

INFORME DE
VIGILÀNCIA TECNOLÒGICA



Futurs dels teixits intel·ligents

hub**b**30.

INFORME DE VIGILÀNCIA TECNOLÒGICA

Futurs dels teixits intel·ligents

Autors

Roser Salvat Jofresa, Parc de Recerca UAB

Hafsa El Briyak Ereddam, Parc de Recerca UAB

Marta Tort Xirau, Oficina de Valorització i Patents UAB

Amb la col·laboració de **Jorge Macanás**, UPC, i de **Mireia Cañellas**, Generalitat de Catalunya

Edició i disseny

Àrea de Comunicació i Promoció

Parc de Recerca UAB



Parc de Recerca UAB

Av. de Can Domènech s/n - Edifici Eureka - Campus de la UAB

08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Barcelona · Spain

www.hubb30.cat

hubb30.

Una iniciativa de:



esadecreapolis



ACCIÓ



cecot

Projecte cofinançat per:



1

Visió de síntesi sobre innovació i tendències en Teixits Intel·ligents

Els tèxtils han jugat un paper important en la **història de la humanitat**. Les fibres naturals, com el cotó, la llana, la seda i el lli, ens han permès mantenir-nos càlids, protegir-nos del dur entorn, i expressar estatus, esdevenint materials molt preuats durant mil·lennis. Ja en el segle XX, la producció de fibres sintètiques, més resistents i econòmiques, van fer-les assequibles a pràcticament tota la població mundial. En conseqüència, la indústria tèxtil és un sector important en l'economia que proporciona **ocupació** a centenars de milions de persones a tot el món.

Però els teixits del futur no només vestiran persones, objectes i espais. De la mà de la tecnologia seguiran evolucionant, aportant valor afegit per a nous usos, complementant així els tradicionals valors de l'estètica i la moda. Si bé és cert que al llarg dels segles els productes tèxtils han representat un component fonamental de la vida quotidiana sotmès a una evolució permanent, en les dues darreres dècades la **recerca i la innovació tèxtil** ha viscut un nou impuls. La integració entre les enginyeries tèxtils i disciplines com la biologia, l'electrònica i les telecomunicacions, ha aportat al mercat solucions graduals, però també disruptives, cada vegada més atractives, ràpides i accessibles.

Malgrat això, la nostra manera de dissenyar, produir i utilitzar la roba també té **desavantatges** cada vegada més evidents. Des de fa segles el sistema tèxtil funciona de manera gairebé lineal: s'extreuen grans quantitats de recursos no renovables per produir tèxtils que sovint s'utilitzen durant poc temps. Posteriorment, els materials s'envien majoritàriament a abocadors o s'incineren, amb nombrosos impactes negatius sobre el **medi ambient** i la societat.

Aquest informe aporta punts de vista sobre tendències en el desenvolupament de nous **teixits funcionals i intel·ligents**, però també sobre noves tecnologies relacionades amb **l'eficiència i el respecte dels processos productius** del sector tèxtil. A grans trets, s'apunten innovacions relacionades amb quatre àmbits:

- els tèxtils funcionals o tècnics
- els tèxtils intel·ligents
- els e-tèxtils i els wearables
- els tèxtils recuperables i sostenibles

Així mateix, el document aporta algunes reflexions finals sobre la **transferència tecnològica** en aquesta indústria, caracteritzada entre altres coses per la important distància existent entre les recerques produïdes i la capacitat del mercat per absorbir innovacions.

L'**auge social de l'activitat física**, i la necessitat de disposar de roba adaptable a diferents necessitats i climatologies, ha impactat fortament en l'evolució de dissenys i de tecnologies tèxtils. Per aquest motiu se sol apuntar que la roba d'esport és, conjuntament amb la indumentària de seguretat, la precursora dels teixits tant funcionals com intel·ligents.

L'esport i la salut, motor d'innovacions

Tèxtils funcionals

Actualment, les aplicacions tèxtils més sofisticades es relacionen, entre d'altres, amb l'assistència a **emergències i a la supervisió mèdica** de senyals fisiològics, com ara la freqüència cardíaca, així com amb l'entrenament guiat i la rehabilitació d'atletes. Les aplicacions comercials d'aquestes innovacions també inclouen sistemes de control amb terminals electrònics diversos, telèfons mòbils i rellotges connectats.

Els tèxtils funcionals sovint es caracteritzen pels **materials** que els constitueixen, que els atorguen **propietats singulars** importants per a usos tècnics, fet pel qual també s'anomenen **tèxtils tècnics**. De fet, la principal característica dels teixits funcionals és que estan precisament concebuts per a cobrir determinades aplicacions que requereixen propietats exigents, com ara resistència mecànica, resistència tèrmica, resistència als raigs UV o IR, o impermeabilitat.

Sigui pel seu disseny, la seva composició, construcció o acabat (per exemple amb additius o recobriments), aquests productes funcionals aporten alguna **funció específica** rellevant. Algunes fibres, fils o teixits posseeixen propietats antibacterianes, impermeables o transpirables, per exemple, sense rebre cap estímul. Però altres vegades són els processos de fabricació els que proporcionen característiques especials als materials orgànics, els inorgànics o a les seves combinacions. Un dels casos és el dels polímers, i els teixits produïts per electrospinning.

Electro-filats per a nanofibres

L'**electrospinning** o electro-filat és una tècnica de fabricació de fibres a escala micro i nano amb flexibilitat, gran superfície específica i alta porositat. Basada en principis de càrrega electroestàtica, aquesta tècnica ja té dècades, però segueix generant interès i desenvolupant-se, per la seva important versatilitat¹.

De fet, els darrers anys s'han produït canvis rellevants en les fibres i s'han enriquit més encara les possibilitats de generació de tèxtils, originant noves aplicacions:

- **Fibres d'alta resistència** mecànica per a materials asfàltics i altres usos.
- Fibres amb **àrees superficials i volums** especials, amb propietats de filtració activa, catàlisi o inclús amb sensors químics.
- **Teixits no teixits**, útils per a **aplicacions mèdiques** com ara apòsits, administració de fàrmacs o altres consumibles.
- **Aplicacions en materials**, com ara en la manufactura de nano-compostos.
- **Aplicacions electròniques i energètiques**, pel potencial d'aquestes fibres en la fabricació de bateries polimètriques i de liti.
- **Suports nanomètrics** artificials on es desenvolupen teixits orgànics (**enginyeria de teixits vius**).

Aquesta tècnica també permet fabricar **estructures coaxials a escala nanomètrica** incorporant components funcionals o agents de reacció diversos que aporten protecció, aïllament o altres **propietats interessants**: antitiques, antibacteris, antivirals, antiolor, retardants de flama, absorbents de raigs UV, o antiestàtiques, per exemple.

¹ Li Liu, Wenhui Xu, Yichun Ding, Seema Agarwal, Andreas Greiner, Gaigai Duan (2020) *A review of smart electrospun fibers toward textiles*.

Tèxtils intel·ligents

Gràcies a la combinació de l'enginyeria tèxtil amb la nanotecnologia, però també amb la biotecnologia i la microelectrònica, les **propietats** funcionals dels teixits poden arribar a ser **adaptatives**. En aquests casos parlem de tèxtils intel·ligents o **smart textiles**.

Els tèxtils intel·ligents són capaços d'alterar la seva naturalesa en **resposta a estímuls** mecànics, físics, químics, elèctrics i magnètics que són atribuïbles a condicions mediambientals, o bé que han estat provocats ad-hoc.

Aquests productes es poden obtenir emprant en la seva fabricació les anomenades **fibres intel·ligents**, que només són reactives davant la variació d'estímuls, però que es comporten com a fibra normal quan l'estímul no es produeix. Però, en altres casos, aquesta capacitat adaptativa s'aconsegueix per **l'addició d'altres materials i recobriments** a fibres no reactives, o inclús per la **integració de dispositius**.

Els materials sensibles als estímuls són capaços d'emprendre canvis físics o químics reversibles en les seves propietats després de l'exposició, per exemple, a la temperatura, el pH, la llum, estímuls elèctrics i magnètics, productes químics, ions, i un llarg etcètera. De fet, conviuen **tres generacions** ben diferenciades d'aquests productes:

- Els **tèxtils intel·ligents passius** com els descrits, només poden detectar les condicions, i comunicar-les amb senyals senzills (canvi de color, generació d'un impuls elèctric, etc.)
- Els **tèxtils intel·ligents actius**, com ara els tèxtils camaleònics o amb memòria de la forma, van un pas més enllà, perquè a més reaccionen davant de determinades situacions.
- Finalment, els **tèxtils ultra intel·ligents** o molt actius, són una tercera generació que no només poden detectar i reaccionar, sinó que a més s'adapten a les condicions i estímuls.

Tèxtils actius i molt actius

Prenent en consideració no tant la seva fabricació, com la seva funció, existeixen diversos tipus de tèxtils intel·ligents actius i molt actius:

- Els **tèxtils cròmics o camaleònics** canvien de color segons les condicions externes. Les fibres es poden recobrir, per exemple, amb **tintes o resines** que canvien de color a determinades temperatures i, per tant, proporcionen retroalimentació colorimètrica sobre els canvis de la temperatura ambient.
- Els **tèxtils amb memòria de forma** són capaços de deformar-se per recuperar un aspecte prèviament fixat. Generalment, funcionen per acció de la calor o la humitat, però també poden reaccionar a canvis magnètics i d'altres tipus.
- Els **tèxtils termoreguladors** poden emmagatzemar calor, absorbir el vapor, etcètera.
- En els **tèxtils amb microcàpsules**, porcions mínimes d'un principi actiu (gas, líquid o sòlid), són recobertes d'un segon material que actua de membrana (permeable o semipermeable) per protegir-lo temporalment de l'entorn que l'envolta. La tècnica del microencapsulat s'aplica, per exemple, en els anomenats **cosmetotèxtils**, que poden ajudar a la pell humana a prevenir infeccions d'agents externs, així com desprendre aromes que incrementin la sensació de benestar de les persones usuàries.

