



Whitepaper

# EAL: Următoarea generație

Inovații în materie de lubrifianti pentru industria navală

**KLÜBER**  
LUBRICATION  
your global specialist

## Sustenabilitatea devine un subiect important

Sectorul transportului maritim se confruntă cu provocări majore din cauza noilor cerințe de reglementare și a sensibilizării față de o activitate comercială durabilă.

Operatorii de nave trebuie să își reducă impactul asupra climei, a calității apei și, în același timp, să gestioneze o creștere puternică a cererii de mărfuri transportate. Aceștia trebuie să găsească un echilibru între obiective concurente în ceea ce privește rentabilitatea, eficiența costurilor și durabilitatea mediului. Industria maritimă face investiții mari în tehnologii mai eficiente prin dimensiunea și proiectarea navelor. De asemenea, se caută o optimizare a tehnologiilor utilizate. Potențialul considerabil pentru optimizare poate fi găsit în diferitele sisteme de propulsie ale unei nave cum ar fi propulsoarele, elicele și lubrificarea acestora.

În plus, cerințele legale de mediu la nivel global și teritorial trebuie să fie îndeplinite. Printre acestea se numără obiectivele privind emisiile, gestionarea apei de balast și prevenirea deversărilor de hidrocarburi poluanți. Un aspect important pentru transportul maritim mondial este actualul Permis general pentru nave (VGP) din SUA și viitoarea lege privind descărcarea accidentală a navelor (VIDA), care stipulează că toate navele care trec prin apele americane trebuie să își gestioneze descărcările operaționale de poluare. Printre categoriile incluse se numără utilizarea obligatorie a lubrifiantilor acceptați din punct de vedere ecologic (EAL) la toate interfețele apă-lubrifianti.

## Pe drumul către un viitor curat în transportul maritim

Klüber Lubrication este unul dintre primii producători de lubrifianti care a realizat cercetare și dezvoltare în domeniul lubrifiantilor biodegradabili, care nu sunt toxic și care îndeplinesc performanța tribologică pentru lubrificarea arborilor de elice și a propulsoarelor. În perioada 2006-2006 și 2013 Klüber Lubrication a dezvoltat EAL-uri de top pe piață pentru tuburile de pupa (seria Klüberbio RM 2) și pentru propulsoare (uleiuri pentru angrenaje, seria Klüberbio EG 2) bazate pe tehnologia uleiurilor de ester. Ambele uleiuri sunt puncte de referință pentru EAL-urile pe bază de ulei de ester și au câștigat aprobări din partea tuturor producătorilor importanți de echipamente pentru elice și propulsoare.

Acest lucru se datorează faptului că, în timpul funcționării normale, precum și în urma unor accidente, uleiul lubrifiant poate avea surgeri în mare, punând în pericol atât sănătatea umană, cât și mediul înconjurător. Prin urmare, EAL-urile reprezintă o contribuție semnificativă la prevenirea poluării marine.

Din păcate, după cum a devenit evident, capacitatea de înaltă performanță și o bună compatibilitate cu mediul înconjurător sunt adesea obiective opuse între-un lubrifiant. Foarte adesea, lubrifiantii EAL disponibili în comerț prezintă un grad considerabil de performanțe mai scăzute decât lubrifiantii pe bază de ulei mineral, în funcție de designul și chimia acestora. Aceasta poate include o grosime mai mică a stratului de ulei pentru a separa arborele elicei de rulmentul elicei, o mai mică compatibilitate a EAL cu elastomerii utilizați în garniturile de etanșare a arborelui elicei și/sau stabilitatea chimică a EAL cu apa. Astfel de performanțe scăzute în comparație cu un ulei mineral pentru tubulatură de pupa poate duce la deteriorarea echipamentului sau intervale mai frecvente de schimbare a uleiului. În plus, există o interdependență între performanța lubrifiantilor și aplicațiile pentru care sunt utilizati. Arborele elicei garniturile de etanșare a arborelui de elice și rulmentii de butuc au fost proiectate cu uleiuri minerale în minte. Trecerea de la un ulei mineral utilizat în mod obișnuit la un EAL poate avea consecințe profunde asupra sistemului tribologic în ansamblul său. În cazul în care EAL nu prezintă aceleași performanțe ca și uleiurile minerale.

