



GRYF

Manufacturer of Electronic
Measuring Instruments

IFF Nitro

PRESENTACIÓN DEL SISTEMA

Propósito Principal del Sistema

Requisito Original



Un sistema de medición para determinar el nivel de **nitrógeno libre disuelto** (N_2) con el fin de controlar el rendimiento del **sistema de desgasificación**

- **Método Seleccionado**

Medición precisa de **O_2 , CO_2 y TDGP**, a partir de la cual se calculará en tiempo real la saturación de nitrógeno en el agua

- **Condiciones**

- El sistema debe requerir un mantenimiento mínimo – intervalo de servicio **> 3 meses**
- Desviación tolerada **< 3%**

- **Supuestos**

Todas las variables medidas **deben ser precisas** para que el valor calculado de nitrógeno sea correcto

Desafíos para la investigación, el desarrollo y el negocio

se necesita un gran salto

- **No existe** en el mercado una medición confiable de CO₂ disuelto de terceros
- Los sistemas comerciales disponibles para medir TDGP son **inadecuados** – selectivos para ciertos gases y demasiado lentos
- **Es necesario desarrollar** nueva tecnología para medir CO₂ y TDGP
- Será **necesario convencer** al mercado tanto de la precisión de los nuevos sensores como de la exactitud del cálculo del nivel de nitrógeno

Las mediciones deben ser completamente libres de errores. Incluso una pequeña desviación crearía un problema significativo en los cálculos posteriores.

Así que el viaje ha comenzado

Precisión Absoluta en la Medición de O₂

Sonda GRYF XB4-S), con compensación automática de temperatura, salinidad y **presión atmosférica**

- La presión atmosférica suele pasarse por alto en las mediciones, pero:

Ejemplo – Trondheim

Los valores típicos máximos y mínimos de presión a lo largo del año varían entre 970 hPa y 1045 hPa.

Consideremos agua a 10°C y 35 ppt de salinidad:

- 100% de saturación a **970 hPa: 7,7 mg/L**
- 100% de saturación a **1045 hPa: 8,3 mg/L**

Error de medición sin compensación de presión: **hasta un 9,3%**

IFF Nitro realiza la compensación automática de la presión para todos los gases medidos



Unidad GRYF XB90 con un sensor de **presión atmosférica** integrado para su **compensación en tiempo real**

Medición Precisa de TDGP

Presión Total de Gas Disuelto

- El principio de medición se basa en medir la presión con un sensor separado del agua mediante una membrana sólida.
- La mayoría de los sistemas comercialmente disponibles utilizan una membrana de polipropileno microporoso, la cual es lenta y selectiva para ciertos gases:

Gas	Silicona (Barrer)	Teflón (Barrer)	Polipropileno Microporoso (Barrer)
O ₂	600 – 800	0.02 – 0.04	1 – 3
CO ₂	3000 – 4000	0.1 – 0.2	5 – 10
N ₂	200 – 400	0.01 – 0.02	0.5 – 1
Vapor de agua (H ₂ O)	15,000 – 30,000	1 – 10	1 – 3

- En los sistemas convencionales no es posible utilizar silicona.
- **En IFF Nitro, sí es posible** gracias a un sistema de membrana único y a una cámara de medición con una arquitectura de triple referencia.

1 Barrer significa que a través de un material con una superficie de 1 cm² y un espesor de 1 cm pasa **10⁻¹⁰ cm³** de gas por segundo (bajo condiciones estándar y con una diferencia de presión de 1,3 hPa entre ambos lados).

Medición Precisa de CO₂

Un concepto completamente nuevo para la acuicultura, pero no para GRYF

- El proyecto de desarrollo de una **sonda de inmersión** en GRYF se dio por **terminado** en 2022 después de tres años, concluyendo que no existe una membrana adecuada en el mundo para este tipo de aplicación.
- Dado que los sensores IFF Nitro operan a una “inmersión” de aproximadamente 5 cm, fue posible utilizar una membrana altamente permeable en combinación con un **sensor de ppm** que GRYF suministra habitualmente para aplicaciones médicas y militares.
- El resultado es una medición **precisa y repetible**, con un nivel de exactitud que no se había visto antes en la acuicultura.



*Sistema **GRYF MGM-23** para la medición de CO, CO₂ y O₂, suministrado a **hospitales de campaña de la OTAN.***



Cuando no basta con simplemente cumplir los requisitos

34 años de experiencia en el desarrollo de sensores en un único sistema perfecto

El circuito de **sensores está duplicado**: mientras uno mide, el otro se regenera y se calibra contra un **tercer conjunto de sensores** de referencia que nunca entran en contacto con el agua.