Una **categoria específica de tèxtils intel·ligents** és la dels **conductors d'electricitat**.

Teixits electrònics

En general adquireix progressiva importància la unió de la **microelectrònica** i el tèxtil i, a mesura que la **informàtica** evoluciona, apareixen múltiples aplicacions innovadores de sensòrica, monitoratge i dispositius portables.

Els teixits electrònics, també anomenats e-tèxtils, **electro-tèxtils**, se solen aplicar en solucions de detecció i reacció a estímuls del cos humà i de l'entorn. Consisteixen a integrar l'electrònica i components informàtics senzills als teixits, reforçant així les seves **capacitats de comunicació**.

Aquests se solen classificar segons la seva manera d'integrar les funcions electròniques a l'arquitectura tèxtil²:

- Tèxtils intel·ligents on el **tèxtil actua com a substrat** per a la fixació de sensors, dispositius de sortida i plaques de circuits impresos. En certa manera aquests tèxtils són similars als ordinadors portàtils miniaturitzats, perquè en essència es tracta de sistemes electrònics que inclouen components computacionals i, en general, hi ha molt poca integració de dispositius en el tèxtil.
- El desenvolupament d'aquest camp ha impulsat la integració de funcionalitats electròniques més complexes, fins a l'extrem que aquestes "desapareixen" dins de l'arquitectura tèxtil. Això suposa que els sensors electrònics o òptics, així com els dispositius de sortida, **s'introdueixen a l'arquitectura tèxtil a nivell de fibra**. El repte és que aquests interfereixin el mínim en les veles, lones, tendals o altres productes tèxtils que els integren.
- Enmig dels dos extrems hi ha els **tèxtils intel·ligents híbrids** que combinen fibres funcionals amb diversos graus de complexitat (per exemple conductores d'electricitat, o amb característiques d'antena) amb components de circuits integrats connectats, així com sensors.

Actualment els e-tèxtils disponibles per al gran públic poden, per exemple, canviar el seu color o regular la temperatura superficial mitjançant mecanismes actius preprogramats. Però per assolir funcions més complexes cal que els teixits s'integrin a una gamma de **xarxes de sensors i a mecanismes de control** actiu.

Sensors i components

Aquests subsistemes d'e-tèxtils inclouen emmagatzematge i transmissió de memòria, processament de sensors i control de les modalitats d'entrada i sortida mitjançant el disseny de circuits i programari.

A nivell de **components**, aquests tèxtils intel·ligents consideren la integració de sensors, així com de dispositius d'entrada i de sortida, en les arquitectures tèxtils.

- Els **sensors** mesuren magnituds físiques o químiques, com ara la intensitat de la llum, la pressió o la temperatura. Gràcies als elements transductors esdevenen senyals elèctrics, de forma que la informació generada pot emmagatzemar-se i analitzar-se. En el context dels tèxtils intel·ligents associats a indumentària, els sensors integrats sovint s'adopten per mesurar paràmetres fisiològics o per determinar canvis ambientals, essent els més habituals els sensors de pressió, de freqüència cardíaca, de temperatura, de tensió,

² Kunigunde Cherenack and Liesbeth van Pieterse (2012) *Journal of applied physics_Smart textiles: Challenges and opportunities*.

òptics i de gas. Els **sensors biològics**, en concret, s'usen per detectar la presència de substàncies com la glucosa en els malalts de diabetis, o bé la composició global de fluids biològics com la suor en altres casos.

- Respecte als **dispositius d'entrada** de tèxtils, són utilitzats per l'usuari per proporcionar dades a altres dispositius del sistema. Els **dispositius de sortida**, en canvi, s'utilitzen per comunicar els canvis del sistema tèxtil amb el món exterior, essent el més comú les pantalles i els llums d'estat (indicadors o alarmes).

Així mateix, existeixen sistemes i mòduls addicionals que permeten configurar **solucions tecnològiques** a altres necessitats:

- Els **actuadors**, responsables d'iniciar alarmes, alliberar substàncies o moure objectes.
- Les **unitats de processament de dades** que proporcionen capacitat de càlcul al tèxtil.
- Els **sistemes de gestió de l'energia**, que comprenen tant el subministrament com les unitats d'emmagatzematge.
- Els **mòduls de comunicació**, que permeten la comunicació entre les diverses unitats, a més de transmetre dades en temps real cap a -i des de- tèxtils als usuaris o dispositius finals, fils conductors o altres tecnologies.

Especialment en els dispositius **wereables**, aquesta capacitat de transmissió de dades resulta crucial. Gràcies a l'electrònica, la **informàtica i les telecomunicacions**, en definitiva, els e-tèxtils proporcionen als usuaris millors prestacions d'ubicació, seguiment i comunicació.

Convergència tecnològica

Els **elements de programari** ofereixen capacitats avançades d'anàlisi i integració, mentre que les **telecomunicacions** permeten xarxes ad-hoc i mòbils i, per tant, comunicació en temps real, originant la tendència d'aplicacions d'**internet de les coses (IoT)**.

Amb la proliferació dels **wearables**, les solucions de tèxtils electrònics per al control en temps real dels paràmetres vitals del cos i de l'entorn circumdant, han creat una petjada en diverses indústries. En aquest context, també evolucionen les aplicacions basades en la **intel·ligència artificial (IA)**.

De fet, la convergència entre el tèxtil i les tecnologies pròpies de la microelectrònica, les TIC, la nanotecnologia és creixent, i sovint l'origen d'innovacions disruptives molt interessants en l'àmbit dels teixits intel·ligents i electrònics. La revista *Popular Science* recull **algunes tecnologies de futur de la indústria tèxtil**³, la majoria de les quals ja han estat exposades o bé poden inferir-se també posem la biotecnologia i les ciències de materials en l'equació de la convergència tecnològica:

- Llana sensible al tacte
- Teixits sensibles a la calor corporal
- Teixits que absorbeixen o dispensen líquids
- Teixits que s'auto-corregeixen o reparen
- Teixits amb material conductiu que respon a estímuls fisiològics o de l'entorn

³LAGA tech (2017) *Tejidos y fibras de futuro e inteligentes, Moda Sostenible y sustentable, Detox 2020*.

Reptes de R+D i de fabricació

- Catifes i circuits teixits en altres superfícies
- Roba protectora amb camuflatge electrònic
- Roba amb il·luminació LED integrada
- Teixits que aprenen
- Roba amb indicadors i pantalles

Tot i les seves particulars característiques, els **mètodes de fabricació** de tèxtils intel·ligents poden ser similars als dels teixits convencionals, i per tant consistir a teixir (en 2 o 3 dimensions) i cosir. En altres ocasions, quan ja està fabricat el tèxtil, es pot modificar l'aspecte del teixit afegint funcions "intel·ligents" addicionals, per exemple, mitjançant brodat, impressió, encolat o laminació.

Les solucions existents de tèxtil intel·ligent electrònic també tenen el repte d'aconseguir que els cables que integren no augmentin massa el pes dels productes, ni restringeixen la mobilitat dels usuaris. En un pla teòric, el **confort** dels tèxtils intel·ligents no s'hauria de veure afectat per la presència dels circuits. Aquests haurien de tenir prou **resistència** com estar exposats a entorns mecànicament exigents durant la fabricació, així com per utilitzar-se quotidianament i mantenir-se **inalterats** durant el rentat.

La **durabilitat** dels teixits és important, però el **consum** de potència, especialment de refrigeració, és una altra àrea important de millora dels tèxtils intel·ligents. De fet, es considera que les **fonts d'alimentació** són un desafiament important en aquests productes, perquè les bateries recarregables tradicionals són tan voluminoses que no es poden integrar completament a l'arquitectura tèxtil. Desenvolupar bateries de pel·lícula fina o tela d'alta densitat d'energia i cèl·lules solars eficients que es puguin utilitzar per alimentar aplicacions tèxtils portàtils d'una manera més còmoda és un desafiament rellevant d'aquesta indústria.

Evolució del mercat

De fet, el mercat del tèxtil electrònic ha guanyat interès per part de **companyies tecnològiques globals**, responsables en part del seu creixement.

Es preveu que el mercat mundial del tèxtil intel·ligent mostrarà un fort creixement en els propers anys⁴, impulsat per les tendències tecnològiques, demogràfiques, econòmiques i empresarials. Segons Allied Market Research, per exemple, s'espera que la mida d'aquest mercat assoleixi els **5.400 milions de dòlars** el 2022.

Els tèxtils intel·ligents, com succeeix en altres productes innovadors, en part deuen el seu ràpid desenvolupament a la **indústria aeroespacial i militar**, que porta dècades invertint en la recerca de solucions per fer front a desafiaments diversos. El mercat mundial de tèxtils electrònics i intel·ligents ha experimentat un **augment de la demanda** a nivell mundial⁵ atribuïble a aquest sector, però també als **sectors transport, logístic i industrial**.

Es considera que a curt termini, creixerà la demanda **d'armilles** capaces de controlar la temperatura superficial del personal que treballa en condicions meteorològiques extremes. També es preveu que les solucions de tèxtils electrònics per optimitzar la **logística** i detectar la ubicació

⁴ Context (2020) *Smart textiles for healthcare and medicine applications (WG1). State of the art report.*

⁵ Frost and Sullivan (2018) *Technology Convergence Transforming E-textiles: Advancements in Smart Materials and Manufacturing Technologies are Driving Opportunities.*

d'usuaris, estan a punt d'esdevenir un dels principals motors d'avenços en solucions de tèxtils electrònics.

A curt termini, els teixits intel·ligents comercials també se centraran en aplicacions de **seguretat, calefacció i il·luminació**. Aplicacions de detecció, com ara la **vigilància bioquímica**, es poden afegir en un futur proper al sector militar. Els teixits d'il·luminació tindran un ús més versàtil en moda, promoció i roba per a esdeveniments i en tractaments per a la llar.

