

Materiali tessili innovativi

Negli ultimi anni la ricerca scientifica ha aperto nuovi orizzonti nell'ambito dello sviluppo di tecnologie innovative in grado di conferire nuove proprietà e funzionalità a materiali tessili convenzionali con l'obiettivo di realizzare tessuti hi-tech e materiali tessili innovativi per diversi campi di applicazione.

Particolare rilevanza è stata ad esempio attribuita ai materiali tessili con proprietà antimicrobiche ottenuti da trattamenti di funzionalizzazione con specifici agenti antimicrobici sia in ambito biomedicale per prevenire il rischio di contaminazione microbica in *wound dressings*, sia per migliorare il comfort di abbigliamento per uso quotidiano e sportivo grazie all'inibizione della proliferazione batterica in corrispondenza delle zone maggiormente esposte alla sudorazione. Fra gli agenti antimicrobici naturali grande attenzione è stata rivolta all'argento, la cui efficacia ad ampio spettro è stata scientificamente dimostrata nei confronti di numerosi batteri, inclusi ceppi antibiotico-resistenti, funghi e virus. Tessuti naturali e sintetici dotati di proprietà antimicrobiche a lungo termine sono stati sviluppati utilizzando una tecnologia di deposizione superficiale di clusters di argento che, grazie ad una reazione di foto-riduzione, si legano in modo permanente al substrato tessile garantendo efficacia e durata del trattamento [1].

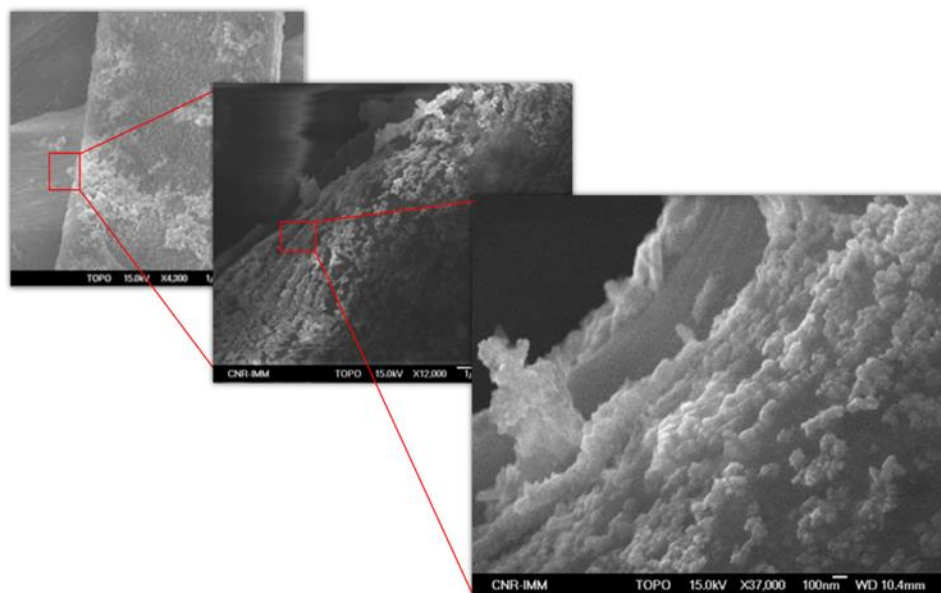


Figura 1. Immagini a diversi ingrandimenti acquisite al microscopio elettronico a scansione S.E.M. di una fibra in cotone funzionalizzata con nano-cluster di argento metallico.

