

Estudo de caso sobre a monitorização da condição do petróleo: uma solução prática e eficaz para todas as tarefas, desde a gestão e análise de amostras até medidas corretivas



Thomas Feischl (Diretor de Desenvolvimento de Negócio) | eralytics GmbH, Viena, Áustria | feischl@eralytics.com

Resumo

Uma fábrica de papel austríaca implementou com sucesso um sistema interno de Monitorização da Condição do Óleo (OCM) para melhorar a manutenção **preventiva** e minimizar as falhas nos equipamentos. Ao atualizar para a **eralab OCM**, com uma solução abrangente que inclui analisadores avançados e software centralizado, a instalação melhorou a eficiência da amostragem, a precisão dos dados e os tempos de resposta da manutenção. A organização hierárquica estruturada dos ativos e o rastreo baseado no código QR otimizaram o processo de análise de óleo, desde o planeamento e amostragem até à medição e ações corretivas. Os alertas automatizados, a análise de tendências históricas e a tomada de decisões proativas reduziram significativamente o tempo de inatividade e aumentaram a vida útil dos equipamentos. Este caso de estudo destaca os benefícios operacionais e estratégicos da monitorização interna do óleo, demonstrando como a integração digital e o acesso a dados em tempo real potenciam a fiabilidade, a eficiência e a sustentabilidade na manutenção industrial. Resultados concretos e exemplos de casos reais já comprovaram os benefícios e a utilidade do investimento.

1. Introdução

A relevância e os benefícios da monitorização da condição do óleo como parte da manutenção **preventiva** em ambientes industriais são indiscutíveis. Uma vasta gama de prestadores de serviços e especialistas está disponível para auxiliar as empresas industriais na execução das diversas atividades envolvidas, desde a análise de dados até às ações subsequentes. Em alternativa, as empresas industriais podem assumir a responsabilidade por algumas partes ou por todo o processo.

Ao internalizar a monitorização das condições do óleo, as empresas obtêm acesso imediato aos resultados, eliminando os atrasos associados a fornecedores externos e permitindo uma resposta rápida a problemas de manutenção emergentes, protegendo contra paragens e interrupções dispendiosas.

Outro benefício da monitorização interna da condição do óleo é que fomenta uma cultura de desenvolvimento de competências e retenção de conhecimentos nas equipas de manutenção. Ao formar os colaboradores para realizar a monitorização da condição do óleo, a empresa promove uma compreensão mais profunda da condição dos equipamentos e incentiva práticas de manutenção proativas internamente. Esta abordagem não só melhora a confiabilidade e a

A integridade dos dados, mas também garante uma estratégia de manutenção sustentável e autossuficiente que se adapta e evolui para atender às necessidades da organização.

Nos capítulos seguintes, será utilizado um estudo de caso específico para demonstrar uma solução prática.

2. Introdução da planta industrial

A fábrica de papel em questão tem uma história centenária na produção de papel. A empresa é especializada na produção de papéis finos multirrevestidos de alta qualidade e papéis para etiquetas, servindo publicações de prestígio em todo o mundo. Anualmente, produz uma quantidade significativa de papel e pasta de papel para uso próprio.



Figura 1: Representação exemplificativa de uma máquina de papel

De um modo geral, a fábrica de papel exemplifica uma combinação de conhecimento histórico e inovação moderna, contribuindo significativamente tanto para a economia local como para a sustentabilidade ambiental.

Do ponto de vista da sustentabilidade e da fiabilidade, uma equipa de diversos profissionais atribui grande importância à avaliação proativa da condição dos sistemas. Para além da avaliação dos dados de vibração e do registo da condição técnica do sistema, a monitorização da condição do óleo tem sido também uma prioridade máxima há muitos anos.

3. Visão geral da estrutura

Todo o site foi estruturado em quase 100.000 objetos numa estrutura hierárquica. Comprovou-se que 7 níveis diferentes eram suficientes:

- Organização (7)
- Segmento (6)
- Local (5)
- Localização (4)
- Ativo (3)
- Componente (2)
- Ponto de amostragem (1)

O nível mais baixo, "Ponto de Amostragem" (PA), é o objeto onde são recolhidas as potenciais amostras de petróleo e são armazenados os dados de medição. No total, existem aproximadamente 65.000 objetos na categoria de ponto de amostragem. As amostras de petróleo são recolhidas em 500 pontos de amostragem regularmente, com intervalos de 6 a 12 meses. Este está organizado em 9 campanhas de medição, que definem também a sequência de amostragem, as responsabilidades e os parâmetros de medição necessários.

