I robot umanoidi potrebbero generare nuova domanda per i minerali critici

Pubblicato il 9 marzo 2026

Baoqi Zhu
Associate Director, Quantitative Research & Multi Asset Solutions

Principali insegnamenti

- Gli umanoidi sono basati su due sistemi ad alto contenuto di minerali: gli attuatori determinano la domanda di magneti di terre rare e rame, mentre le batterie dettano quella di litio.
- I recenti progressi nell'IA rendono più plausibile un impiego su larga scala. Se gli umanoidi passassero dai progetti pilota alle flotte, la domanda di minerali potrebbe aumentare rapidamente.
- L'offerta potrebbe avere difficoltà a rispondere. I nuovi progetti relativi a estrazione e lavorazione impiegano molti anni per diventare operativi, quindi un aumento anche moderato della domanda potrebbe causare una contrazione dei mercati.
- Un altro rischio riguarda la concentrazione della catena di approvvigionamento. La lavorazione e la produzione di magneti sono spesso più concentrate rispetto all'estrazione, il che aumenta il rischio geopolitico e legato ai prezzi se l'impiego dovesse aumentare.
- Prodotti correlati WisdomTree Strategic Metals and Rare Earths Miners UCITS ETF - USD Acc, WisdomTree Strategic Metals UCITS ETF - USD Acc, WisdomTree Physical AI, Humanoids and Drones UCITS ETF - USD Acc Scopri di più

I minerali critici stanno acquisendo sempre maggiore importanza. La domanda è sostenuta dai miglioramenti della rete, dalla rapida diffusione dei veicoli elettrici e dalle crescenti tensioni geopolitiche relative alle catene di approvvigionamento. Tuttavia, un potenziale fattore trainante rimane ancora sottovalutato. L'ascesa dei robot umanoidi potrebbe aggiungere un nuovo livello di domanda e aumentare il rischio di deficit di alcuni minerali.

Quando Jensen Huang ha presentato i nuovi modelli di IA[1] fisica per robot, ha dichiarato “è arrivato il momento ChatGPT per l'IA fisica”. Tale affermazione non solo è rilevante per l'IA, ma solleva anche una questione pratica per gli investitori: quali sono le implicazioni dell'impiego di umanoidi su larga scala per i minerali critici?

Costruire un umanoide: i minerali essenziali necessari

Attuatori: NdPr e rame

Un umanoide ha bisogno di molti motori per muovere le articolazioni. Ad esempio, Optimus Gen 2[2] di Tesla utilizza 28 motori per le articolazioni principali come spalle, gomiti, vita e gambe. Impiega inoltre motori estremamente piccoli nelle mani per muovere le dita e migliorare il controllo.

Per mantenere dimensioni ridotte e garantire potenza, molti di questi utilizzano potenti magneti permanenti, solitamente realizzati con un materiale chiamato NdFeB[3] e con terre rare, principalmente neodimio e praseodimio (NdPr). Un altro elemento fondamentale è il rame, ampiamente utilizzato negli avvolgimenti dei motori.

Con l'evoluzione degli umanoidi, saranno necessari maggiori gradi di libertà per migliorare la destrezza, in particolare delle mani. A sua volta, questo significa che occorreranno più attuatori e motori e, di conseguenza, più minerali (sempre che i motori a magneti permanenti rimangano la norma).