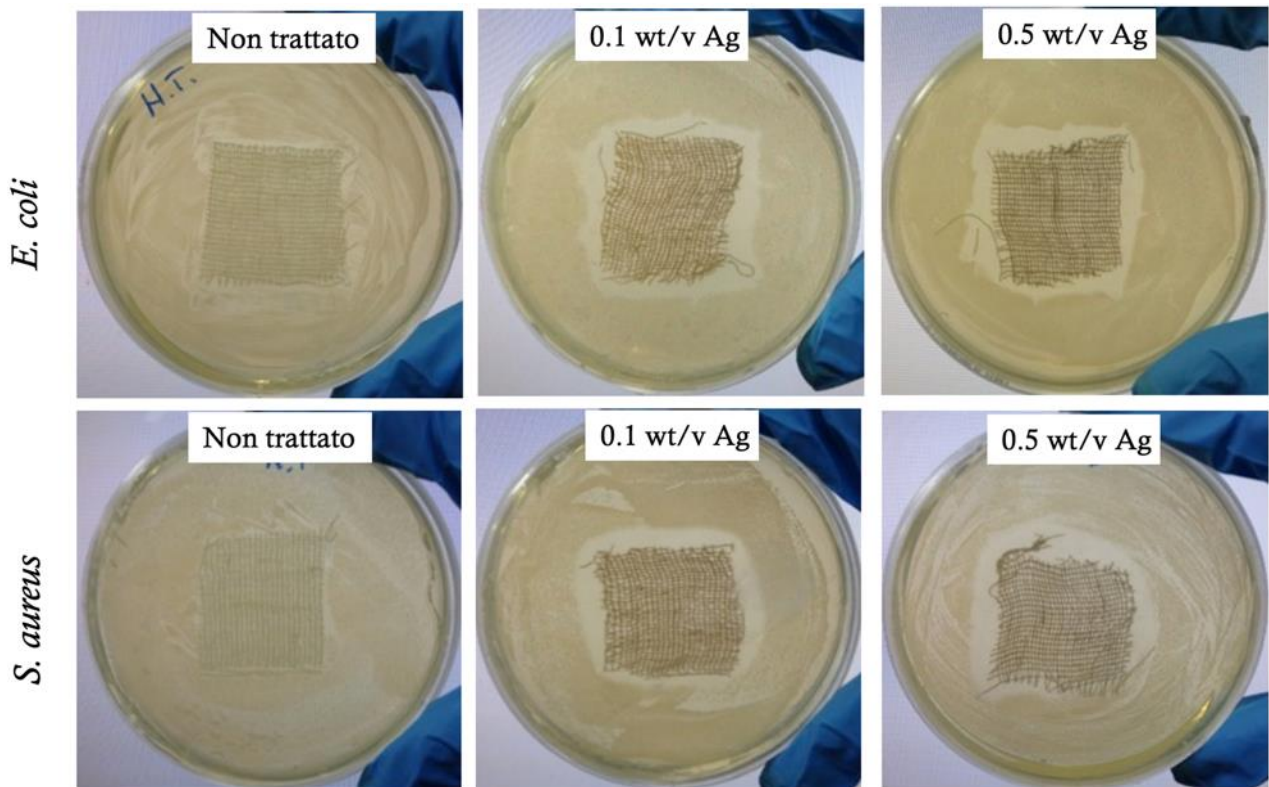


Figura 2. Attività antibatterica dei tessuti di cotone funzionalizzati con argento nei confronti di *E. coli* e *S. aureus*.

In questi stessi ambiti applicativi, sono stati inoltre sviluppati materiali tessili innovativi integrati con idrogeli super-assorbenti in grado di incrementarne le proprietà di assorbimento del sudore o, analogamente, di rilasciare sulla pelle in modo controllato specifiche molecole bioattive preventivamente assorbite per trattamenti cutanei ed estetici quali ad esempio i principi attivi utilizzati all'interno di creme anticellulite.

Le caratteristiche di tali tessuti includono la completa reversibilità del processo di rilascio legata alla possibilità di “ricaricare” i tessuti una volta che il principio attivo sia stato del tutto rilasciato, la resistenza dei tessuti a numerosi lavaggi, la possibilità di modificare la “velocità di rilascio” del principio attivo da parte del tessuto, la possibilità di realizzare dei capi caratterizzati da zone a differente velocità di rilascio del principio attivo (nel caso si voglia ad esempio concentrare l'azione in particolari zone del corpo) [2].

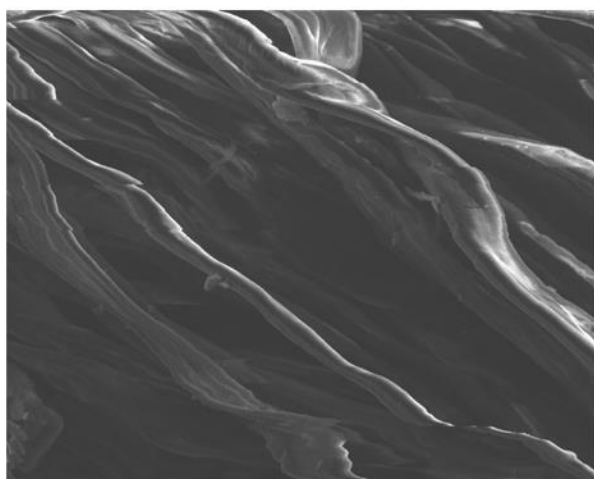


Figura 3. Gli idrogeli superassorbenti sono polimeri chimicamente reticolati aventi la capacità di assorbire fino a due litri di acqua per grammo di materiale secco.

Grazie ad una tecnica brevettata per la sintesi di aerogel in condizioni non ipercritiche [3], è stato possibile integrare tale materiale ceramico avanzato all'interno di materiali tessili e sviluppare quindi tessuti high-tech con elevate proprietà di isolamento termico quando esposti sia al caldo che al freddo.



Figura 4. Materiale isolante che per il suo aspetto viene denominato “Frozen Smoke” (Fumo Congelato). L'aerogel è composto per il 90 – 92% da aria e 8 – 10% da silice.



Cotone 100%
senza aerogel

Cotone 100%
con aerogel

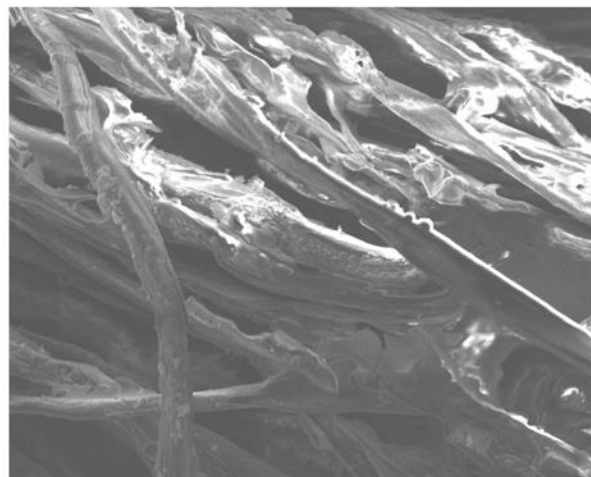


Figura 5. Immagini acquisite al microscopio elettronico a scansione S.E.M. di fibre di cotone con e senza aerogel.

Alcuni ulteriori esempi di interessanti risultati conseguiti da prestigiosi gruppi di ricerca in Italia e all'estero dimostrano il crescente interesse in ambito internazionale nei confronti dello sviluppo di nuovi materiali e tecnologie per il settore tessile [4].

