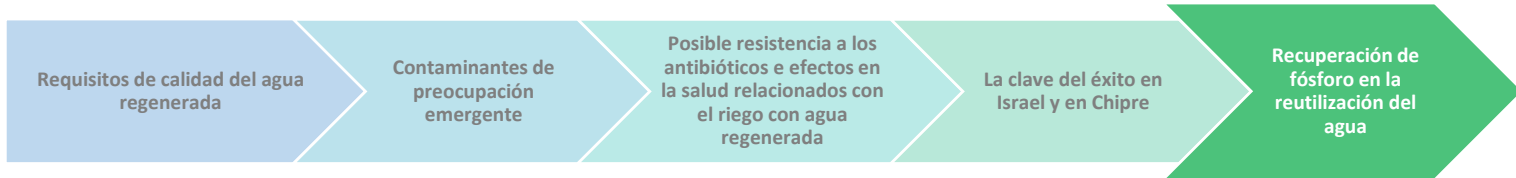




Fact-sheet 3.5 – Recuperación de fósforo en la reutilización del agua



SUWANU EUROPE es un proyecto H2020 que tiene por objeto promover el intercambio eficaz de conocimientos, experiencias y aptitudes entre profesionales y agentes pertinentes para la utilización de agua regenerada en la agricultura. Esta fact-sheet es una de las 5 que integran el paquete formativo 3 dirigido a operadores de regeneración del agua. En ella, se detallan métodos innovadores para recuperar el fósforo, en sus formas líquida y sólida, de las aguas residuales para su posterior uso en la agricultura.

INTRODUCCIÓN

1. RichWater

La tecnología RichWater combina un tratamiento de agua eficiente y de bajo coste mediante un biorreactor de membrana (MBR), con una estación de mezcla para conseguir la combinación óptima de agua y nutrientes, y un sistema de control y monitorización con diferentes sensores de agua, plantas y suelo. Esta combinación permite ofrecer una fuente de agua libre de patógenos y una respuesta *in situ* a la demanda de riego y la fertilización de cada tipo de planta y de suelo. La MBR de Tratamiento y Reutilización está diseñada con una membrana selectiva permanentemente, que actúa de barrera y permite la extracción selectiva de compuestos de una corriente de aguas residuales. Esta característica permite al sistema tener en el efluente, o fase líquida, la mayor concentración posible de fósforo y nitrógeno (Nitrato NO₃⁻).

2. High Rate Algal Ponds (HRAP)

Una alternativa para llevar las aguas residuales a las plantas es llevar las plantas a las aguas residuales. Los estanques de algas y los humedales de macrófitos ya se utilizan ampliamente para el tratamiento de las aguas residuales y, si se cosechan, requieren menos de una décima parte de la superficie para recuperar el fósforo en comparación con los cultivos o pastos terrestres. La biomasa de algas cultivadas para recuperar el fósforo de las aguas residuales puede utilizarse de varias maneras, por ejemplo, como fertilizante o como fuente de alimentos por derecho propio. La biomasa vegetal también puede utilizarse en otros productos de valor añadido como suplementos alimenticios para humanos, cosméticos y la extracción de componentes celulares de alto valor, aplicaciones todas ellas que constituyen un ahorro de recursos de fósforo extraído. Sin embargo, estos productos más especializados suelen requerir el cultivo de cepas específicas de algas en lugar de los cultivos mixtos que se habituales en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

3. Producción de estruvita

El fósforo es un factor clave que causa la eutrofización del agua, por otra parte, también es un recurso no reciclable, no renovable y bastante valioso. Por otro lado, la ganadería intensiva es un sector pilar en la economía agrícola y una forma importante de aumentar los ingresos rurales. Sin embargo, suele producir una gran cantidad de aguas residuales ganaderas con una alta concentración de fósforo. Si estas aguas residuales no se tratasen de manera razonable, no solo provocarían la contaminación de eutrofización del agua, sino que también desperdiciarían recursos no renovables y se convertirían en uno de los principales factores de la pérdida de fósforo.