4. Configuração implementada

Existe uma solução técnica implementada desde 2010. Esta foi atualizada no final de 2024 com a **eralab OCM**, um sistema para monitorização da condição do petróleo desenvolvido e distribuído por **eralytics GmbH**, fabricante de analisadores de laboratório, sediada em Viena, Áustria.

Mais concretamente, existem quatro analisadores e uma solução de software em utilização:

eraoil de especificação-lubrificante espectral FTIR portátil

Analisador para a determinação totalmente automatizada de parâmetros importantes para o envelhecimento e a condição química do óleo, como a oxidação, a nitração e o teor de água. O Índice de Acidez Total (TAN) e o Índice de Basicidade Total (TBN) podem ser previstos com um modelo quimiométrico pré-definido. A aplicação para lubrificantes industriais em fábricas de papel centra-se apenas na análise de parâmetros.

Previsão do TAN. Para melhorar o modelo quimiométrico, foram adicionadas 20 amostras com valores de referência conhecidos. **eravisc X**—o **viscosímetro cinemático compacto e robusto** Serve para testar a viscosidade cinemática e a densidade com elevada precisão a qualquer temperatura entre 15 °C e 100 °C. Neste caso, as amostras são medidas principalmente a 40 °C, mas em alguns casos é também determinado o Índice de Viscosidade (IV).

eraoil-Espectrómetro de elétrodo de disco rotativo (RDE-OES)

Analisar os metais de desgaste, aditivos e contaminantes em todos os tipos de fluidos de funcionamento, tais como óleos lubrificantes, combustíveis, refrigerantes, água de processo, etc. Para a presente aplicação foram determinados 26 elementos típicos com uma concentração máxima de 1000 ppm. O limite de deteção (LOD) típico, na gama de 1 ppm, é também plenamente suficiente para fins práticos.

eracont XS—contador de partículas laser ISO 4406 de pequena dimensão

que realiza medições com precisão laboratorial a partir de uma quantidade relativamente pequena de amostra.

eratest ferro—analizador de detritos ferrosos determina o teor total de partículas ferromagnéticas de desgaste em óleos e massas lubrificantes.

eraOCM soft—software para auxiliar o operador em partes essenciais da gestão, operação e manutenção de instalações técnicas. Na área da manutenção preventiva, é dada especial importância à monitorização da condição do óleo. O software foi instalado em vários clientes locais e a base de dados está localizada num servidor central, onde também são criados backups regulares. Foram definidos diferentes níveis de utilizador para permitir o acesso específico de cada utilizador.



Figura 2: **eralab OCM** analisadores para monitorização interna da condição do óleo

5. Migração de dados

Os dados existentes da instrumentação anterior foram integralmente aproveitados e incluíam as seguintes categorias:

- Dados de objeto e mestre, incluindo estrutura
- Campanhas de medição com atribuição de pontos de amostragem
- Amostras históricas com dados medidos em formato numérico.
- Relatórios históricos de medições em formato PDF

A transferência de dados foi realizada em formato de ficheiros de texto separados por vírgula (CSV) e através de ficheiros Microsoft™ Excel. A importação para a base de dados foi feita através da geração de comandos SQL com o auxílio da funcionalidade Power Query do Microsoft™ Excel. Esta função segue o processo de “Extração, Transformação e Carga (ETL)” e permite a conversão de uma grande variedade de dados num formato estruturado e desejado, utilizando a linguagem de script “M”. O processo ETL permanece repetível e pode ser facilmente adaptado. Os dados foram, portanto, transferidos diretamente para a base de dados e os ficheiros PDF foram ligados através de um caminho relativo.