Un obiectiv principal în dezvoltarea unui nou tip de EAL a fost acela de a menține avantajele lubrifiantilor pe bază de ester, prelungind în același timp intervalele de schimbare a uleiului pentru a se alinia la un program tipic de cinci ani de andocare uscată. Primul produs al Klüber Lubrication bazat pe noua tehnologie este un lubrifiant pentru tubul de pupa care respectă cerințele VGP și care oferă caracteristici de performanță similare sau mai bune decât cele ale unui lubrifiant pe bază de ulei mineral. Această inovație reprezintă inovația mult dorită în lubrificarea sistemelor de propulsie a navelor - un element vital pentru premişă vitală pentru un viitor curat în transportul maritim. Noul ulei pentru tuburi de pupa a fost lansat recent sub denumirea Klüberbio RM 8-100.



## Problema cu EALs sub sarcini mari

Pentru lubrifierea arborelui elicei care se deplasează în tubul de pupa și a garniturilor de etanșare a arborelui elicei, VGP prevede utilizarea de EAL-uri pentru protecția mediului înconjurător, deoarece o scurgere de ulei în mare prin garnitura de etanșare a elicei nu poate fi complet prevenită.

Lubrifiantii biodegradabili pentru aplicarea tubului de pupa de la mai mulți furnizori sunt disponibili de aproape două decenii. Până în prezent, totuși, nimeni nu a reușit să ofere un EAL cu o capacitate de performanță egală cu cea a unui produs pe bază de ulei mineral în toate criteriile de performanță importante, cum ar fi o peliculă de ulei lubrifiant puternică, consistentă în prezența apei în ulei și o etanșare excelentă compatibilă.

De ce o peliculă de ulei insuficientă poate fi o problemă? La adresa sarcini deosebit de mari, de exemplu, în timpul călătoriilor cu un regim parțial cu elice scufundată sau la manevre dure, o rezistență insuficientă a unei pelicele de lubrifiant poate duce la contact metal pe metal și la temperaturi mai ridicate ale rulmenților de butuc, cauzând în cele din urmă deteriorarea rulmenților. Multe EAL disponibile în comerț prezintă o rezistență insuficientă la oxidare și hidroliză, precum și o capacitate de lubrifiere slabă în condiții de sarcini ridicate. Sarcinile excesive de forfecare le pot face să-si piardă vâscozitatea și, prin urmare, capacitatea lor de a forma un lubrifiant portant. Oxidarea ridicată și îmbătrânirea pot determina creșterea vâscozității lor într-un mod nedorit. Procesele chimice și prezența apei au tendința de a descompune lubrifiantul. O defectiune a componentelor și, eventual, chiar o defectiune a sistemului de propulsie sunt posibile. Prin urmare, schimbările frecvente de ulei sunt inevitabile în cazul unor EAL disponibile în comerț, ceea ce conduce la costuri de exploatare suplimentare.

O provocare suplimentară în lubrifierea arborelui de elice este că nu doar lubrifiantul se scurge în apă, ci și invers: lubrifiantul se contaminează cu apă pe aceeași cale. Rezistența insuficientă la hidroliză a majorității esterilor disponibili în comerț EAL pe bază de ulei are ca rezultat o creștere a TAN (indice de aciditate totală), ceea ce duce la o schimbare completă sau parțială neprogramată a uleiului și la o durată mai scurtă de durată de viață a garniturii de etanșare din tubul de pupa. Singura modalitate de a preveni schimbării timpurii ale uleiului din cauza creșterii TAN a fost până acum instalarea de sisteme de filtrare și uscătoare de ulei costisitoare. Acest lucru constituie însă o investiție majoră și sporește complexitatea la bord.

## Eco-compatibilitate vs. performanță

Obiectivul dezvoltării Klüberbio RM 8-100 a fost acela de a obține un ulei pentru tuburi de pupa care nu este susceptibil la hidroliză, prelungind durata de funcționare în comparație cu EAL-urile convenționale și îndeplinește toate cerințele de sustenabilitate ale etichetei ecologice a UE, ale actualului VPG și ale viitoarelor VIDA pentru exploatarea navelor în SUA.

