření ≈ 254 nm, 6 % záření ≈ 185 nm
- dávka 40 mJ/cm^2

Směsné lože:

- Amberlite IRN 170
- dočištění roztoku H_3BO_3

Vzorek

Analýza:

- H_3BO_3
- TOC

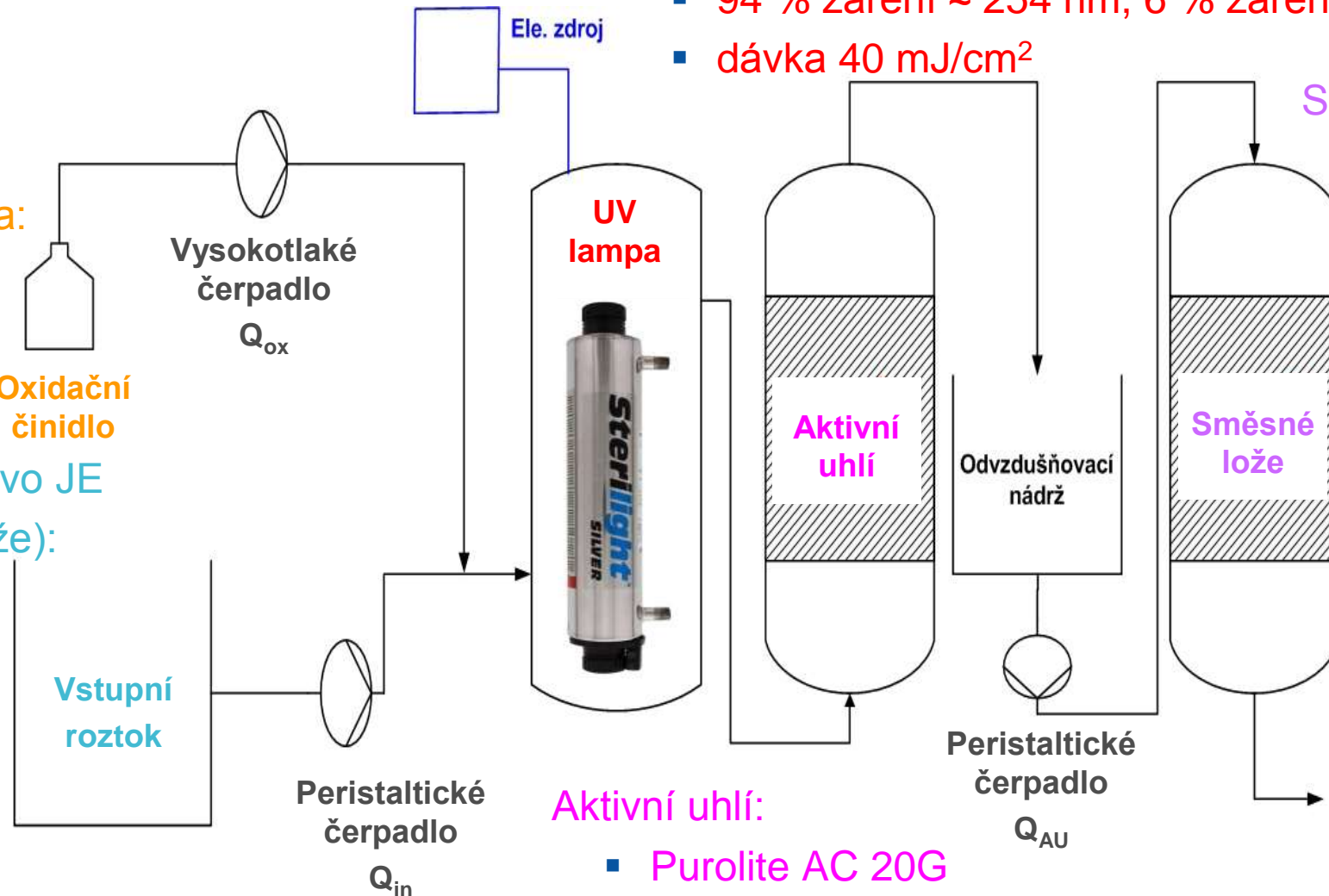
Oxidační činidla:

- H_2O_2
- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$

Oxidační činidlo

Primární chladio JE (havarijní nádrže):

- H_3BO_3
- TOC



Aktivní uhlí:

- Purolite AC 20G
- odstranění přebytku oxidačních činidel



Vstupní roztok

- $Q_{in} = 10 - 50$ ml/min

Modelový roztok

- H_3BO_3 : 5 g/L
- organické sloučeniny
 - hydrogenftalát sodný
 - TOC: 1400 – 6000 $\mu\text{g/L}$

Primární chladivo JE

- H_3BO_3 : 12 g/L
- TOC: 1400 $\mu\text{g/L}$

Oxidační činidlo H_2O_2

- $Q_{ox} = 1.5 - 3.0$ ml/min
- $C_{ox} = 0.1 - 10.0$ %

Oxidační činidlo $Na_2S_2O_8$

- $Q_{ox} = 1.5 - 3.0$ ml/min
- $C_{ox} = 100 - 500$ mg/L

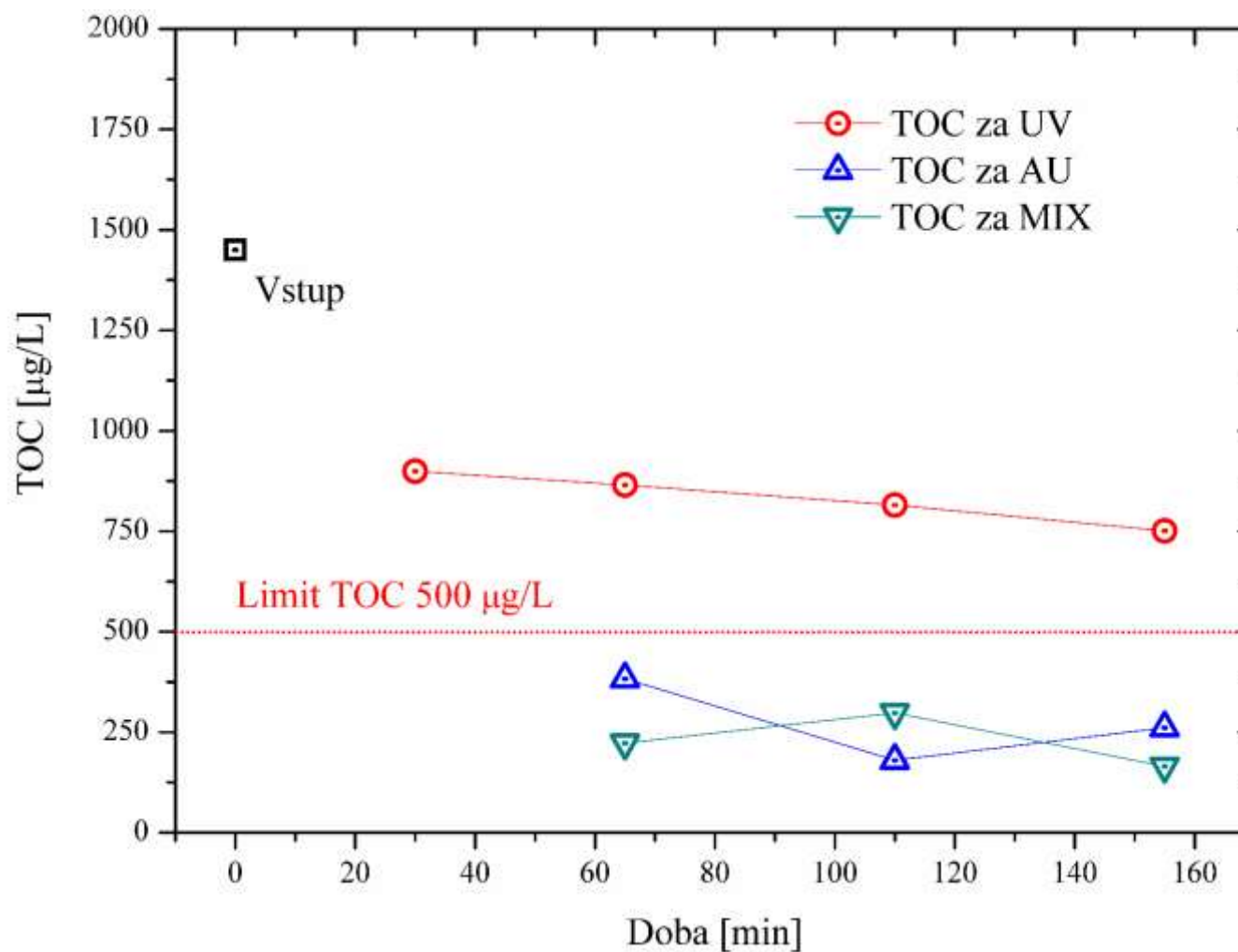
Analýzy

- H_3BO_3 → Metrohm 716 DMS Titrino (potenciometrická titrace)
- TOC → Shimadzu TOC/Vws



Celkový organický uhlík (TOC)