Els **teixits calefactors** tindran un ús creixent en els vehicles, impulsats per la introducció de vehicles elèctrics d'automoció i transport. La **il·luminació** del tauler de control tèxtil i les "pells" tèxtils externes també tendiran a imposar-se, substituint interiors i exteriors de cotxes estàndards. També es preveuen que innovacions d'aquest tipus creixin en el sector **industrial, arquitectura, telecomunicacions, agrari** i, finalment, en el sector **d'oci** i entreteniment.

En aquest context, les aplicacions en els sectors de **l'esport i el benestar de l'assistència sanitària** es preveu que segueixin essent un dels principals motors d'innovació.

El mercat de l'esport i els wearables

El mercat dels productes esportius i els *wearables* basats en els principis dels tèxtils intel·ligents distingeix entre les **aplicacions professionals** i les orientades als **consumidors**, però la tendència general és que aquests àmbits es vagin acostant a mesura que les solucions siguin més accessibles.

L'anàlisi de *Goldstein Research* preveu que la mida del mercat mundial de roba intel·ligent arribarà a 1.175 milions de dòlars el 2025⁶. Es diu que **Europa és particularment forta** en aquest camp d'innovació, particularment, en desenvolupament i prototipatge de tèxtils amb integració de l'electrònica.

Sensors de moviment (MEMS), humitat i temperatura; acceleròmetres; sistemes de calefacció i refrigeració; sistemes d'alerta en trànsit, bloqueig o advertència; control d'olors; repel·lents d'aigua; canvis de color; producció i emmagatzematge d'energia; comunicació, antiestàtica; resposta galvànica a la pell (GSR); prevenció i tractament de lesions evitables... En els mercats de l'esport i el benestar existeix un gran nombre de potencials funcions intel·ligents.

La tecnologia ha experimentat continus avenços en els darrers anys, principalment a causa del creixement disruptiu en els camps de **l'IoT, l'electrònica flexible**, la informàtica i les xarxes de baixa potència. Aquests avenços han reduït les barreres a l'accessibilitat tecnològica, la integració i el cost dels dispositius que es poden portar còmodament al cos. Altres avenços que interfereixen positivament en innovacions d'aquest mercat són els següents:

- Les innovacions en polímers conductors sensibles als estímuls, polímers de memòria de forma, tintes i recobriments, fibres avançades i la nanotecnologia.
- Els sensors i actuadors més petits de baixa potència, així com les bateries i interconnexions no visibles, totalment integrats.
- El progrés en la impressió digital i 3D, així com l'escaneig corporal en 3D per a la roba intel·ligent personalitzada.

⁶Context (2020) *Smart textiles for for sportswear and wearables (WG5). State of the art report.*

Creix el mercat de la salut

- El desenvolupament de nous materials com escumes, tatuatges intel·ligents, embenats o biotèxtils intel·ligents.

La tendència és, en general, entendre que la “intel·ligència” d'un material no només és atribuïble a l'electrònica, sinó també a altres disciplines com la **bioquímica**.

Els teixits intel·ligents avui dia ja s'utilitzen, per exemple, per controlar la salut dels nadons, proporcionar curació mitjançant teràpies amb llum o per a vigilància de la salut dels pacients crònics mitjançant paràmetres fisiològics com la freqüència cardíaca i la respiració. També es correlacionen dades recopilades per dispositius perifèrics que mesuren la pressió arterial, la saturació d'oxigen a la sang, moviment periòdic de les cames, temperatura corporal central i de la pell o tos.

A grans trets, en el mercat de la salut es poden diferenciar teixits intel·ligents per a funcions diferents:

- **Monitoratge i detecció** de patologies, amb electrònica (sensors, biosensors, actuadors, etc.) o bé amb materials fotocromics i termocromics.
- **Tractaments terapèutics** mitjançant sistemes d'alliberament de fàrmacs per via dèrmica, en tres modalitats: teixits medicalitzats, teixits encapsulats, i electrofilats.
- **Higiene i prevenció** d'infeccions amb teixits antibacterians.
- **Cirurgia**, cura de ferides i enginyeria de teixits vius.

Els tèxtils intel·ligents, en resum, tenen el potencial d'afrontar **nombrosos reptes de salut**, com la diabetis, l'obesitat, la salut mental, les malalties neurodegeneratives, les malalties cardiovasculars, l'ictus, el càncer, la rehabilitació motora i la regeneració d'òrgans.

Malgrat la quantitat significativa i la innovació qualitativa i quantitativa en els tèxtils mèdics, aquest sector encara es troba en una fase incipient. El mercat de tèxtils mèdics probablement es desenvoluparà en els propers anys, perquè té un enorme potencial encara per descobrir, explorar i explotar. Essent així, per al període 2018-2027, *Market Research Future* va establir un creixement de quasi el 10% del mercat mundial de tèxtils mèdics intel·ligents⁷.

Però el desenvolupament de tèxtils intel·ligents en aquest sector requereix resoldre reptes tècnics i normatius específics.

Barreres a la innovació

A més de la creixent demanda de solucions tèxtils intel·ligents de la mà de grans empreses, aparentment aquest mercat ofereix també oportunitats de col·laboració i negoci a **petites i mitjanes empreses** altament innovadores. De fet, els òrgans governamentals i les organitzacions de recerca estan finançant de manera selectiva, però activa, innovacions en la indústria del tèxtil intel·ligent i electrònic.

Però, tal com succeeix en altres àmbits, la recerca i el desenvolupament dels tèxtils intel·ligents es relaciona amb diversos factors. Per un costat, depèn de les dinàmiques del mateix sector tèxtil. En aquest sentit, el rejuveniment de les indústries establertes, l'aparició de mercats especialitzats, o la

⁷ Context (2020) *Smart textiles for healthcare and medicine applications (WG1). State of the art report.*

tendència a la diversificació poden ser un revulsiu important, estretament relacionat amb **factores de conjuntura i empresarials**.

Per altre costat, en aquest sector, la **regulació** també pot ser rellevant. Ara per ara succeeix que les solucions de tèxtils electrònics gairebé no estan estandarditzades, fet que dificulta les **economies d'escala**. Efectivament, les barreres a la innovació que s'atribueixen a aquest àmbit poden incloure:

- la manca **d'estandardització** per garantir la qualitat, la fiabilitat i la interoperabilitat,
- la manca de **regulacions** per als nous productes,
- la manca de **coordinació i col·laboració** entre els socis de la cadena de valor, formant grups d'interès,
- les **limitacions financeres** de les empreses per assumir els costos de desenvolupament
- qüestions **ètiques**, inclosa la seguretat.

Als anteriors, podrien sumar-se **factores socioculturals**, com per exemple la necessitat de millorar la qualitat de vida de la població envellida, així com la **demanda de les persones consumidores** d'aplicacions més variades i, sobretot, més accessibles.

Estils de vida, i cocreació

En efecte, en comparació amb els tèxtils convencionals, la producció de tèxtils intel·ligents és costosa. De fet, aquests productes sovint són massa cars per a un consumidor mitjà que difícilment percep el seu valor afegit, fet que sol provocar una manca d'acceptació per part del públic objectiu.

A curt termini, aquesta indústria del tèxtil s'enfronta al **repte d'acceptació** per part dels consumidors i les consumidores. Si bé la majoria de les iniciatives de recerca i innovació se centren a resoldre problemes tècnics, com ara integrar sistemes de microxips i ordinadors a la roba, també cal superar problemes majúsculs des de la **perspectiva de la persona consumidora**, com ara la utilitat, l'accessibilitat, la seguretat i la **responsabilitat mediambiental i ètica**.

En virtut d'aquesta lògica, els usuaris finals haurien de **participar en totes les fases** dels processos d'innovació, des del disseny fins a la validació, tot garantint que les solucions responen a la tendent propensió als productes naturals i sostenibles.

Sostenibilitat i circularitat

La sostenibilitat esdevé un tema de particularment important en la indústria tèxtil.

El sistema actual de producció i consum del sector tèxtil és altament consumidor de recursos, tant aigua com energia, i un important generador de residus i emissions en països amb normatives inexistentes o baixes.

Concretament, les emissions de **gasos d'efecte hivernacle** procedents de la producció tèxtil, a nivell mundial es xifren en 1.200 milions de tones anuals, superant la suma de les atribuïbles a tots els vols internacionals i al transport marítim. Per altra part, els processos d'emblanquiment i de tintura poden generar emissions de **substàncies perilloses** que afecten la salut dels treballadors tèxtils, així com la dels consumidors i consumidores. A més a més, quan es renten, algunes peces alliberen microfibrilles de plàstic, contribuint a la contaminació oceànica aproximadament mig milió de tones cada any⁸.

Adicionalment, malauradament els residus generats principalment van a eliminació en incineradores o abocadors. A nivell global, menys de l'1% de la roba es recicla per fer roba i un 73% és eliminat en abocadors o incinerat sense ni tan sols recuperació d'energia, tractant-se doncs d'un sistema pràcticament lineal⁹. Quant als residus tèxtils recuperats, una part significativa s'exporten a països (Marroc, Pakistan, Xina...) on es perd la traçabilitat, amb efectes de mercat i socioambientals conflictius.

En els darrers anys, la indústria i els seus clients han estat cada cop més conscients dels impactes ambientals i socials negatius del sistema actual. Continuar amb aquest sistema posa **en risc la pròpia indústria tèxtil**, fet que provoca que les principals empreses del sector s'interessin per a incrementar la sostenibilitat del sector i contribuir a la seva transició vers a una economia circular.

Transformar la indústria per iniciar una nova economia tèxtil requereix canvis sistèmics amb un grau de compromís, col·laboració i innovació sense precedents. L'aplicació dels principis **d'economia circular en la indústria tèxtil** comporta, essencialment, cinc accions:

- eliminar gradualment les substàncies perilloses i controlar l'alliberament de microfibrilles,
- transformar la manera com es dissenya la roba, i el model de venda massiva i utilització tipus "fast-fashion",
- incrementar la recollida selectiva, millorar radicalment el reciclatge i fer-lo econòmicament viable
- dignificar i promoure el mercat de la reutilització
- fer un ús més eficaç i eficient dels recursos i l'energia en els processos de producció

La tendència és que els productes s'utilitzin més temps, perquè estan **fabricats per durar**, i que puguin **reutilitzar-se**¹⁰. Per a la seva recuperació futura, és particularment important considerar la composició del producte. És sabut que, atenent al seu origen, les fibres tèxtils es classifiquen entre manufacturades i **naturals** (vegetals o animals). En aquest context, prenen progressiva rellevància els **tèxtils d'origen biològic** o bioteixits.