Pe lângă eco-compatibilitatea biologică dovedită, noul produs a fost conceput pentru a obține performanțe excelente în ceea ce privește compatibilitatea cu garniturile, stabilitatea la forfecare, comportamentul la uzură, protecția împotriva coroziunii și frecare. În timp ce pelicelele lubrifiante formate de unele EAL-uri găsite pe piață nu sunt suficient de groase pentru a preveni deteriorarea tuburilor de pupa a lagărelor din tubulatură în condiții de sarcină nefavorabile, noul produs este conceput pentru a forma o peliculă portantă care se apropie de cea a unui produs pe bază de ulei mineral.

## Pe scurt: Rolul tubului de pupa

Toate tipurile de nave, fie că este vorba de nave container, de vrachiere, remorcere portuare sau nave de croazieră, au un lucru în comun: propulsia se face cu ajutorul unor elice mari de diferite tipuri. Cu puține excepții, arborii elicelor cu pas fix și cu pas reglabil se deplasează în rulmenții montați în interiorul tubului de pupa umplut cu ulei. Mișcările radiale ale arborelui elicei în rulment sunt mai mari decât cele ale altor arbori industriali și pot fi intensificate de forța valurilor sau a

Garniturile de etanșare radială a arborelui sau etanșările mecanice împiedică scurgerea uleiului în mare și, de asemenea, mențin tubul de pupa la compartimentul motorului. Propulsoarele sunt umplute cu ulei de transmisie și, de asemenea, trebuie sigilate la arborele elicei, precum și la arborele de direcție rotativ al propulsoarelor azimutice pentru a preveni scurgerea în apă. Cu toate acestea, nu este posibil să se etanșeze pupa tubul sau propulsoarele să fie 100% etanșe la ieșirea uleiului.

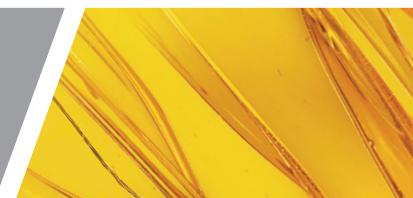


Dispunere tipică a arborelui elicei, a rulmenților și a garniturilor de etanșare într-un tub de pupa

## EALs în curs de testare

Două clase de uleiuri pot fi considerate uleiuri de bază pentru EAL: uleiuri sintetice sau uleiuri obținute din grăsimi vegetale sau animale. În timp ce uleiurile naturale sunt biodegradabile, acestea au caracteristici care fac ca nepotrivite pentru lubrifierea de înaltă performanță. Numai prin combinarea tehnologia sintetică și biodegradabilitatea se pot crea lubrifianti care să funcționeze la cel mai înalt nivel și care să fie siguri pentru mediu.

În mod obișnuit, un lubrifiant pentru tubul de pupa trebuie să îndeplinească mai multe cerințe. Doar pentru a numi câteva: grosimea pelicelei de ulei care asigură lubrifierea hidrodinamică, o bună capacitate de încărcare, o bună compatibilitate cu garniturile de etanșare, rezistență la zgârieturi/uzură, stabilitate la forfecare, stabilitate la oxidare, stabilitate hidrolitică, biodegradabilitate, toxicitate scăzută etc. În mod convențional, uleiurile minerale au dominat piața maritimă datorită prețului, avantajelor și disponibilității lor, însă dezavantajul este toxicitatea și biodegradabilitatea redusă. În acest caz, uleiurile EAL au un scor mai bun decât uleiurile minerale. Până în prezent, au fost comercializate un număr destul de mare de EAL disponibile pe piață, care pretind că sunt adecvate pentru lubrifierea tuburilor de pupa.



În cadrul familiei sintetice, există mai multe tipuri diferite de chimicale, dar cea mai larg promovată pe piață este EAL pe bază de ester. S-a dezbatut dacă toate aceste EAL-uri oferă performanțe similare (de exemplu, pentru același grad de vâscozitate VG 100) sau dacă se comportă în mod diferit.