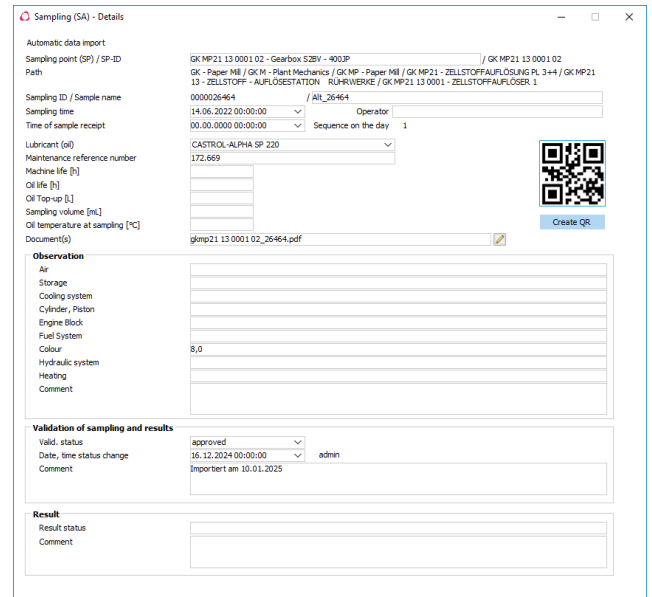


Figura 4: “Caixa de velocidades S2BV - 400JP” - Exemplo de uma amostra recolhida 14Junho de 2022 com dados básicos e uma ligação para um relatório histórico em PDF.

6. Processo de Monitorização da Condição do

Óleo (OCM)

A fábrica de papel segue uma abordagem comum, desde o planeamento da amostragem até à definição de ações com base nos resultados mais recentes, incluindo dados históricos e informações atualizadas sobre o óleo.

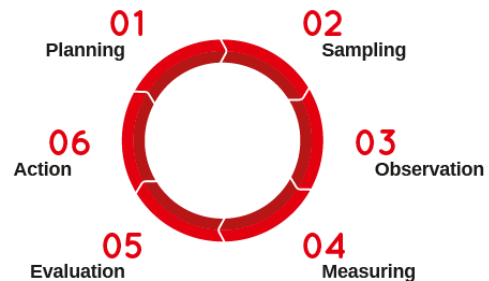


Figura 5: Processo de monitorização da condição do óleo

6.1. Planeamento (01)

O planeamento é realizado através de nove campanhas de medição, nas quais os respetivos pontos de amostragem são organizados de acordo com o prazo, a responsabilidade e a frequência planeados. Os parâmetros de medição necessários são definidos para cada ponto de amostragem, podendo ser visualizados posteriormente através de consultas sobre as medições em curso.

1: Sampling Point (ID: 8176) | GK MP21 13 0001 02

Manufacturers information

Manufacturer: METSO

Type description:

Serial number:

Year of manufacture: 2004

Lubricant / oil

Probenahmest. Typ:

Oil filter type:

Lubricant / oil: CASTROL-ALPHA SP 220

Oil amount: 150

Installation details

Location:

Type of use:

Supplier:

Status:

Date installation: 2004-08-06 | Cost center: 36021

Remarks:

Documents / Photos

Photo:

Document:

Figura 3: “Caixa de velocidades S2BV - 400JP” - Exemplo de um Ponto de Amostragem (PA).

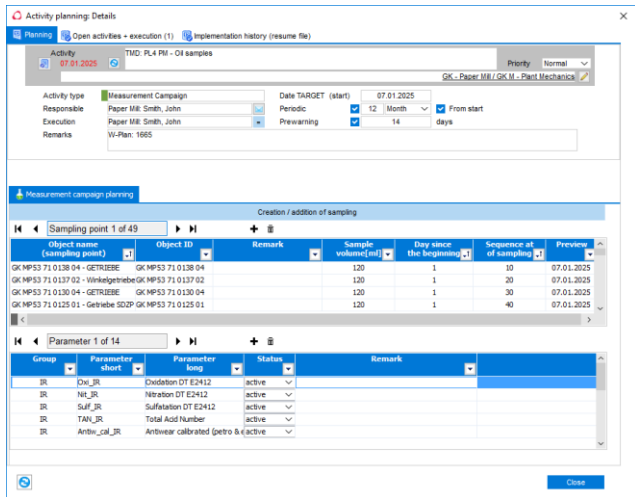


Figura 6: Exemplo de uma 'Campanha de Medição' com SP listado

6.2. Amostragem (02)

Caso seja necessária uma campanha de medição, o operador responsável será notificado por e-mail ou através do software. As amostras iniciais serão geradas automaticamente com um novo ID de amostragem de 10 dígitos e o seu respetivo código QR. Os rótulos de amostragem para os frascos podem ser impressos ou pode ser utilizado um formulário de amostragem para anotar a informação necessária durante o processo de amostragem.



Figura 7: Etiquetas com o ID da amostra e o código QR

6.3. Observação (03)

Todo o processo de amostragem é suportado por um dispositivo móvel, que é sincronizado com a base de dados. Isto permite ao operador identificar o ponto de amostragem (PA) e recolher informações e observações diretamente no dispositivo móvel. O procedimento é realizado através de uma lista que pode ser preenchida passo a passo. No final do processo de amostragem, o dispositivo móvel oferece a opção de fotografar o frasco e a tampa da amostra. Todos os dados são sincronizados entre a aplicação móvel e a base de dados assim que o dispositivo móvel obtém uma ligação de rede. Isto significa que o dispositivo móvel também pode ser utilizado offline na fábrica.