Fra questi, alcuni autori hanno focalizzato i propri studi sui tessuti intelligenti o *smart textiles* in grado di percepire gli stimoli esterni e reagire a stimolazioni meccaniche, termiche e chimiche modificando la propria struttura. In particolare, tessuti che includono grafene e ossido di grafene hanno dimostrato buone proprietà antibatteriche e di termoregolazione.

Infatti, questo tipo di materiale impedisce la crescita dei batteri ed ha la capacità di assorbire e dissipare il calore. Inoltre il grafene è antistatico, in quanto impedisce l'accumulo di cariche elettriche sui tessuti, e rende gli stessi più resistenti all'usura e ai lavaggi. Per questi motivi, i tessuti che includono il grafene sono stati selezionati per la creazione di abbigliamento sportivo e abbigliamento per personale ospedaliero [5, 6].



Graphene Properties

Graphene application can improve the technical properties of traditional fabrics without changing their natural structure, adding the following characteristics:

Thermoregulation: Graphene can keep the basal body temperature stable, with no strong thermal fluctuations detected in the event of changes to the surrounding temperature or physical exertion.

Antistatic: Graphene is a natural conductive material, application of a continuous layer of graphene causes electric charges to be dispersed, preventing them from accumulating on the surface.

Anti-odor: Graphene nanoparticles are free from acute and chronic toxicity and have excellent anti-odor properties.

Figura 6. Proprietà del grafene ed esempi di applicazione nel settore tessile.

Altri tipi tessuti intelligenti sono quelli realizzati con inchiostri bioattivi, capaci di monitorare corpo e ambiente circostante. Gli inchiostri bioattivi sono a base di biomateriali in grado di quantificare le sostanze chimiche rilasciate dal corpo cambiando colore. Il rilevamento indossabile con approccio colorimetrico permetterebbe di rilevare e quantificare una vasta gamma di condizioni biologiche, molecole e, possibilmente, agenti patogeni presenti sulla superficie del corpo utilizzando indumenti di rilevamento che possono ricoprire l'intera superficie corporea. Gli inchiostri bioattivi che rendono gli indumenti sensibili sono a base di seta, un biopolimero che funge da substrato e come tale viene modificato per incorporare molecole "reporter". Tra queste vi sono indicatori sensibili al pH o alla lattato ossidasi che fornirebbero indicazioni sui livelli di disidratazione della pelle o di affaticamento di chi lo indossa. Gli inchiostri bioattivi possono essere creati grazie alla versatilità della fibroina, proteina della seta che può essere modificata con molecole attive come coloranti chimicamente sensibili, enzimi, anticorpi e altro. Inoltre, la fibroina è in grado di stabilizzare molecole reporter che da sole risultano instabili [7].



Figura 7. Gli inchiostri bioattivi stampati su tessuti indossabili possono mappare le condizioni dell'intera superficie del corpo compresa la presenza di possibili agenti patogeni

Studi emergenti dimostrano che il rilevamento indossabile può essere anche di tipo elettronico grazie alla fusione dei tessuti tradizionali con dispositivi medici diagnostici e terapeutici che danno vita ai tessuti elettronici o (*e-textiles*). I tessuti elettronici potrebbero migliorare i sistemi sanitari con servizi medici limitati in quanto riuscirebbero a monitorare i parametri vitali del paziente e ad implementare protocolli di trattamento 24 ore su 24. Questo tipo di tessuti, essendo dotati di dispositivi elettronici, permettono la trasmissione e l'elaborazione dei dati in tempo reale nel contesto delle tecnologie 5G. Progressi in questo settore permetterebbero la realizzazione di piattaforme tessili *point-of care* intelligenti e indossabili [8].



Figura 8. Gli *e-textiles* consentono di monitorare i parametri vitali del paziente 24 ore su 24.

Sono stati inoltre sviluppati da un gruppo di ricerca della Tufts University nuovi materiali tessili con proprietà innovative in grado di rilevare la presenza di gas nell'ambiente circostante. Queste fibre, cambiando colore, sono in grado di rilevare anche piccole variazioni del contenuto di gas nell'ambiente (50 ppm). I tessuti sono lavabili e riutilizzabili e possono rilevare fughe pericolose di gas in contesti medici, militari o in particolari settori industriali [9].

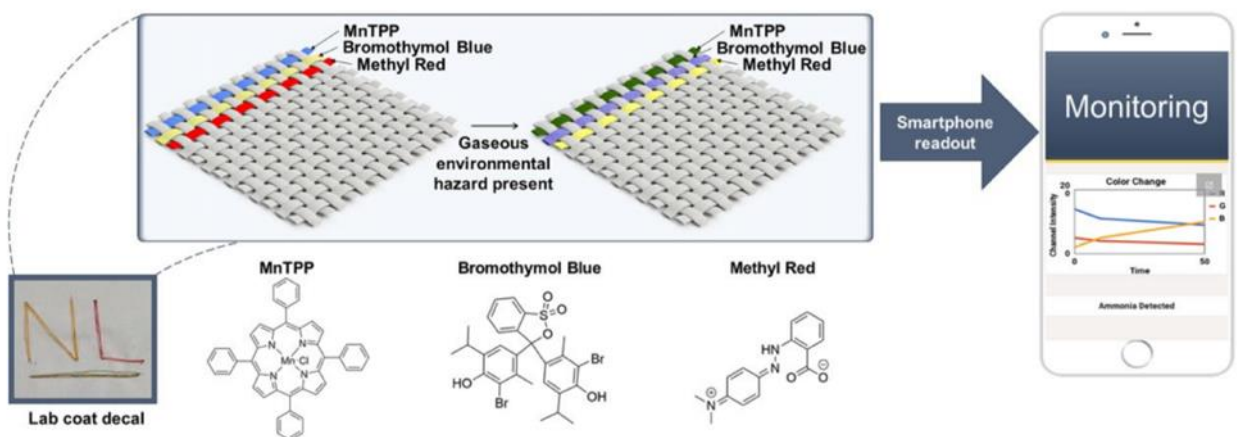


Figura 9. I fili lavabili sensibili al gas integrati nel substrato tessile rilevano la presenza del gas attraverso un cambiamento di colore monitorato tramite smartphone.

