

Starostlivosť a ošetrovanie priemyselných olejov v energetickom priemysle filtračnými technológiami a ich real-time monitoring

Ing. Igor Ubreži, CTD

ECOFIL® Michalovce

www.ecofil.sk

ANNOTATION

Príspevok sa zameriava na využitie filtračnej technológie - systém by-pass (off-line) priemyselných olejov v energetickom priemysle. Prípadové štúdie poukazujú na efektivitu a účinnosť filtračnej technológie by-pass pri ošetrovaní priemyselných olejov používaných v rôznych energetických aplikáciách elektrární a teplární. Vyhodnocuje sa vplyv filtračného procesu na zlepšenie kondície priemyselných olejov, výkonnosti a spoľahlivosti energetických systémov, ako aj na predĺženie životnosti oleja a strojových zariadení. Príspevok informuje o najnovších technologických inováciách a trendoch v oblasti filtračných technológií a monitorovacích systémov, ktoré prispievajú k optimalizácii prevádzky a minimalizácii environmentálneho vplyvu. Výsledky prípadových štúdií poskytujú dôležité poznatky a odporúčania pre energetický priemysel pri rozhodovaní o implementácii filtračných technológií pre priemyselné oleje.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ

on-line monitoring systém filtrácie, trieda čistoty NAS1638, ISO4406, obsah vody, mäkké kaly úsady ΔE , odstránenie mäkkých kalov, by-pass filtrácia, mikrofiltrácia

1. Kontaminácia olejov pri prevádzkovaní technologických zariadení v energetike

1.1 Základné druhy kontaminácie.

Pri používaní olejov v prevádzkovaných zariadeniach dochádza k ich kontaminácii. Tento proces je prirodzený a závisí prevádzkových podmienok zariadení. Medzi základné kontaminanty patria: pevné častice, kvapaliny, mazadlá a plyny. Mechanické pevné častice rozdeľujeme podľa pôvodu na kovové a nekovové. Častice kovového charakteru sú pôvodom feromagnetické (kovové), neželezné kovy a zliatiny kovov.

Mechanické nečistoty nekovového pôvodu sú plasty, guma, celulóza, bavlna, piesok, prach, kremičitany, atď. Medzi mechanické nečistoty zaraďujeme aj pevné látky vznikajúce starnutím oleja, oxidáciou, degradáciou vplyvom miestneho lokálneho prehriatia ako sú mäkké kaly, živice, laky a úsady. Medzi kvapaliny kontaminujúce oleje patrí najčastejšie voda a chladiace emulzie z procesov. Voda a vlhkosť je najnebezpečnejším kontaminantom! Ďalšími kvapalinami sú rozpúšťadlá, riedidlá a palivo. Olej kontaminujú aj mazadlá ktoré vnikajú do oleja pri lisovaní kovových dielov a pod.. Plyny patria k vyznaným a nebezpečným kontaminantom olejov, hlavne uhl'ovodíky, amoniak, výfukové plyny a vzduch.