1. RichWater

1.1. Tecnología:

La MBR utilizado en RichWater es un sistema de bajo consumo energético diseñado para el módulo de tratamiento de aguas residuales de manera que los nutrientes (fósforo y nitrógeno, principalmente) permanecen incluso después del tratamiento, mientras que los patógenos son purgados (con un sistema de desinfección). La estación de mezcla obtiene una combinación adecuada de agua y agua procedente de la MBR, que se transfiere al módulo de fertirrigación (riego por goteo). El nivel adecuado de mezcla se determina mediante sensores de nutrientes del suelo. El módulo principal está diseñado específicamente para el tratamiento del agua, que está compuesto por una MBR para el tratamiento de agua de bajo coste y un sistema de desinfección, que proporcionan un efluente libre de patógenos. Esta tecnología se ha desarrollado tras 5 años de investigación y su prioridad es dar con una planta innovadora para el tratamiento de agua destinada al riego agrícola. La perspectiva de RichWater permite el ahorro de agua y fertilizantes en la agricultura. Mediante este sistema, los operadores de las plantas de tratamiento de agua tendrán la posibilidad de ofrecer un nuevo producto a sus clientes potenciales: agua de riego rica en nutrientes y libre de patógenos. Los agricultores tendrán una fuente de agua garantizada y constante, algo muy beneficioso en regiones áridas. La aplicación del sistema en el proceso de producción agrícola supone un uso más sostenible de los recursos hídricos, un ahorro en los costes de los fertilizantes y el agua, y la posibilidad de que los productores de frutas y hortalizas ajusten el nivel de fertirrigación en función de sus necesidades concretas mediante una mezcla de agua y agua tratada:

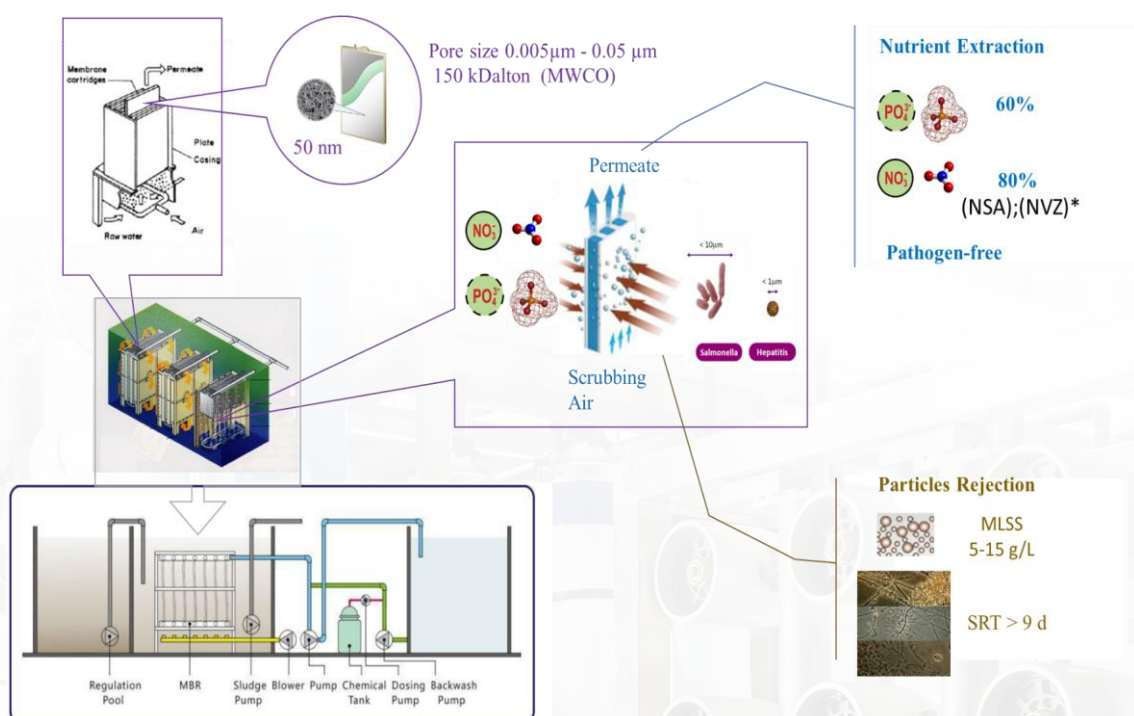


Figura 1: Diagrama de funcionamiento del sistema MBR

*Desnitrificación requerida en zonas vulnerables respecto a los nitratos (NVZ), límite de 50 mg/l de nitrato (N) según la legislación europea.