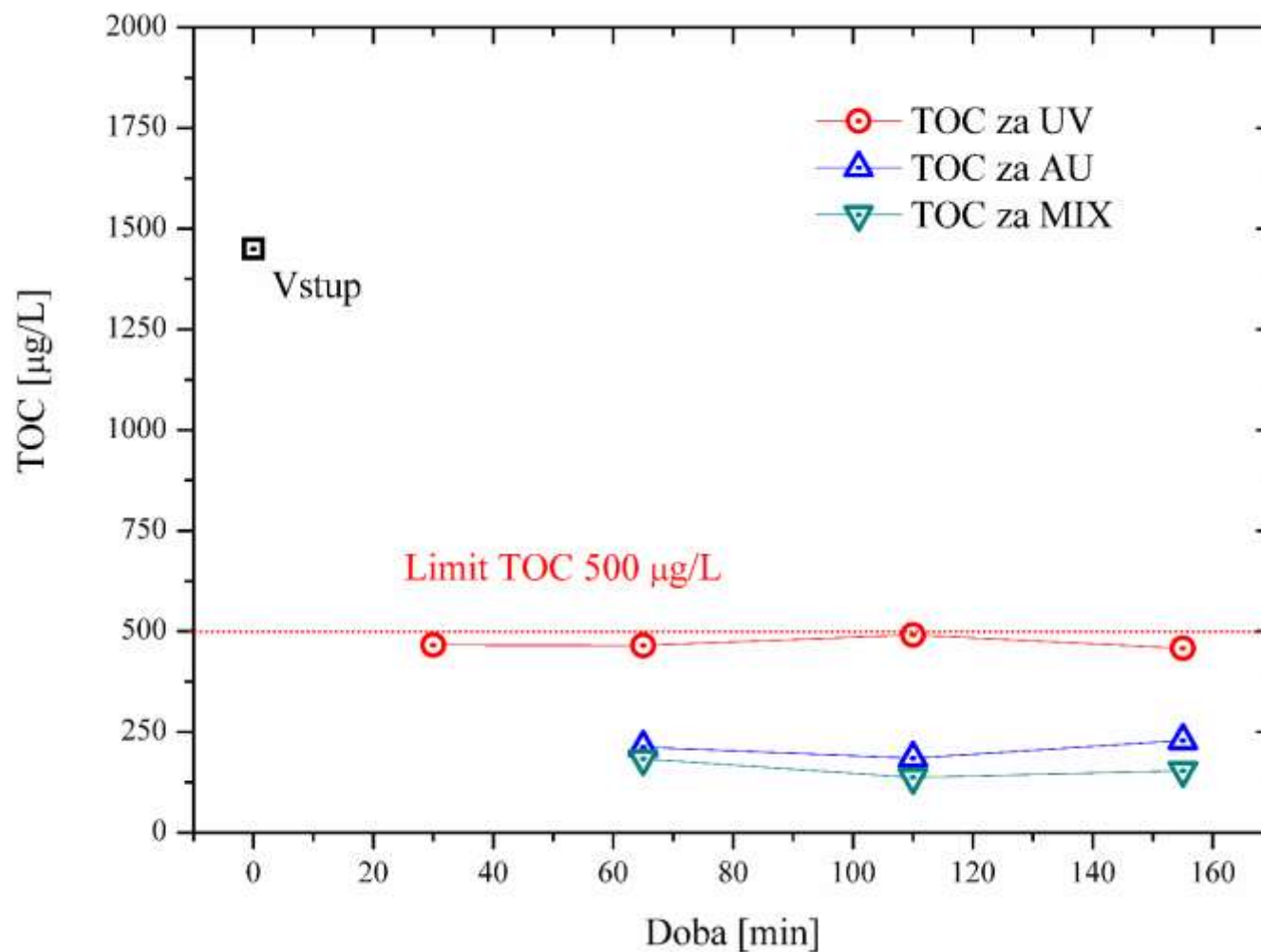
UV, $Q_{in} = 50 \text{ ml/min}$, $Q_{ox} = 2.5 \text{ ml/min}$, $C_{ox} = 1.0 \% (\text{H}_2\text{O}_2)$





Celkový organický uhlík (TOC)

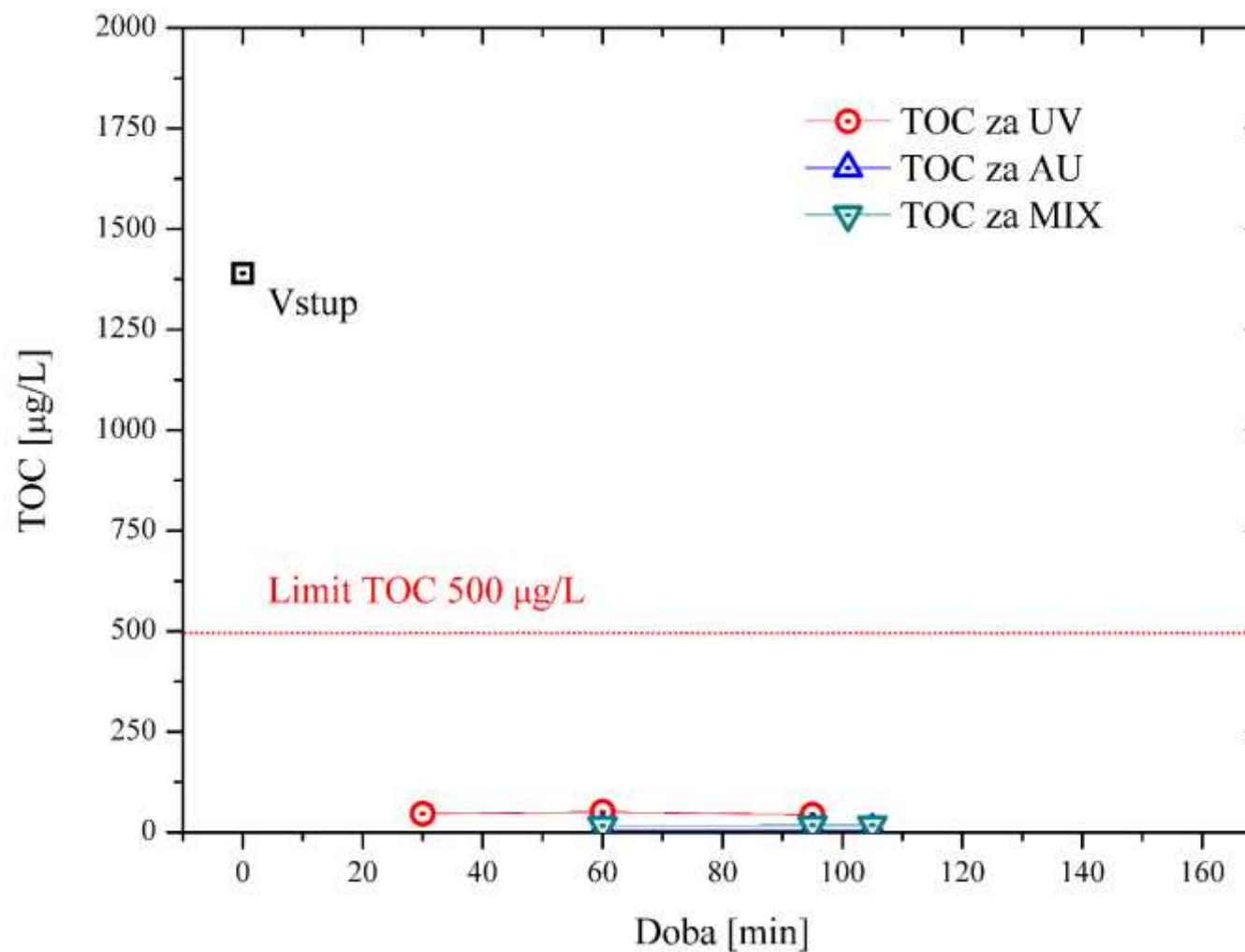
UV, $Q_{in} = 50$ ml/min, $Q_{ox} = 2.5$ ml/min, $C_{ox} = 500$ mg/L ($Na_2S_2O_8$)





Celkový organický uhlík (TOC)