2. Filtrácia olejov

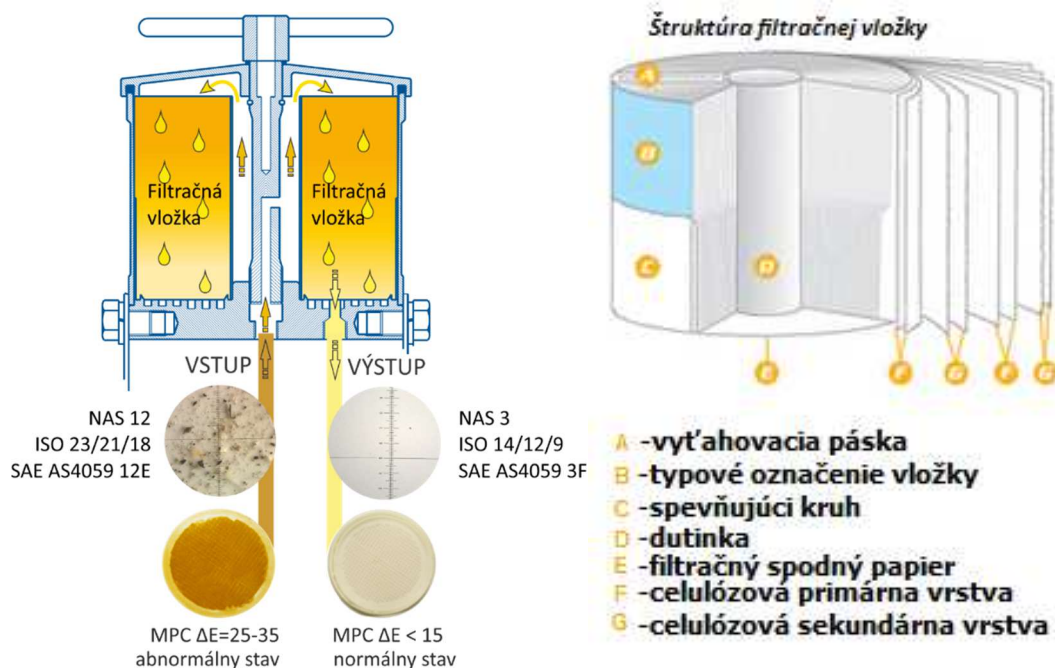
Medzi najčastejšie používané spôsoby na odstránenie kontaminácie patrí filtrácia. Filtrácia je proces separovania jednej substancie od druhej, pri ktorom sa využíva zariadenie nazývané filter. Rozdelenie filtrov z hľadiska ich umiestnenia v hydraulickom obvode na primárne a sekundárne. Medzi primárne filtre patria: plniace hrdlá a sitá, sacie filtre, tlakové filtre, odpadové alebo vratné filtre a odvetrávacie (dýchacie filtre). Medzi sekundárne filtre patria magnetické filtre, odstredivé filtre, obtokové by-passové filtre a iné. Funkcie primárnych filtrov v systéme sú: chrániť systém pred veľkými náhodnými časticami, priebežne ošetrojú olejovú náplň, v krátkom čase musia prefiltrovať veľké množstvo oleja pri vysokých tlakoch odstraňujú mikročastice nad 25 mikrónov v jednom prietoku, eliminujú vzdušnú vlhkosť a mechanické znečistenie prachom. Funkcie sekundárnych filtrov sú: pri pomerne malých prietokoch a nízkych tlakoch zbavujú hydraulické kvapaliny kontaminantov, odstraňujú mikročastice od 1 mikróna, dlhodobo odstraňujú kontaminanty kovového a nekovového pôvodu, odstraňujú vodu a vlhkosť, odstraňujú mäkké kaly, laky a úsady, môžu filtrovať aj keď je systém v pokoji a tým dokážu zabezpečiť stálu hladinu kontaminácie.

2.1 Hĺbková mikrofiltrácia

Najúčinnejším spôsobom odstránenia mechanických nečistôt a vody z oleja je hĺbková mikrofiltrácia cez vrstvenú vinutú celulóзовú filtračnú vložku. Vinutá celulóзовá filtračná vložka počas prietoku spoľahlivo odstraňuje mechanické nečistoty, vodu a mäkké kaly – úsady. Filtračná vložka žiadnym spôsobom nepoškodzuje olej, aditíva a neznižuje jeho kvalitu.

2.2 Offline by-pass filtrácia

Obtokový spôsob filtrácie olejov tzv. by-pass (off-line) je ideálnym princípom a mechanizmom filtrácie olejov s filtračnou schopnosťou $\geq 1\mu\text{m}$, ktorý pracuje pri nízkom prietoku a tlaku (max. 5,5 Bar.)



Obr. 1 Princíp obtokovej (by-pass) filtrácie ECOFIL® (zdroj: ECOFIL®)

3. Čo dokáže filtračná technológia ECOFIL®!

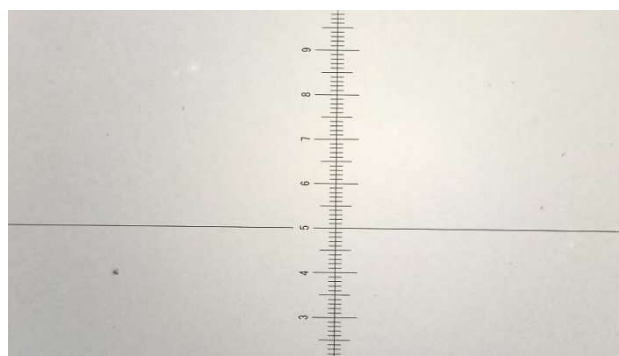
Priemyselné typy olejov vhodné na ošetrovanie filtračnou technológiou ECOFIL® sú turbínové, transformátorové, kompresorové, hydraulické a lubrikačné.