1.2 Aplicación en la recuperación de fósforo

El fósforo está presente tanto en formas orgánicas como inorgánicas en las aguas residuales municipales. La generación habitual de fósforo en las aguas residuales es de entre 2,7 y 4,5 g/cápita/día. La mayor parte del fósforo de las aguas residuales municipales está presente en forma de fosfato (PO_4^{3-}), que es soluble. La MBR de Tratamiento y Reutilización está diseñada con una membrana selectiva permanentemente, que actúa de barrera y permite la extracción selectiva de compuestos de una corriente de aguas residuales (Tamaño del poro aprox. 0,005 μm y 0,05 μm y 150 kDalton de corte de peso molecular (MWCO)). Esta característica permite al sistema tener en el efluente, o fase líquida, la mayor concentración posible de fósforo y nitrógeno (Nitrato NO_3^-) debido a la extracción; los resultados experimentales y prácticos de aprox. un 50 - 60 % del fosfato en fase líquida después de la MBR de Tratamiento y Reutilización muestran que el tamaño del fosfato (PO_4^{3-}) es menor que el corte de peso molecular (MWCO) de la membrana.

2. High Rate Algae Ponds (HRAP)

2.1. Tecnología:

El sistema HRAP (estanques de producción masiva de algas) suele constar de tres partes principales: un colector primario, un canal o estanque poco profundo en el que crecen las microalgas y se lleva a cabo el tratamiento de las aguas residuales, y una unidad de cosecha para recuperar la biomasa y separarla del agua. Por lo tanto, habrá dos líneas de salida, una para el agua clarificada y tratada y otra para la biomasa. El estanque propiamente dicho consta de un muro externo y central, dos canales y retornos, y una rueda de paletas que hace fluir el agua para homogeneizar la mezcla, de modo que toda reciba la misma irradiación solar, y para evitar que el cultivo de microalgas también se asiente. El sistema HRAP se divide en dos estanques independientes de 335 m² cada uno, HRAP-1 y HRAP-2, que trabajan en paralelo. Tienen 4 m de canales con muros de 20 cm de grosor. Ambos estanques tienen dos compuertas en los retornos y un dique anular construido en ambos extremos del muro central, para mejorar el comportamiento hidráulico. La profundidad del agua está establecida en 30 cm, de modo que el volumen total es de 200 m³. El sistema funciona con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 4 días, que podría optimizarse y modificarse en función de los resultados. Según este HRAP, cada estanque se alimentará con 25 m³/día por medio de dos bombas centrífugas.