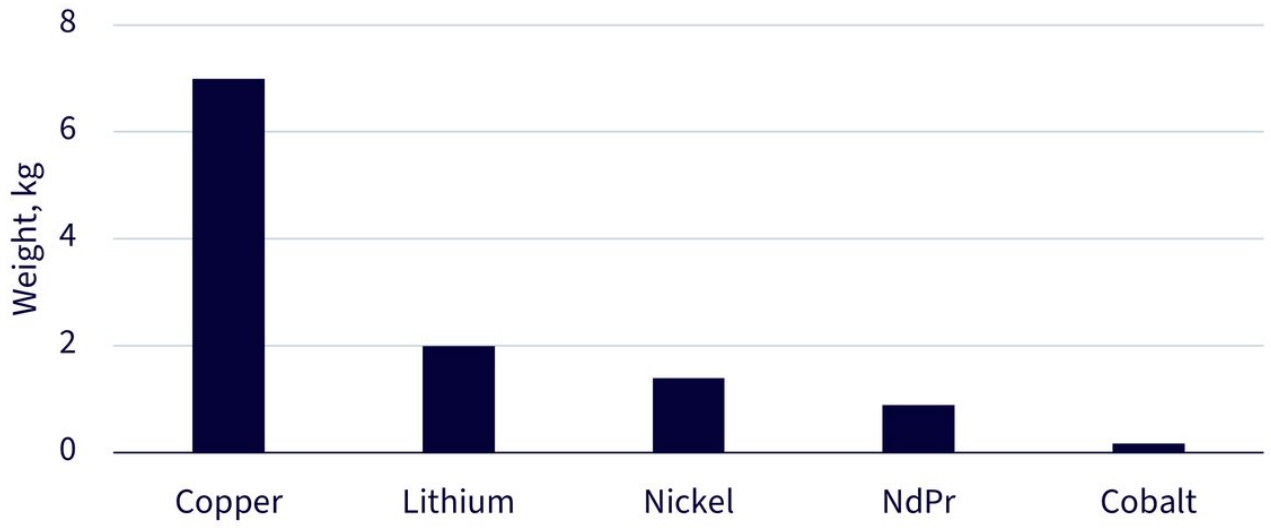
Batterie: litio, nichel, cobalto, rame

A differenza dei veicoli elettrici, gli umanoidi necessitano di pacchi batterie più piccoli per alimentare il corpo. Pertanto, quelle con una maggiore densità energetica, come i modelli al litio-nichel-cobalto-ossido di alluminio (NCA) e al nichel-manganese-cobalto (NMC), sono più adatte alle applicazioni umanoidi. Il rame è fondamentale anche per le batterie e viene utilizzato per gli strati metallici interni e i collegamenti.

Cablaggio, chip e ricarica

Il rame è inoltre presente nel cablaggio dei robot, e serve a trasportare energia e dati attraverso il corpo e le articolazioni. Con l'aumentare delle flotte, le infrastrutture di ricarica possono richiederne una maggiore quantità. I chip possono utilizzare alcuni materiali come il gallio, ma in misura generalmente minima rispetto al rame.

Figura 1: Pesi stimati dei minerali essenziali necessari per un umanoide



Fonte: Morgan Stanley - “The robots are coming…for critical minerals”, 21 maggio 2025. Le stime riguardano lo scenario di base. **Le previsioni non sono indicative della performance futura e qualsiasi investimento è soggetto a rischi e incertezze.**

Perché i recenti progressi tecnologici sono importanti per la domanda di minerali

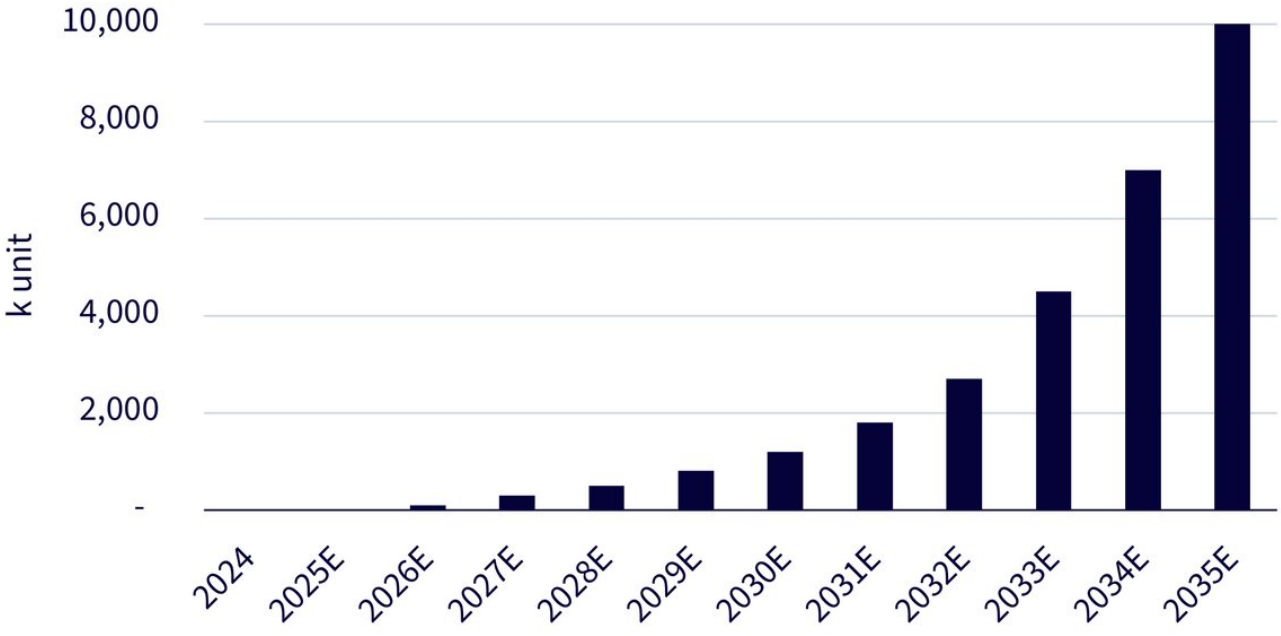
La domanda di minerali critici da parte degli umanoidi dipende dalla portata della loro diffusione. I recenti sviluppi rendono questa ipotesi ancora più plausibile e, se gli umanoidi passeranno dai progetti pilota alle flotte, la domanda di minerali aumenterà in proporzione al numero di unità.

