

Concorso



Che cosa sai sulle materie prime?

Siamo circondati ovunque dalle materie prime: telefoni cellulari, monitor a schermo piatto o celle fotovoltaiche non potrebbero esistere senza determinati metalli rari. Le materie prime sono risorse preziose, ma la loro quantità disponibile è limitata. Per questo motivo dovremmo utilizzare questi materiali con parsimonia e accortezza. Che cosa sai sulle preziose materie prime, su come vengono estratte, utilizzate e riciclate? Verifica la tua preparazione e potrai vincere una splendida borsa in materiale riciclato.

Sono in palio cinque splendide borse in materiale riciclato

Rispondendo correttamente alle domande potrai vincere una borsa «Dagnet» della ditta Freitag – 100% in materiale riciclato da vecchi teloni per autocarri, cinture usate per auto, vecchie camere d'aria per biciclette. Volendo, potrai scegliere il design della tua borsa direttamente sul posto (Zurigo-Hardbrücke). Il concorso è aperto fino al 15 marzo 2010.

www.satw.ch/concorso

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences



Membro delle
Accademie svizzere delle scienze

techno
scope 3/09

La rivista tecnica per i giovani e per coloro che lo sono ancora

Preziose materie prime

Origine delle materie prime

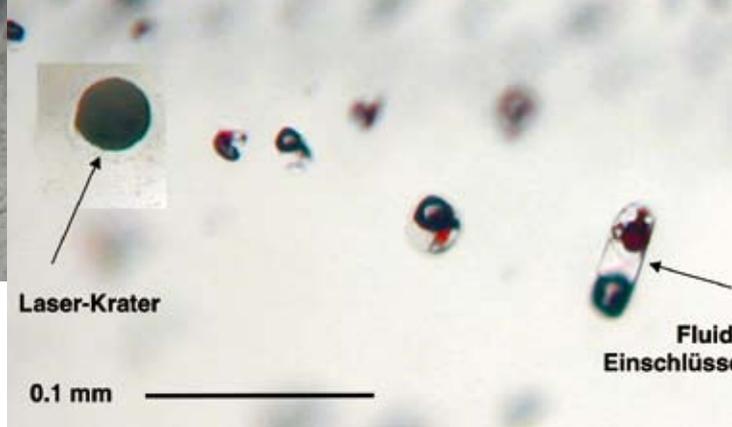
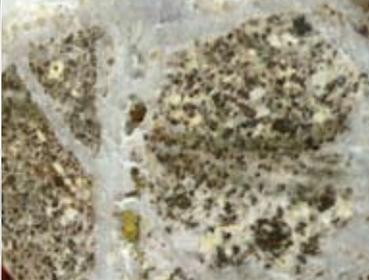
Materie prime rare
nei telefoni cellulari

Da rifiuto a materia prima

In palio
splendide borse in materiale riciclato



Una dottoranda di Christoph Heinrich illustra all'ambasciatore svizzero in Bulgaria (da sinistra a destra) la geologia della miniera di rame a cielo aperto di Assarel, in Bulgaria.



Una sottile placchetta di quarzo proveniente da una vena metallifera mostra al microscopio inclusioni grandi come un capello di un fluido ricco di sali

Su un percorso roccioso per tornare alle origini delle materie prime

La Svizzera, da sola, consuma ogni anno decine di migliaia di tonnellate di rame. Conosciamo bene questo metallo perché lo ritroviamo nei cavi elettrici o nelle grondaie. Christoph Heinrich e il suo gruppo di ricerca cercano le origini della materia prima, utilizzando i metodi di analisi e le simulazioni al computer più moderni.