Altri tessuti innovativi interessanti sono i tessuti cromodinamici, tessuti che cambiano colore in funzione della temperatura e delle radiazioni UV. Questi tessuti possono essere utilizzati ad esempio per abbigliamento mimetico in campo militare o in ambito medico per monitorare ad esempio la febbre nei bambini attraverso il cambiamento di colore degli indumenti [10].

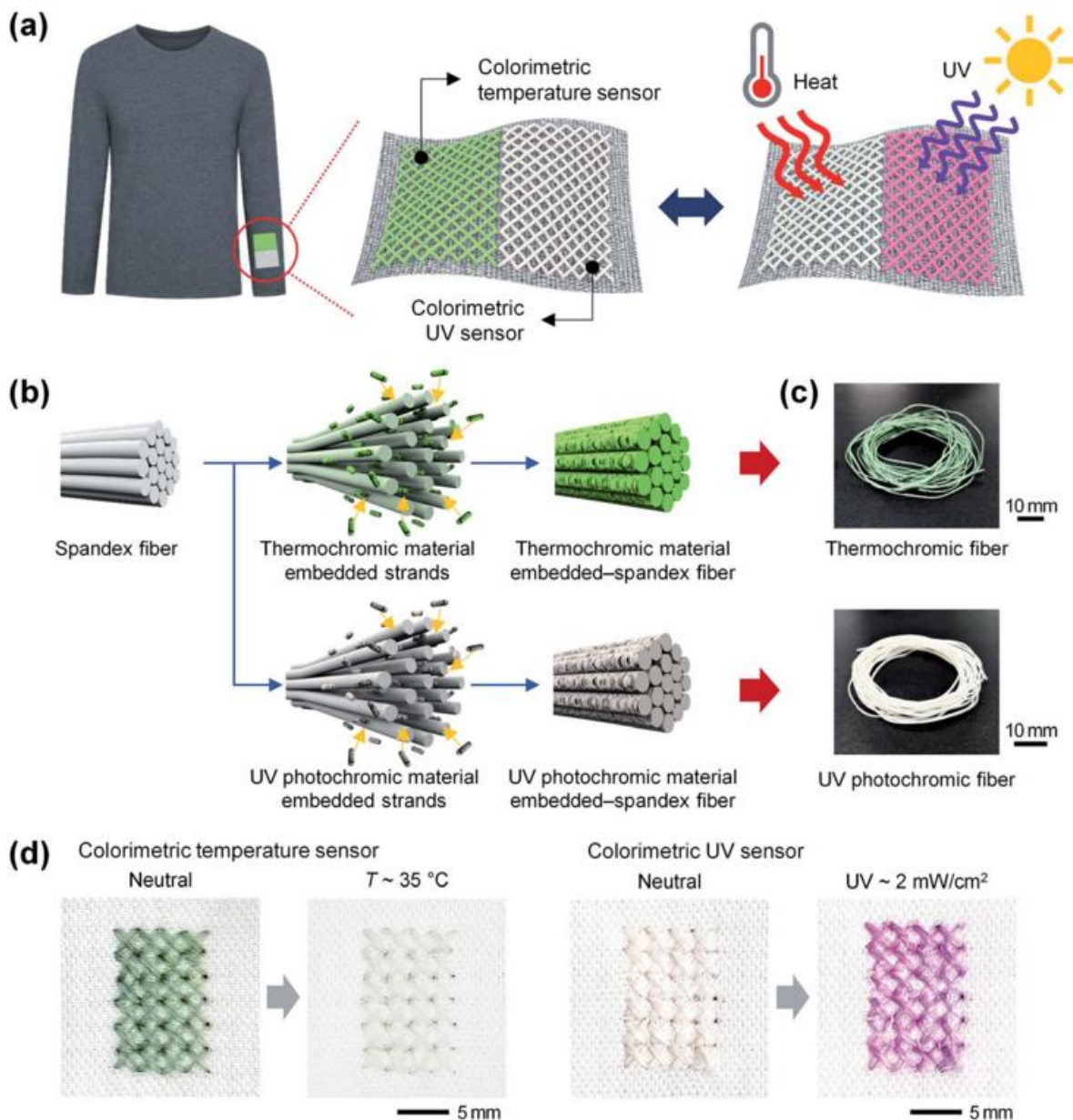


Figura 10. Sensori indossabili: (a) sensori colorimetrici di temperatura e UV applicati tessendo fibre termocromiche e fotocromatiche UV alla manica dell'indumento che mostra cambiamenti di colore se esposti ad una temperatura esterna elevata e ai raggi UV; (b) Schema del processo di fabbricazione di fibre termocromiche e UV fotocromatiche; (c) Immagini di fibre termocromiche e fotocromatiche; (d) Immagini relative al viraggio di colore di sensori colorimetrici basati sull'uso di fibre termocromiche e fotocromatiche. Il sensore colorimetrico passa dal blu-verde al bianco e quello UV passa dal bianco al viola.

