

Size-dispersed calcium phosphate-cased paints for sustainable, durable cool roof applications

■ A great variety of functional passive radiative cooling (PRC) materials have been demonstrated, presenting great opportunities for reducing carbon emissions and heat-related illnesses and deaths across the globe.

However, not all demonstrated techniques are practical for actual applications on infrastructure. Perhaps the most promising and impactful use case for PRC is on buildings. Buildings consume massive amounts of energy to maintain comfortable internal conditions, representing one of the most significant contributions to global energy consumption. Further, building roofing and facades cover a vast area in nearly every country, offering a substantial market for PRC products. However, such applications demand other attributes besides cooling ability alone. Roof coatings, for example, are designed largely for the purpose of protecting the structure and sealing off the internal environment from the elements. These coatings must be cost-competitive, as consumers tend to prioritize lower-priced roof coating solutions. Durability is also a paramount concern, with most existing roof coatings targeting longevity of a decade or longer.

The most obvious PRC approach that supports all of these requirements is a paint-like solution. PRC research in recent years has concentrated heavily on paint-based solutions as well, largely due to the aforementioned benefits. Yet, despite the inherent environmental consciousness of the PRC approach, many demonstrated paints in the recent literature utilize harmful materials. Hazardous solvents comprising VOCs and formaldehydes are common, as well as reliance upon pigments and additives that present environmental issues. A truly sustainable PRC paint must not only exhibit highly efficient radiative cooling properties, but must also comprise eco-friendly and non-toxic materials.

In a work led by the Northeastern University in Boston, Massachusetts (USA), researchers demonstrated a passive radiative cooling paint which achieves an extremely high solar reflectance value of 98% using a completely water-based formulation.

Material sustainability is promoted by incorporating size-dispersed calcium phosphate biomaterials, which offer broadband solar reflectance, as well as a self-crosslinking water-based binder, providing water resistance and durability without introducing harmful materials. Common industry pigments are integrated within the binder for comparison, illustrating the benefit of finely-tuned particle size distributions for broadband solar reflectance, even in low-refractive-index materials such as calcium phosphates. With scalability, outdoor durability, and eco-friendly materials, this demonstrated paint offers a practical passive radiative cooling approach without exacerbating other environmental issues.

Pitture a base di fosfato di calcio con distribuzione dimensionale controllata per applicazioni cool roof sostenibili e durevoli

■ Oggi abbiamo a disposizione una grande varietà di materiali funzionali di raffreddamento passivo (PRC), i quali offrono notevoli opportunità di riduzione delle emissioni di carbonio e delle relative malattie e decessi correlati all'eccesso

di calore in tutto il globo. Tuttavia, non tutte le tecnologie presentate hanno una ricaduta pratica per applicazioni reali sull'infrastruttura. Forse il caso di utilizzo più rilevante e promettente per il PRC è quello che riguarda l'applicazione su edifici. Questi ultimi consumano quantità massicce di energia per conservare condizioni interne favorevoli, e si rivelano fra i principali responsabili dei consumi globali di energia. Inoltre, i rivestimenti di tetti e facciate coprono una vasta area in quasi tutti i paesi, rappresentando un mercato proficuo dei prodotti PRC. Tuttavia, queste applicazioni richiedono altri attributi oltre alla funzione del raffreddamento. I rivestimenti per tetti, ad esempio, sono stati progettati ampiamente con lo scopo di proteggere la struttura e di impermeabilizzare l'ambiente interno dagli elementi atmosferici. Questi possono essere economicamente competitivi in quanto i consumatori tendono a dare priorità alle soluzioni di rivestimento per tetti a un prezzo contenuto. Anche la durabilità riveste un'importanza fondamentale e la maggior parte dei rivestimenti per tetti esistenti mirano a durare più di un decennio e oltre.

La tecnica PRC maggiormente in uso, conforme a tutti questi requisiti è la pittura. La ricerca compiuta in questi ultimi anni su PRC si è concentrata infatti su soluzioni a base di pittura, proprio per i vantaggi menzionati sopra. Eppure, nonostante l'implicita consapevolezza ambientale nell'approccio a PRC, molte pitture presentate nella letteratura recente utilizzano materiali dannosi. Sono comuni solventi pericolosi ad alte emissioni VOC e contenenti formaldeide, così come la dipendenza dai pigmenti e dagli additivi che pongono problemi all'ambiente. Una pittura PRC veramente sostenibile non solo deve offrire una elevata efficacia rinfrescante, ma deve contenere anche

materiali ecologici e atossici. In un lavoro compiuto presso Northeastern University di Boston, Massachusetts (USA), i ricercatori hanno dato dimostrazione di una pittura rinfrescante radiativa che offre un valore di riflettanza solare molto alto, pari al 98%, utilizzando una formulazione interamente a base acquosa.

La sostenibilità del materiale viene determinata grazie all'incorporazione di biomateriali di fosfato di calcio dispersi, che offrono una riflettanza solare a banda larga oltre a un legante autoreticolante a base acquosa, per una resistenza all'acqua e durabilità senza introdurre materiali nocivi. I comuni pigmenti industriali vengono integrati nel legante a scopo di comparazione, illustrandone il vantaggio di distribuzioni granulometriche finemente adattate a una riflettanza solare a banda larga, anche in materiali a basso indice di rifrazione come i fosfati di calcio. Grazie alla scalabilità, alla durabilità in ambiente esterno e ai materiali ecocompatibili questa pittura offre un raffreddamento pratico radiativo senza aggravare le problematiche dell'ambiente.

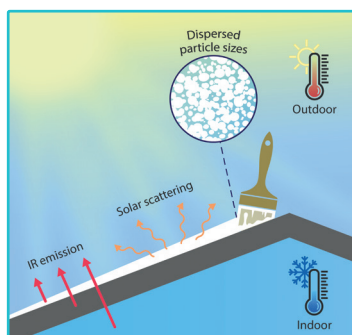


Fig. 1 - Schematic representation of passive radiative cooling paint. The CaP-based paint exemplified in this work possesses a dispersed range of pigment particle sizes, which enable broadband scattering of incident solar radiation. The original article about this study has been published in *Energies* 17(16): 4178, 2024

Rappresentazione schematica della pittura rinfrescante radiativa passiva. La pittura a base di CaP esemplificata in questo lavoro possiede un range disperso della dimensione del pigmento, permettendo una propagazione della radiazione solare incidente. L'articolo tecnico su questo studio è stato pubblicato in *Energies* 17(16): 4178, 2024