Il professor Christoph Heinrich s'interessa di vulcani. Non solo perché sono pericolosi o affascinanti grazie al loro magma incandescente, ma anche perché nelle loro vicinanze si trovano spesso giacimenti di rame. Ad esempio, in Cile, il paese che si sviluppa in lunghezza sulla costa occidentale dell'America del Sud, lungo le Ande, si trova un'intera catena di vulcani. Il rame si forma nelle rocce magmatiche attraverso una serie di processi geologici. Christoph Heinrich, geologo presso l'Istituto di geologia isotopica e delle materie prime minerali dell'ETH Zurigo, afferma: «Laddove questi processi ebbero luogo 30 milioni di anni fa, il minerale di rame è nel frattempo salito verso gli strati di terra prossimi alla superficie, a causa dell'erosione continua subita dalle rocce soprastanti. Da questi giacimenti di minerale possiamo oggi estrarre il rame».

Chiedere alle rocce la loro storia

Heinrich non si occupa però in prima linea dell'estrazione e delle applicazioni del rame. A questo ci pensano le industrie minerarie specia-

lizzate. Egli vuole piuttosto cercare di capire dove, come e in quali condizioni si è formata questa materia prima milioni di anni fa. All'inizio del suo lavoro deve svolgere una mappatura dell'area nella quale probabilmente è presente del rame. Le mappe geologiche forniscono informazioni su come le montagne che oggi vediamo e i minerali che si trovano in profondità si siano formati alcuni milioni di anni fa da vulcani spenti.

I campioni di roccia che Heinrich analizza successivamente in laboratorio provengono spesso da carotaggi eseguiti da imprese attive a livello commerciale nell'esplorazione mineraria. «Le imprese industriali effettuano i carotaggi, per scoprire dove e in quale concentrazione si trovano giacimenti di rame non ancora scoperti. Noi, al contrario, utilizziamo questi campioni come «modellini» del processo originario che ha portato alla formazione del minerale, per avere conoscenze fondamentali sull'origine della materia prima». Per questo, i ricercatori analizzano piccolissime inclusioni in vene di quarzo della roccia

mineraria, non più grandi di un capello, e qui trovano gocce di liquido o piccole quantità di una miscela gassosa, i cosiddetti fluidi. Questi fluidi sono rimasti intrappolati milioni di anni fa nei minerali e hanno concentrato preziosi metalli (rame, molibdeno e significative quantità di oro) nelle numerose fessure della roccia. Con un laser, il quarzo viene forato fino a quando la miscela gassosa non fuoriesce dal foro effettuato, in modo da poter essere analizzata con uno spettrometro di massa. Con questa apparecchiatura gli scienziati possono misurare con precisione quale elemento chimico e in quale concentrazione è presente in un liquido salino o in miscela gassosa. In base a questi dati, è possibile dedurre a quali profondità, in quali condizioni chimiche e a quali pressioni e temperature si è formato in passato il rame, anche se questo processo risale a milioni di anni fa.

Con l'analisi di molti campioni di roccia diversi e delle loro inclusioni è possibile ricostruire la completa storia geologica di una regione. Per questo Heinrich parla, oltre che di vulcani spen-

ti e del loro ambiente, anche di «archivi geologici». Attraverso simulazioni al computer con i dati delle misurazioni provenienti da tali archivi Heinrich è in grado di risalire al movimento dei fluidi nel sottosuolo. Ad esempio, i ricercatori sono in grado di calcolare la velocità di flusso dei fluidi che dipende dalla distribuzione della pressione e dalla permeabilità delle rocce.

«Tramite l'analisi di campioni di roccia è possibile ricostruire la storia geologica di un'intera regione.»

«Montagne d'oro» davanti alla porta di casa

Qual è la situazione in Svizzera? Abbiamo qualche giacimento di rame sulle nostre monta-

gne? «Purtroppo nelle Alpi ci sono pochissime rocce di origine vulcanica, quindi pochissimi giacimenti di rame», afferma Heinrich. Per fortuna, i suoi studenti non devono però volare fino in Cile per ogni campione di roccia. La continuazione del sistema alpino in Romania e Bulgaria è l'area a noi più vicina con vulcani paragonabili a quelli del Cile. Qui i ricercatori e le imprese non sono solo interessati all'estrazione del rame, ma anche a quella del ben più prezioso oro, che veniva estratto nei Carpazi fin dal tempo dei Romani.



