



OLIO USATO: DA RIFIUTO A RISORSA

Gli oli lubrificanti usati sono rifiuti complessi, ma conservano una quota elevata di idrocarburi valorizzabili. Il processo di rigenerazione consente di rimuovere sostanze indesiderate e di produrre nuove basi lubrificanti di qualità. Il caso italiano, con la filiera CONOU Consorzio Oli Usati e la tecnologia Itelyum, mostra il potenziale industriale di questo modello circolare.

Il ciclo di vita dell'olio minerale usato

Un lubrificante moderno è una formulazione complessa nella quale una base lubrificante costituisce la fase continua e un pacchetto di additivi conferisce proprietà specifiche, come stabilità all'ossidazione, detergenza, protezione dall'usura e dalla corrosione [1]. Durante l'esercizio il fluido si modifica progressivamente. Ossidazione e stress termico generano composti più polari, acidi e residui carboniosi; contemporaneamente si accumulano acqua, particolato, metalli da usura, combustibili o solventi e prodotti di degradazione degli additivi. In funzione della provenienza e della storia di utilizzo, possono inoltre essere presenti contaminanti di rilevanza ambientale, inclusi metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici e, soprattutto in passato, PCB [2].

Questa trasformazione rende l'olio non più idoneo al servizio originario, ma non ne annulla il valore materiale. Una parte importante della matrice idrocarburica che costituiva la base lubrificante è ancora recuperabile. È questo il principio della rigenerazione: non un semplice trattamento di depurazione, ma una sequenza di operazioni che elimina contaminanti e frazioni indesiderate per ottenere nuovamente basi lubrificanti utilizzabili nella formulazione di prodotti commerciali [3, 4]. La base rigenerata deve poi essere additivata *ex novo*: l'olio usato, quindi, non viene ritrasformato in prodotto finito, ma riportato a una materia prima di base con qualità controllata e standardizzata.

Rigenerazione e gerarchia del recupero

La distinzione tra rigenerazione e recupero energetico è sostanziale. Nel primo caso si conserva la funzione materiale della frazione lubrificante; nel secondo il contenuto organico viene valorizzato principalmente come combustibile. La normativa europea definisce la rigenerazione degli oli usati come un'operazione di riciclo finalizzata alla produzione di oli di base mediante raffinazione e rimozione di contaminanti, prodotti di ossidazione e additivi. L'art. 21 della Direttiva 2008/98/CE (Direttiva quadro sui rifiuti) richiede inoltre la raccolta separata e indica la rigenerazione come via da privilegiare, salvo alternative di riciclaggio con risultato ambientale complessivo equivalente o migliore [5].

Anche dal punto di vista ambientale questa gerarchia trova supporto nelle valutazioni di ciclo di vita. Una recente analisi europea, che confronta diversi percorsi di gestione degli oli usati, mostra per la rigenerazione prestazioni favorevoli rispetto alle principali opzioni di recupero energetico nella categoria del cambiamento climatico [6]. Il vantaggio deriva dal fatto che il processo evita, almeno in parte, la produzione di nuove basi a partire da risorse fossili primarie, mantenendo più a lungo in uso molecole già estratte, raffinate e trasformate.

Come nasce una base rigenerata

Le tecnologie industriali disponibili sono numerose e differiscono per configurazione, severità operativa e qualità del prodotto ottenibile. Esistono processi basati su estrazione con solvente, adsorbimento, distillazione sottovuoto, evaporazione a film sottile, deasfaltazione e trattamenti catalitici; le soluzioni più moderne tipicamente combinano più operazioni [3, 4, 7]. Al di là delle differenze proprietarie, la logica di processo è abbastanza comune. Una prima sezione rimuove acqua, solidi e componenti a basso punto di ebollizione. Segue la separazione delle frazioni pesanti e dei composti associati agli additivi esausti e ai prodotti di degradazione, spesso mediante distillazione spinta sotto vuoto e/o deasfaltazione. Infine, un trattamento di finitura - ad esempio idrofinissaggio o hydrofinishing - migliora colore, stabilità e composizione, riducendo zolfo, specie insature e aromatiche indesiderate [3, 7]. È quest'ultima fase che consente di allineare le proprietà delle basi rigenerate alle specifiche richieste dalle formulazioni lubrificanti moderne.