Dal punto di vista del software, la formazione dei robot affinché possano operare nel mondo fisico è storicamente costosa e richiede molto tempo rispetto alla formazione di un modello nel mondo digitale, poiché i dati devono essere raccolti da esperimenti fisici. Tuttavia, con lo sviluppo dei modelli linguistici visivi e l'applicazione di una maggiore quantità di dati sintetici e derivati da simulazioni nell'addestramento, gli sviluppatori possono generare situazioni più diversificate e iterare più rapidamente rispetto ai soli test fisici. Insieme, potrebbero accorciare i cicli di sviluppo e abbassare i costi di integrazione per i produttori.

Per quanto riguarda l'hardware, con la standardizzazione dei progetti e l'aumento della produzione, i costi dei componenti chiave, come gli attuatori, dovrebbero diminuire. Uniti agli sviluppi nel campo del software, gli umanoidi diventeranno probabilmente più intelligenti e più accessibili in futuro.

Wall Street fornisce previsioni relativamente positive sul loro impiego. Secondo le proiezioni di Morgan Stanley, entro il 2050 lo stock complessivo di umanoidi potrebbe raggiungere un miliardo di unità e le vendite annuali potrebbero arrivare a 200 milioni di unità[4]. La Bank of America stima che entro il 2035 saranno distribuiti 10 milioni di umanoidi[5]. Tali cifre riflettono anche il sentiment dei mercati.

Figura 2: Previsione sulle spedizioni annuali di robot umanoidi



Fonte: Bank of America - “AI left the chat! Physical AI Primer”, 5 febbraio 2026. **Le previsioni non sono indicative della performance futura e qualsiasi investimento è soggetto a rischi e incertezze.**