Filtračnou technológiou ECOFIL® vykonávame odstránenie pevných častíc väčších ako 1 μm , odstránenie produktov starnutia oleja (mäkké kaly), odstránenie vody pod 2 ppm (2 mg / liter), zvýšenie prieražného napätia > 80 kV/ 2,5 mm, zníženie čísla kyslosti TAN až na 0,01 mgKOH/g, zvýšenie medzipovrchového napätia IFT > 40 mN/m (krúžková metóda), zvýšenie odporu > 300, zníženie silového faktoru < %, zmenu farby na svetlú 0-1 podľa ASTM 1500 a odstránenie plynov – degassing do 0,1%

3.1 Odstránenie pevných častíc



Obr. 2 Pred filtráciou, NAS1638 č.12
ISO 4406 č. 23/21/18



Obr. č.3 Po filtrácii, NAS1638 č.3
ISO 4406 č. 14/12/9 (zdroj: ECOFIL®)

3.2 Odstránenie voľnej a viazanej vody



Obr. 4 Pred filtráciou 1,5 % (15 000ppm) H₂O
(zdroj: ECOFIL®)



Obr.5 Po filtrácii 0,0002 % (2 ppm)

3.3 Odstránenie mäkkých kalov (úsad, živíc)



Obr. 6 Pred filtráciou
(zdroj: ECOFIL®)



Obr. 7 Po filtrácii 6 hod.



Obr. 8 Po filtrácii 48 hod.

3.4 Regenerácia transformátorových olejov



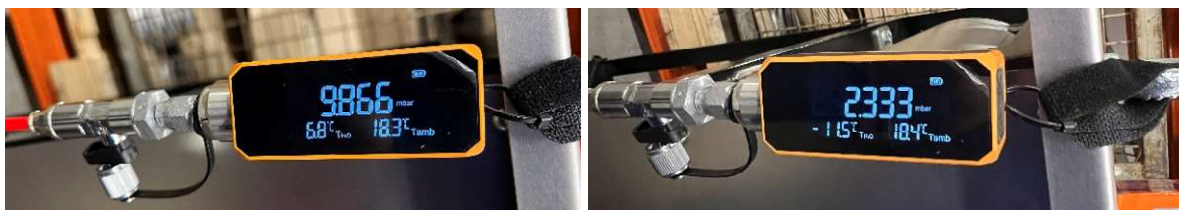
Obr. 9 Pred filtráciou Po filtrácii Po regenerácii (zdroj: ECOFIL®)

4. Filtračné technológie ECOFIL®

Filtračné technológie ECOFIL® predstavujú kľúčový prvok v procesoch údržby a starostlivosti o olejové náplne, ktoré sa používajú v širokej škále priemyselných aplikácií – od transformátorových olejov až po hydraulické systémy. Filtračné technológie ECOFIL® hrajú nezastupiteľnú úlohu v ochrane a predĺžení životnosti olejových náplní, a tým aj samotných zariadení.

4.1 Vákuové filtračné systémy ECOFIL®

Vákuové filtračné technológie využívajú hlboké vákuum na odstránenie vlhkosti, plynov, nečistôt a iných kontaminantov z olejových náplní. Proces začína tým, že olej je nasávaný do filtračného systému, kde je následne nastrekovaný do vákua. Hlboké vákuum znižuje bod varu vody a umožňuje tak efektívnejšie odstránenie vlhkosti z oleja. Odparená voda a vlhkosť je odsávaná prostredníctvom vývevy do medzichladiča, kde je kondenzovaná a následne zhromažďovaná v zásobníku. Zároveň pevné častice a nečistoty sú filtrované filtračnými vložkami princípom mikrofiltrácie.



Obr. 10 Meranie vákua s vizualizáciou teploty odparovania vody (zdroj: ECOFIL®)

5. Význam ošetrovania olejov filtrovaním

Čistota a kvalita olejových náplní sú kritické pre spoľahlivú a bezpečnú prevádzku technologických zariadení. Kontaminácia olejov vedie k zlyhaniu technologických zariadení, zvýšenému opotrebovaniu a k vážnym poruchám. Filtračné technológie ECOFIL® zaisťujú, že olejové náplne zostávajú v optimálnom stave, čím sa predchádza drahým opravám, výmene olejových náplní a výmene drahých náhradných dielov.