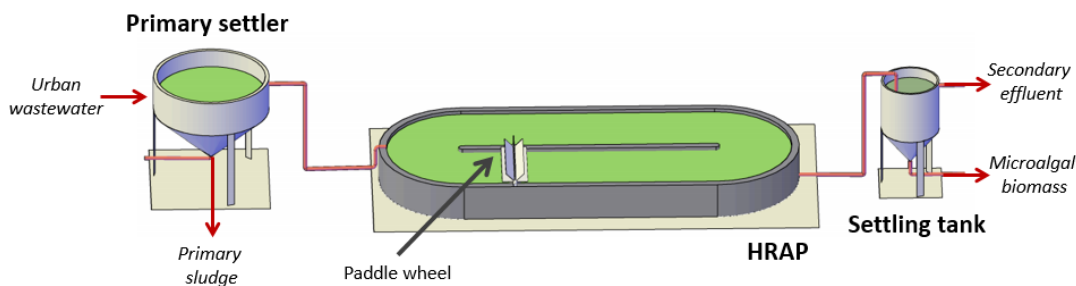


Figura 2: Imagen de un montaje HRAP

2.2. Aplicación en la recuperación de fósforo

Mientras miramos hacia un futuro con escasez de fosfato, la recuperación de fósforo a base de algas podría expandirse significativamente en la costa. En todo el mundo, hay descargas masivas de aguas residuales directamente a los mares y océanos. En consecuencia, se ha propuesto la instalación de barreras para formar sistemas de estanques flotantes en alta mar alrededor de descargas de flotabilidad natural de vertidos de aguas residuales. La optimización del crecimiento y la cosecha de algas desde sistemas marítimos puede incluso resultar más ventajoso económicamente que el cultivo de algas "en tierra", al suprimir el coste de la tierra, un componente muy relevante. Se ha demostrado que la biomasa de algas puede retener el fósforo almacenado durante algunos días. Además, en lo que respecta a su potencial como fertilizante, el crecimiento de las plántulas utilizando biomasa de algas secas se ha comparado con el fertilizante comercial y ha mostrado un crecimiento a niveles comparables. En general, sin embargo, actualmente estas cuestiones (desde la cosecha hasta la aplicación) están muy poco cubiertas por la literatura sobre las algas. Se ha determinado que las algas son un buen alimento suplementario para el ganado (para pollos, por ejemplo), debido a su alto contenido de proteínas.



SUWANU
EUROPE

3. Producción de estruvita

3.1. Tecnología

Con el agua de la primera fase, entra en la unidad de extracción de CO_2 , donde el flujo de aire eliminará el CO_2 del agua. Esta agua se transporta al reactor de estruvita, donde se mezclará con NaOH y $MgCl_2$; al mezclar el fósforo que contiene el agua con el NaOH y el magnesio, se fuerza la precipitación de estruvita. Esta estruvita se transporta al sedimentador con el agua, donde se separará, permitiendo que el agua limpie continúe el tratamiento y recogiendo la estruvita dentro del sedimentador.



3.2. Aplicación en la recuperación de fósforo

La ganadería intensiva produce cantidades masivas de aguas residuales ganaderas, con una alta concentración de fósforo. El vertido de estos compuestos a las aguas superficiales no solo causa la eutrofización del agua, sino que también desperdicia recursos de fósforo para el crecimiento de plantas. Por lo tanto, es necesario combinar la eliminación del fósforo de las aguas residuales ganaderas con su recuperación y reutilización como fertilizante. Como valioso fertilizante mineral de liberación lenta, la producción de estruvita se ha convertido en una prioridad en la recuperación de fósforo. Se calcula que 100 m³ de aguas residuales podrían formar 1 kg de estruvita. Si todas las aguas residuales del mundo se trataran mediante la producción de estruvita, se podrían recuperar 63 000 toneladas de P₂O₅, lo que equivale al 16 % de la producción de fosforita del mundo. Además, pueden recuperarse 171 g de estruvita de las aguas residuales ganaderas por metro cuadrado como máximo y la pureza puede alcanzar al 95 % sin lavado. Por lo tanto, la recuperación de estruvita con retorno a las tierras agrícolas es una tendencia de desarrollo en la tecnología de recuperación de estruvita.

Referencia y lecturas adicionales

1. Shilton, A. N., Powell, N., y Guieysse, B. (2012). Plant based phosphorus recovery from wastewater via algae and macrophytes. *Current opinion in biotechnology*, 23(6), 884-889.
2. Zhang, T., Jiang, R., y Deng, Y. (2017). Phosphorus recovery by struvite crystallization from livestock wastewater and reuse as fertilizer: A review. In *Physico-Chemical Wastewater Treatment and Resource Recovery*. InTech.

CONTACTOS:

Coordinador

Rafael Casielles (BIOAZUL SL)
Avenida Manuel Agustin Heredia n.º 18 1ª Málaga (ESPAÑA)
Correo electrónico | info@suwanu-europe.eu
Página web | www.suwanu-europe.eu

CONTACTOS:

Responsable de la fact-sheet

Andrés Acosta (TTZ Bremerhaven)
Am Ludeneich 12- 27572 Bremerhaven (ALEMANIA)
Página web | <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



SUWANU
EUROPE



ttz Bremerhaven