I cellulari: molto più preziosi di quanto si pensi

I telefoni cellulari sono capolavori della tecnica che senza le materie prime rare non potrebbero funzionare. È quindi importante smaltirli a regola d'arte, per recuperarne componenti molto preziosi.

L'anno scorso le vendite di cellulari in tutto il mondo hanno raggiunto l'incredibile somma di 1,3 miliardi di unità, di cui circa 2,8 milioni nella sola Svizzera. Anche se un telefono cellulare potrebbe essere utilizzato senza problemi per sette anni, la maggior parte degli svizzeri ne acquista uno nuovo già dopo 12-18 mesi. Tuttavia, solo il 15 per cento degli apparecchi vecchi viene restituito ai negozianti o smaltito presso i punti di raccolta. Il resto viene buttato via con noncuranza o rimane inutilizzato a casa, uno spreco non necessario, in quanto ogni telefono cellulare contiene molte materie prime preziose.

Un cellulare è costituito da materiali più svariati. Più della metà, come ad esempio la struttura, la tastiera e il circuito stampato sono di plastica. Le parti in metallo come le piste del circuito stampato, componenti elettronici e meccanici costituiscono un quarto dell'insieme. Un altro sesto spetta al display in vetro e a diverse

parti in ceramica. Il restante tre per cento è infine costituito da materiali quali cristalli liquidi e inibitori di fiamma.

Miscele complesse

Dal punto di vista chimico, i cellulari sono miscele complesse. In un normale apparecchio sono presenti oltre 40 diversi elementi: litio, berillio, titanio, cromo, nichel, rame, arsenico, argento, oro e platino, oltre a silicio, zolfo, boro e cloro. La maggior parte di questi elementi è tuttavia presente in minime quantità. Un singolo cellulare, ad esempio, contiene solo 24 milligrammi d'oro, quantità che corrisponde ad una piccolissima parte di una capocchia di spillo. Anche altri elementi rari come il tantalio, il palladio e

l'indio sono presenti solo con tracce. Tuttavia, questi elementi rari sono molto importanti e senza di essi i telefoni cellulari non potrebbero essere così compatti e potenti. Il tantalio, ad esempio, serve per i condensatori molto piccoli,

«Un telefono cellulare è costituito dai più svariati componenti.»

che giocano un ruolo centrale nei circuiti elettronici. Il palladio è utilizzato nelle leghe per i punti di contatto e senza un altro elemento raro, l'indio, i cellulari non avrebbero il display.

Se si calcolano le piccole quantità utilizzate nei singoli apparecchi e si moltiplicano per tutti i nuovi cellulari prodotti ogni anno, si ottengono cifre ragguardevoli: 325 tonnellate di argento, 31 tonnellate di oro, 12 tonnellate di palladio, 12 000 tonnellate di rame e 4900 tonnellate di cobalto. Anche l'impiego di elementi esotici, molto rari in natura, è aumentato in modo enorme nel corso degli ultimi anni. Ad esempio, sul

mercato sono giunti i tre quarti delle quantità estratte di indio, palladio e tantalio negli ultimi 30 anni.

Non si sa per quanto tempo sia possibile portare avanti l'estrazione di questi elementi. Sono sempre più frequenti gli allarmi relativi alle riserve di indio, che potrebbero andare esaurite già nel corso dei prossimi cinque o dieci anni. Anche se questi allarmi sono magari esagerati, l'industria riconosce ormai quanto sia importante il riciclaggio dei materiali. Non è tuttavia semplice recuperare gli elementi rari da vecchie apparecchiature elettroniche.

Vale la pena di riciclare!

Contrariamente ad altre apparecchiature elettroniche, in Svizzera solo una piccola percentuale di tutti i telefoni cellulari viene riciclata. Buttandoli via, non solo si perdono preziose materie prime, ma c'è anche il rischio di inquinamento ambientale a causa di alcuni metalli pesanti. Per questa ragione è importante che tutti i cellulari vengano smaltiti a regola d'arte. Se a casa hai un vecchio apparecchio

che non usi più, puoi consegnarlo gratuitamente presso tutti i punti di vendita (handy-shop, negozi di elettronica, posta e grandi magazzini) o presso i punti di raccolta comunali. Tra l'altro, il recycling è finanziato attraverso un'imposta che viene applicata all'acquisto dei nuovi apparecchi. Chi non smaltisce correttamente il proprio cellulare, paga così per un servizio che non utilizza!