Bioteixits

Algunes innovacions destacables provenen, precisament del camp dels bio-teixits, que progressivament es diversifiquen:

- **100% cítric:** Els subproductes de la producció de suc de cítrics s'usen per crear fil i productes tèxtils sostenibles d'alta qualitat.
- **Fibres d'algues:** Els organismes aquàtics orgànics que creixen en els oceans, llacs i vies d'aigua poden recollir-se a les regions costaneres, per crear un nou tipus de matèria primera per produir tèxtils renovables.
- **Fems:** Extraient i utilitzant la cel·lulosa dels excrements de vaca és possible crear teixits biodegradables.
- **Teixits solars:** Ús de l'energia solar, deixalles de plantes i aigua per crear niló degradable.

⁹ Agència de Residus de Catalunya (2020) *Estratègia per a la prevenció i gestió de residus tèxtils municipals a Catalunya (2020-2025)*.

¹⁰ Ellen MacArthur Foundation (2017) *Vision of a circular economy for fashion*.

- **Cuir vegetal:** Ús de les restes de la producció vinícola per produir cuir vegetal.
- **Eucaliptus:** Es produeix teixit totalment biodegradable a partir de la polpa de fusta d'arbres d'eucaliptus.
- **Bambú:** Aquest teixit ecològic està revolucionant el mercat, perquè aquesta planta creix molt ràpid, no necessita de pesticides i, a més, és un antibacterià natural i repel·leix les olors.
- **Cànem:** Proporciona un teixit suau i delicat útil per produir des de fina llenceria, fins a vestits d'alta costura.
- **Closca de coco:** Gràcies a aquesta fibra les peces acceleren el seu procés d'assecat, repel·leixin les males olors i proporcionen certa protecció als raigs ultraviolats, característiques perfectes per als esports a l'aire lliure.
- **Banana:** Assecant-la, es creen uns fils amb els quals es produeix una fibra tan suau com el cànem i el bambú, antial·lèrgica i que facilita molt la transpiració.
- **Seda grafè:** Cucs de seda alimentats amb grafè han produït brins que condueixen l'electricitat, i són el doble de resistent que les normals.
- **Polièster digerit** per microbis que es mengen les deixalles i creen ingredients útils per a la producció de nou polièster, sense una pèrdua de qualitat.

Ecodisseny

En un futur proper s'expandirà l'**ecodisseny**, disciplina que té en compte:

- la major durabilitat del tèxtil
- que aquest sigui fàcilment reciclable, perquè no barreja components
- que facilita la traçabilitat i, finalment,
- que incorpora fibres regenerades.

En aquest ordre de coses, és particularment interessant la tendència creixent a canviar de pràctiques de disseny amb productes procedents del reciclatge de **tèxtils pre i post consum**¹¹. És a dir: tant tèxtils-residus de fàbriques tèxtils, com de productes que els consumidors retornen a la cadena de valor.

Tèxtils recuperables

Les fibres tèxtils **manufacturades** poden ser orgàniques, sintètiques (la poliamida, el niló, el polièster, el polietilè, el polipropilè, l'acrílica i l'elastà, entre d'altres) o, com s'ha vist, amb components innovadors, químics o electrònics que poden dificultar els processos de reciclatge. Actualment el **material reciclat més comú** és el cotó, seguit del polièster, la llana i la poliamida.

Però la manca de **traçabilitat** de la majoria dels tèxtils comporta el risc de reintroduir al sistema tèxtil elements contaminants i poc segurs. Tot i que amb l'entrada en vigor del Reglament Europeu sobre Tèxtils (1007/2011) es van harmonitzar els **requisits d'etiquetatge** de la composició de fibra dels productes tèxtils, la **transparència** al llarg de tota la cadena de valor segueix essent un desafiament important en aquesta indústria¹².

¹¹ Fibersort (2020) *Recycled Post-Consumer Textiles: An Industry Perspective*.

¹² Jade Wilting, Hilde van Duijn (2019) *Clothing Labels: Accurate or not? Circle Economy*.

Rastrear l'origen i les característiques d'un producte dins de les cadenes de subministrament permet una millor transmissió d'informació entre diversos actors, i per tant incrementa la fiabilitat de les operacions de reciclatge. Per altra part, també cal considerar que la composició a base de **polièster de les pròpies etiquetes** pot esdevenir un contaminant de tèxtils reciclats, perquè aquestes sovint s'han d'eliminar manualment.

Essent així, existeixen diverses **alternatives a l'etiqueta tradicional** de polièster cosida. La tendència en aquest terreny és innovar en tecnologies de seguiment i rastreig que ajuden als recicladors a solucionar aquest problema, com ara les etiquetes o fils **RFID**, els codis **QR** i el seguiment **d'ADN**. Per altra part, els **escàners** de tecnologia d'infraroig proper (NIR) demostren índexs de productivitat cada vegada més interessants, i permeten segregar primeres matèries tèxtils fiables i consistents.

L'increment de recicladors tèxtils i de tecnologies de reciclatge disponibles, així com en el nombre d'instal·lacions de fabricació certificades per als estàndards demostratius del reciclat i, finalment, l'augment de la quantitat de marques que integren tipus diversos de tèxtils reciclats a les seves col·leccions, són indicadors que permeten albirar el futur amb optimisme.

Tot i així, cal reforçar la **investigació**, la transferència, el **desenvolupament** i pilotatge per entendre i resoldre completament les barreres que encara queden per al reciclatge de tèxtils post-consum.

El repte de la transferència

Per reorientar el tèxtil cap a noves economies de productes amb més valor afegit, es necessita una base sòlida **d'evidències científiques i econòmiques**, així com major transparència sobre els impactes del sistema sobre els grups d'interès de tota la cadena de valor. Fora interessant, per exemple investigar l'equilibri òptim dels sistemes de recollida i reciclatge. També sembla important comprendre millor els impactes econòmics, ambientals i socials de les substàncies perilloses i microfibres a l'oceà, així com la rellevància i el valor dels fluxos creuats cap a altres indústries.

Cal reforçar la recerca teòrica sobre models de canvis, amb recerca aplicada. En alguns àmbits, com ara les **tecnologies de recollida**, les tecnologies de **separació** (ara es realitza majoritàriament manualment) i el **reciclatge** químic i mecànic, encara hi ha molts desafiaments d'innovació. Els **reptes de transferència tecnològica** dels tèxtils recuperables i sostenibles són transcendents, però també ho són els dels e-tèxtils, els dels altres tipus de teixits intel·ligents, i els dels teixits funcionals.

Però en l'univers dels tèxtils funcionals, intel·ligents i sostenibles, per desgràcia, molts productes només arriben a la fase de **prototip**, i altres només es fabriquen a **petita escala**, posant en evidència la necessitat de superar, a més a més, certs **colls d'ampolla tecnològics**.

Millorar la transferència significa escurçar la bretxa existent entre el prototip de recerca de laboratori i l'entorn industrial: entre la idea o disseny i la producció. Per aconseguir-ho, els experts subratllen la necessitat de desenvolupar **productes basats en el mercat**, i no només en la tecnologia, i apunten algunes recomanacions afegides:

- Obrir-se a la **cooperació** entre universitats, centres tecnològics i la indústria.
- Centrar els esforços de recerca i innovació en **casos reals** d'ús.

Talent multidisciplinari

- Invertir esforços significatius en l'anàlisi de les **necessitats reals dels consumidors**, obtenint declaracions clares de les seves preocupacions i anhels.
- Definir en, conseqüència, estratègies de **màrqueting** enfocades a donar suport a la captació de mercats específics.
- Iniciar la penetració de mercats amb orientacions **B2B**, abans de desplegaments B2C.
- Enfortir l'aportació **d'enfocaments multidisciplinaris** en les propostes de solució de determinats problemes d'aplicació, així com en la generació de nous models de negoci.

És important ressaltar, sobretot la idea de la **convivència entre enginyers** tèxtils, mecànics, electrònics, informàtics, de telecomunicacions i de disseny de producte, així com bioenginyers, biòlegs, **químics, físics, científics de materials, professionals de la salut**, especialistes en màrqueting i, finalment, **usuaris** finals.

Els tèxtils intel·ligents i sostenibles són singulars, precisament, perquè requereixen una **experiència combinada de disciplines** molt diverses i, per aquest motiu, els dissenys i desenvolupaments exitosos solen comportar la formació d'equips multidisciplinaris.

Cal, doncs, preparar professionals amb **perfils combinats** i especialistes en **tecnologies de frontera**, però algunes institucions educatives segueixen formant en les competències estrictament pròpies de les indústries tradicionals. Tant és així, que alguns experts apunten que en aquest sector persisteix un cert **desajust de competències professionals**, que cal corregir amb itineraris enriquits.

Per dur a la pràctica les ambicions d'una **economia tèxtil viable i pròspera** que ocupi treballadors al nostre país, tant els futurs com els actuals treballadors necessiten **qualificar-se** per copsar i experimentar els avantatges de les tecnologies i dels models de negoci propis dels teixits intel·ligents i sostenibles.