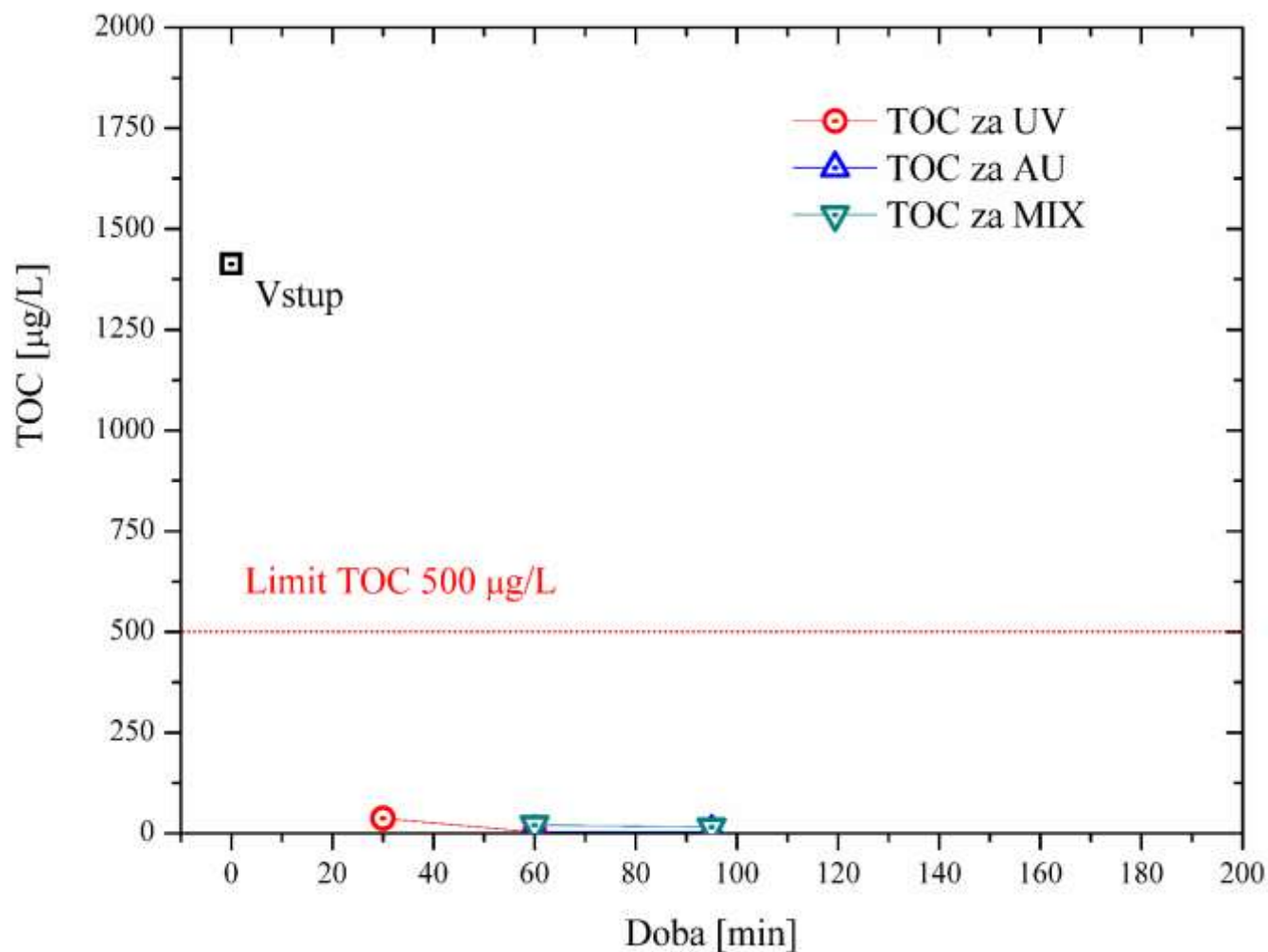
UV, $Q_{in} = 50 \text{ ml/min}$, $Q_{ox} = 2.5 \text{ ml/min}$, $C_{ox} = 2.5 \% (\text{H}_2\text{O}_2)$





Celkový organický uhlík (TOC)

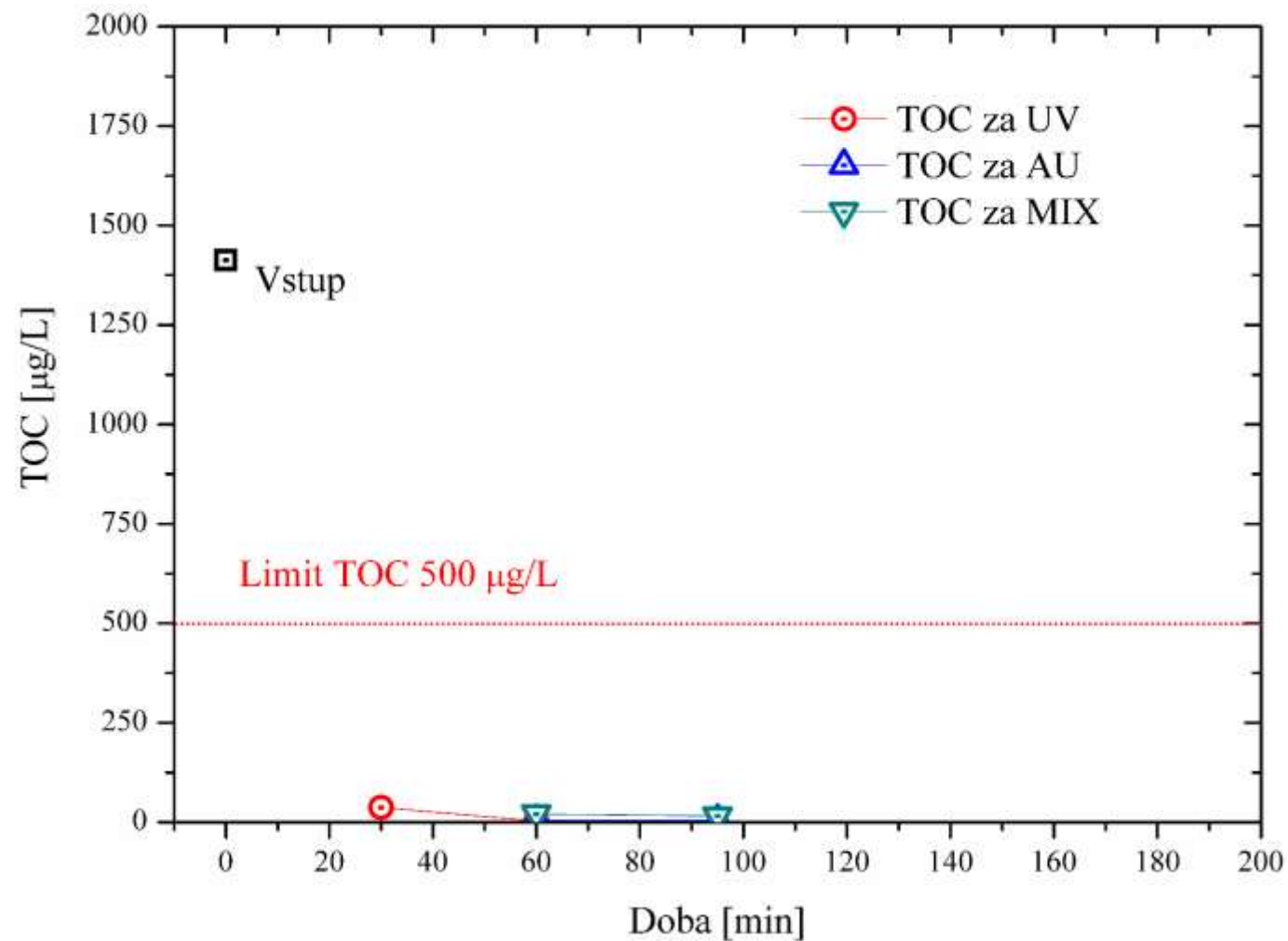
UV, $Q_{in} = 75 \text{ ml/min}$, $Q_{ox} = 2.5 \text{ ml/min}$, $C_{ox} = 5.0 \% (\text{H}_2\text{O}_2)$





Celkový organický uhlík (TOC)

UV, $Q_{in} = 75 \text{ ml/min}$, $Q_{ox} = 2.5 \text{ ml/min}$, $C_{ox} = 500 \text{ mg/L}$ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)





Závěry

- byla dosažena požadovaná hodnota **TOC=500 µg/L** při použití **UV záření** v kombinaci s **oxidačními činidly** (H_2O_2 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)
- kvůli požadované vysoké čistotě primárního chladiva je nutné použít **aktivní uhlí** k odstranění zbytkového oxidačního činidla a **směsné lože** pro konečné vyčištění roztoku kyseliny borité
- navrhli jsme **pilotní jednotku** a provozní předpis pro čištění primárního chladiva na JE
- pilotní jednotka bude nainstalována a používána na JE k čištění primárního chladiva



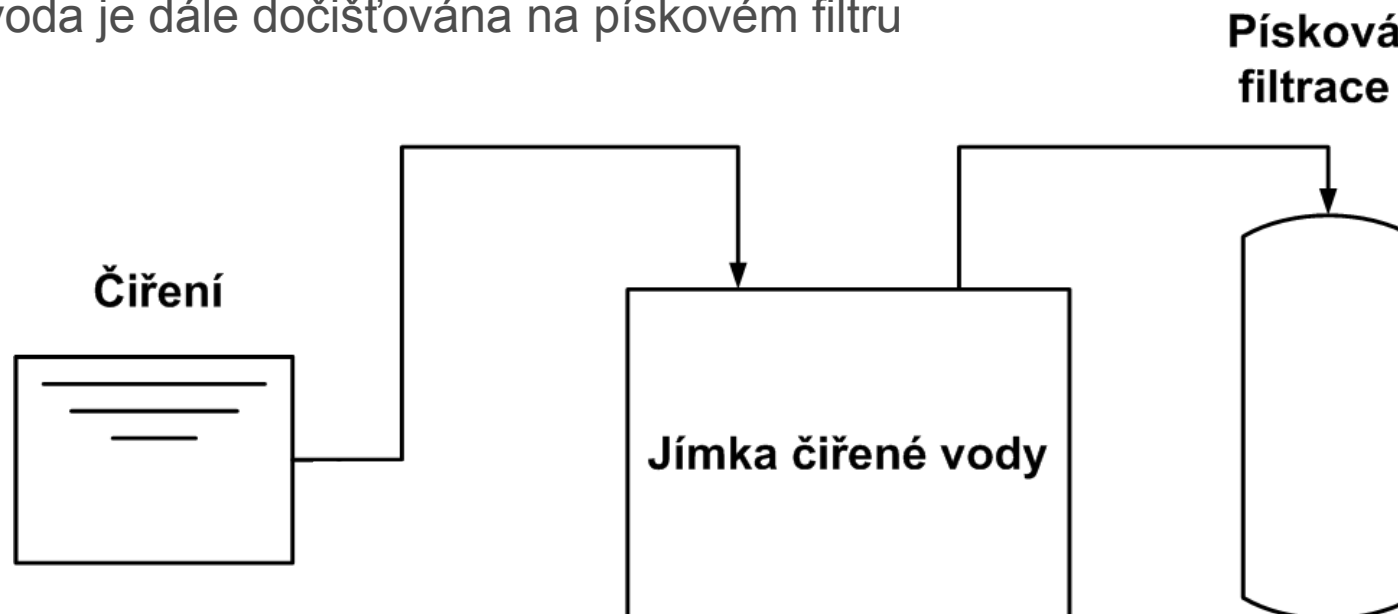


Zdroj vody pro technologii: řeka

- **mikrobiologické množení**
 - mikroorganismy přítomny přímo v použité vodě
 - mikroorganismy se dostávají do vody z okolí
 - ideální prostředí pro růst mikroorganismů