Simon, Rachel, Jessica, Brigitte, Marc e Oliver seguono il riciclaggio delle batterie.



▲ Sono così calde le barre di ferromanganese!
◀ Un gigantesco impianto per il riciclaggio delle batterie

Come vengono «bruciate» e trasformate le batterie usate

La ditta Batrec di Wimmis si occupa, ogni anno, del riciclaggio di 120 milioni di batterie svizzere. Gli studenti del liceo di Interlaken hanno avuto modo di vedere direttamente sul posto quanto sia dispendioso questo processo. Dopo la visita si sono trovati però tutti d'accordo: ne vale davvero la pena!

Telefoni cellulari, lettori MP3, fotocamere digitali e laptop non potrebbero praticamente più essere esclusi dalla nostra vita. Per poterci spostare liberamente con questi apparecchi dobbiamo immagazzinare energia all'interno di accumulatori o batterie ricaricabili.

«È sorprendente vedere quante parti delle batterie possono essere riciclate; vale veramente la pena di portare le batterie nei punti di raccolta!» **Oliver**

Ogni anno, in Europa, vengono venduti oltre cinque miliardi di batterie e accumulatori e nella sola Svizzera si parla di 120 milioni di unità. Queste contengono sostanze come il mercurio, lo zinco, il piombo e il manganese, che sono pericolose per l'ambiente e per l'uomo. Nonostante ciò, ancora oggi circa un terzo delle batterie finisce nel sacco della spazzatura e arriva nell'impianto d'incenerimento dei rifiuti insieme ai resti di verdura e ai vasetti di yogurt. «Se raccogliamo le batterie vecchie e recuperiamo i loro componenti, invece di buttarle nell'immondi-

zia, diamo un contributo importante alla salvaguardia delle nostre risorse. Inoltre, proteggiamo l'ambiente da metalli pesanti dannosi e da sostanze tossiche», spiega Reiner Werren della ditta Batrec.

Pirolizzare, fondere e condensare

Il processo di riciclaggio comincia con l'acquirente, che consegna le proprie batterie e accumulatori usati nel negozio. Ogni rivenditore di batterie ha l'obbligo di ritirarle e raccoglierle gratuitamente. In Svizzera vi sono più di 12 000 punti di raccolta. Le batterie vengono ritirate da un camion presso i punti vendita e trasportate alla ditta Batrec di Wimmis. Là vengono separate in base alle dimensioni e alla composizione chimica; inoltre vengono rimosse le sostanze estranee, tra cui, ad esempio, le parti in plastica delle apparecchiature elettriche. In seguito le batterie vengono pirolizzate a temperature fino a 700°Celsius. Questo processo consiste nella distillazione a secco delle batterie, con la quantità d'ossigeno più bassa possibile. Le parti di plastica e di carta delle batterie vengono carbonizzate e l'energia derivante da questo processo viene utilizzata

per la pirolisi. Acqua e mercurio vaporizzano contemporaneamente. «La distillazione permette di condensare il mercurio, molto dannoso per la salute, che è rimesso sul mercato con una purezza del 99,99 %», afferma Werren. I gas di scarico, come la diossina e i furani, composti organici tossici, vengono bruciati in postbruciatori ad una temperatura superiore a 1000°C.

Le batterie pirolizzate giungono nel forno di fusione, dove a una temperatura di 1500°C vengono ridotte e fuse. Il primo ad evaporare è lo zinco che viene recuperato attraverso un condensatore. In seguito Batrec vende il metallo alle zincerie, che utilizzano lo zinco per proteggere il ferro dalla ruggine. Gli addetti che lavorano presso il gigantesco forno di fusione portano indumenti protettivi speciali e sembrano essere avvolti in un foglio di alluminio. Questi indumenti li proteggono dalle elevate temperature e dalle scintille durante la spillatura del metallo fuso (composto da ferro e manganese) rimasto nel forno.