Această întrebare a fost preluată de DNV GL, un lider mondial în domeniul de înregistrare și societate de clasificare acreditată la nivel internațional.\* Societatea lor studiu de laborator arată caracteristicile specifice în care EAL-urile nu numai că diferă de uleiurile minerale, dar și între ele. Aceste proprietăți afectează marja de siguranță a rulmentului tubular de pupă în anumite condiții critice de funcționare și pot provoca o influență masivă asupra defectiunilor potențiale în rulmenții tubulari de pupă. Conceptul chimic și de proiectare al fiecare produs EAL în parte determină gradul de siguranță în aplicație.

Pentru a ilustra stabilitatea relativă a uleiurilor în prezența apei, testul "sticlei de băutură" conform normei de testare ASTM D 2619 este o metodă adecvată. Uleiurile instabile din punct de vedere hidrolitic formează acid ca produs al reacției chimice dintre uleiurile esterice și apă, ceea ce provoacă coroziune într-un sistem de tuburi de pupă sau duce la incompatibilitatea uleiului pentru tuburi de pupă cu materialele elastomeric ale garniturilor de etansare a arborelui elicei. Conținutul de acid dintr-un ulei poate fi măsurat prin titrare cu KOH. Rezultatul este următorul al unei astfel de titrări este TAN (unitate: mg KOH/g ulei).

Dintre toate testele EAL-urilor pe bază de ester, Klüberbio RM 8-100 prezintă de departe cel mai bun rezultat al testului și aproape nicio creștere a TAN, în timp ce la același timp, se păstrează o grosime adecvată a peliculei de ulei (a se vedea graficul de mai jos). Acest rezultat al testului dovedește că uleiul este foarte stabil în prezența apei, fiind chiar similar cu stabilitatea unui ulei mineral pe bază de ulei pentru tuburi de pupă pe bază de ulei mineral.

O altă proprietate importantă pe care trebuie să o dețină un ulei pentru tubulatură de pupă este capacitatea de a forma un film lubrifiant adecvat în condiții dinamice. Acest lucru este deosebit de important, deoarece lubrifiantii sintetici au, în general, un coeficient de presiune-viscozitate mai mic decât uleiul mineral de aceeași