6. Aplikácie

Filtračné systémy ECOFIL® aplikujú v mnohých odvetviach, vrátane energetiky, výroby, ťažby a dopravy. Sú neoceniteľné pri údržbe:

- transformátorových olejov,
- turbínových olejov,
- kompresorových olejov,
- hydraulických olejov,
- lubrikačných olejov v priemyselných zariadeniach,
- regenerácii olejov.

7. Autonómne filtračné systémy

Autonómne filtračné systémy sú typy filtračných technológií, ktoré sú navrhnuté tak, aby mohli fungovať nezávisle alebo s minimálnym ľudským zásahom.

7.1 Hlavné vlastnosti autonómnych filtračných systémov:

Inteligentný monitoring: Filtračné systémy obsahujú senzory a softvérové riešenia na monitorovanie priebehu vákuového filtračného procesu. To im umožňuje automaticky reagovať na zmeny v kvalite filtrácie alebo potreby údržby.

Automatizovaná regulácia: Autonómne systémy automaticky upravujú svoje nastavenia alebo operácie na základe získaných údajov z inteligentného monitoringu NEURON®. Napríklad môžu zmeniť objem prietoku filtrácie, hĺbku vákua, prevádzkovú teplotu, signalizáciu potreby výmeny filtračných vložiek, atď..

Minimalizácia ľudskej práce: Cieľom týchto systémov je zníženie potreby ľudskej obsluhy, čo môže znížiť náklady a zvýšiť bezpečnosť v prostrediach, kde je prístup človeka nežiaduci alebo nebezpečný.

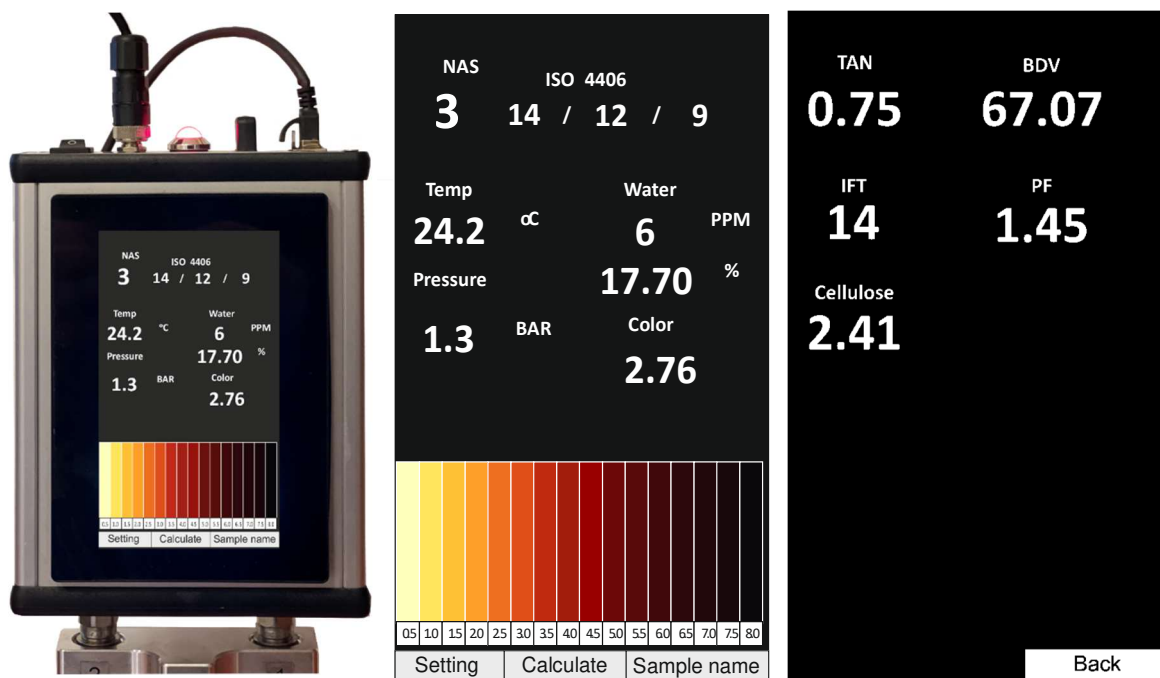
Použitie v rôznych oblastiach: Autonómne filtračné systémy ECOFIL® sa používajú v aplikáciách v energetike, chemickom priemysle, vo výrobe priemyselných olejov, priemyselnej výrobe, atď..

