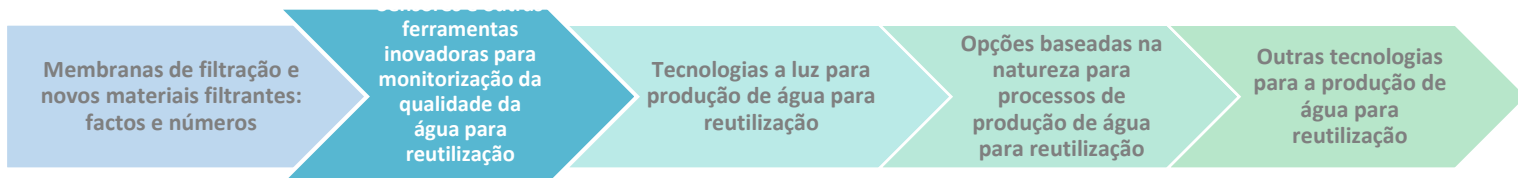




Pacote de informações 4

Empresas de sistemas de água

Ficha informativa 4.2 – Sensores e outras ferramentas inovadoras para monitorização da qualidade da água para reutilização: factos e números



SUWANU EUROPE é um projeto H2020 que tem como objetivo a troca eficaz de conhecimentos, experiências e competências entre praticantes e intervenientes relevantes na utilização de água para reutilização na agricultura. Esta ficha informativa faz parte de um total de 5 fichas informativas do Pacote de Informações 4, destinado a empresas de sistemas de tratamento de água. Descreve diferentes inovações para detetar agentes patogénicos ou carbono orgânico dissolvido. Para a medição dos agentes patogénicos, será debatida a citometria de fluxo, e para o carbono orgânico dissolvido, será debatido um sensor de fluorescência UV LED.

INTRODUÇÃO

1. Citometria de fluxo

A maioria das bactérias transmitidas pela água são não cultiváveis e não formam colónias nos meios de cultura microbiológica padrão disponíveis. Como consequência, estas bactérias não são detetadas por métodos de deteção baseados no cultivo. Entre os métodos independentes do cultivo, a citometria de fluxo é proeminente devido à sua velocidade e reprodutibilidade de resultados com diferentes tipos de água. A determinação das concentrações de bactérias pode ser realizada num período de 15 minutos e é possível obtê-la num formato online. Para além da quantificação pura, a tecnologia permite a diferenciação entre bactérias intactas (vivas) e bactérias com membrana comprometida (mortas/ danificadas).

2. Sensor Led UV

A monitorização online contínua da matéria orgânica dissolvida (MOD) é urgente para o controlo futuro e inteligente do custo-eficácia durante o tratamento da água. Por outro lado, a frequente monitorização do carbono orgânico dissolvido (COD) e dos subprodutos de desinfecção (DBP - disinfection byproducts) tóxicos é relativamente dispendiosa e morosa. Como resultado, muitas agências estão a ressaltar a necessidade de monitorização de substituição do COD e estimativa do potencial de formação dos DBP. Consequentemente, é necessário desenvolver uma espécie de sensor económico, pequeno, com menor consumo de energia, mas sensível, que possa fornecer sinais de feedback em tempo real para otimização automática dos parâmetros de funcionamento e estimativa da formação de DBP durante o tratamento da água. As medições espectrais, incluindo os sinais de absorção de UV e fluorescência que estão associados a MOD a granel, oferecem soluções particularmente promissoras para a monitorização frequente online.