2

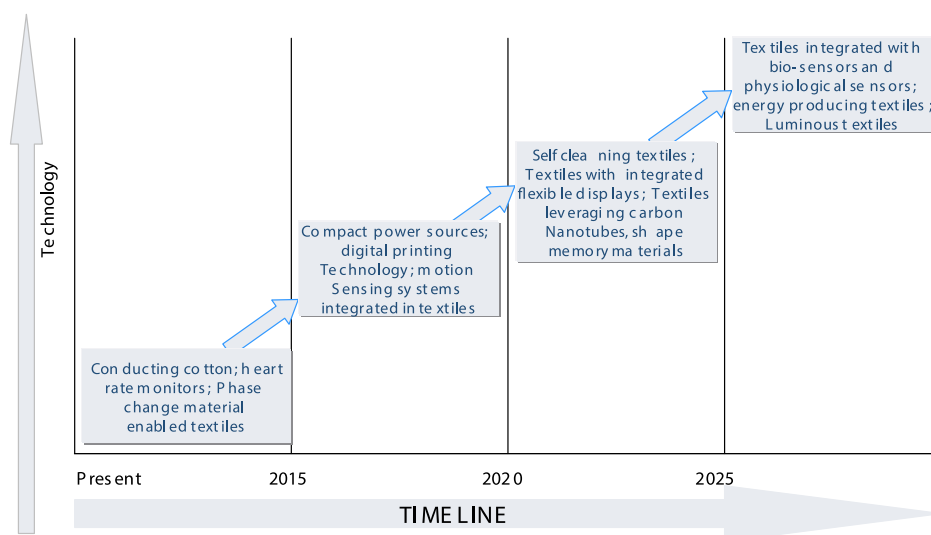
Futur dels teixits intel·ligents: Infografies clau

2.1. Smart Textile Industry: Technology and business challenges



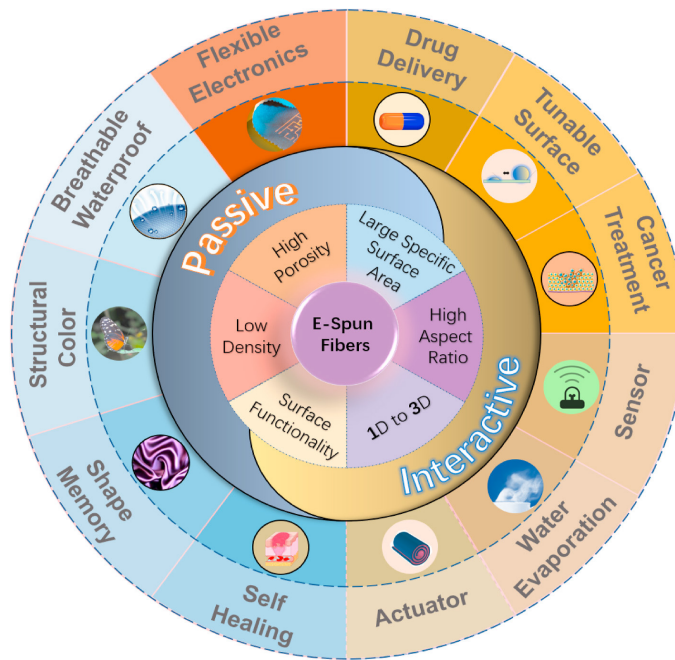
Font: Frost and Sullivan - SMART TEXTILES--ASSESSMENT OF TECHNOLOGY AND MARKET POTENTIAL 2010

2.2. Smart Textiles: Technology roadmap



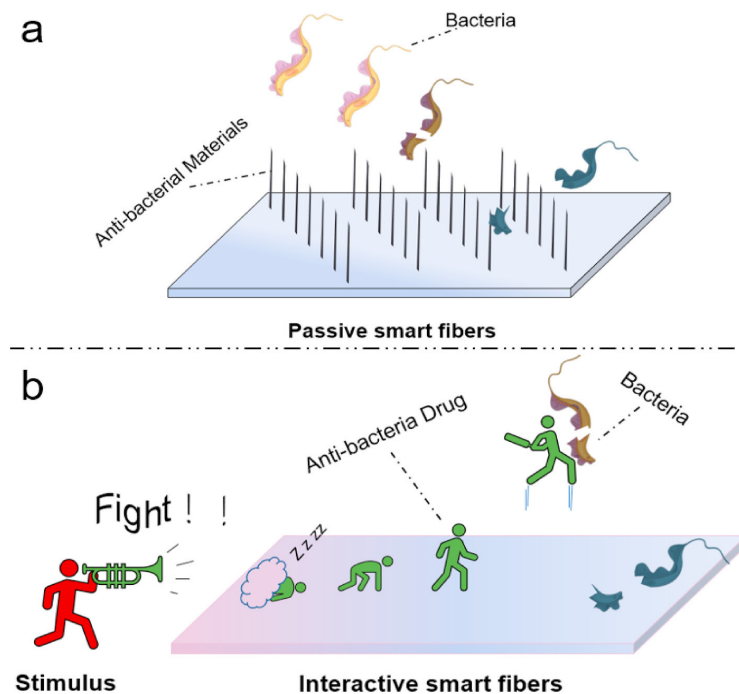
Font: Frost and Sullivan - SMART TEXTILES--ASSESSMENT OF TECHNOLOGY AND MARKET POTENTIAL 2010

2.3. Smart Fibers Types



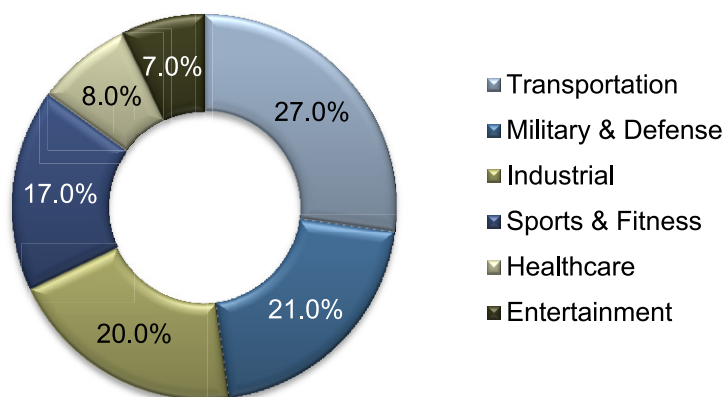
Font: A review of smart electrospun fibers toward textiles. 2020

2.4. Smart Fibers Types: Passive Vs Interactive



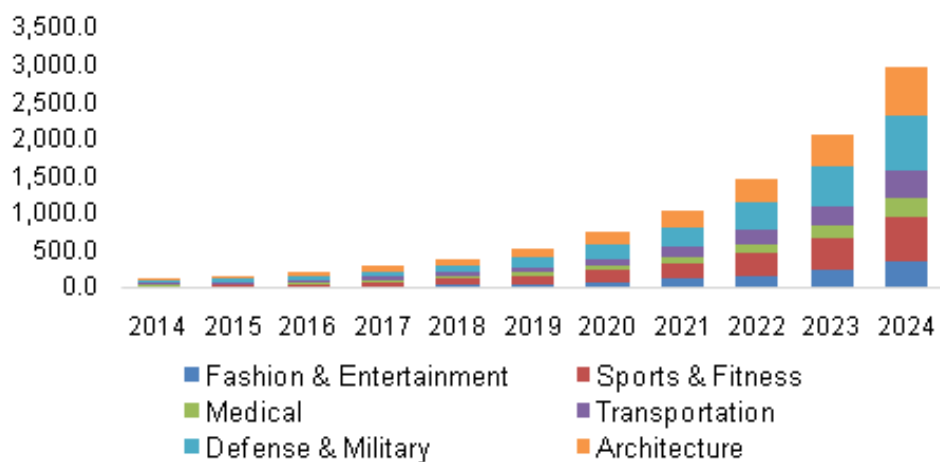
Font: A review of smart electrospun fibers toward textiles. 2020

2.5. e-Textiles: Market Segmentation



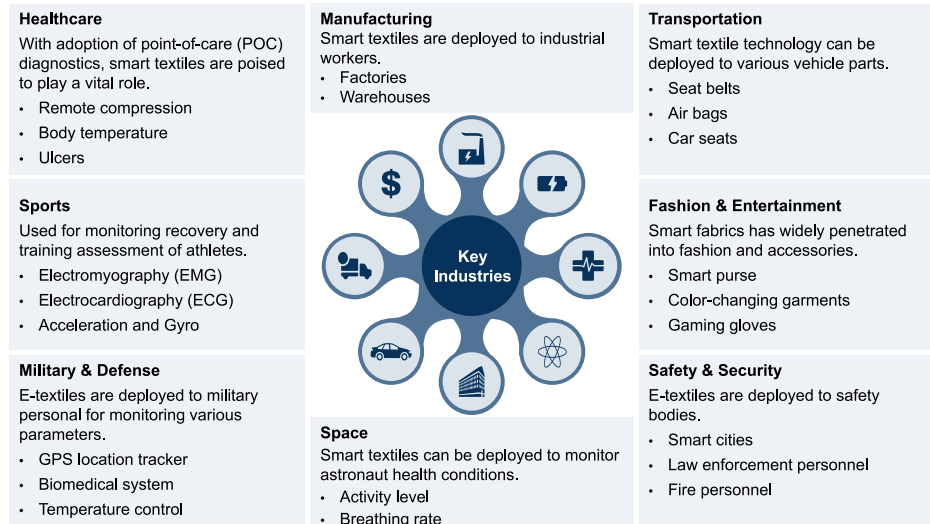
Font: Frost & Sullivan. Technology Convergence Transforming E-textiles: Advancements in Smart Materials and Manufacturing Technologies are Driving Opportunities

2.6. e-Textiles: Market Potential



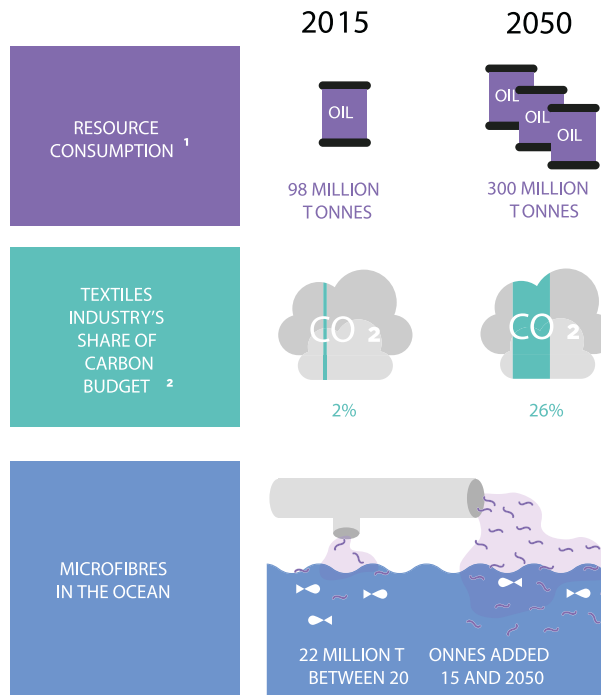
Font: STATE-OF-THE ART REPORT: Smart textiles for sportswear and wearables (WG5)_Context 2020