Molti tessuti innovativi sono invece studiati per ridurre l'impatto ambientale. Acquistare, ad esempio, capi tenendo conto delle temperature stagionali, seppur vantaggioso per il mercato dell'abbigliamento, non aiuta l'ambiente. Per questo motivo l'azienda statunitense Skyscraper ha inventato indumenti sensibili alle temperature. Si tratta di indumenti costituiti da un tessuto bimorfo ovvero composto da due fibre con coefficiente di espansione diverso. Al variare della temperatura, i fili del tessuto si espandono e si contraggono, aumentando o diminuendo lo spessore e l'isolamento del tessuto. Il tessuto stesso funge da termometro, con lo spessore e l'isolamento che aumentano con il freddo e diminuiscono con il caldo. La tecnologia di isolamento intelligente si adatta al cambiamento della temperatura dell'aria intorno a chi lo indossa senza l'uso di tecnologia a batteria. Grazie a questa tecnologia si potrebbe ridurre la quantità di indumenti e/o indossarli in tutte le stagioni [11].

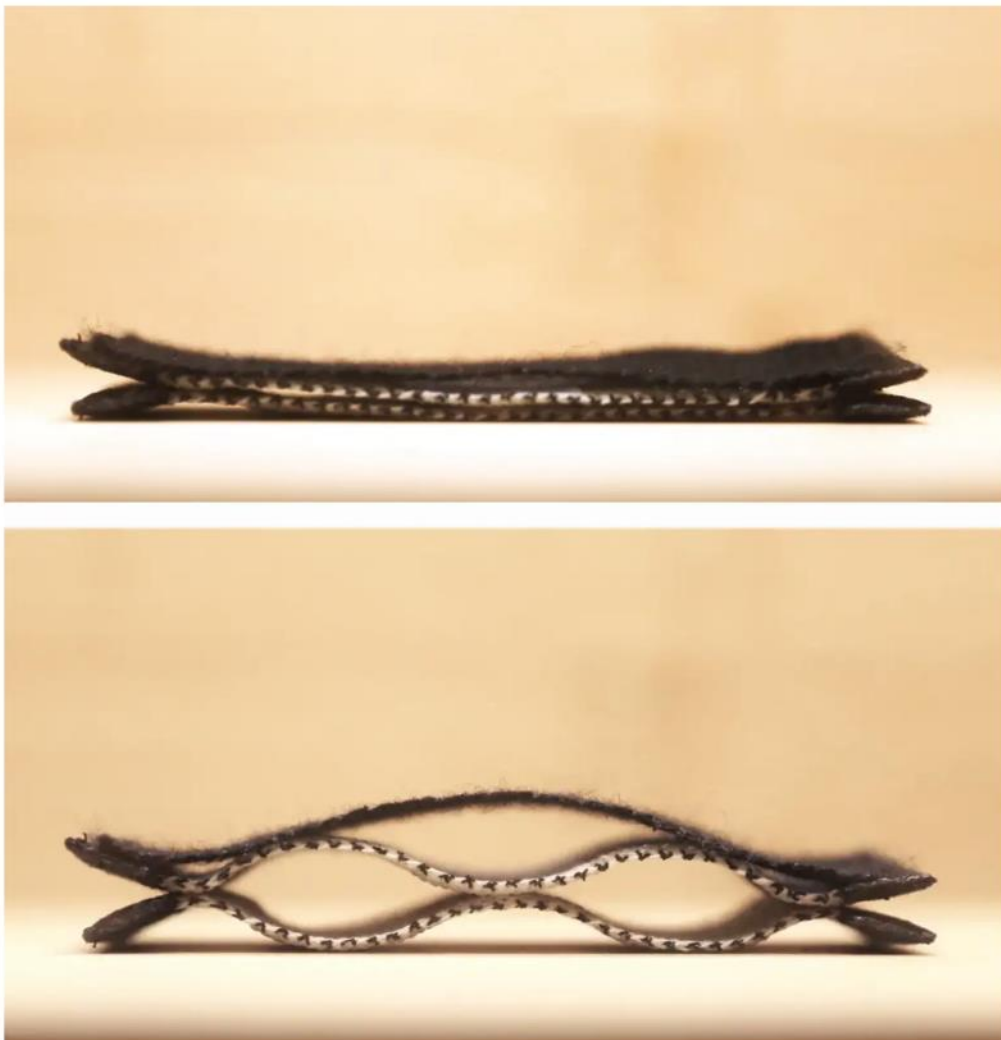


Figura 11. Prototipo di tessuto termo-adattivo esposto al caldo (in alto in condizioni bidimensionali) e al freddo (in basso dopo aver assunto una struttura tridimensionale). (<https://medium.com/@otherbrent/multilayered-invention-7b9f2c45c785>)

Molti studi mirano invece a sviluppare tessuti per la protezione contro gli effetti dannosi dei raggi UV. L'incorporazione di agenti di protezione UV sulla superficie dei tessuti tessili è fondamentale per prevenire effetti dannosi sugli esseri umani e sui tessuti stessi a causa della loro origine organica e naturale. I meccanismi più studiati prevedono l'utilizzo di substrati protettivi a base di grafene, nanotubi inorganici, nanoparticelle di silice e nanocristalli di cellulosa per filtrare i dannosi raggi UV [12].