Sfida per le catene di approvvigionamento

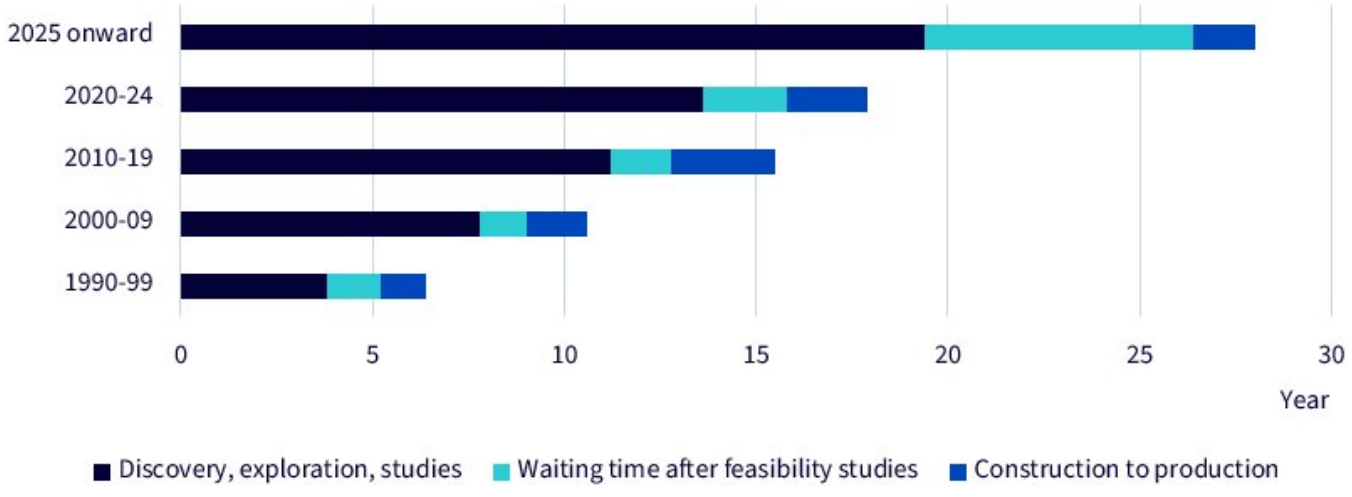
Il potenziale impiego su larga scala degli umanoidi potrebbe influire sui saldi commerciali attraverso la domanda di minerali critici. Prendiamo ad esempio il litio. Nel 2024 la produzione globale di litio si aggirava intorno alle 240.000 tonnellate. Se ipotizziamo che un umanoide richieda 2 kg di litio, allora 10 milioni di umanoidi utilizzerebbero 20.000 tonnellate di litio, pari a circa l'8% della produzione globale del 2024. Sebbene l'impiego su larga scala non sia ancora avvenuto, ci sono due caratteristiche rilevanti della catena di approvvigionamento dei minerali critici che devono essere prese in considerazione:

1. I tempi di realizzazione dei progetti e il rischio di deficit

Se dovesse concretizzarsi, la domanda di umanoidi potrebbe crescere rapidamente e l'offerta difficilmente riuscirebbe a stare al passo. Le nuove miniere impiegano molto tempo per diventare produttive e i tempi di realizzazione sono più lunghi rispetto agli anni '90. In molti progetti, il passaggio dalla scoperta alla produzione richiede spesso più di 10 anni e, in media, i progetti più recenti si avvicinano ai 18 anni. La maggior parte di questo tempo non è dedicata alla costruzione, ma all'esplorazione, alla fattibilità, alle autorizzazioni e al finanziamento.

Questo crea un chiaro rischio di deficit. Se l'impiego degli umanoidi accelerasse e la domanda di veicoli elettrici e di energia rimanesse forte, la necessità di minerali chiave potrebbe aumentare più rapidamente della nuova offerta.