Il vuoto è particolarmente importante perché consente di separare frazioni ad alto punto di ebollizione limitando la temperatura effettiva del fluido e quindi la degradazione termica. Allo stesso tempo, la forte variabilità della carica costituisce una delle principali difficoltà operative: un olio usato raccolto da migliaia di utenze non ha la costanza compositiva di una corrente petrolifera convenzionale. Per questo la qualità della raccolta, la segregazione dei flussi e il controllo dei contaminanti sono parte integrante della tecnologia di rigenerazione. Il confronto tra queste famiglie va letto in termini qualitativi (Tab. 1), perché resa e qualità dipendono fortemente dalla

Famiglia tecnologica	Qualità della base	Resa	Severità	Principali criticità
Distillazione sotto vuoto + hydrofinishing	Alta; adatta a basi moderne	Medio-alta	Alta	Energia, H ₂ e vuoto spinto; catalizzatore; fouling e contaminanti
Estrazione con solvente	Media-alta; spesso con finishing	Media	Bassa-media	Selettività; recupero e perdite di solvente; residui ed effluenti
Deasfaltazione	Intermedia; alta dopo finishing	Medio-alta	Media	Frazione pesante; sensibilità alla carica; recupero del solvente, se applicabile
Evaporazione a film sottile	Intermedia come distillato; alta dopo hydrofinishing	Medio-alta	Media-alta	Vuoto spinto; controllo del film e del rotore; residuo pesante; finishing spesso necessario
Adsorbimento/polishing	Alta come polishing; stadio complementare	Alta sul feed pretrattato	Bassa	Consumo/rigenerazione adsorbente; solidi esausti; limite su feed molto contaminati

Tab. 1 - Confronto qualitativo tra principali famiglie tecnologiche di rigenerazione; le prestazioni dipendono dalla carica e dalla configurazione di processo [3, 4, 8]

composizione della carica, dai pretrattamenti e dal modo in cui le singole operazioni sono integrate. Le tecnologie moderne, infatti, spesso combinano separazione primaria, rimozione selettiva dei contaminanti e finitura per raggiungere le specifiche richieste [3, 4, 8].

La distillazione sottovuoto abbinata a hydrofinishing offre in genere il percorso più robusto verso basi di qualità elevata, a fronte di maggiore severità impiantistica ed energetica. L'estrazione con solvente limita la severità termica ma introduce il tema della selettività e del recupero del solvente; la deasfaltazione è efficace nella separazione delle frazioni pesanti e polari, ma produce tipicamente un olio intermedio da rifinire. L'evaporazione a film sottile consente di limitare il degrado termico, pur necessitando tipicamente di uno stadio di finishing [8, 9]. Adsorbimento e polishing operano soprattutto come stadi di finitura, con condizioni più blande ma capacità limitata su cariche contaminate [3, 8]. La soluzione industriale è normalmente un compromesso tra qualità obiettivo, resa, consumi, gestione dei residui e qualità della carica (Fig. 1).

Il modello italiano

L'Italia rappresenta un caso particolarmente avanzato di filiera organizzata. Il CONOU (Consorzio Nazionale degli Oli Mi-

nerali Usati) coordina la raccolta su scala nazionale e l'avvio a trattamento. Nel 2025 sono state immesse al consumo circa 389 kt di oli lubrificanti, ripartite in modo quasi equivalente tra impieghi automotive e industriali. Nello stesso anno la filiera ha raccolto circa 194 kt di olio usato e oltre il 98% del raccolto è stato destinato a rigenerazione [12]. A titolo di confronto, per l'UE è stato riportato un tasso di rigenerazione dell'ordine del 61% dell'olio usato raccolto [6].

Nel 2025 gli impianti italiani di rigenerazione hanno processato circa 186 kt di olio usato. La resa media riportata in basi lubrificanti è stata del 66,2%; il resto della carica è stato valorizzato principalmente come frazioni bituminose, gasolio e correnti contenenti acqua e idrocarburi leggeri [12] (Fig. 2).