2.7. e-Textiles: Application diversity



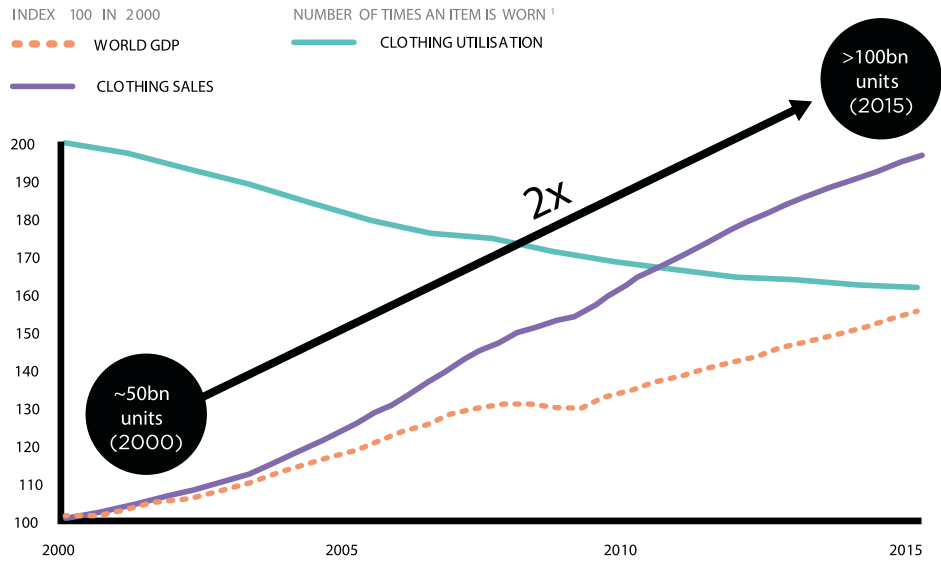
Font: Frost & Sullivan. Technology Convergence Transforming E-textiles: Advancements in Smart Materials and Manufacturing Technologies are Driving Opportunities

2.8. Textiles Economy: The negative impacts evolution of textiles industry



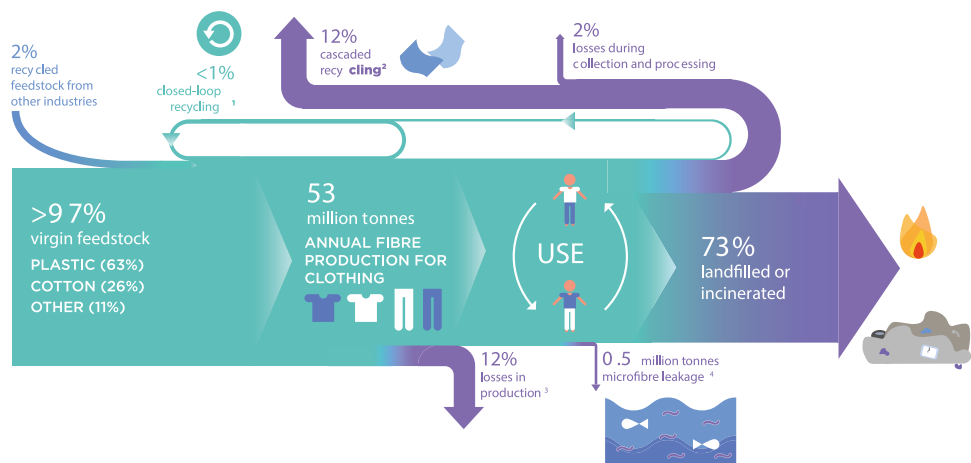
Font: A NEW TEXTILES ECONOMY: REDESIGNING FASHION'S FUTURE_ Ellen MacArthur Foundation. 2017

2.9. Textiles Economy: Clothing Sales Vs Utilisation



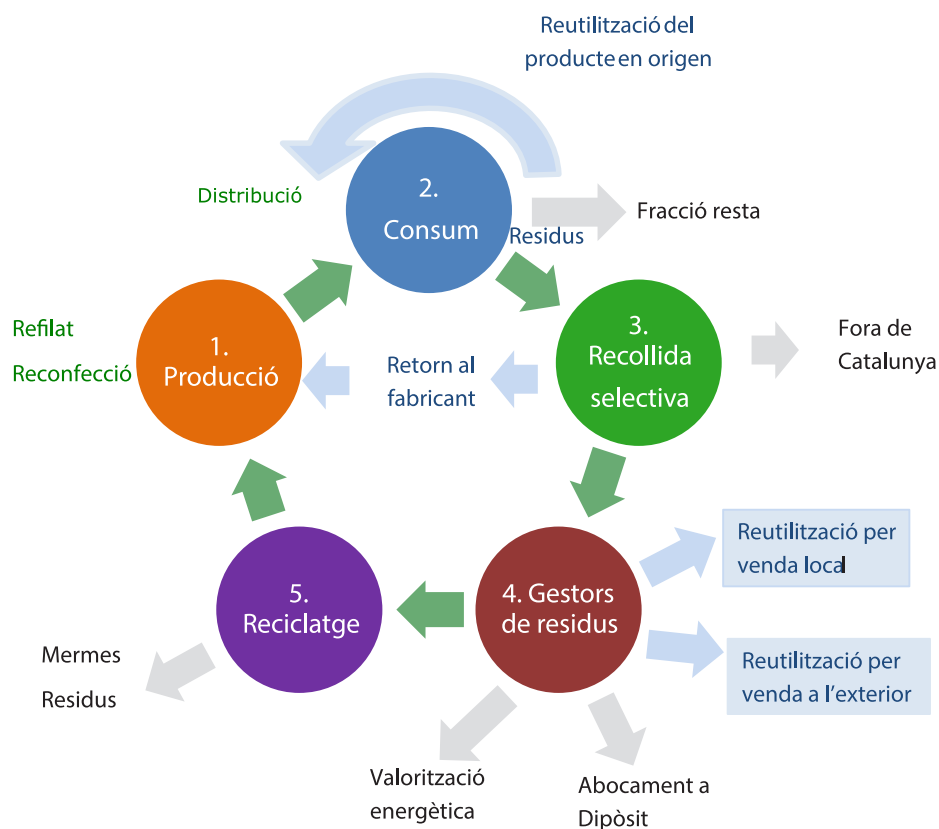
Font: A NEW TEXTILES ECONOMY: REDESIGNING FASHION'S FUTURE_ Ellen MacArthur Foundation. 2017

2.10. Textiles Economy: Global Material Flows for Clothing



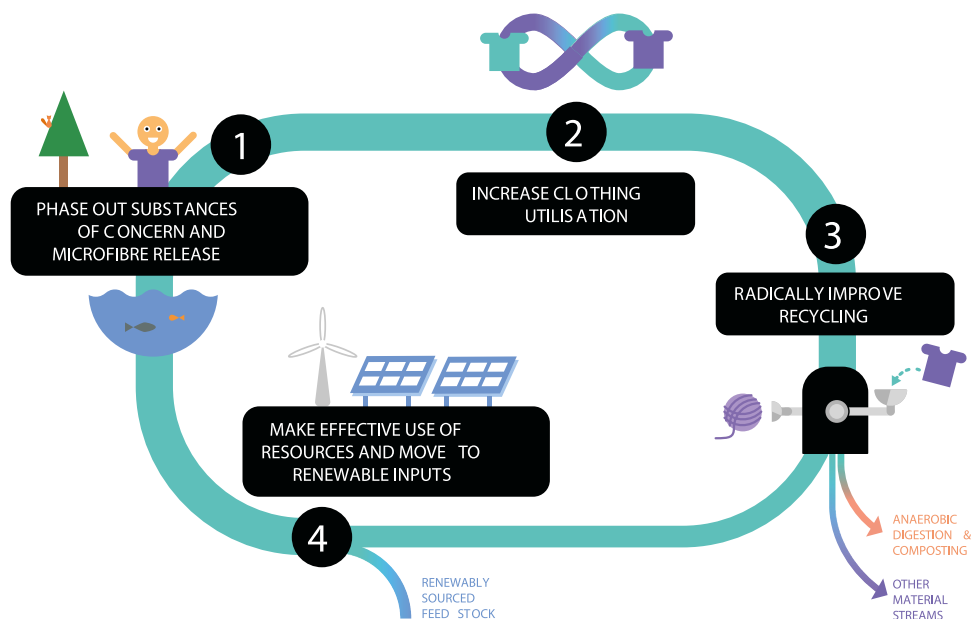
Font: A NEW TEXTILES ECONOMY: REDESIGNING FASHION'S FUTURE_ Ellen MacArthur Foundation. 2017