Il metallo fuso viene poi raffreddato in barre di ferromanganese. Queste vengono utilizzate nell'in-

«È sorprendente vedere quante parti delle batterie possono essere riciclate; vale veramente la pena di portare le batterie nei punti di raccolta!» **Rachel**

dustria, fra l'altro, per regolare la durezza dell'acciaio. Le scorie che galleggiano sul metallo fuso arrivano, una volta raffreddate, sotto forma di materiale solido nero, in una discarica (per materiali inerti). E chi paga questo costoso riciclaggio delle batterie, il gigantesco forno e la moderna centrale di comando, che con i suoi numerosi computer sembra una torre di controllo? «Per ogni batteria acquistata in

Svizzera, il consumatore paga un'imposta anticipata per lo smaltimento, con cui sono finanziati la raccolta, il trasporto e il riciclaggio. Questo garantisce ad ogni acquirente di batterie uno smaltimento a regola d'arte», afferma con visibile orgoglio Werren.

Bilancio di recupero delle batterie

- Il riciclaggio di 1000 kg di batterie vecchie produce
- 50 - 100 kg di materie organiche (plastica, carta, cera)
 - 50 - 100 di carbone
 - 50 - 100 di acqua e sali
 - 300 kg di ferromanganese
 - 200 kg di zinco
 - 0.3 kg di mercurio
 - 80 kg di scorie

(Fonte: Batrec)

Cathleen Hoffmann, ingegnere civile
e «riciclatrice di calcestruzzo»



Come è possibile, da case demolite, costruirne delle nuove? Cathleen Hoffmann sta effettuando, presso l'EMPA, ricerche sul riciclaggio del calcestruzzo. In precedenza, quale ingegnere civile, si è affermata in un ambiente tradizionalmente maschile e oggi asserisce convinta: «Con una forte volontà, tutto è possibile».

Un lieto fine, dopo una «valle di lacrime»

Sono cresciuta nella Germania dell'Est e ho frequentato la scuola elementare a Dresda. Mentre frequentavo il liceo ho svolto anche un apprendistato sull'edilizia; questo era ancora possibile nella ex DDR. In quel periodo, in novembre, al freddo e sotto la pioggia, ho murato un camino al settimo piano; si è trattato di un'esperienza fisicamente pesante e faticosa. Ciononostante, dopo la maturità decisi d'intraprendere gli studi per ottenere in cinque anni la laurea in ingegneria civile. I miei genitori mi raccontavano che già da piccola giocavo volentieri con i cubetti, con cui costruivo case, mostrando passione per l'edilizia. Naturalmente, avevo anche pensato di diventare architetto. Gli architetti, però, devono sempre disegnare nuovi progetti, perché i committenti delle costruzioni ritengono spesso che determinate parti non siano realizzabili. Provavo sempre maggiore interesse nell'ambito della trasformazione degli edifici. Anche se l'edilizia è un settore di dominio maschile, i miei amici e la mia famiglia hanno reagito splendidamente alla mia decisione e hanno sempre appoggiato le mie intenzioni.

«Dal punto di vista ecologico sarebbe sensato recuperare il vecchio calcestruzzo»

Direzioni dei lavori in tutta la Germania

Dopo aver conseguito la laurea, lavorai per quattro anni presso una grande impresa edilizia e diressi lavori in tutta la Germania. Sul cantiere, seduta nel container, controllavo l'avanzamento dei lavori. Allo stesso tempo, ero anche responsabile per il rispetto del budget e delle scadenze, oltre che della garanzia di qualità dei lavori eseguiti. La direttrice dei lavori coordina anche i lavoratori coinvolti nelle opere di costruzione, tra cui muratori, installatori di impianti elettrici e sanitari. Lavoravo sei giorni alla settimana quasi sempre fino a tardi, la sera. Mi rimaneva poco tempo per i miei hobby, che sono principalmente la danza e i viaggi; inoltre vi sono sempre stati partner commerciali convinti che una giovane donna non fosse all'altezza di questo incarico. Si è trattato di un periodo che a volte ti faceva sentire in una «valle di lacrime».