Qualità brevettata: il processo Revivoil

Un esempio significativo è rappresentato dagli impianti Itelyum Regeneration di Pieve Fissiraga (LO) e Ceccano (FR), che dispongono complessivamente di una capacità di trattamento di circa 200.000 t/anno [9]. Il sito di Pieve Fissiraga utilizza il processo Revivoil, sviluppato da Itelyum con Axens [8, 9], utile da considerare come caso applicativo industriale. Nella configurazione di Pieve Fissiraga il processo può essere letto attraverso tre macrosezioni. Nel preflash l'olio usato vie-

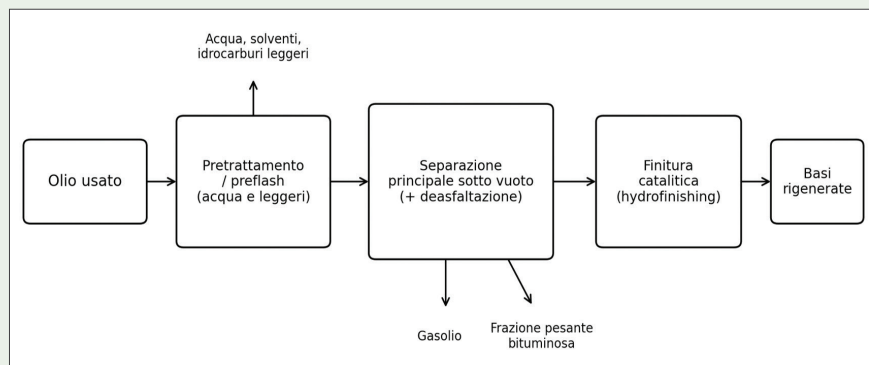


Fig. 1 - Schema concettuale di un moderno processo che unisce preflash, thermodeasphalting e hydrofinishing [10, 11]

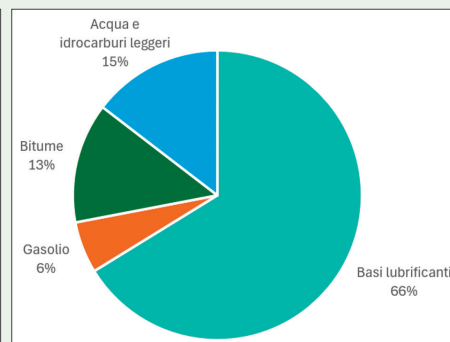


Fig. 2 - Ripartizione media dei prodotti ottenuti dalla rigenerazione in Italia nel 2025, su 186 kt di olio usato processato. Dati CONOU [12]

ne riscaldato e sottoposto a separazione sottovuoto per allontanare acqua, solventi e idrocarburi leggeri. Segue il thermode-asphalting, nel quale la carica viene portata a temperatura più elevata e separata sottovuoto in frazioni lubrificanti, gasolio da vuoto e una frazione pesante bituminosa. Le basi semilavorate vengono quindi inviate all'hydrofinishing catalitico in presenza di idrogeno, che ne migliora stabilità e composizione prima delle operazioni finali di stripping e disidratazione [10, 11].

Il valore delle basi rigenerate

La rigenerazione ha senso industriale solo se il prodotto finale può rientrare nel mercato delle basi lubrificanti. Occorre controllare proprietà quali viscosità, indice di viscosità, volatilità, contenuto di zolfo, saturati e aromatici, stabilità all'ossidazione e presenza di contaminanti [1, 10]. Un processo dotato di thermodeasphalting e hydrofinishing catalitico come, ad esempio, il Revivoil utilizzato negli impianti Itelyum è in grado di produrre basi lubrificanti Gruppo I, Gruppo II, e Gruppo III API. La flessibilità e robustezza del processo ne consente l'impiego, su licenza, anche in contesti industriali diversi dalla filiera italiana dell'olio usato [10, 11].

Questo punto è centrale per comprendere l'economia circolare applicata ai lubrificanti: il valore della rigenerazione non risiede soltanto nell'evitare uno smaltimento, ma nel riportare il materiale a una qualità sufficientemente elevata da sostituire una materia prima primaria. Il ciclo può così ripetersi, purché raccolta e processo mantengano sotto controllo le impurezze che comprometterebbero la riraffinazione. Se il processo è particolarmente robusto, come nel caso di Revivoil, si può addirittura parlare di upcycling: lubrificante esausto originariamente contenente basi di Gruppo I può essere convertito a una base lubrificante di Gruppo III di qualità superiore.