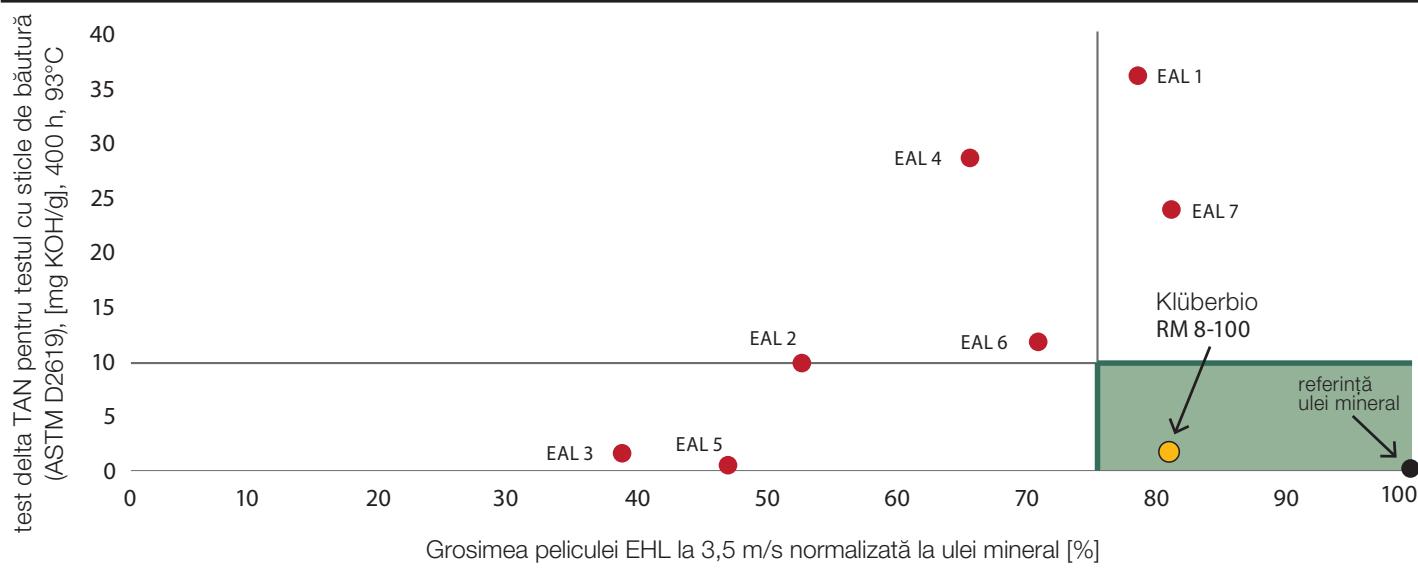
valoare și grad de vâscozitate, rezultând o peliculă lubrifiantă mai subțire. În plus, stabilitatea la forfecare a lubrifiantilor joacă un rol vital în asigurarea vâscozității necesare chiar și la viteze de forfecare ridicate. Prin urmare, performanța lubrifiantului în contactele cu lubrifiere hidrodinamică, cum ar fi în cazul unui rulment cu butuc de elice, depinde în mare măsură de proprietățile lubrifiantului utilizat. Este important ca un ulei pentru tubulatura de pupă să separe complet arborele elicei de rulment prin formarea unei pelicule de lubrifiant adecvate, chiar și la sarcini mari. Acest lucru ar oferi o marjă de siguranță mai mare în condiții de sarcină extremă, de exemplu, în timpul manevrelor de nave, și va preveni contactul metal-metal al arborelui elicei și rulmenții de butuc. Un EAL bine optimizat cu o bună hidrodinamică proprietățile peliculei de ulei nu va întâmpina supraîncălzirea rulmenților de butuc sau deteriorarea rulmenților, aşa cum se întâmplă în cazul unor EAL-uri inferioare în condiții de condiții stresante de instalare și funcționare.

Uleiuri pentru tuburi de pupă EAL pe bază de uleiuri de ester sintetic sau polialfaolefină (PAO) pot avea un film hidrodinamic semnificativ diferit în ceea ce privește formarea filmului, în funcție de uleiurile de bază și de polimerii cu lanț lung utilizate în formularea lubrifiantului. În special atunci când uleiurile de bază cu o vâscozitate cinematică scăzută sunt utilizate în combinație cu polimeri pentru a crește vâscozitatea totală a lubrifiantului până la valoarea solicitată de ISO VG 100 sau 150 grade de vâscozitate.

Cu ajutorul platformei EHD de la PCS Instruments, pot fi comparate proprietățile de formare a peliculei de lubrifiant ale diferitelor uleiuri într-un contact EHL (lubrifiere elastohidrodinamică). În condițiile investigate în studiu nostru, Klüberbio RM 8-100 prezintă o formare de peliculă groasă în comparație cu alte EAL-uri disponibile. Rezultatele studiului evidențiază faptul că alte EAL-uri nu oferă rezultatul dorit de înaltă performanță. Astfel, selecția lubrifiantului trebuie făcută cu prudență pentru a evita deteriorarea rulmenților tubulari de pupă.

\* DNV GL, Lubrifiantii acceptabili din punct de vedere ecologic prezintă capacitați reduse în anumite condiții, Știri tehnice și de reglementare nr. 15/2019

Diagrama de dispersie - grosimea peliculei EHL în funcție de delta TAN



## Următoarea generație de lubrifianti EAL

Noul Klüberbio RM 8-100 nou dezvoltat îndeplinește cu succes cerințele maxime de mediu, precum și cele de performanță. Klüberbio RM 8-100 generează o peliculă lubrifiantă de o grosime excelentă, care persistă chiar și în cazul unor sarcini de margine ridicate în rulmentul arborelui de elice. Datorită acestei pelicule lubrifiante, rulmentul elicei și arborele rămân separate, iar supraîncălzirea sau deteriorarea rulmentului este prevenită. Klüberbio RM 8-100 prezintă o compatibilitate foarte bună cu materialul elastomeric din garnitura arborelui elicei, asigurându-i acestuia o lubrifiere optimă. Acest lucru asigură o durată de viață lungă și o funcționare completă a componentelor.