Figura 3: Tempo medio di realizzazione delle miniere dal 1990

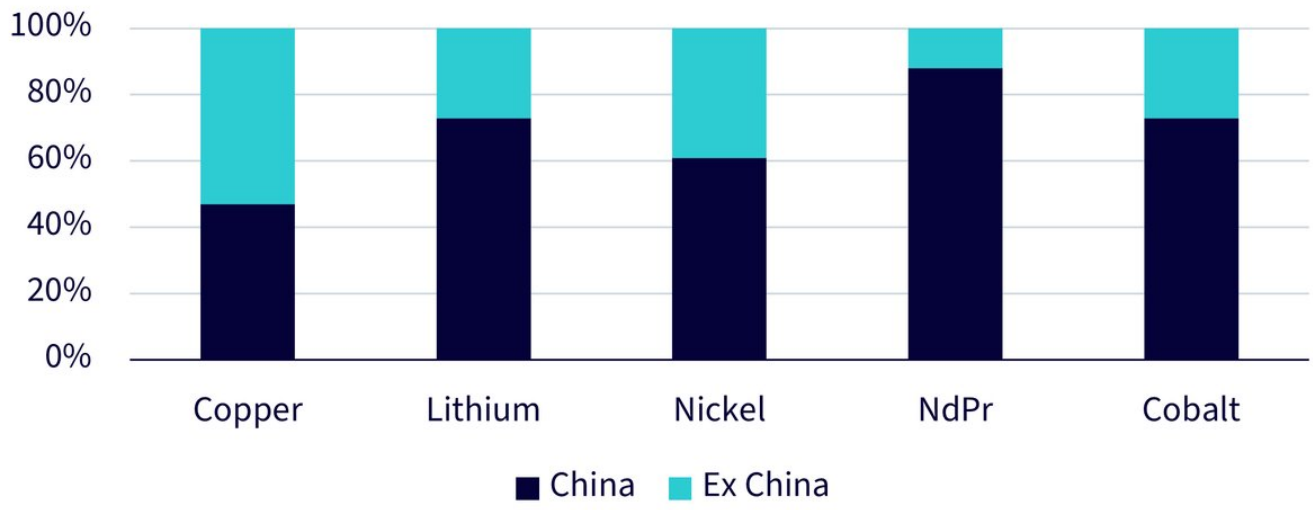


Fonte: S&P Global - From 6 years to 18 years: The increasing trend of mine lead times, 11 aprile 2025. **La performance storica non è indicativa di quella futura e qualsiasi investimento può diminuire di valore.**

2. Concentrazione in Cina e rischio geopolitico

Per diversi minerali legati agli umanoidi, la dipendenza è spesso maggiore nella lavorazione che nell'estrazione. Le terre rare ne sono l'esempio più evidente. L'estrazione è distribuita in diversi paesi, ma la separazione, la produzione di metalli e la realizzazione di magneti permanenti sono molto più concentrate, con la Cina in posizione dominante. I materiali per batterie mostrano un andamento simile, con la Cina e le aziende di proprietà cinese profondamente coinvolte nella raffinazione e nella produzione. Questo crea un rischio di concentrazione nelle catene di approvvigionamento.

Figura 4: Offerta raffinata dei principali minerali critici relativi agli umanoidi



Fonte: Morgan Stanley, Wood Mackenzie. Le quote cinesi comprendono sia le imprese cinesi che quelle di proprietà del Paese. L'offerta di nichel raffinato non sembra essere concentrata in Cina, fino a quando non si tiene conto dell'offerta dell'Indonesia (che si stima sia almeno per il 75% di proprietà cinese). **Le previsioni non sono indicative della performance futura e qualsiasi investimento è soggetto a rischi e incertezze.**

Investire nell'opportunità con WisdomTree

- Il WisdomTree Strategic Metals and Rare Earths Miners UCITS ETF (RARE) offre un accesso diversificato ma mirato alla catena del valore dei metalli e degli elementi di terre rare (attraverso le società minerarie) necessari per soddisfare un mondo sempre più affamato di energia.
- Il WisdomTree Strategic Metals UCITS ETF (WENU) offre un'esposizione raffinata a un paniere diversificato di metalli essenziali necessari per l'elettrificazione, la sicurezza energetica, la decarbonizzazione e le infrastrutture digitali.
- Il WisdomTree Physical AI Humanoids and Drones UCITS ETF (WPAI) offre un'esposizione mirata all'IA fisica investendo in società che sviluppano sistemi autonomi e incarnati, nonché hardware, componenti e piattaforme che consentono alle macchine intelligenti di operare in ambienti reali.

[1] Intelligenza artificiale.

[2] Optimus Gen 2 è un robot umanoide avanzato e leggero progettato da Tesla per svolgere attività

industriali e domestiche.

[3] NdFeB = una lega di neodimio, ferro e boro.

[4] Fonte: Morgan Stanley - "A $5 Trillion Global Market", 29 aprile 2025.

[5] Fonte: Bank of America - “AI left the chat! Physical AI Primer”, 5 febbraio 2026.

Important Risks Related to this Article

IMPORTANT INFORMATION

Marketing communications issued in the European Economic Area ("EEA"): This document has been issued and approved by WisdomTree Ireland Limited, which is authorised and regulated by the Central Bank of Ireland.

Marketing communications issued in jurisdictions outside of the EEA: This document has been issued and approved by WisdomTree UK Limited, which is authorised and regulated by the United Kingdom Financial Conduct Authority.

WisdomTree Ireland Limited and WisdomTree UK Limited are each referred to as "WisdomTree" (as applicable). Our Conflicts of Interest Policy and Inventory are available on request.