Evoluzioni e sfide per il futuro

La rigenerazione è una tecnologia matura, ma non priva di criticità. La composizione della carica può cambiare con il parco veicoli, le formulazioni di lubrificante, la presenza crescente di fluidi sintetici e le pratiche di raccolta. Contaminanti più difficili da gestire possono ridurre la resa o aumentare la severità dei trattamenti. Le sezioni ad alta temperatura e sottovuoto sono inoltre soggette a fenomeni di deposito e sporcamento (fouling), mentre i trattamenti catalitici richiedono energia, idrogeno e una gestione accurata dei catalizzatori e delle correnti gassose.

Le prospettive di sviluppo riguardano quindi sia il processo sia la filiera: migliore tracciabilità e caratterizzazione dell'olio raccolto, separazioni più selettive, maggiore efficienza energetica, integrazione con idrogeno a minore impronta carbonica e strumenti digitali per monitorare prestazioni e degrado degli

impianti. In parallelo, l'evoluzione delle basi e degli additivi richiederà continui adattamenti tecnologici. La sfida non è soltanto "riciclare più olio", ma farlo mantenendo elevata la qualità della materia recuperata e riducendo gli impatti lungo l'intero ciclo di vita.

Conclusioni

Gli oli lubrificanti usati sono un esempio particolarmente efficace di rifiuto che può essere riportato a materia prima mediante tecnologie di raffinazione. La rigenerazione combina separazioni fisiche, distillazione, rimozione delle frazioni pesanti e finitura catalitica per recuperare basi lubrificanti di qualità, evitando di relegare una risorsa ancora ricca di valore al solo recupero energetico. Il sistema italiano mostra come raccolta organizzata e capacità industriale possano portare quasi tutto l'olio usato intercettato verso la rigenerazione. Gli impianti Itelyum di Pieve Fissiraga e Ceccano rappresentano un esempio concreto di questa filiera, ma il messaggio è più generale: la circolarità degli oli lubrificanti dipende dall'integrazione tra qualità della raccolta, tecnologia di rigenerazione e mercato in grado di riutilizzare le basi rigenerate.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D.M. Pirro, M. Webster, E. Daschner, *Lubrication Fundamentals*, 3rd Ed., CRC Press, 2016.
- [2] K. Parekh, R. Gaur, S. Shahabuddin, *Mater. Today Proc.*, 2024, DOI: [10.1016/j.matpr.2024.01.047](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.01.047).
- [3] S. Sarkar, D. Datta *et al.*, *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, 2023, **25**, 1935, DOI: [10.1007/s10163-023-01685-w](https://doi.org/10.1007/s10163-023-01685-w).
- [4] K.K. Moses, A. Aliyu *et al.*, *J. Environ. Chem. Eng.*, 2023, **11**, 111273, DOI: [10.1016/j.jece.2023.111273](https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111273).
- [5] Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, e successive modifiche, art. 21, Oli usati.
- [6] P. García-Gutiérrez, D. Tonin *et al.*, *J. Clean. Prod.*, 2025, **492**, 144878, DOI: [10.1016/j.jclepro.2025.144878](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144878).
- [7] T. Bartels *et al.*, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 2003, DOI: [10.1002/14356007.a15_423](https://doi.org/10.1002/14356007.a15_423).
- [8] A. Kupareva, P. Mäki-Arvela, D.Y. Murzin, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 2013, **88**, 1780, DOI: [10.1002/jctb.4137](https://doi.org/10.1002/jctb.4137).
- [9] H.J. Saleem, A.R. Karim, *Pet. Sci. Technol.*, 2020, **38**, 323, DOI: [10.1080/10916466.2019.1704782](https://doi.org/10.1080/10916466.2019.1704782).
- [10] Axens, Revivoil™ - The Optimum Route to Lube Bases from Spent Oils, Commercial Bulletin, 2022.
- [11] Itelyum, Regeneration Solutions. Corporate brochure and technical information on used-oil regeneration, 2026.
- [12] CONOU, Rapporto di Sostenibilità 2025, 2026.