6.4. Medidas (04)

Assim que as amostras chegam ao laboratório, podem ser feitas medições nos dispositivos de medição. A espectroscopia de infravermelhos e a viscosidade cinemática são determinadas para todas as amostras. A contagem de partículas é geralmente determinada para óleos hidráulicos e o desgaste ferromagnético para caixas de engrenagens. A medição dos elementos presentes com o RDE-OES não é realizada automaticamente, mas sim on-demand. A ligação entre os resultados da medição e as amostras é feita através do ID da amostra. Assim, antes de realizar uma medição, o código QR no frasco da amostra necessita de ser lido por um leitor de código de barras nos instrumentos.



Figura 8: eravisc X e eratest ferro com leitor de código de barras individual

Durante o processamento das medições, podem ser utilizadas consultas para avaliar quais as medições planeadas que ainda estão em falta.

Sampling Id	Measurement campaigns Name	Sampling time	Validation status Sampling	Measuring instrument group Planned
0000100082	TMD: PL4 PM - Oil samples	01.02.2025	in progress	V
0000100093	TMD: PL4 PM - Oil samples	01.02.2025	in progress	PC
0000100082	TMD: PL4 PM - Oil samples	01.02.2025	in progress	IR
0000100082	TMD: PL4 PM - Oil samples	01.02.2025	in progress	PC
0000100204	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	V
0000100199	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	FD
0000100162	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	V
0000100197	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	FD
0000100204	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	PC
0000100197	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	IR
0000100197	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	V
0000100195	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	FD
0000100195	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	IR
0000100195	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	V
0000100196	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	V
0000100199	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	V
0000100196	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	IR
0000100193	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	FD
0000100193	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	IR
0000100193	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	V
0000100194	TMD: PL4 KAL RD RS - Liste Ölproben	24.02.2025	new	FD

Figura 9: Lista de amostras com grupos de parâmetros (instrumentos) para os quais ainda serão realizadas medições.

6.5. Avaliação (5)

Após todas as medições estarem concluídas, o operador revê o conjunto de dados recolhidos. Após todas as medições

Após a conclusão, o operador vê o conjunto de dados recolhidos. Se todas as amostras necessárias tiverem sido avaliadas, será gerado um relatório ou os dados medidos serão verificados diretamente na janela de dados.

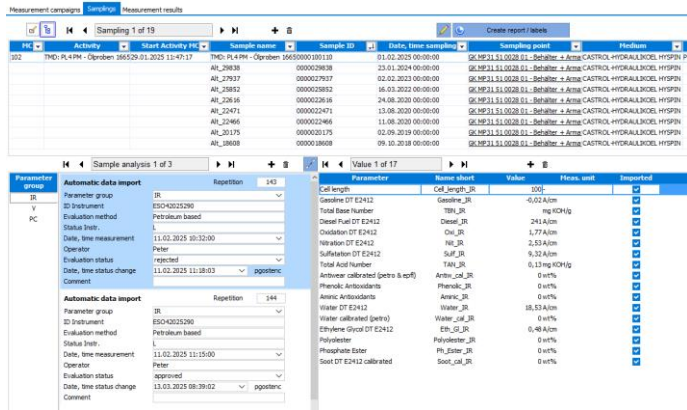


Figura 10: Dados de medição de espectroscopia de infravermelhos com diferentes níveis de avaliação.

Nesta fase, os relatórios são normalmente impressos juntamente com os dados históricos e os valores de referência provenientes do novo óleo. Um relatório é gerado a pedido com base nos dados disponíveis na base de dados. Se os valores excederem qualquer nível de aviso ou erro, estas células são marcadas com cor.



Figura 9: Secção de um relatório típico com dados recentes e históricos de petróleo impressos em gráficos.

6.6. Ações (6)

Na etapa final do processo de monitorização da condição do óleo, são definidas as ações. Com base em todas as informações e dados de medição disponíveis, o operador define ações corretivas para esse componente ou ativo. A partir de uma lista de seleção, são registadas determinadas categorias de atividades ao nível do ponto de amostragem. Finalmente, o operador pode programar ações específicas.

como 'troca de óleo' para profissionais responsáveis, incluindo notificação por e-mail e na aplicação de software.