3. Inovação futura

Apesar de todos os esforços para desenvolver sistemas de monitorização em tempo real, ainda existe uma falta de dispositivos robustos, contínuos, precisos e verificáveis em tempo real que demonstrem potencial para implementação em grande escala. A sua ampla aplicação tem sido limitada devido a uma incapacidade de obter de forma fiável dados precisos e rentáveis sobre a qualidade da água. Por outro lado, a maioria dos sistemas de monitorização online desenvolvidos são adaptações diretas dos métodos analíticos tradicionais, baseados em laboratório, não concebidos originalmente para aplicações no terreno. Adicionalmente, é necessário que operem em ambientes extremos e diversos, ao mesmo tempo que obtêm resultados precisos e possíveis de reproduzir. Consequentemente, estes métodos requerem uma calibração e manutenção frequentes e, por norma, consomem grandes quantidades de reagentes químicos. Além disso, os analisadores recebem frequentemente respostas cruzadas devido às variações da matriz entre os padrões e as amostras analisadas, uma vez que as condições de medição não são controladas. Existem também custos económicos e de logística associados à manutenção do equipamento remoto devido à dificuldade de detetar problemas como incrustação do sensor.

1. CITOMETRIA DE FLUXO

1.1. Tecnologia

A integridade da membrana de uma célula é um critério bem aceite para caracterizar células viáveis (ativas ou inativas) e distingui-las das células danificadas e com membranas comprometidas. Esta informação é de grande importância nos estudos sobre a função dos grupos microbianos em ambientes naturais, a fim de atribuir a maior parte das atividades medidas através de vários métodos às células muito ativas que são efetivamente responsáveis pelas observações. O princípio desta abordagem é utilizar em simultâneo uma sonda permeável (SYBR Green; Sondas Moleculares) e uma sonda impermeável (iodeto de propídio) e tirar partido da transferência de energia que ocorre entre estas quando ambas as sondas estão a manchar ácidos nucleicos. Uma têmpera total da fluorescência da sonda permeável pela sonda impermeável apontará para células com uma membrana comprometida, uma têmpera parcial indicará células com uma membrana ligeiramente danificada, e uma falta de têmpera caracterizará células de membrana intacta identificadas como viáveis.

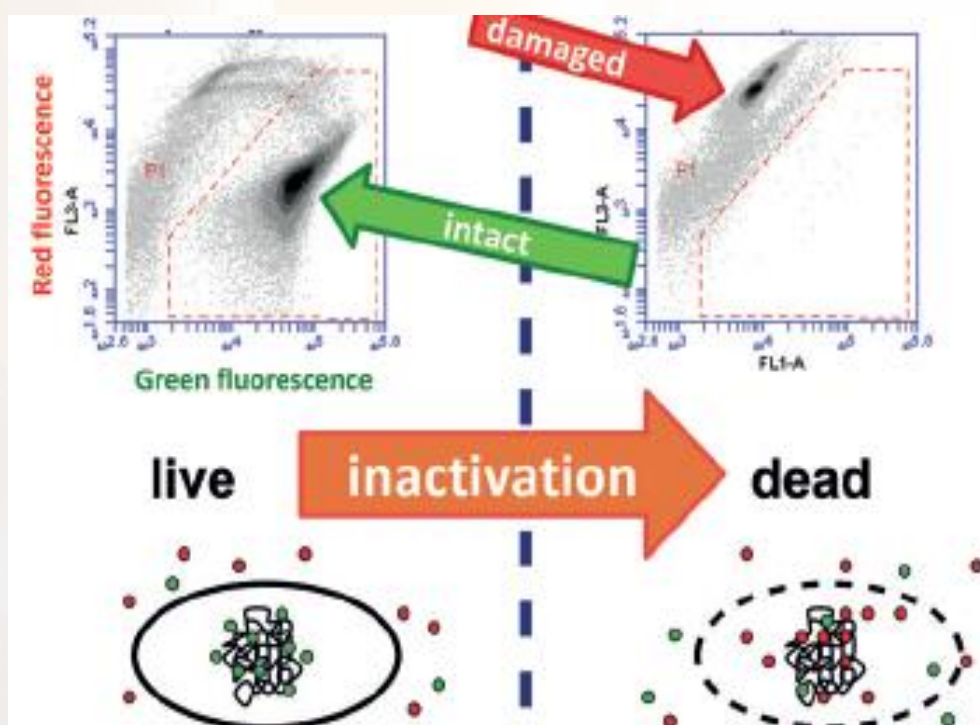


Figura 1: Exemplo de diagrama de densidade de citometria de fluxo de uma suspensão bacteriana com células de membrana vivas/intactas (na área pontilhada a vermelho), nomeadamente com células de membrana mortas danificadas (fora da área pontilhada) após coloração com dois corantes

1.2. Aplicação na reutilização da água

Quanto a outros tipos de água, a citometria de fluxo oferece uma determinação rápida e fiável do número de células bacterianas no campo da monitorização de processos de reutilização de água. Com base no facto de a deteção não ser baseada no cultivo das bactérias, toda a população bacteriana na água é medida independentemente das suas necessidades de crescimento. Ainda que as bactérias indicadoras de higiene tradicionais, tais como coliformes, enterococos intestinais ou *Clostridium perfringens* não sejam tipicamente detetáveis após filtração por membrana e a contagem total de colónias só esteja disponível após 2-3 dias, a citometria de fluxo oferece uma base de dados sólida para a avaliação microbiológica da eficiência das diferentes etapas de tratamento da água. O método é compatível com o conceito de "Análise de Perigos e Controlo de Pontos Críticos" (HACCP) uma vez que a rápida deteção de alterações na microbiologia fornece uma boa base para as decisões de controlo do processo.



SUWANU
EUROPE

2. SENSOR DE FLUORESCÊNCIA LED UV

2.1. Tecnologia

O sensor LED, que mede simultaneamente a absorvância UV280, a fluorescência do tipo proteína e a fluorescência do tipo húmico, é viável para monitorizar cromóforos e fluoróforos com boa sensibilidade e precisão. A cromatografia líquida com detetor de carbono orgânico combinada com a análise de correlação síncrona 2D demonstrou ainda mais como os componentes da MOD de grande peso molecular foram transformados em pequenas moléculas em função da diminuição da fluorescência do tipo húmico. A cromatografia de exclusão de tamanho de alto desempenho com absorvância multi-UV e verificações fluorescentes multi-emissões são aplicadas para caracterizar espectralmente as amostras.

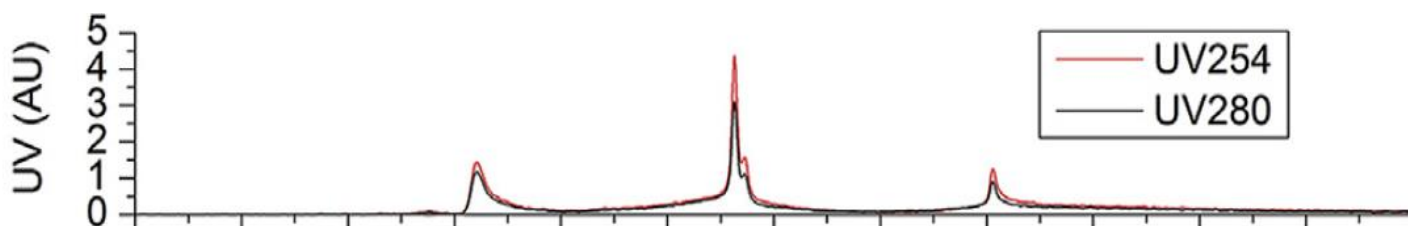


Figura 2: Imagem de um espectrofotômetro com um diagrama que mostra os picos medidos a UV254 e UV280

2.2. Aplicação na reutilização da água

A cloração é a prática de desinfecção mais utilizada durante o tratamento da água, pois é eficaz contra a maioria dos agentes patogénicos e proporciona uma capacidade residual de desinfecção. Contudo, os subprodutos de desinfecção (SPD) tóxicos formam-se inevitavelmente devido a reações entre o cloro e a matéria orgânica natural (MON), o que tem causado sérias preocupações em matéria de saúde pública. Muitos estudos sugerem que os SPD são citotóxicos e genotóxicos, e que a exposição crónica aos SPD está associada ao cancro da bexiga e do cólon em humanos. Ser capaz de detetar estes produtos com sensor de fluorescência UV LED, poderia reduzir a concentração destes produtos no momento do tratamento.



3. INOVAÇÃO FUTURA

3.1. Tecnologia

Para o caso particular da detecção de agentes patogénicos na água, existe uma perspetiva promissora para os sensores fotónicos que melhoram a detecção biológica, aproveitando a propriedade natural de fluorescência de algumas bactérias, tais como *Escherichia coli*. O sensor de agentes patogénicos proposto pelo AIMEN visa detetar a fluorescência natural das bactérias em amostras de água reais e em medições *in situ*. Um estudo minucioso com amostras de água reais irá fazer a diferença com o estado da arte existente neste campo. Este sensor não irá dar uma quantificação precisa de *E. coli*, mas irá realizar uma monitorização que pode estabelecer uma estimativa da presença de agentes patogénicos. Isto tem de ser entendido como um sistema de alarme precoce, que implicaria a necessidade de análises laboratoriais adicionais para confirmar a presença e a UFC de agentes patogénicos na água. Também não é muito específico, mas não requer nenhum tratamento de água, nenhum reagente, funcionalização ou pré-tratamento de amostras, o que o torna mais barato e realmente fácil de manusear.

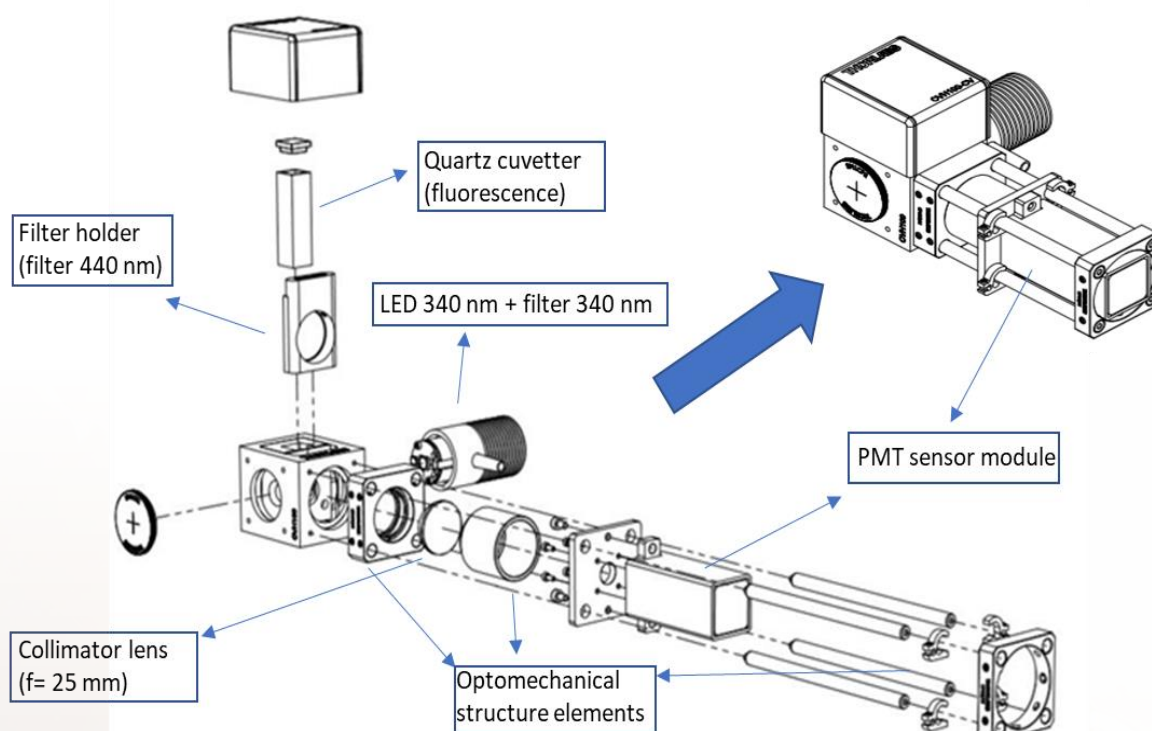


Figura 3: Configuração de sensores de TFM sugerida pela AIMEN para medições de fluorescência de *E. Coli*

3.2. Aplicação na produção de água para reutilização

Foram desenvolvidos alguns sensores para medir diretamente a fluorescência natural destas bactérias em condições reais sem tratamento de amostras e utilizando sistemas de circulação de água para reproduzir uma solução de monitorização de água em linha.

No entanto, não existem relatórios de utilização de nenhum destes sensores em locais reais ou de monitorização de amostras reais de água de estações de tratamento de água. No entanto, com o sensor de agentes patogénicos proposto pela AIMEN, este sensor seria um dispositivo de monitorização em linha em tempo real, medindo continuamente a emissão de fluorescência num bypass na estação de tratamento de água. Se o sensor funcionar corretamente, será um avanço na monitorização de amostras de água reais fora das condições laboratoriais sem tratamento de amostras, adição de reagentes ou dispositivos dispendiosos.

5. Referências bibliográficas

- Dartnell, L. (2013). Fluorescence characterization of clinically-important bacteria. *PLoS one* vol. 8,9.
- Edberg, S. (2000). *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *J. Appl. Microbiol.*, 88, 106S-116S.
- Hesari, N. (2016). A biosensor platform for rapid detection of *E. coli* in drinking water. *Enzyme and Microbial Technology* vol. 83, Pages 22-28.
- Hongying, Z. (2012). Quantum dot enabled detection of *Escherichia coli* using a cell-phone. *The Analyst* vol. 137.
- Kilungo, A. (2013). Continuous Real-time Detection of Microbial Contamination in Water using Intrinsic Fluorescence. doi: 10.4172/2155-6210.S12-002. *J Biosens Bioelectron* S12:002.
- Li, W. T., Jin, J., Li, Q., Wu, C. F., Lu, H., Zhou, Q., & Li, A. M. (2016). Developing LED UV fluorescence sensors for online monitoring DOM and predicting DBPs formation potential during water treatment. *Water research*, 93, 1-9.
- Simões, J. (2018). Continuous and Real-Time Detection of Drinking-Water Pathogens with a Low-Cost Fluorescent Optofluidic Sensor. *Sensors (Basel, Switzerland)* vol. 18,7 2210.
- Wildeboer, D. (2010). Rapid detection of *Escherichia coli* in water using a hand-held fluorescence detector. *Water Research* vol. 44, Pages 2621-2628.
- Zulkifli, N. (2018). Detection of contaminants in water supply State-of-the-art monitoring technologies and their applications. *Sensors and Actuators B* 255 (2018), 2657–2689.



CONTACTOS:

Coordenador
Rafael Casielles (BIOAZUL SL)
Avenida Manuel Agustín Heredia nº18 1ª Málaga (ESPAÑA)
Email | info@suwanu-europe.eu Website | www.suwanu-europe.eu

CONTACTOS:

Responsável pela ficha informativa
Andres Acosta (TTZ Bremerhaven)
Am Ludeneich 12 27572 Bremerhaven (ALEMANHA)
Website | <https://www.ttz-bremerhaven.de/de/>



THIS PROJECT HAS RECEIVED FUNDING FROM
THE EUROPEAN UNION' HORIZON 2020 RESEARCH
AND INNOVATION PROGRAMME
UNDER GRANT AGREEMENT N. 818088