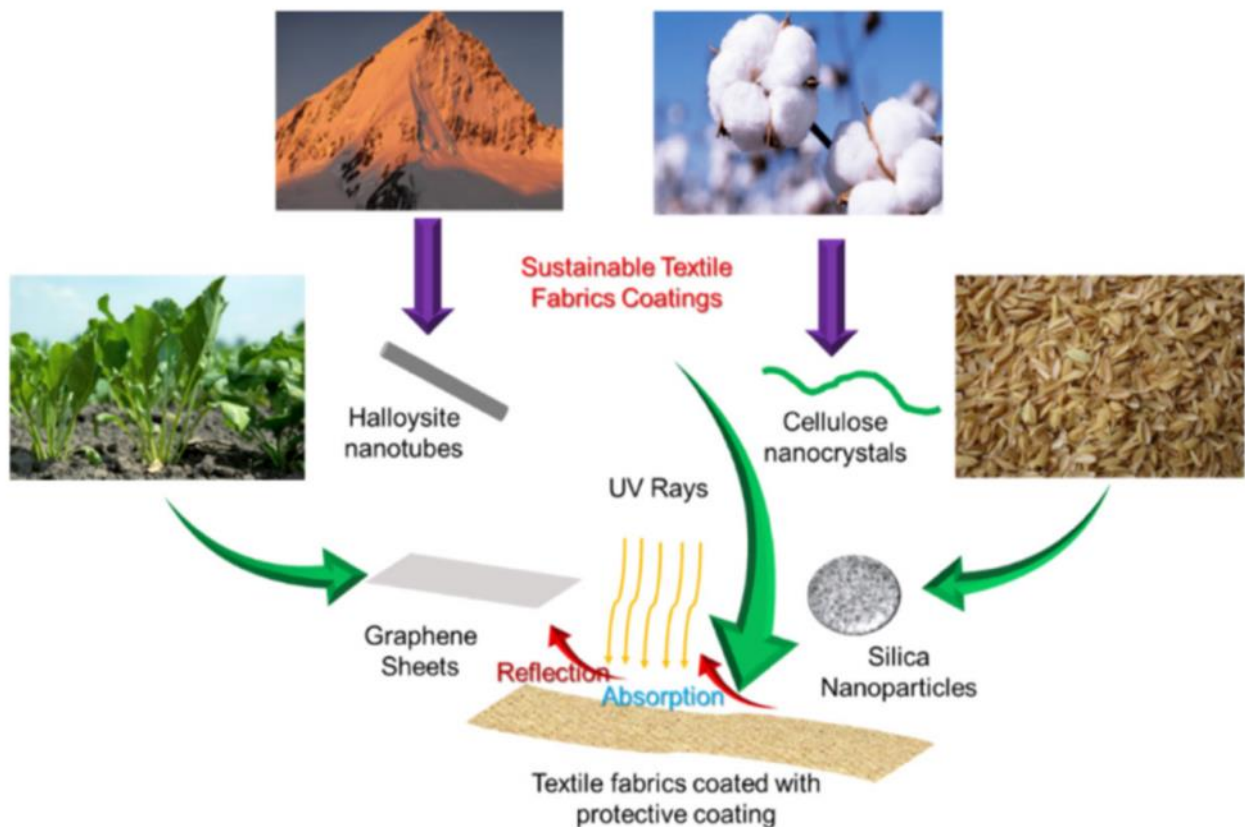


Figura 12. Metodi per realizzare *coatings* per materiali tessili sostenibili e approcci per bloccare i raggi UV.

Un'altra innovazione tessile molto interessante è la tecnologia di gestione degli odori sviluppata congiuntamente da HeiQ e Patagonia. È definita HeiQ Fresh MNT ed utilizza olio di menta proveniente da fonti rinnovabili per controllare lo sviluppo di cattivi odori sui tessuti. Questa tecnologia sostenibile è basata sul metodo di prova ISO17299-3A e fornisce ai tessuti una capacità di controllo degli odori di lunga durata mantenendo i capi profumati di fresco e chi li indossa si sente pulito e comodo tutto il giorno [13].



Figura 13. HeiQ e Patagonia hanno sviluppato una tecnologia di controllo degli odori per i tessuti derivata da olio di menta rinnovabile e di origine sostenibile. (<https://www.modeintextile.fr/hei-q-patagonia-lancent-technologie-anti-odeurs-heiq-fresh-mnt-base-dhuile-de-menthe/>)

I progressi della tecnologia tessile hanno permesso inoltre di incorporare micro-capsule contenenti principi attivi all'interno delle fibre tessili e rilasciarle una volta a contatto con la pelle. È una tecnologia utilizzata da Tutah e definita Tutah Cosmetotessile. Nello specifico, Tutah ha realizzato una mascherina anti-age -CosmOmask - incorporando nelle fibre tessili microcapsule brevettate da Novarel® che rilasciano Vitamina E e Aloe una volta a contatto con la pelle. Questa tecnologia prevede che le microcapsule vengono fissate dentro e fuori i filamenti di nylon durante la tessitura. Alla fine del processo si ottiene un prodotto Cosmetico Certificato (EC) No 1223/2009. Durante l'uso della mascherina, le microcapsule incorporate nel tessuto si attivano rilasciando sulla pelle del viso il contenuto di Aloe e Vitamina E [14].