Protección contra bioincrustaciones (biofouling)

- El agua que ingresa al sistema se **desactiva biológicamente** mediante luz UV.
- Durante la regeneración, las cámaras de sensores se secan con **aire precalentado** mezclado con ozono.

Tanto en el desarrollo como en las pruebas del sistema IFF Nitro, se exige un estricto cumplimiento de estándares normalmente destinados a proyectos militares

Octubre de 2024: Instalación Piloto

Prototipo de producción del sistema IFF Nitro

- La instalación tuvo lugar en la granja de salmón **MOWI** Hellur en las **Islas Feroe**.
- Tiempo de implementación: **2 días**, incluyendo la configuración de la visualización en el centro de control.
- Parámetros medidos: **TDGP, O₂, CO₂, N₂, pH y ORP**.

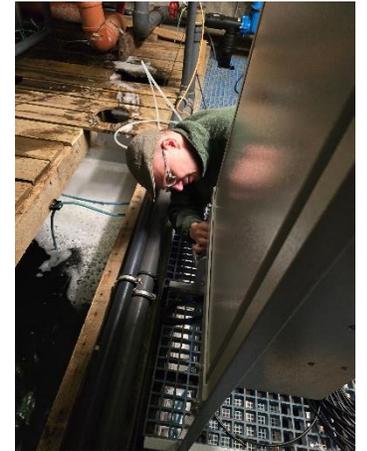
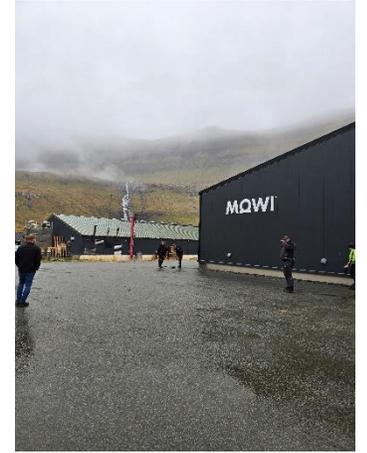


Operación de Prueba

y Evaluación de la Precisión

- El sistema se configuró para enviar datos de manera continua a la nube.
- Las mediciones de O₂, TDGP, pH y ORP podían validarse con sistemas de referencia de terceros.
- Las mediciones de CO₂ y N₂ no podían verificarse de forma independiente.
- **Se diseñó un experimento para verificar todas las mediciones a la vez...**

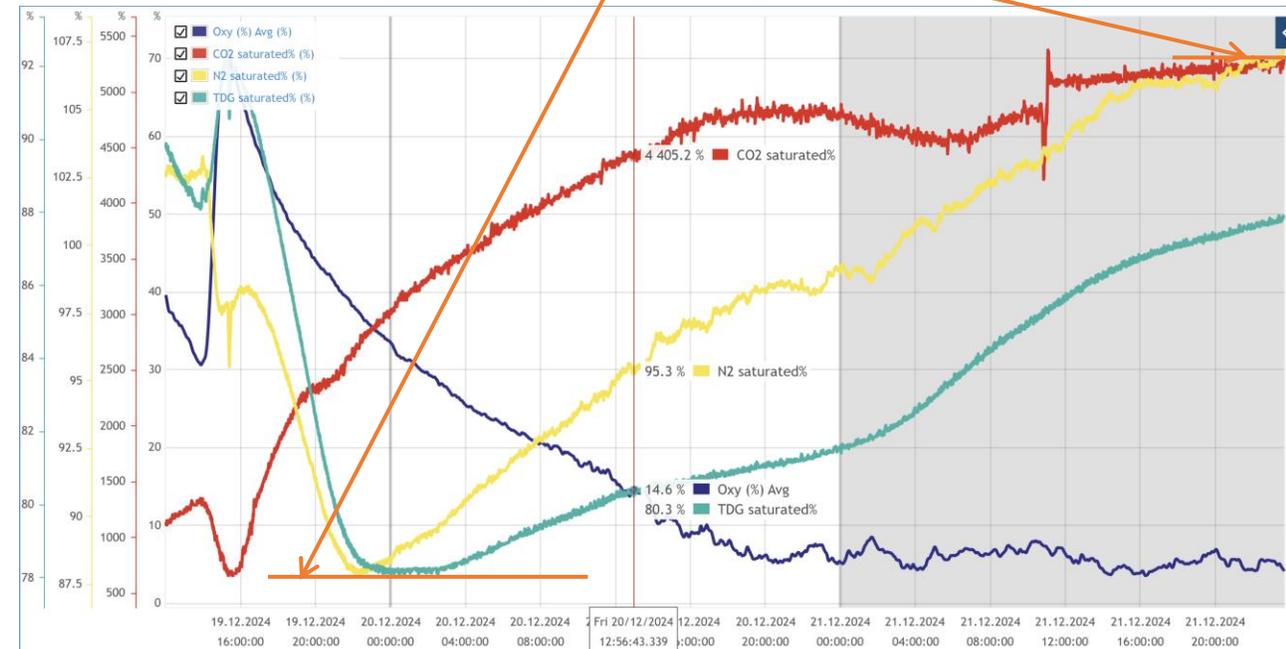
Se desactivó la desinfección UV, permitiendo la entrada de agua biológicamente activa en el sistema. Con base en la dinámica del nitrógeno disuelto, se calculará el contenido aproximado de **amoníaco**



„Experimento Navideño“

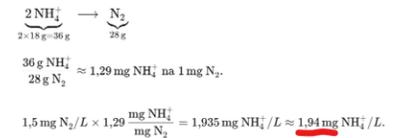
Confirmación de la Exactitud de la Medición

- 19.12.2024: Se cerró el circuito de medición con agua biológicamente activa en su interior (incluyendo amoníaco residual).
- Después de 60 horas, el nivel de O₂ cayó a cero, mientras que el contenido de N₂ aumentó en 1,5 mg/L y luego se estabilizó.
- Utilizando ecuaciones estequiométricas, se calculó el contenido original de amoníaco (el cambio en la concentración de N₂ solo podía deberse a la actividad biológica, es decir, la conversión de amoníaco).
- Valor calculado de amoníaco: **1,94 mg/L NH₄⁺**
- La diferencia entre el valor de amoníaco calculado y el medido fue del 6%.



Confirmación del Cliente

El sistema monitoreado estaba en su pico de producción, y los peces se trasladaron al día siguiente. El biofiltro estaba operando al límite de sus capacidades y un valor de amoníaco medido de forma independiente fue **1,83 mg/L NH₄⁺**.



Evaluación del Experimento

¿Qué se Puede Mejorar Aún Más?

- El experimento con amoníaco se repitió en condiciones de laboratorio. Se descubrió que la desviación del 6% fue causada por no tener en cuenta la presencia de amoníaco en el cálculo de N_2 a partir de TDGP, O_2 y CO_2 .
- Si se hubiera considerado adecuadamente el amoníaco, el valor calculado de nitrógeno habría sido más bajo, de modo que el cálculo posterior de la concentración de amoníaco habría mostrado una diferencia de menos del 1% con respecto al valor medido.
- **Por lo tanto, se puede afirmar:**
 - La medición de **TDGP, CO_2 y O_2 superó las expectativas** y cumplió plenamente los requisitos.
 - El valor calculado de **N_2 está dentro de la tolerancia**. Sin embargo, para lograr una exactitud completa, se debe incluir el contenido de amoníaco en el cálculo, ya que un valor elevado de amoníaco puede distorsionar los resultados.
 - El experimento demostró que los métodos aplicados de regeneración/saneamiento de los sensores reducen el efecto de la **bioincrustación (biofouling) a un nivel imperceptible**.

Conclusión de la Operación de Prueba

Sistema Liberado para Uso Comercial

- IFF Nitro ofrece un nivel de precisión sin precedentes en la medición de TDGP, O₂ y CO₂, lo que le permite proporcionar un valor de nitrógeno disuelto altamente preciso.
- Cualquier posible desviación en caso de una concentración elevada de amoníaco carece de relevancia en el contexto de la aplicación prevista. No obstante, el sistema comercial ya permite compensarla mediante una entrada de un sensor externo.



- **Capacidades del Sistema IFF Nitro**

- Control fluido del rendimiento del sistema de desgasificación → **reducción del consumo de energía eléctrica**
- Dosificación adecuada de oxígeno → **reducción del consumo de energía en relación con los resultados obtenidos**
- Control del nivel de recirculación de agua en un sistema RAS → **optimización del impacto medioambiental**

Agradecimientos



LEIF MOHR – Andrias Joensen

Inspiración para el desarrollo del sistema IFF Nitro, consultas de I+D, soporte en la implementación



MOWI – Michael Mikkelsen

Soporte en la implementación y colaboración en la evaluación de la operación piloto



Agencia CzechTrade (oficina en Chile) – Dipl. Ing. Jiří Jílek

Cuyo equipo en Chile nos ayudó con el análisis de mercado y confirmó el interés en el producto por parte de los socios chilenos



GRYF – Dipl. Ing. Marek Míša y su equipo

Jefe del proyecto, arquitecto del sistema



Salmón

Cuya cría nos presenta constantemente nuevos desafíos