Schéma technologie

- čířená voda je dále dočišťována na pískovém filtru



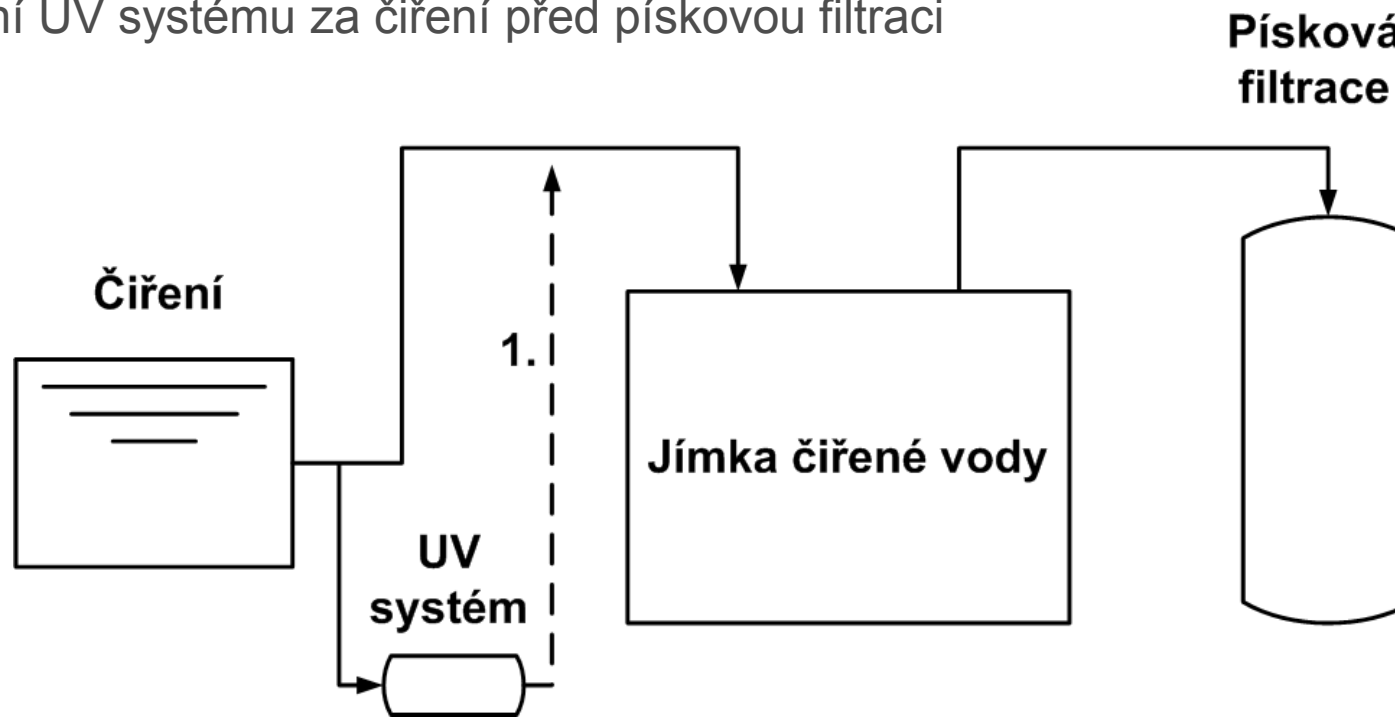


Problémy plynoucí ze znečištění čířené vody:

- zarůstání pískového filtru
 - potřeba časté regenerace/výměny pískového filtru
 - zanášení reverzně osmotických membrán

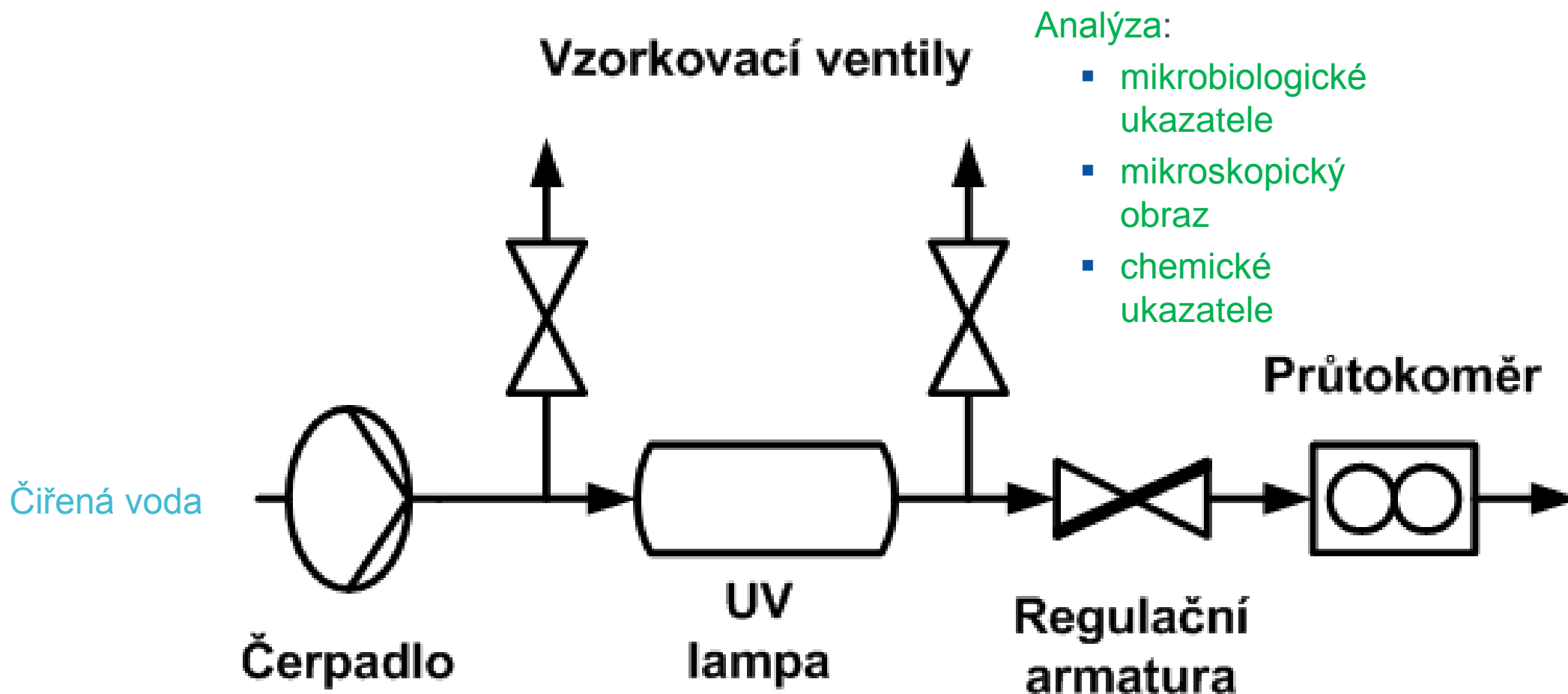
Hygienické zabezpečení čířené vody pomocí UV záření

- umístění UV systému za číření před pískovou filtrací





Pilotní jednotka:

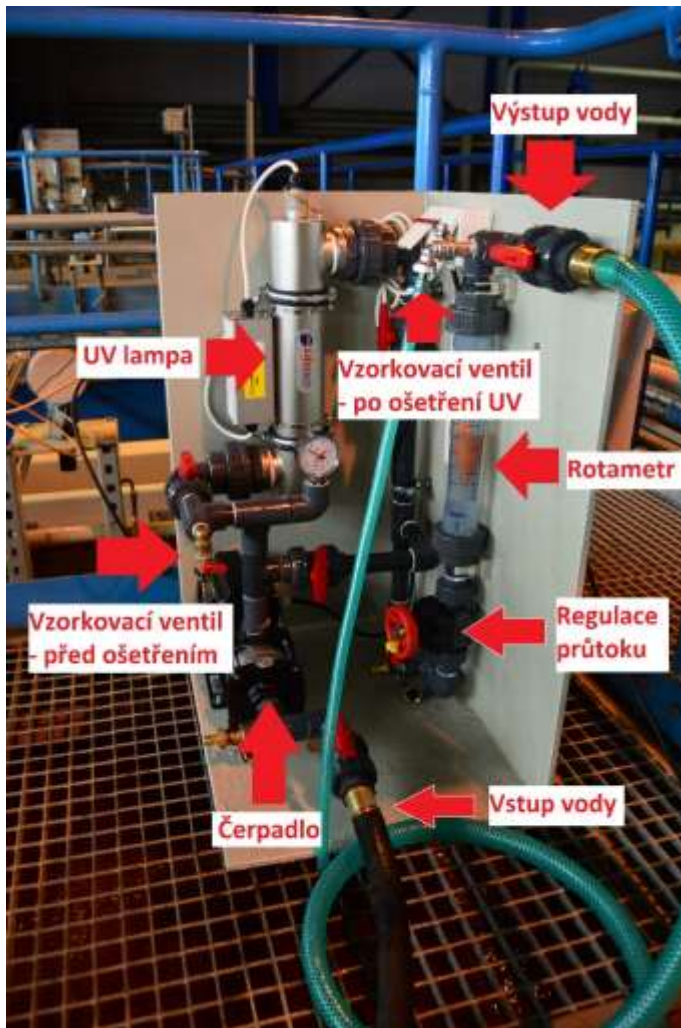


UV lampa Life UVL0148SP-II:

- vlnová délka záření ≈ 254 nm
- dávka 40 mJ/cm^2 @ $10 \text{ m}^3/\text{hod.}$



Umístění pilotní jednotky v provozu:





Vstupní roztok

- $Q_{in} = 600 - 5000 \text{ l/h}$

Analýzy

- mikroskopický obraz → fluorescenční mikroskop
 - živé/mrtvé mikroorganismy
 - přítomnost částic abiosestonu
- mikrobiologické ukazatele

Kultivovatelné mikroorganismy při 22 °C a 36 °C

Koliformní bakterie

Escherichia coli

Enterokoky

Pseudomonas aeruginosa

Clostridium perfringens

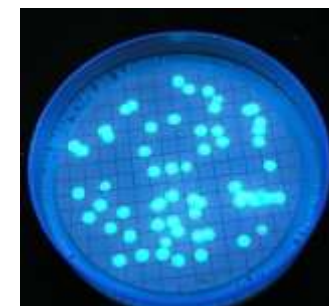
Stafylokoky

chemické ukazatele

→ Fe, TOC, transmittance

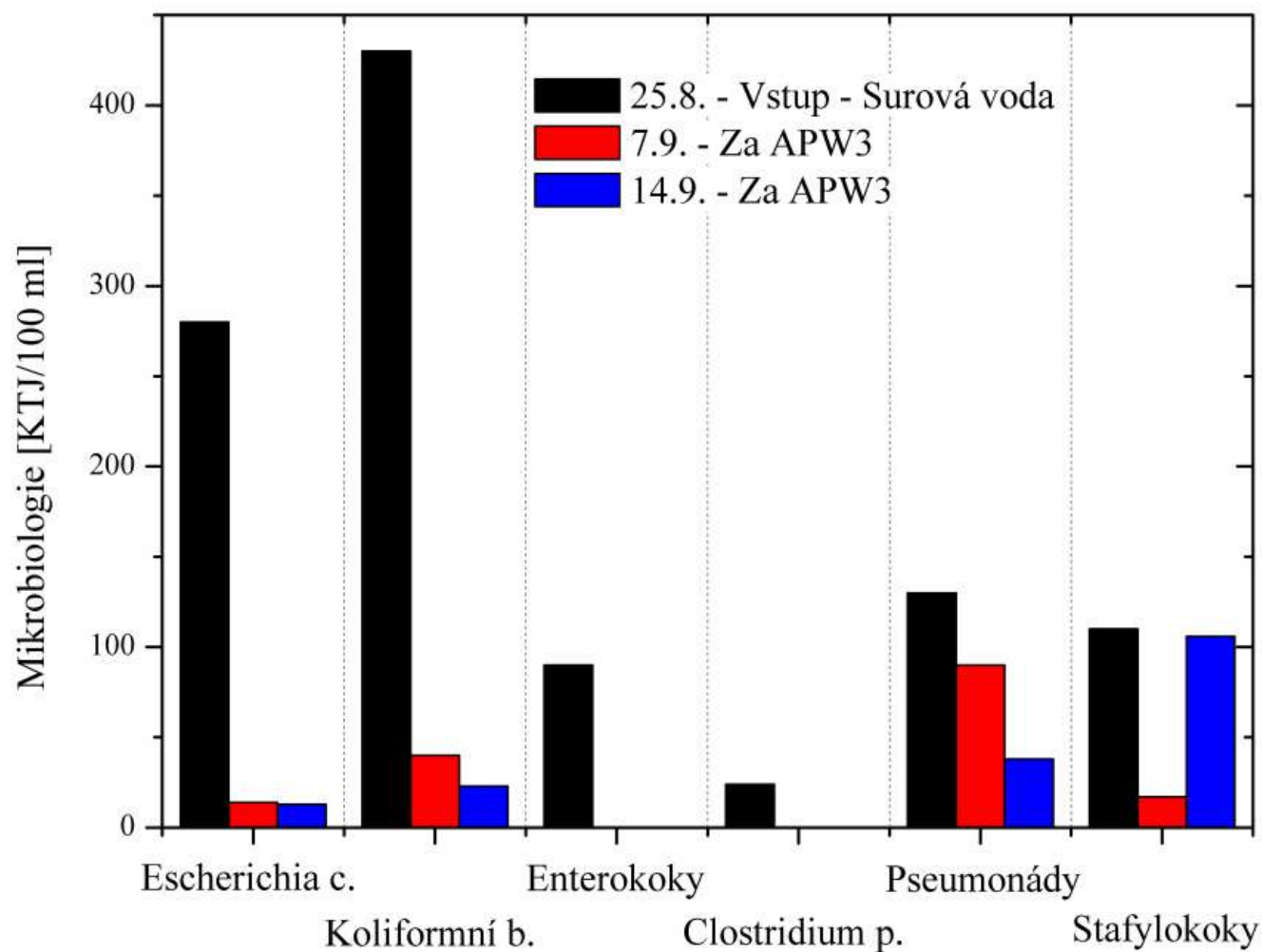
Typy experimentů

- standardní stav čířiče (ustálený stav po 3 hod provozu, výkon čířiče cca 120 m³/h)
- najíždění čířiče do ustáleného stavu