Nonostante tutte le splendide esperienze di lavoro, non sono riuscita ad immaginare di poter svolgere

per tutta la vita questa professione così faticosa. In quelle condizioni sarebbe anche stato difficile pensare di creare una famiglia. Per questa ragione ho poi deciso di frequentare per un anno e mezzo un corso di perfezionamento nell'ambito del management e del marketing. Ho trascorso quattro mesi di questo corso di formazione in Inghilterra, dove ho anche avuto modo di migliorare la mia competenza linguistica dell'inglese. In tutti i miei viaggi mi sono accorta dell'importanza della conoscenza delle lingue.

Portare l'esperienza della pratica nella ricerca

Otto anni fa mi trasferii in Svizzera per unirmi al mio attuale marito e cominciai a cercare un nuovo lavoro. Non avevo mai pensato al settore della ricerca, fino a quando non vidi un'offerta di lavoro dell'EMPA. Si cercava una persona con esperienza pratica nello sviluppo di un nuovo calcestruzzo autocompattante. Ero entusiasta, perché questo mi stimolava ad impiegare la mia esperienza pratica nella ricerca. A partire dal 2006 l'EMPA, insieme con l'Ufficio zurighese per l'edilizia e alcuni partner, ha cominciato a interessarsi al riciclaggio del calcestruzzo. Questo si sta rivelando sempre più importante: molti degli edifici costruiti negli anni Ses-

«Heavy Metal – al lavoro e nel tempo libero»

Un ritratto professionale con Thomas Schluchter, ingegnere dei processi di produzione industriali e, in privato, membro di una rock band.
www.simplyscience.ch

santa e Settanta utilizzando calcestruzzo non rispondono più alle attuali esigenze degli inquinanti e vengono così abbattuti. Ne derivano enormi quantità di calcinacci che finora venivano smaltiti in discarica. Dal punto di vista ecologico sarebbe però molto utile recuperare il vecchio calcestruzzo, perché le riserve di ghiaia per la sua produzione non sono infinite e lo spazio per le discariche è limitato. All'EMPA produciamo quindi nuovo calcestruzzo riciclavolo dal vecchio, effettuiamo analisi per determinarne la rigidità, la resistenza alla compressione o per stabilire il limite di carico massimo prima che si presentino incrinature. Per questo sottoponiamo a pressione elementi costruttivi ricavati da calcestruzzo riciclato, utilizzando macchine e forze enormi, che corrispondono al peso di un elefante o di un autocarro. Valuto i risultati ottenuti dall'elaborazione al computer e rifletto come poter migliorare le proprietà del calcestruzzo riciclato.

Oltre al mio lavoro di consulente scientifica, ho anche il compito di valutare l'applicazione delle pari opportunità dell'EMPA. Mi impegno affinché uomo e donna abbiano le medesime opportunità di lavoro e affinché i lavoratori possano conciliare professione e famiglia. Da due anni sono mamma anch'io e per me era sempre stato chiaro che un giorno avrei voluto combinare professione e famiglia. Ogni giorno all'EMPA mi creo nuove fonti di soddisfazione; soprattutto dagli scambi con i miei collaboratori: non potrei mai rimanere da sola a casa o seduta in un ufficio. perché appassirei come un fiore senz'acqua.

Ah, ecco!



Perché l'indio è così prezioso?

L'indio è uno degli elementi più rari della Terra. Sulla crosta terrestre, in media, in 100 tonnellate di roccia solida si trovano appena 24 grammi di indio. Questo metallo è quindi praticamente raro quanto l'argento. Rispetto all'argento, però, l'indio non è un metallo nobile ed è quindi poco noto. Per la nostra società ha un'importanza enorme, perché rappresenta un materiale irrinunciabile per la produzione delle moderne apparecchiature elettroniche video e delle celle fotovoltaiche.