2.11. Textiles Economy: Waste management cycle



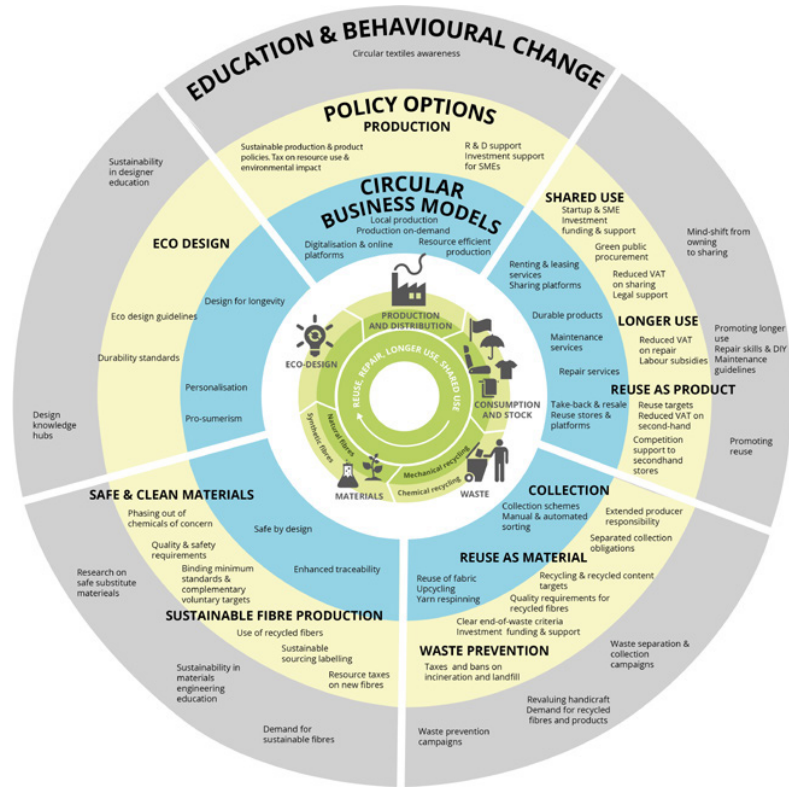
Font: ESTRATÈGIA PER A LA PREVENCIÓ I GESTIÓ DE RESIDUS TÈXTILS MUNICIPALS A CATALUNYA (2020-2025). Agència de Residus de Catalunya 2020

2.12. A New Textiles Economy



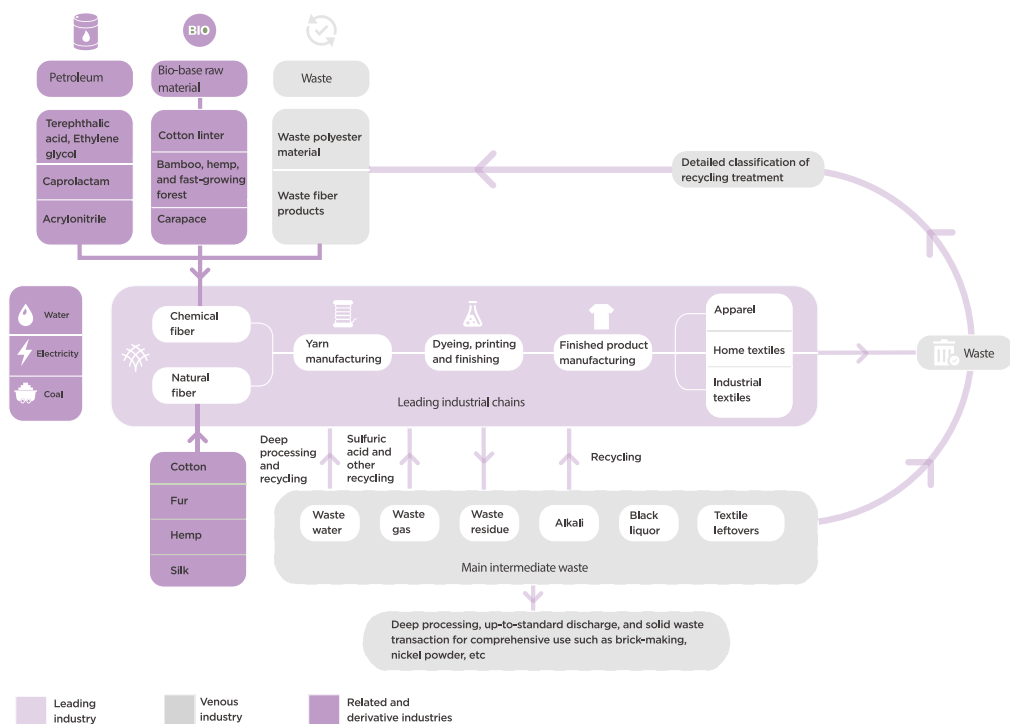
Font: A NEW TEXTILES ECONOMY: REDESIGNING FASHION'S FUTURE_ Ellen MacArthur Foundation, 2017

2.13. A New Textiles Economy: Circular Textile System



Font: Ellen MacArthur Foundation: Make Fashion Circular_ OUTLOOK FOR A NEW TEXTILE ECONOMY IN CHINA 2020

2.14. A New Textiles Economy: Development Model of Circular textile system



Font: Ellen MacArthur Foundation: Make Fashion Circular_ OUTLOOK FOR A NEW TEXTILE ECONOMY IN CHINA 2020

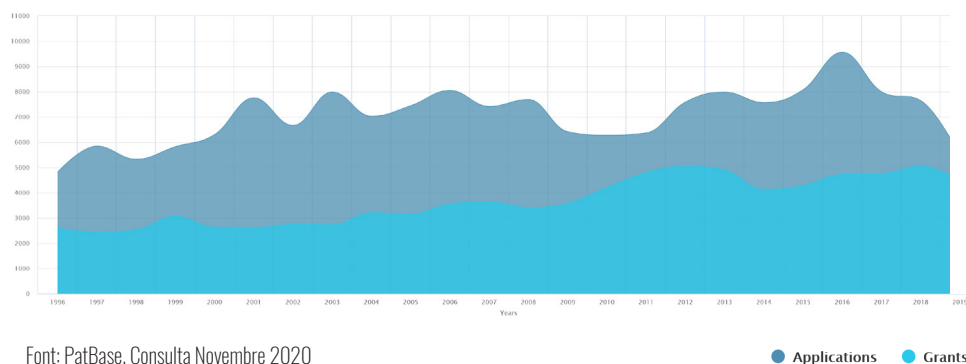
3

Anàlisi de patents

3.1. Evolució patents sol·licitades i concedides

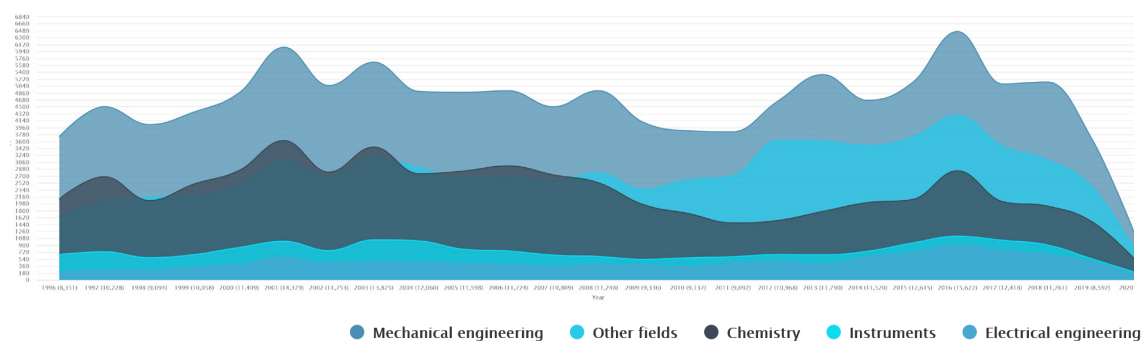
L'anàlisi de patents sol·licitades i concedides en l'àmbit de teixits intel·ligents permet apreciar una tendència de creixement en les darreres dues dècades i mitja, tot i que amb **una pauta de relativa estabilitat** des de principis del 2000, demostrativa de la maduresa del sector.

També resulta rellevant constatar que, en aquest període, la proporció de patents sol·licitades que finalment foren **concedides** fou del **53,38**. En comparació amb el patró en altres sectors, es tracta d'una xifra elevada pròpia d'**innovacions graduals** i, per tant, continuïstes. En la darrera dècada, a partir de 2011/12, el percentatge de patents concedides sobre les sol·licitades cresqué, demostrant la professionalitat de les empreses i institucions sol·licitants.



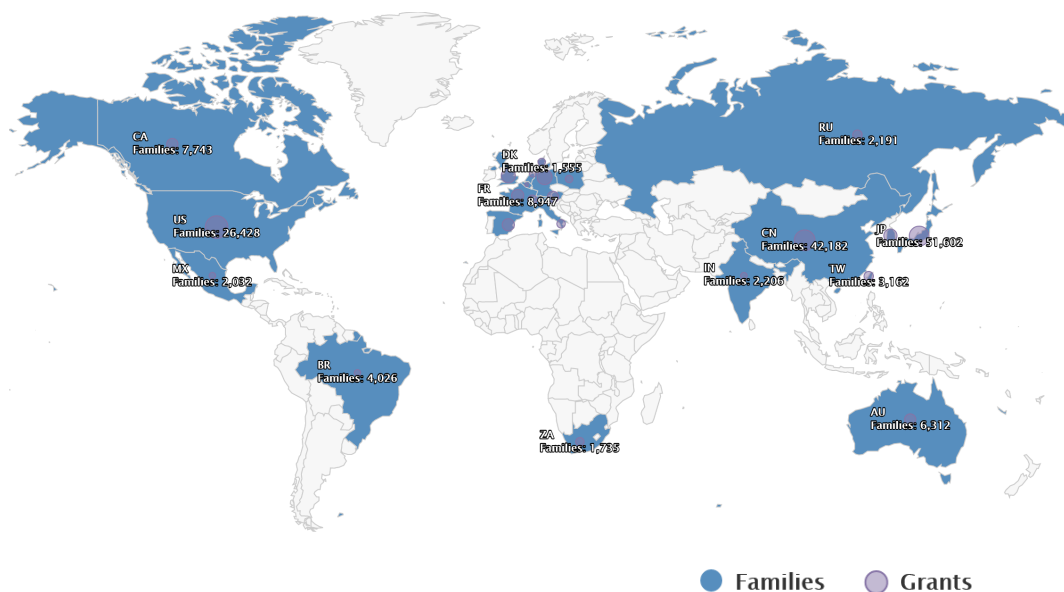
3.2. Sector tecnològic de les patents sol·licitades

En els darrers vint-i-cinc anys, les tecnologies més actives en patents sol·licitades en aquest àmbit pertanyen, sobretot, als camps següents: **enginyeria mecànica**, altres camps, **químics**, **instruments** i **enginyeria elèctrica**.