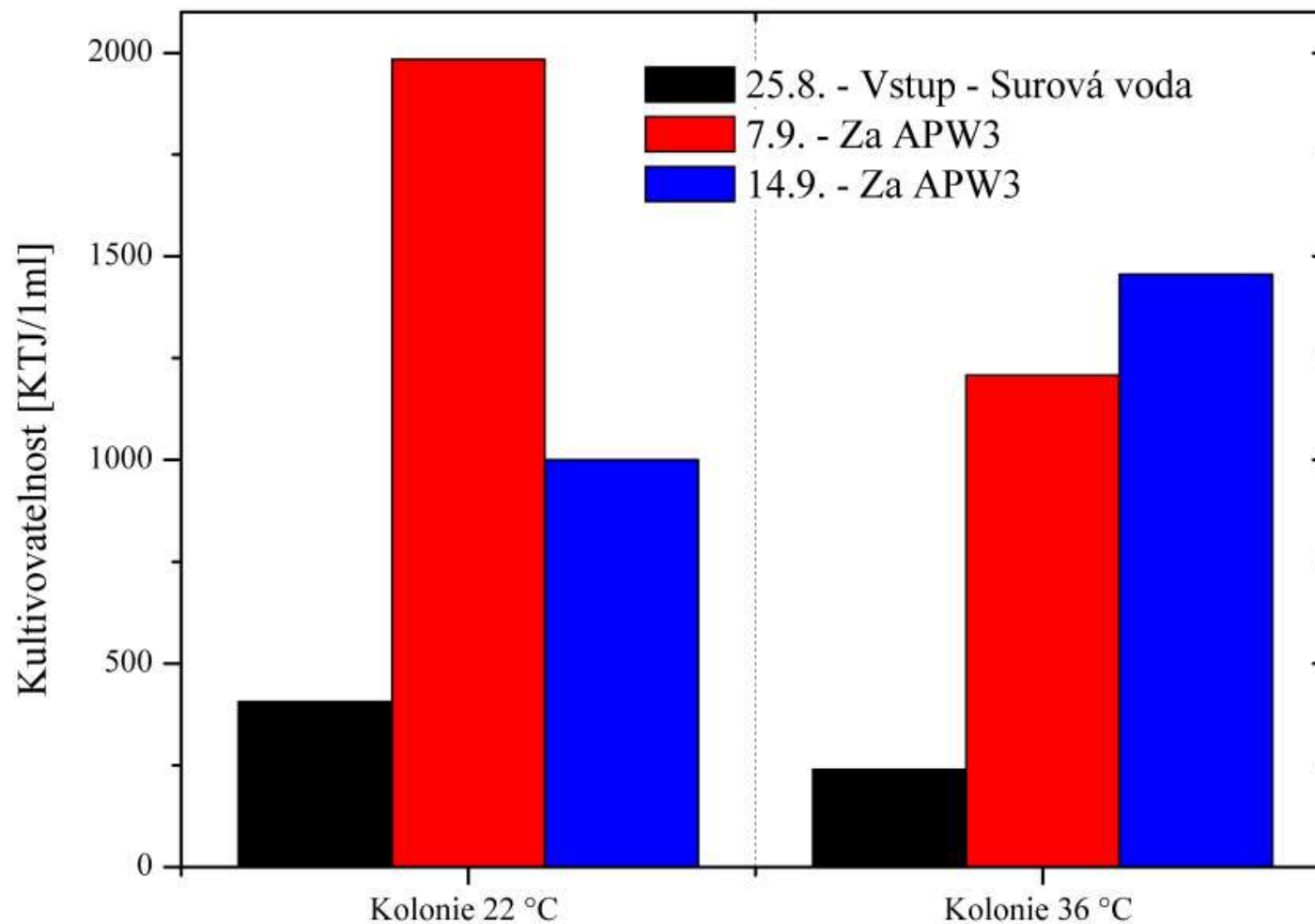


Účinnost čířiče – mikrobiologický rozbor



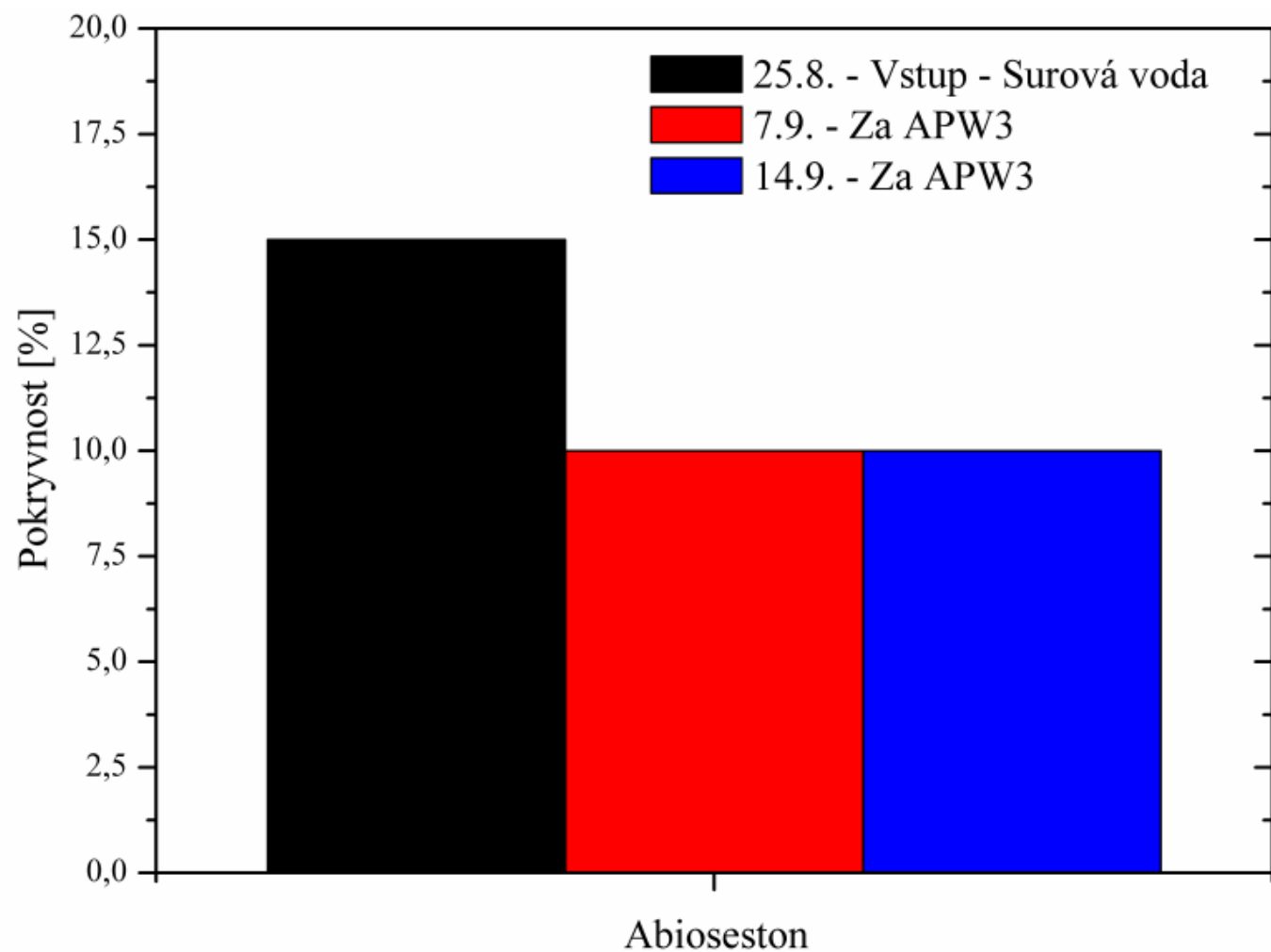


Účinnost čířiče – kultivovatelné při 22 °C a 36 °C





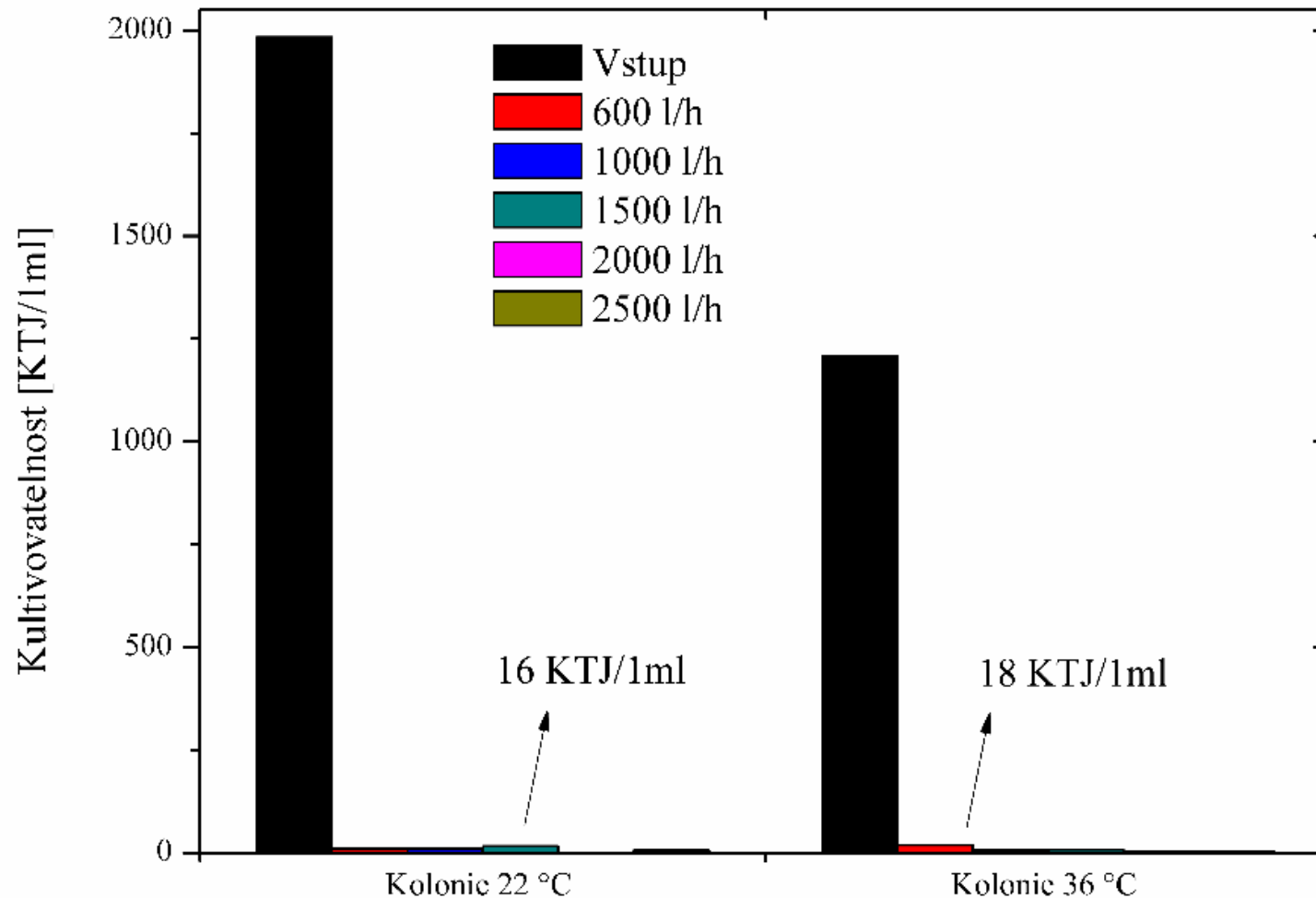
Účinnost čířiče - abioseston





Účinnost UV zářeni – kultivovatelné při 22 °C a 36 °C

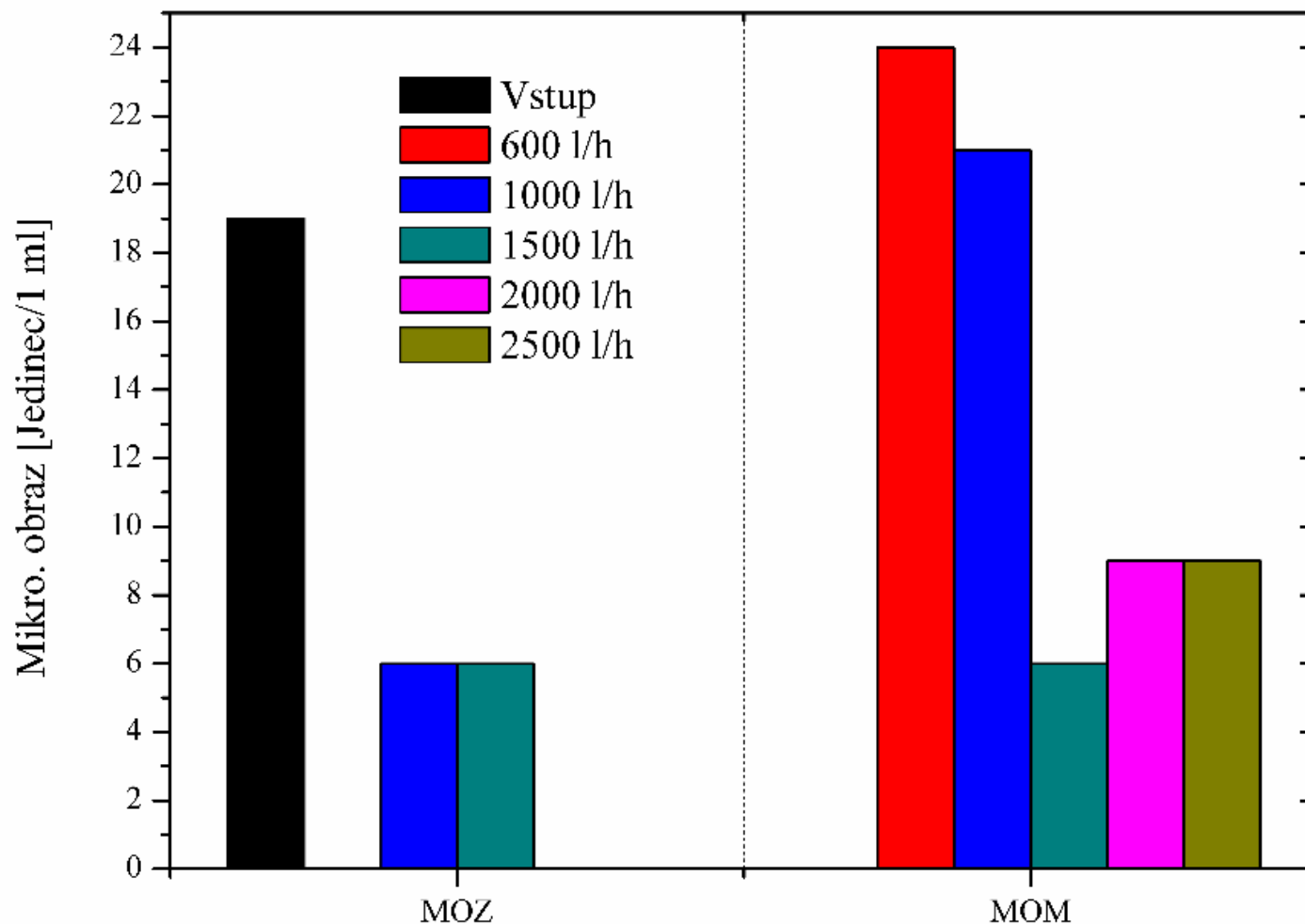
Standardní stav čířiče





Účinnost UV záření – mikroskopický obraz

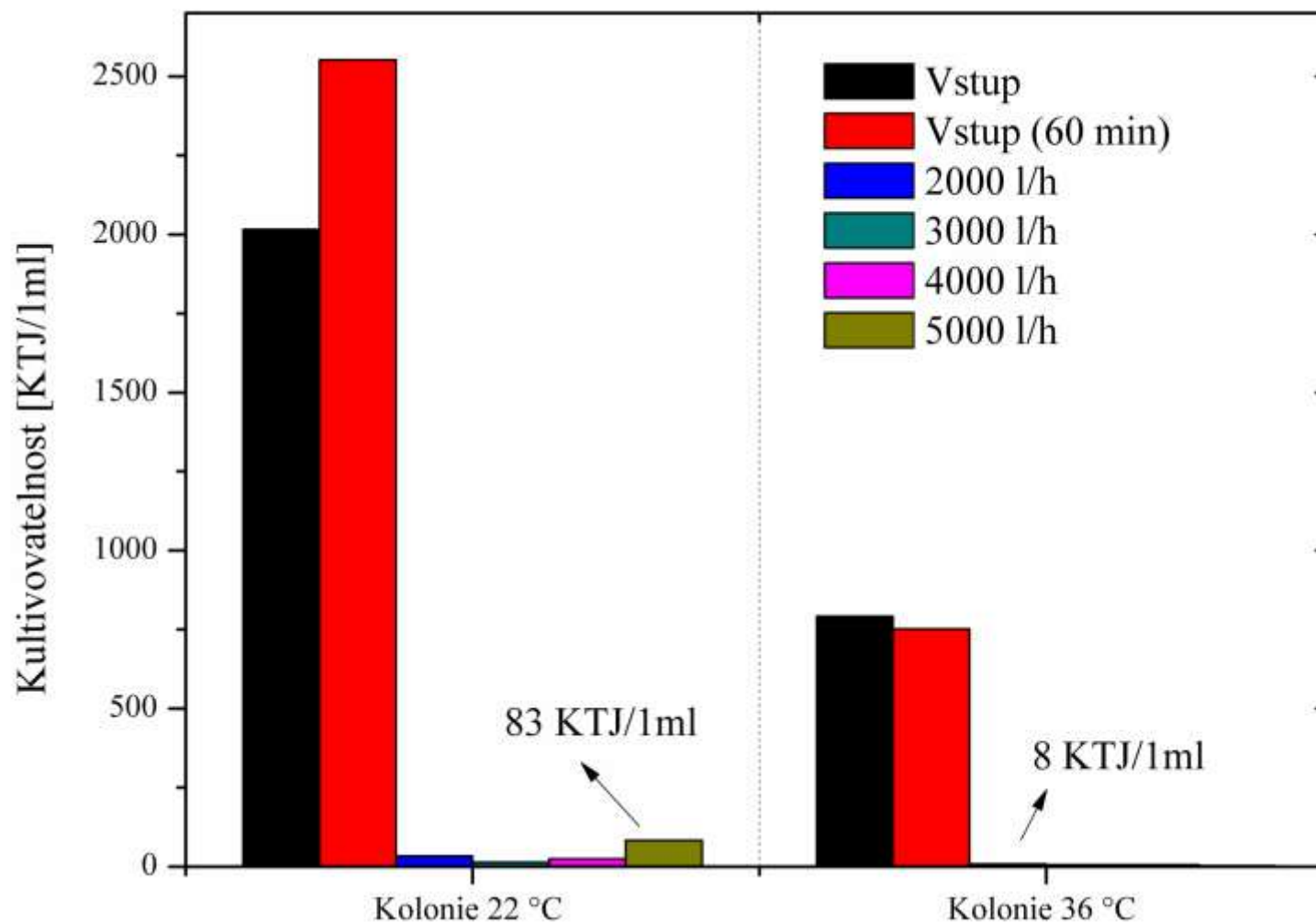
Standardní stav čířiče - živé vs. mrtvé mikroorganismy





Účinnost čířiče – kultivovatelné při 22 °C a 36 °C

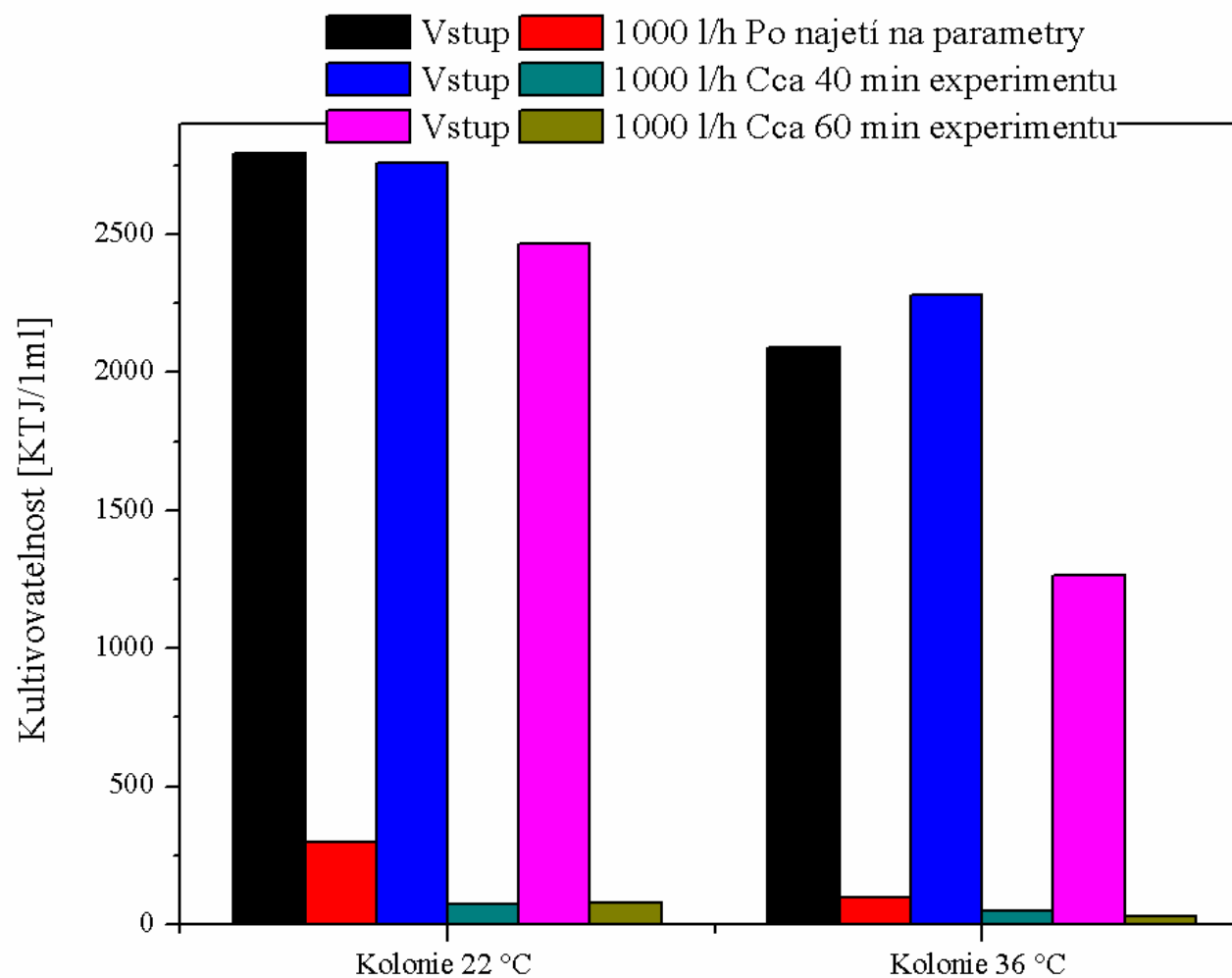
Standardní stav čířiče – vyšší průtoky





Účinnost UV záření – kultivovatelné při 22 °C a 36 °C

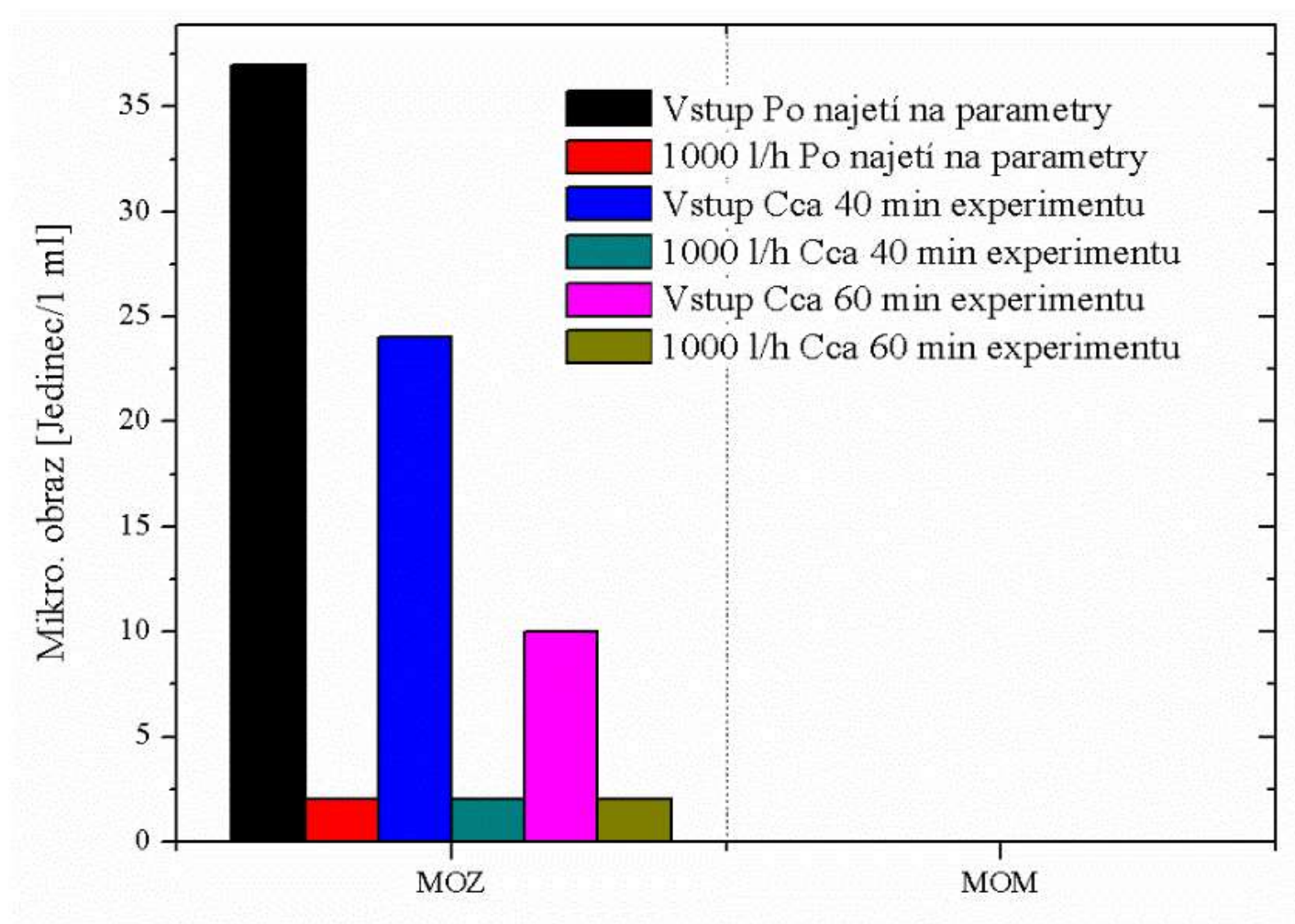
Odběry po najetí čířiče na parametry, po 20 a 40 minutách provozu





Účinnost UV záření – mikroskopický obraz

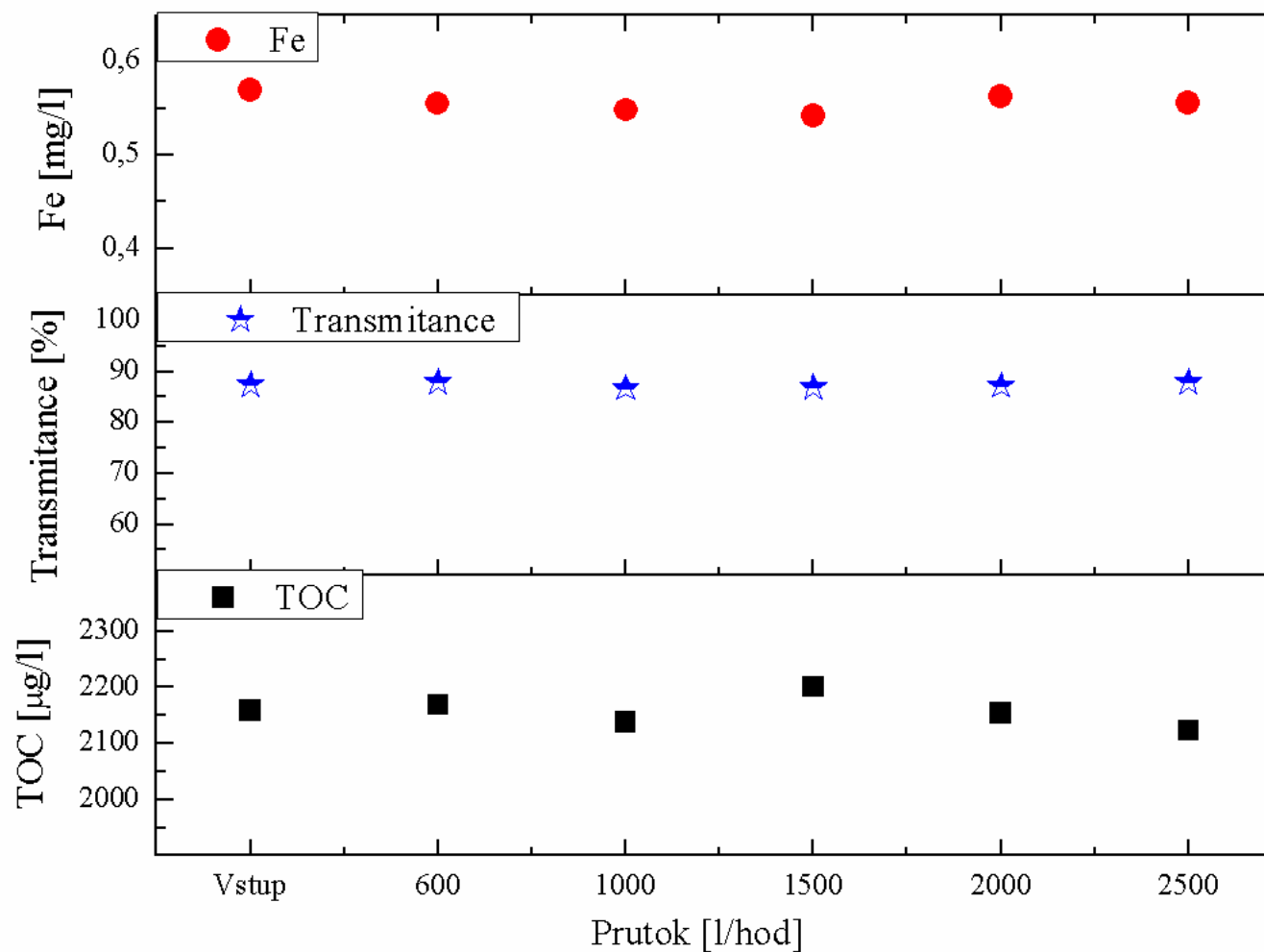
Odběry po najetí čířiče na parametry, po 20 a 40 minutách provozu





Účinnost UV zářeni – chemické ukazatelé

Standardní stav čířiče





Výsledky testů

- byla úspěšně otestována poloprovozní jednotka UV záření na hygienizaci čířené vody
- účinnost technologie byla potvrzena i při vyšších průtocích (až 5 000 l/h)

Co dál?

- nízkotlaký vs. středotlaký zdroj UV záření
- změření systémů: 1. surová voda – číření – jímka čířené vody – pískový filtr
2. pískový filtr – odpadní prací voda

Závěrem

- návrh provozní jednotky UV záření na průtoky až 108 000 l/h
- instalace provozní jednotky na elektrárnu





Děkuji za pozornost

www.cvrez.cz

sarka.bartova@cvrez.cz