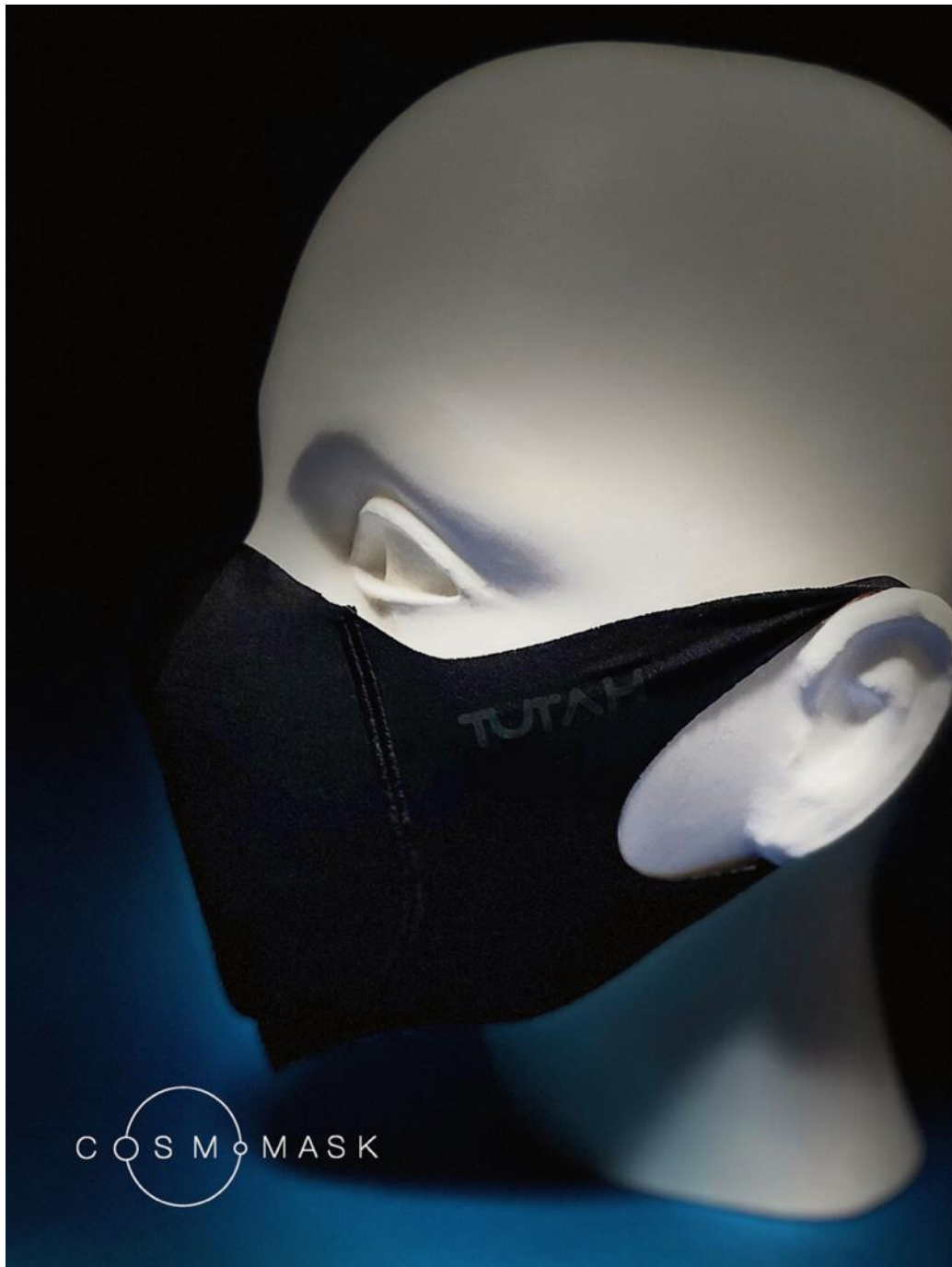


Figura 14. Tutah ha realizzato una mascherina anti-age -CosmOmask - incorporando nelle fibre tessili microcapsule brevettate da Novarel® che rilasciano Vitamina E e Aloe una volta a contatto con la pelle.

Esistono inoltre tessuti schermanti dotati di filamenti metallici, come rame e argento, che non permettono alle onde magnetiche di attraversare l'indumento, proteggendo chi lo indossa dall'elettrosmog. L'elettrosmog, inquinamento magnetico, viene prodotto da smartphone, antenne, computer ed in generale da qualsiasi apparecchiatura elettronica. Tali dispositivi sono in grado di produrre onde con radiofrequenze a bassa o alta potenza, responsabili di numerosi disturbi. I tessuti

per protezione da elettrosmog sono progettati per riflettere le onde elettromagnetiche, come i prodotti Energy Biodream e V Technical Textiles [15-16].



Figura 15. Tessuti schermanti dotati di filamenti metallici che proteggono chi li indossa dall'elettrosmog.

The Breath è invece un tessuto tecnico brevettato in grado di trattenere e disgregare le particelle nocive presenti nell'aria di qualsiasi ambiente, sfruttandone il naturale movimento, e reintroducendo aria purificata. TheBreath è frutto del lavoro della start up italiana Anemotech. La trama di theBreath® è infatti formata da tre sottili *layers* che lavorano in sinergia in un circolo virtuoso: due

strati esterni in materiale idrorepellente con proprietà antivirale, battericida, antimuffa e anti-odore, traspiranti e stampabili, e uno intermedio costituito da una cartuccia in fibra adsorbente che è in grado di attrarre, trattenere e disgregare le molecole inquinanti e i cattivi odori presenti nell'aria. Il tessuto theBreath® ha ottenuto la certificazione ISO 18184:2019 per la sua attività antivirale (tra cui per i coronavirus), eliminando in 2 ore fino al 98,75% della carica virale [17].

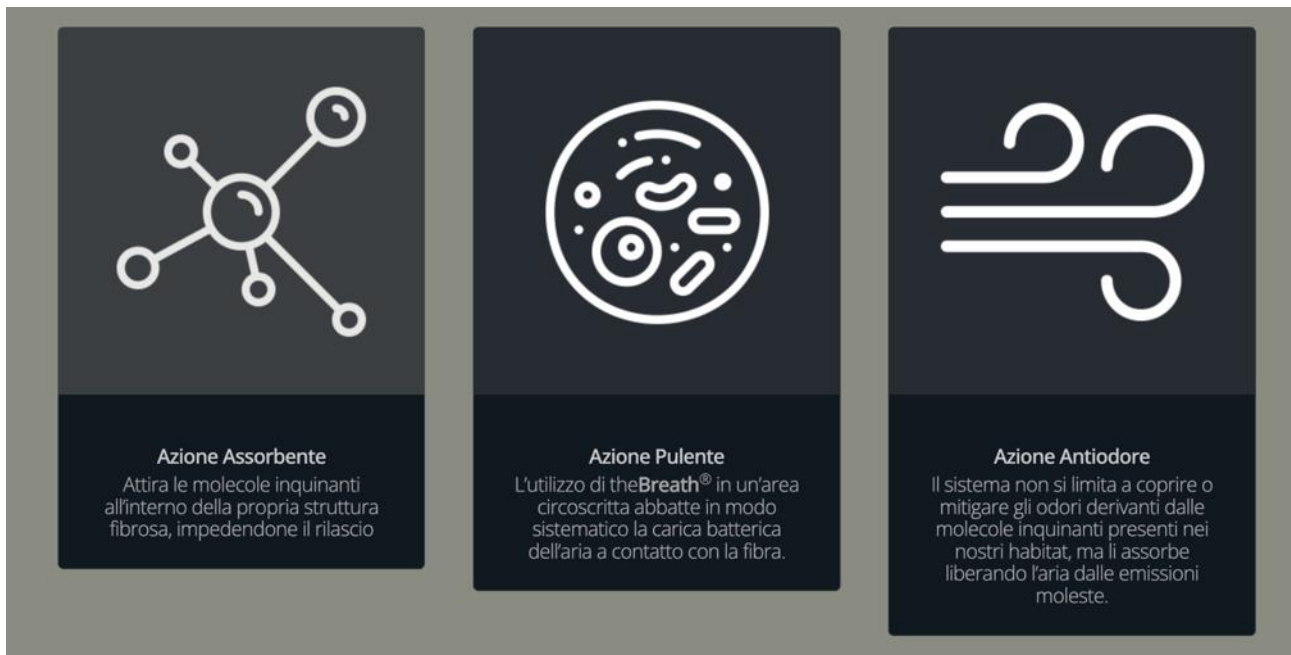


Figura 16. Meccanismo di azione del tessuto tecnico TheBreath.

Riferimenti bibliografici

- [1] M. Pollini, F. Paladini, A. Sannino. **Processes for Deposition of Elemental Silver onto a Substrate**. WO2017157918 (A1), (21/09/2017)
- [2] M. Pollini, A. Sannino, A. Maffezzoli. **Natural or synthetic yarns with high absorption property obtained by introduction of superabsorbent hydrogel**. WO2006126233, (30/11/2006)
- [3] M. Pollini, A. Sannino, A. Maffezzoli, A. Licciulli. **Natural or synthetic yarns with heat transmission barrier property obtained by aerogel deposition**. WO2006126232, (30/11/2006)
- [4] <https://www.tech-now.ch/graphene/>
- [5] Adv. Health Mater, 2013 Sep;2(9):1259-66. Zhao J., Deng B., Lv M., Li J., Zhang y., Jiang H., Peng C., Li J., Shi J., Huang Q., Fan C. **Graphene oxide-based antibacterial cotton fabrics**. doi: 10.1002/adhm.201200437
- [6] Adv. Funct. Mater. 2022, 32, 2205934. Ge Q., Chu J., Cao W., Yi F., Ran Z., Jin Z., Mao B., Li Z., and Novoselov K.S. **Graphene-Based Textiles for Thermal Management and Flame Retardancy**. DOI: 10.1002/adfm.202205934
- [7] D.L. Kaplan, H. Tao, B. Marelli, M. Yang. **Biopolymer-based inks and use thereof**. Inventor Fiorenzo G. Omenetto. US10731046B2.
- [8] G. Chen, X. Xiao, X. Zhao, T. Tat, M. Bick, J. Chen. **Electronic Textiles for Wearable Point-of-Care Systems**. *Chem. Rev.* 2022, 122, 3, 3259–3291. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00502>
- [9] Owyung R.E. et al. **Colorimetric Gas Sensing Washable Threads for Smart Textiles**. Scientific Reports volume 9, Article number: 5607 (2019)
- [10] Jonguk Yang, Sanghyun Ju. **Washable and stretchable fiber with heat and ultraviolet color conversion**. RSC Adv. 2022 Aug 10;12(35):22351-22359. doi: 10.1039/d2ra03948f.
- [11] Patent No: US 2021/0025091 A1. **System and method for thermally adaptive materials**. Inventors: Brent Ridley, Huntington Beach, CA (US); Saul Griffith, San Francisco, CA (US); Shara Maikranz, San Francisco, CA (US); Jean Chang, San Francisco, CA (US); Pete Lynn, Oakland, CA (US).
- [12] Nour F. Attia et al. **Recent Advances of Sustainable Textile Fabric Coatings for UV Protection Properties**. Coatings 2022, 12(10), 1597; <https://doi.org/10.3390/coatings12101597>.
- [13] <https://www.heiq.com/news/patagonia-heiq-launch-jointly-developed-next-generation-mint-based-textile-odor-control-technology/>
- [14] <https://www.tutah.it/cosmomask>
- [15] <https://www.energy-biodream.com/tessuti-schermanti-per-protezione-elettromog/>
- [16] <https://www.vtechtextiles.com/rf-emi-shielding-garments-clothing/>

[17] <https://www.thebreath.it/breath/thebreath-tessuto-antivirale/>