L'indio viene trasformato, fra l'altro, in ossido di indio-stagno, noto anche con la definizione inglese «indium tin oxide» (ITO). L'ITO non è solo un conduttore elettrico, ma è anche trasparente. Per questa ragione viene utilizzato negli schermi piatti, negli schermi tattili e nei display: l'ITO viene applicato come un sottile strato sui cristalli liquidi

ed essendo un conduttore di corrente trasparente, controlla poi la visualizzazione sugli schermi. L'ITO è anche utilizzato per celle fotovoltaiche a strato sottile, sempre grazie alle sue speciali proprietà.

Negli ultimi anni il consumo di indio è cresciuto enormemente: dalle 50 tonnellate annue di fine anni Ottanta, alle oltre 500 tonnellate annue attuali. Ovviamente, anche il prezzo dell'indio è cresciuto in misura notevole. Le celle fotovoltaiche a strato sottile troveranno un impiego sempre più frequente nei prossimi anni, con un conseguente aumento del consumo di indio. Tuttavia, le riserve di indio oggi conosciute sono molto limitate: si stima che in tutto il mondo siano disponibili complessivamente tra le 10 000 e le 15 000 tonnellate. C'è quindi da temere che queste riserve potrebbero presto esaurirsi. Considerando che solo pochi materiali hanno caratteristiche simili a quelle dell'ITO, non sarà facile sostituire questa materia prima.

L'elemento indio fu scoperto solamente nel 1863. Mentre i due chimici Ferdinand Reich e Theodor Richter stavano analizzando un campione di minerale, scoprirono una riga spettrale blu indaco fino ad allora sconosciuta. A causa di questo colore i due chimici attribuirono al nuovo elemento il nome di «indio».

Da vedere

Il tram degli ingegneri

2009-2011 sulla rete tranviaria di Zurigo: racconti brevi da vedere. Sarà possibile scoprire come ovunque opere ingegneristiche rendano ovunque più sicura e comoda la nostra vita quotidiana; da poco questo è possibile anche effettuando una corsa con il tram attraverso Zurigo. www.ingenieurtram.ch (in tedesco)

Riciclaggio delle batterie

Un interessante filmato di 8 minuti sul riciclaggio delle batterie www.batrec.ch (in francese, inglese o tedesco)

Riciclatore/riciclatrice

Regolamento e programma d'insegnamento professionale www.bbt.admin.ch/themen/grundbildung/00441/index.html?lang=it

focusTerra

Fenomeni spettacolari, tesori, e loro importanza per la vita di tutti i giorni: tutto questo presso il centro di informazione e ricerca geoscientifica dell'ETH di Zurigo. www.focusterra.ethz.ch

Colophon

SATW Technoscope 3/09, dicembre 2009
www.satw.ch/technoscope

Idea e redazione: Dr. Béatrice Miller
Collaborazione redazionale: Dr. Felix Würsten,
Samuel Schläfli

Foto: Franz Meier, SWICO, ETH Zurigo, Ingenieurtram;
Michèle Stäubli, Freitag

Da leggere

Metalli rari

Aha! Dossier sugli elementi che utilizziamo tutti i giorni, ma di cui sappiamo poco. www.simplyscience.ch (in tedesco)

Il ritiro dei telefoni cellulari

Dossier istruttivo www.swicorecycling.ch/i/information_handydays_unterrichtsdossier.asp

Recycling in Svizzera

Opuscolo «Salvaguardare le materie prime, risparmiare energia, ridurre i rifiuti» www.swissrecycling.ch

Scienze dei materiali

Informazioni sui corsi di studio e le professioni www.berufsberatung.ch/dyn/21898.aspx

Ingegneri: artefici del futuro

Uno sguardo all'affascinante e versatile mondo della tecnica www.satw.ch

Abbonamento gratuito e ordinazioni di copie supplementari

SATW, Seidengasse 16, CH-8001 Zurigo
E-Mail redaktion.technoscope@satw.ch
Tel +41 (0)44 226 50 11

Technoscope 1/10 uscirà ad aprile 2010 sul tema «Tecnologia alimentare».