Autonómne filtračné systémy sú zvyčajne zložitejšie a drahšie v porovnaní s tradičnými systémami kvôli pokročilým technológiám, ktoré vyžadujú. Ich hlavné výhody sú však účinnosť, spoľahlivosť a schopnosť fungovať v náročných alebo nebezpečných prostrediach.

8. Inteligentný real-time on-line monitoring priebehu filtračného procesu NEURON®

Filtračný proces je nevyhnutné monitorovať, aby bola zabezpečená kvalita a efektivita filtrácie. Pri vákuovej filtrácii real-time monitorujeme obsah mechanických častíc vyjadrenou normou NAS1638 a ISO4406, obsah vody v jednotkách ppm alebo %, obsah mäkkých kalov

MPC ΔE, prierazné napätie transformátorového oleja v kV, navlhnutia celulózovej izolácie transformátora v %, farbu oleja 0-8 ASTM D1500, teplotu oleja, tlak systému a hĺbku vákua spolu s teplotou odparovania vody.



Obr. 11 Monitoring NEURON® Vizualizácia parametrov monitoringu filtrácie (zdroj: ECOFIL®)

Sledovanie a vyhodnocovanie vyššie uvedených parametrov nám umožňuje presné riadenie procesu a priebehu vákuovej filtrácie. Hlavne dosiahnutie stanovených finálnych parametrov kvality oleja, včasnú výmenu filtračných vložiek, dlhodobú archiváciu nameraných hodnôt, zasielanie výstrah pri abnormálnych hodnotách a pod.. Monitorované parametre môžu byť vizualizované on-line na všetkých operačných systémoch a platformách (Win, iOS, Linux) prostredníctvom smartphonov a webových prehliadačov (Edge, Mozilla, Opera, Chrome a pod.).

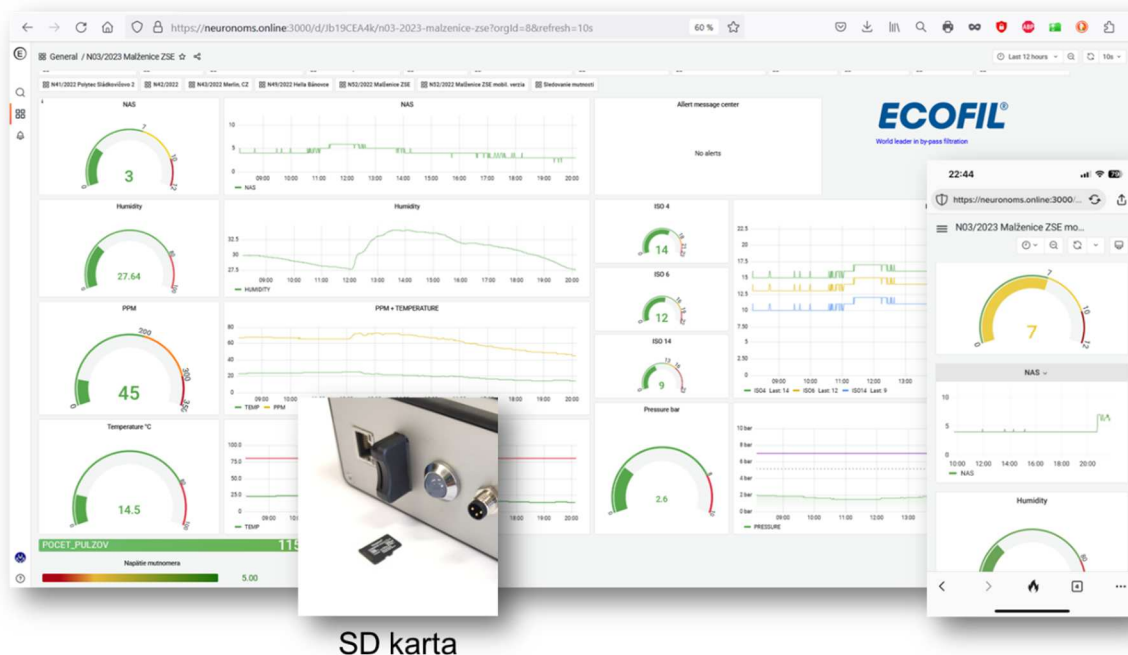


Obr. 12: Operačné systémy

Webový prehliadač

Konektivita (zdroj: ECOFIL®)

Časový priebeh filtrácie je vizualizovaný numericky, prostredníctvom grafov a je personalizovaný podľa požiadaviek užívateľa. Samozrejmosťou je archivácia dát na území EÚ podľa požiadaviek GDPR.



Obr. 13: Vizualizácia monitorovaných dát na doméne [www.neuronoms.online](https://neuronoms.online) (zdroj: ECOFIL)

Zhromažďovanie dát z monitoringu filtrácie umožňujú ďalší vývoj autonómnych riadiacich systémov filtrácie s využitím umelej inteligencie. Prostredníctvom neurónových sietí a strojového učenia už prebieha vývoj monitoringu filtrácie pre autonómne rozhodovanie filtračného zariadenia, ktoré sú poháňané vysoko úspornými ECO BLDC motormi (spotreba 7-14W).

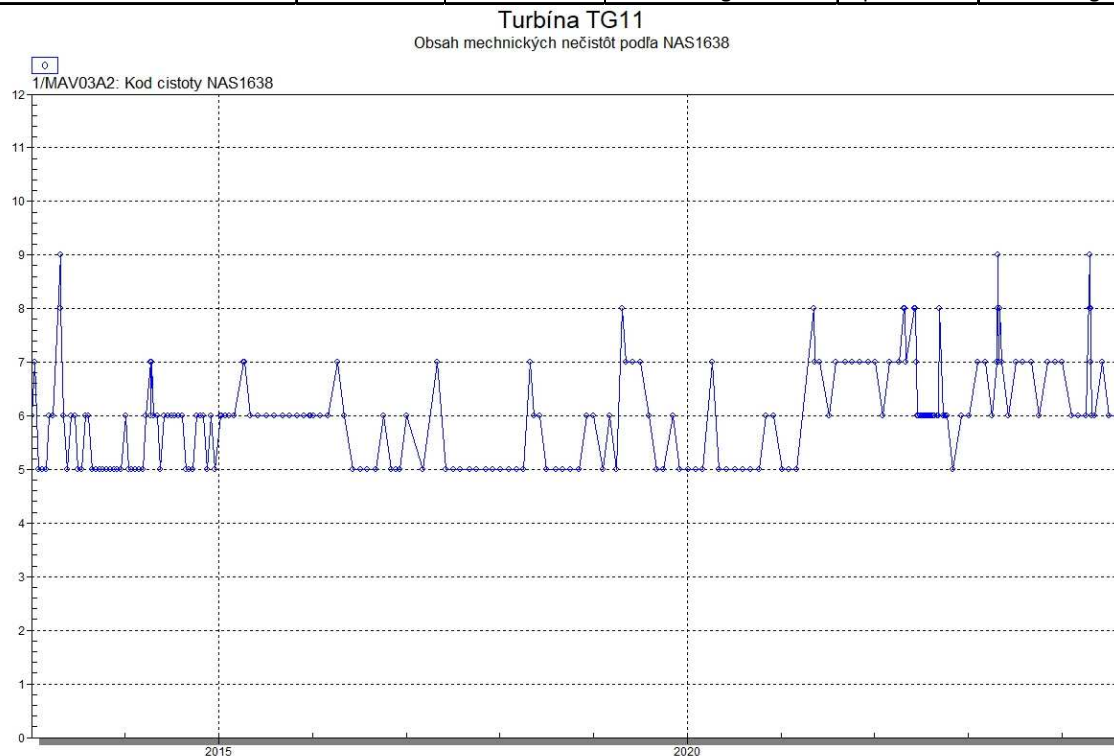
9. Výhody použitia filtračných systémov ECOFIL®

- **Zvýšená prevádzková spoľahlivosť technologických zariadení:** Odstránením kontaminantov a vlhkosti z oleja sa znižuje riziko porúch a predlžuje sa životnosť zariadení.
- **Znížené prevádzkové náklady:** Vákuové filtrovanie znižuje potrebu častých výmen olejov a drahých opráv zariadení
- **Zvýšená bezpečnosť:** Čisté oleje znižujú riziko požiarov a iných bezpečnostných incidentov spojených s kontamináciou olejov.
- **Environmentálna udržateľnosť:** Recykláciou a regeneráciou olejov prostredníctvom vákuového filtrovania sa znižuje potreba výroby nových olejov a množstvo nebezpečného odpadu.

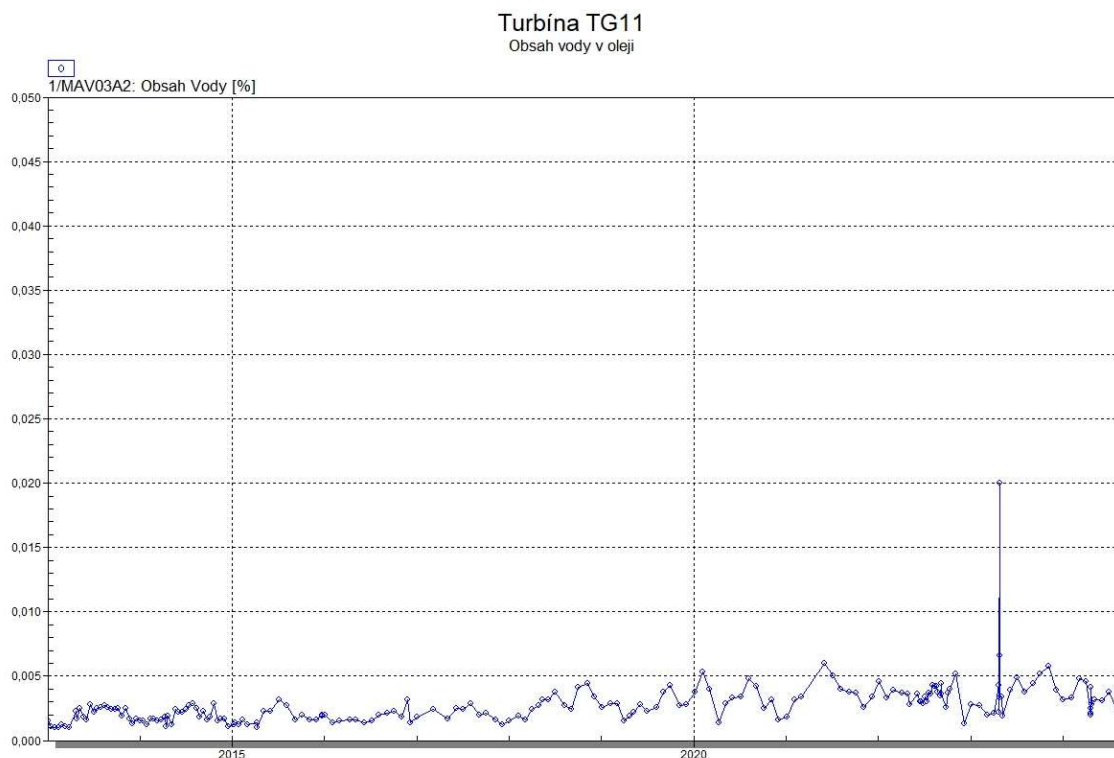
10. Prípadové štúdie

EMO Mochovce – TG11

Objem (hmotnosť) olejovej náplne	Filtračné zariadenie	Štart filtrácie	Parametre oleja	Koniec filtrácie	Parametre oleja
38 t	2 x SN 240	2013	viď graf	prebieha	viď graf



Obr. 14 Trieda čistoty turbínového oleja od r.2013 – 2023 (zdroj: SE, a.s. EMO)



Obr. 15 Obsah vody v turbínovom oleji od r.2013 – 2023 (zdroj: SE, a.s. EMO)

Paroplynový cyklus Malženice – Siemens turbína

Objem (hmotnosť) olejovej náplne	Filtračné zariadenie	Štart filtrácie	Parametre oleja	Koniec filtrácie	Parametre oleja
27 m ³	SN 240	01-2023	NAS 12, voda 460 ppm	12-2023	NAS 6, voda 120 ppm



Obr. 16: Parná turbína Siemens

VE Ružín – transformátory vlastnej spotreby TS 1, TS 22.1

Transformer	Power	Year of production	Volume	Oil type	Breakdown voltage start	Water content start	Start filtration	End filtration	Water final	Breakdown voltage final	Days of filtration	Average temp.	TRAFO 351 elements
TS1	22kV/0,4kV	1973	800 lit.	ITO100	33,7 kv/2,5mm	20,4 ppm	8.12.2021	2.1.2022	7,7 ppm	75,2 kv/2,5mm	26 days	30,5 oC	12 pcs
TS22.1	22kV/0,4kV	1971	800 lit.	ITO100	15,2 kv/2,5mm	40,8 ppm	14.1.2022	28.2.2022	11,5 ppm	70,4 kv/2,5mm	46 days	37,9 oC	24 pcs



Obr.17 TS 1 (zdroj: SE, a.s. VE)



Obr. 18 TS 22.1 (zdroj: SE, a.s. VE)

11. Aplikácie filtračných technológií ECOFIL®



Obr. 19 Parná turbína Siemens (zdroj: ECOFIL®) **Obr.20** Hydraulický rozvody pary (zdroj: ECOFIL®)



Obr. 21 Vodná turbína (zdroj: SE, a.s. VE)

Obr. 22 ČAR (zdroj: SE, a.s. VE)



Obr. 23 Transformátor (zdroj: ECOFIL®)
plnenie



Obr. 24 Príprava nového izolačného oleja na
transformátora (zdroj: ECOFIL®)

12. ZÁVER

Filtračné technológie ECOFIL® predstavujú revolučný krok vpred v procesoch starostlivosti o olejové náplne, ponúkajúc efektívne a spoľahlivé riešenie pre zachovanie čistoty a kvality olejov, ktoré sú životne dôležité pre bezproblémovú a bezpečnú prevádzku mnohých priemyselných zariadení. Filtráciou ECOFIL® sa nielenže predlžuje životnosť zariadení a znižujú prevádzkové náklady, ale zároveň sa prispieva k ochrane životného prostredia prostredníctvom zníženia potreby výroby nových olejov, minimalizácie nebezpečného odpadu a produkcie skleníkového plynu CO₂.

Filtrovacie technológiami ECOFIL® je nielen technicky pokročilé, ale aj ekonomicky výhodné, čo umožňuje podnikom udržať si ich zariadenia v optimálnom stave bez potreby častých výmen olejov a drahých opráv. Tento proces predstavuje kľúčový prvok v stratégii údržby a starostlivosti o zariadenia, ktorý zvyšuje ich spoľahlivosť a bezpečnosť pri zachovaní vysokých štandardov environmentálnej udržateľnosti.

Monitoring kvality a efektivity filtrácie olejov by už mal byť nedeliteľnou súčasťou filtračných zariadení a technológií, zvlášť keď bol vyvinutý na Slovensku a je vyrábaný podľa požiadaviek slovenských zákazníkov. V súčasnosti už niekoľko desiatok monitorovacích zariadení filtrácie spoľahlivo monitoruje filtračný proces a spokojným zákazníkom šetrí významné finančné prostriedky a náklady. Budúcnosť filtračných zariadení je v ich autonómnom riadení celého filtračného procesu.

Zhrnutie toho všetkého, filtračné technológie ECOFIL® v procesoch starostlivosti o olejové náplne sú neoceniteľným prínosom pre energetický priemysel, umožňujúc užívateľom efektívne riadiť kvalitu ich olejových náplní a zároveň podporovať ekologické a ekonomické ciele. Vďaka ich schopnosti znižovať riziká a zlepšovať výkonnosť predstavujú filtračné technológie ECOFIL® nenahraditeľný nástroj v rukách tých, ktorí sa zameriavajú na maximalizáciu životnosti, efektivity svojich zariadení a ochrane životného prostredia.

Autor:

Titul, meno a priezvisko: Ing. Igor Ubreži
funkcia: Chief Sales Officer
organizácia: ECOFIL, spol. s r.o. www.ecofil.sk
adresa: Okružná 6001, Michalovce, Slovensko
Tel.: +421905518887, e-mail: ubrezi@ecofil.sk, info@ecofil.sk