În ceea ce privește TAN și rezistența la hidroliză, performanțele noului produs sunt multiple față de cele ale EAL Stern pe bază de ester pentru tuburi - aproape până la standardul lubrifiantilor pe bază de ulei mineral. Acest lucru înseamnă că, compoziția chimică a uleiului îl împiedică să reacționeze cu apa care pătrunde în tubul de pupă prin garnitura din elastomer. TAN-ul crește cu greu, ceea ce duce la o speranță de viață semnificativ mai mare atât pentru garnitura arborelui elicei, cât și pentru ulei.

Klüberbio RM 8-100 este primul lubrifiant bazat pe o nouă tehnologie. Klüber Lubrication va adopta această nouă tehnologie și în gama sa de uleiuri pentru angrenaje EAL concepute pentru propulsoare de tunel și azimutale.

## Două lumi se întâlnesc

Klüber Lubrication a arătat deja în trecut că bio înr-un lubrifiant nu mai reprezintă un compromis în ceea ce privește caracterul ecologic al unui produs, ci având o performanță tehnică mai slabă. Cu noua noastră generație de uleiuri Klüberbio pentru tuburi de pupă și angrenaje, avem un lubrifiant excelent în ceea ce privește performanța lubrifiantă, adesea considerată mai bună decât cea a uleiului minera, iar produsele sunt, de asemenea, biodegradabile și non-toxice.

Cu Klüberbio RM 8-100, utilizatorii obțin un produs de vîrf din punct de vedere tehnologic, care îndeplinește cerințele legale de mediu și oferă în același timp performanțe extrem de bune ale unui lubrifiant convențional pe bază de ulei mineral. Acest lucru este important în special pentru operațiunile de transport maritim internațional, unde abordările durabile sunt din ce în ce mai mult solicitate.

## Pe scurt: VPG și EALs

În timp ce majoritatea acestor surgeri individuale sunt mici, creșterea numărului de transporturi maritime reprezintă o problemă din ce în ce mai mare pentru mediu. Uleiurile minerale care conțin aditivi sunt descompuse lent de microorganismele din apa de mare. Hidrocarburile și aditivii conținuți în uleiul mineral pot fi toxice pentru viața marină.

Pentru a limita surgerile dăunătoare de lubrifianti și alte substanțe, SUA au emis Permisul general pentru nave (VGP), care a intrat în vigoare în 2013. VGP va fi înlocuit de noua lege Vessel Incidental Discharging Act (VIDA). Lubrifiantii standard pe bază de ulei mineral sunt autorizați doar în cazuri excepționale pentru lubrifierea elicelor, a propulsoarelor și a altor echipamente cu interfețe apă-lubrifiant. Singurii lubrifianti permisi sunt cei introdusi pe piață ca lubrifianti acceptați de mediu. (EAL). Aceștia trebuie să aibă următoarele caracteristici:

- Non-bioaccumulative: substanțele chimice nu se pot acumula în țesuturile unui organism și nu pot intra în lanțul alimentar.
- Biodegradabil: substanțele constitutive ale unui lubrifiant trebuie să se descompună în mod natural în proporție de cel puțin 60 % din formulare în termen de 28 de zile
- Non-toxic pentru viață acvatică: Lubrifiantul nu trebuie să împiedice creșterea sau bunăstarea vieții acvatice

Acest lucru arată că criteriile care determină ce reprezintă o EAL se referă la consecințele surgerilor de lubrifiant asupra apei și a microorganismelor acesteia. Bioaccumularea descrie gradul în care o substanță chimică se poate acumula într-un organism viu; biodegradabilitatea este intervalul de timp în care un lubrifiant se va descompune în componente inofensive. Lubrifiantii cu toxicitate minimă nu au sau doar un impact foarte mic asupra organismelor marine.