This marketing communication has been prepared for professional investors, but the WisdomTree products set out in this document may be available in some jurisdictions to any investors, subject to applicable laws and regulations. As the product may not be authorised or its offering may be restricted in your jurisdiction, it is the responsibility of every person or entity to satisfy themselves as to the full observance of the laws and regulations of the relevant jurisdiction. Prior to any application investors are advised to take all necessary legal, regulatory, tax and investment advice on the suitability and consequences of an investment in the products. Past performance is not a reliable indicator of future performance. Any historical performance included in this document may be based on back testing. Back testing is the process of evaluating an investment strategy by applying it to historical data to simulate what the performance of such strategy would have been. Back tested performance is purely hypothetical and is provided in this document solely for informational purposes. Back tested data does not represent actual performance and should not be interpreted as an indication of actual or future performance. The value of any investment may be affected by exchange rate movements. Any decision to invest should be based on the information contained in the appropriate prospectus and affer seeking independent investment, tax and legal advice. These products may not be available in your market or suitable for you. The content of this document does not constitute investment advice nor an offer for sale nor a solicitation of an offer to buy any product or make any investment.

An investment in exchange-traded products ("ETPs") is dependent on the performance of the underlying index, less costs, but it is not expected to match that performance precisely. ETPs involve numerous risks including among others, general market risks relating to the relevant underlying index, credit risks on the provider of index swaps utilised in the ETP, exchange rate risks, interest rate risks, inflationary risks, liquidity risks and legal and regulatory risks.

The information contained in this document is not, and under no circumstances is to be construed as, an advertisement or any other step in furtherance of a public offering of shares in the United States or any province or territory thereof, where none of the issuers or their products are authorised or registered for

distribution and where no prospectus of any of the issuers has been filed with any securities commission or regulatory authority. No document or information in this document should be taken, transmitted or distributed (directly or indirectly) into the United States. None of the issuers, nor any securities issued by them, have been or will be registered under the United States Securities Act of 1933 or the Investment Company Act of 1940 or qualified under any applicable state securities statutes.

This document may contain independent market commentary prepared by WisdomTree based on publicly available information. Although WisdomTree endeavours to ensure the accuracy of the content in this document, WisdomTree does not warrant or guarantee its accuracy or correctness. Any third party data providers used to source the information in this document make no warranties or representation of any kind relating to such data. Where WisdomTree has expressed its own opinions related to product or market activity, these views may change. Neither WisdomTree, nor any affiliate, nor any of their respective officers, directors, partners, or employees accepts any liability whatsoever for any direct or consequential loss arising from any use of this document or its contents.

This document may contain forward looking statements including statements regarding our belief or current expectations with regards to the performance of certain assets classes and/or sectors. Forward looking statements are subject to certain risks, uncertainties and assumptions. There can be no assurance that such statements will be accurate and actual results could differ materially from those anticipated in such statements. WisdomTree strongly recommends that you do not place undue reliance on these forward-looking statements.

WisdomTree Issuer ICAV

The products discussed in this document are issued by WisdomTree Issuer ICAV (“WT Issuer”). WT Issuer is an umbrella investment company with variable capital having segregated liability between its funds organised under the laws of Ireland as an Irish Collective Asset-management Vehicle and authorised by the Central Bank of Ireland (“CBI”). WT Issuer is organised as an Undertaking for Collective Investment in Transferable Securities (“UCITS”) under the laws of Ireland and shall issue a separate class of shares ("Shares”) representing each fund.

The Fund is described in a Key Information Document (KID) or Key Investor Information Document (KIID) for UK investors, and the prospectus of WT Issuer (“WT Prospectus”). A copy of the WT Prospectus and the KID / KIID is available, for EEA/UK only, in English at www.wisdomtree.eu. Where required under national rules, the KID will also be available in the local language of the relevant EEA Member State. Investors should read the WT Prospectus before investing and should refer to the section of the WT Prospectus entitled 'Risk Factors' for further details of risks associated with an investment in the Shares.

The summary of investor rights associated with an investment in the fund is available in English on WisdomTree Europe's website. WisdomTree Management Limited may decide to terminate the arrangements made for the marketing of its collective investment undertakings. In such circumstances, shareholders in the affected EEA Member State will be notified of this decision and will be provided with the opportunity to

redeem their shareholding in the fund free of any charges or deductions for at least 30 working days from the date of such notification.

For Investors in Switzerland:

This document constitutes an advertisement of the financial product(s) mentioned herein.

The prospectus (in English only) and the key investor information documents (KID) (in German, French and Italian) are available from WisdomTree's website: https://www.wisdomtree.eu/en-ch/resource-library/prospectus-and-regulatory-reports

For WisdomTree UCITS products only: the representative and paying agent of the ETPs in Switzerland is Société Générale Paris, Zurich Branch, Talacker 50, PO Box 5070, 8021 Zurich, Switzerland. The prospectus, the key investor information documents (KIID), the articles of association and the annual and semi-annual reports of the sub-funds are available free of charge from the representative and paying agent. As regards distribution in Switzerland, the place of jurisdiction and performance is at the registered seat of the representative and paying agent. Some of the sub-funds referred to in this document may not have been registered with the Swiss Financial Market Supervisory Authority (“FINMA”). In Switzerland, such sub-funds that have not been registered with FINMA may only be available to Qualified Investors.

For Investors in France:

The information in this document is intended exclusively for professional investors (as defined under the MiFID) investing for their own account and this material may not in any way be distributed to the public. The distribution of the Prospectus and the offering, sale and delivery of Shares in other jurisdictions may be restricted by law. WT Issuer is a UCITS governed by Irish legislation, and approved by the Financial Regulatory as UCITS compliant with European regulations although may not have to comply with the same rules as those applicable to a similar product approved in France. The Fund has been registered for marketing in France by the Financial Markets Authority (Autorité des Marchés Financiers) and may be distributed to investors in France. Copies of all documents (i.e. the Prospectus, the Key Investor Information Document, any supplements or addenda thereto, the latest annual reports and the memorandum of incorporation and articles of association) are available in France, free of charge at the French centralizing agent, Societe Generale at 29, Boulevard Haussmann, 75009, Paris, France. Any subscription for Shares of the Fund will be made on the basis of the terms of the prospectus and any supplements or addenda thereto.

For Investors in Malta: This document does not constitute or form part of any offer or invitation to the public to subscribe for or purchase shares in the Fund and shall not be construed as such and no person other than the person to whom this document has been addressed or delivered shall be eligible to subscribe for or purchase shares in the Fund. Shares in the

Fund will not in any event be marketed to the public in Malta without the prior authorisation of the Maltese Financial Services Authority.

For Investors in Monaco: This communication is only intended for duly registered banks and/or licensed portfolio management companies in Monaco. This communication must not be sent to the public in Monaco.

For Investors in Israel: Offering materials for the offering of the Shares and securities have not been filed with or approved or disapproved by the United States Securities and Exchange Commission or any other state or federal regulatory authority, nor has any such regulatory authority passed upon or endorsed the merits of this offering or passed upon the accuracy or completeness of any offering materials. Any representation to the contrary is unlawful. The products mentioned herein have not been approved by the Israel Securities Authority and will only be distributed to Israeli residents in a manner that will not constitute “an offer to the public” under sections 15 and 15a of the Israel Securities Law, 5728-1968 (“the Securities Law”) or section 25 of the Joint Investment Trusts Law, 5754-1994 (“the Joint Investment Trusts Law “), as applicable. The products are being offered to a limited number of investors (35 investors or fewer during any given 12 month period) and/or those categories of investors listed in the First Addendum (“the Addendum”) to the Securities Law, “Sophisticated Investors”) who in each case have provided written confirmation that they qualify as Sophisticated Investors, and that they are aware of the consequences of such designation and agree thereto; in all cases under circumstances that will fall within the private placement or other exemptions of the Joint Investment Trusts Law, the Securities Law and any applicable guidelines, pronouncements or rulings issued from time to time by the Israel Securities Authority.

This prospectus or this document may not be reproduced or used for any other purpose, nor be furnished to any other person other than those to whom copies have been sent. Any offeree who purchases a product is purchasing such product for its own benefit and account and not with the aim or intention of distributing or offering such product to other parties (other than, in the case of an offeree which is a Sophisticated Investor by virtue of it being a banking corporation, portfolio manager or member of the Tel-Aviv Stock Exchange, as defined in the Addendum, where such offeree is purchasing a product for another party which is a Sophisticated Investor).

Nothing in this document should be considered investment advice or investment marketing as defined in the Regulation of Investment Counselling, Investment Marketing and Portfolio Management Law, 5755-1995. Investors are encouraged to seek competent investment counselling from a locally licensed investment counsel prior to making the investment. A recipient of this document may be required to provide confirmation that it is a Sophisticated Investor purchasing a product for its own account or, where applicable, for other Sophisticated Investors.