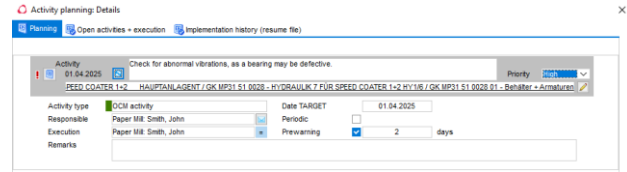


Figura 11: Definição de atividades ligadas a objetos específicos, incluindo responsabilidades.

Após a atividade ser concluída e marcada como terminada, é armazenada no histórico de implementação para referência futura.

7. Exemplos específicos

7.1. Unidade hidráulica com óleo inadequado

Num sistema hidráulico de transferência por rolos com um volume de óleo de aproximadamente 250 litros, verificou-se que o óleo utilizado foi o incorreto, por parte de um funcionário da manutenção. A viscosidade cinemática medida foi de 46 mm²/s. **visc X** Não corresponde à classe de viscosidade desejada de um óleo ISO VG 32. É, portanto, necessária uma nova mudança de óleo.



Figura 12: Sistema hidráulico - transferência de rolos

7.2. Um rolo especial com rolamentos defeituosos

Fora do ciclo normal de amostragem, uma amostra de óleo de um tanque com uma grande quantidade de óleo hidráulico para refrigeração, sistema hidráulico e lubrificação de rolamentos do Nipco-Roll foi examinada em busca de partículas metálicas. Os danos com possível abrasão já tinham sido confirmados, mas os técnicos queriam saber se o rolamento de latão também poderia ser afetado por abrasão. Após a análise elementar com RDE-OES (eraoil) apresentou um aumento do teor de cobre de 59

ppm e um teor de zinco de 44 ppm, o dano no rolamento de latão foi a causa evidente.



Figura 13: Sistema hidráulico para refrigeração e lubrificação de rolamentos como parte do Nipco-Roll

7.3. Elevado teor de água em óleo hidráulico

Todas as amostras são analisadas pelos especialistas da fábrica de papel utilizando FTIR eraoil de especificação como padrão. Este procedimento foi também realizado num óleo hidráulico do sistema de aerofólio da máquina de revestimento, como parte da rotina de 12 meses. A análise de rotina revelou um aumento do teor de água de 0,39% em peso ou 53,8 A/cm, de acordo com a norma ASTM D2412. Numa atividade subsequente, as vedações do sistema devem ser verificadas e, se necessário, o lubrificante deve ser seco.



Figura 14: Sistema hidráulico do sistema aerofólio

8. Conclusão

A implementação de um sistema avançado de Monitorização da Condição do Óleo (OCM) interno numa fábrica de papel austríaca tem-se revelado uma abordagem prática e eficaz para a manutenção preditiva. Ao atualizar para a eralab OCM Graças ao sistema, a instalação melhorou com sucesso a sua capacidade de detetar e resolver possíveis falhas nos sistemas de lubrificação, melhorando assim a eficiência operacional, reduzindo o tempo de inatividade e prolongando a vida útil dos equipamentos.

A organização hierárquica estruturada dos ativos e a integração de cinco analisadores de última geração com uma era centralizada. OCM soft a solução de software garante a aquisição, o processamento e a análise de dados de forma integrada. O processo de amostragem automatizado, o rastreio baseado em código QR, as observações através de dispositivos móveis e as bases de dados sincronizadas melhoram a fiabilidade e a precisão, minimizando os erros humanos. Além disso, a utilização da migração de dados baseada em ETL facilitou uma transição suave do sistema anterior, preservando a integridade dos dados históricos.

O fluxo de trabalho do OCM, desde o planeamento e amostragem até à avaliação e ações corretivas, garante uma abordagem sistemática à análise de petróleo. Alertas automatizados, relatórios com código de cores e avaliações de tendências permitem que as equipas de manutenção tomem decisões baseadas em dados de forma eficiente. Além disso, ao incorporar dados históricos e recentes de petróleo, o sistema possibilita avaliações de condição e análises de tendências mais precisas, levando a estratégias de manutenção proativas em vez de intervenções reativas.

Em síntese, este caso de estudo demonstra que a monitorização interna da condição do petróleo, apoiada por instrumentos analíticos avançados e integração digital, proporciona benefícios operacionais significativos. A abordagem não só aumenta a fiabilidade e a sustentabilidade dos processos industriais, como também fomenta uma cultura de conhecimento técnico dentro da empresa.

equipa de manutenção, garantindo a adaptabilidade a longo prazo e a otimização do desempenho.