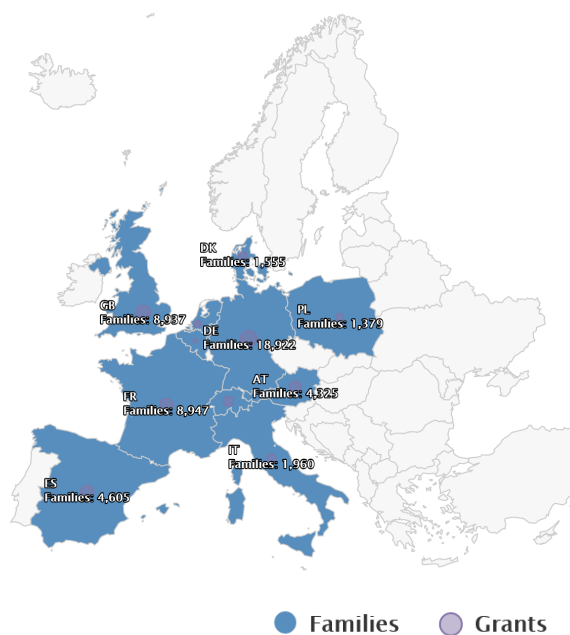
3.3. Localització territorial de patents

A **nivell global**, sobre aquest tòpic, les oficines regionals que els darrers 25 anys han encapçalat la demanda de sol·licituds de patents són les de **Japó, Xina i Estats Units**. Aquestes dades subratllen el creixement exponencial dels països asiàtics en aquest àmbit, i fan pensar que als Estats Units aquest és un sector madur, on fa molt anys que s'estan protegint productes mitjançant patents.



Font: PatBase. Consulta Novembre 2020

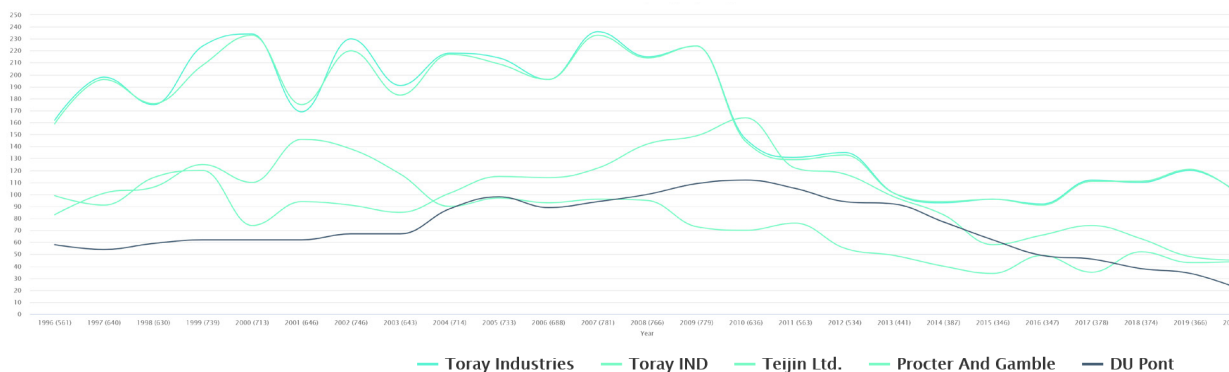
A nivell global la **Unió Europea**, en aquesta família de patents, ostenta la cinquena posició. Dins de la Unió Europea, els països amb més sol·licituds de patents són, tal com es mostra al següent mapa, **Alemanya, França, Anglaterra i Espanya**.



Font: PatBase. Consulta Novembre 2020

3.4. Sol·licitants de patents més actius

En el següent gràfic s'explicita, des de 1996, quines són les organitzacions més actives en sol·licitants de patents, així com els períodes temporals en els que s'han concentrat aquestes sol·licituds. Per la seva activitat destaquen, entre d'altres, **Toray Industries, Tejin, Procter and Gamble i Dupont.**

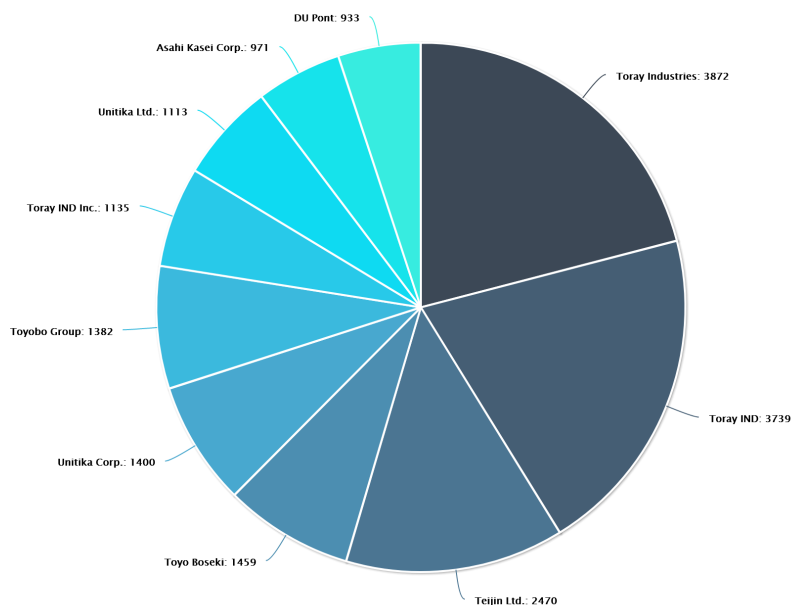


Font: PatBase. Consulta Novembre 2020

S'observa un **canvi de tendència d'empreses innovadores els darrers sis anys**, característic pel fet que les grans empreses apuntades han disminuït activitat, mentre que altres empreses han encapçalat aquesta activitat de patentar.

3.5. Altres sol·licitants de patents actius

A continuació es mostren les 15 **entitats** (empreses, institucions o persones) més actives com a sol·licitants de patents, especificant el **volum d'operacions** tramitades per cadascun..



Font: PatBase. Consulta Novembre 2020

3.6. Paraules clau atribuïdes a les patents en aquest camp

Les principals paraules clau més atribuïdes a les sol·licituds de patents en el camp en estudi, són les següents: **teles; fibres; mètode de producció; fibres de polièster i tipus de confeccions de teixits.**



Font: PatBase. Consulta Novembre 2020

3.7. ANNEX METODOLÒGIC

La informació aportada en el capítol “Anàlisi de patents” es refereix a l’estudi realitzat sobre una mostra de **287.399 sol·licituds de patents** en l’àmbit de Teixits Intel·ligents i Sostenibles.

131.238

Família de patents

Nombre total de famílies en aquest conjunt de resultats

152.046

Família de patents concedides

Nombre total de famílies amb publicacions concedides en aquest conjunt de resultats

287.399

Sol·licituds

Aplicacions en aquest resultat

402.670

Publicacions

Publicacions en aquest resultat

Font: PatBase. Consulta Novembre 2020

Consideracions metodològiques

- La font d'aquesta anàlisi és **PatBase**.
- La consulta fou realitzada el **novembre de 2020**.
- Aquest estudi s'ha centrat en l'activitat de patents **mundial** els últims **25 anys**, posant un especial èmfasi a **Europa**.
- El **criteri** pel que s'ha fet la cerca i generat la mostra ha estat del **màxim abast** en el camp. S'han utilitzat tant **paraules clau**, com **codis de patents** definitoris de l'àmbit.
- Respecte a **paraules clau**, per delimitar la mostra de l'àmbit, s'ha considerat la **inclusió**, entre d'altres, de les següents:
 - Teixits funcionals
 - E-textil
 - *Wearables*
 - Automatització, robòtica
 - Impressió 3D
 - Ecologia industrial, impacte ambiental i valorització energètica
- Les bases de dades de patents estan ordenades mitjançant diversos **sistemes internacionals de classificació**, essent els més utilitzats l'*International Patent Classification (IPC)* i *Cooperative Patent Classification (CPC)* per a camps més específics. El sistema de classificació internacional més utilitzat és l'IPC.
- En l'àmbit, la **quantitat de codis IPC és alta**, permetent per tant una cerca àmplia i diversa.

Codis de patents seleccionats per obtenir la mostra

Per a l'obtenció de la mostra d'aquest informe únicament s'ha considerat la inclusió d'índexs **IPC**. Són, específicament, els següents:

- D10B2331/00: Fibres made from polymers obtained otherwise than by reactions only involving carbon-to-carbon unsaturated bonds, e.g. polycondensation products
- D06M11/00: Treating fibres, threads, yarns, fabrics or fibrous goods made from such materials, with inorganic substances or complexes thereof: Such treatment combined with mechanical treatment, e.g. mercerising
- D03D15/00: Woven fabrics characterised by the material or construction of the yarn or other warp or weft elements used
- D06M2101/00: Chemical constitution of the fibres, threads, yarns, fabrics or fibrous goods made from such materials, to be treated
- D03D1/00: Woven fabrics designed to make specified articles
- D06M15/00: Treating fibres, threads, yarns, fabrics, or fibrous goods made from such mate-

rials, with macromolecular compounds

- A41D1/00: Garments
- D06M13/00: Treating fibres, threads, yarns, fabrics or fibrous goods made from such materials, with non-macromolecular organic compounds
- D03D13/00: Woven fabrics characterised by the special disposition of the warp or weft threads, e.g. with curved weft threads, with discontinuous warp threads, with diagonal warp or weft
- A41D13/00: Professional, industrial or sporting protective garments, e.g. surgeons' gowns or garments protecting against blows or punches

hubb30.

UNA ALIANÇA PER PROMOUR LA
INNOVACIÓ DEL TERRITORI B30

www.hubb30.cat

Una iniciativa de:



esadecreapolis



ACCIÓ



cecot

Projecte cofinançat per:

