Regione Toscana

fondazione sistema toscana

SIRIS
A·C·A·D·E·M·I·C

Tecnologie semantiche per l'analisi delle competenze e portafoglio di ricerca e innovazione: l'attività di R&S sul paradigma di industria 4.0 delle aziende toscane

Osservatorio Ricerca e Innovazione

Erogazione di servizi volti a supportare la Regione Toscana nella progettazione, sviluppo e realizzazione di un cruscotto informativo dell'Osservatorio Ricerca e Innovazione
CIG: 7336322C6C

PIATTAFORMA TOSCANA INDUSTRIA 4.0 DIH
Digital Innovation Hub

Ottobre 2019

INDICE

Riassunto esecutivo **2**

Contenuti del rapporto **4**

Contesto **4**

Metodologia **5**

Download delle pubblicazioni e progetti 6

Individuazione e classificazione delle affiliazioni 7

Individuazione pubblicazioni e progetti inerenti a Industria 4.0: 8

Allineamento con il CRM Regionale 8

Estrazione delle KETs 9

Identificazione dei “Trending topics” 9

Domanda 1 **10**

Sintesi degli indicatori utilizzati e delle analisi effettuate 10

Valorizzazione degli indicatori 12

Aziende attive in pubblicazioni scientifiche, in generale e in ambito Industria 4.0 (IND1.1-1.6) 12

Evoluzione del numero di pubblicazioni scientifiche, in generale e in ambito Industria 4.0 (IND1.7) 15

Analisi per KET (IND1.8-1.10) 17

Domanda 2 **26**

Sintesi degli indicatori utilizzati e delle analisi effettuate 26

Valorizzazione degli indicatori 28

Domanda 3 **30**

Sintesi degli indicatori utilizzati e delle analisi effettuate 30

Valorizzazione degli indicatori 30

Risultati **32**

Riassunto esecutivo

La Toscana presenta una densa rete di piccole e medie imprese, che fondano il proprio successo su competenze squisitamente territoriali e di lunga tradizione. Storicamente, la spina dorsale di questo sistema produttivo ricade nel settore manifatturiero, ma negli ultimi anni si è registrata una crescita continua del settore ICT[1]. In Toscana hanno sede quasi il 7% delle imprese italiane[1] e la Regione vanta una percentuale di startup a prevalenza giovanile forte o esclusiva al di sopra della media nazionale[1]. Il processo di ricerca e innovazione non è affatto estraneo a questo fitto ed interconnesso sistema di imprese: la Toscana è la sesta regione italiana con più ricercatori FTE (equivalente a tempo pieno) nel settore business[2] e la quinta regione per brevetti registrati da parte di imprese presso EPO e PCT[3].

I numeri in questione fanno ipotizzare che le attività di ricerca e sviluppo (R&S) del settore privato toscano siano individuabili anche mediante fonti dati "inusuali" per le imprese, quali banche dati di pubblicazioni scientifiche e di progetti europei. Tali ipotesi sono confermate dalle analisi condotte nel **presente studio**, il quale **ha identificato,** nel periodo temporale 2007-2017**, 726 aziende** con sede legale o operativa in Toscana che risultassero **affiliazioni di una pubblicazione scientifica o** che fossero **beneficiarie di un progetto di R&S finanziato dalla Commissione Europea.** In concreto, sono stati **identificati 4.070 articoli scientifici e 547 progetti europei legati a queste realtà**.

La realtà imprenditoriale toscana, fotografata dai dati sopra riportati, si confronta oggi con le sfide poste dall'introduzione dei paradigmi dell'Industria 4.0: a livello nazionale, il piano Impresa 4.0, di cui il Credito d'Imposta R&S premia le attività di innovazione intercettate dal presente lavoro, offre nuove opportunità di crescita per le imprese toscane, mentre a livello regionale è stata istituita la Piattaforma Industria 4.0, lanciata la Strategia regionale Industria 4.0, preso parte alla Piattaforma Europea per la Modernizzazione Industriale, finanziati progetti di Ricerca e Sviluppo, supportati interventi per l'innovazione e corsi, etc. con la finalità proprio di facilitare la transizione verso questo nuovo modello. In questo contesto, la Direzione Attività Produttive, in accordo con l'Advisory Board Industria 4.0, ha effettuato una revisione delle tecnologie abilitanti fondamentali (KETs) con il fine di massimizzarne la diffusione industriale e puntellare la leadership della Regione Toscana nelle tecnologie abilitanti del futuro.

Dai risultati della presente analisi, risulta che **le imprese** con sede legale o operativa **in Toscana svolgono attività di R&S fortemente allineate con i paradigmi Industria 4.0**: circa **il 30% delle pubblicazioni** prodotte da queste imprese **ricade** infatti **nell'alveo delle tematiche 4.0**. Questa nota positiva si accompagna però al fatto che **la percentuale di pubblicazioni su Industria 4.0 prodotte da queste imprese si mantiene costante nel tempo**, suggerendo che **queste tematiche**, benché penetrate nelle attività di R&S delle imprese toscane, **non hanno acquisito ulteriore slancio negli ultimi anni**. Dai risultati raccolti in questo rapporto, emerge anche come **la selezione delle KET** operata dalla Direzione Attività Produttive sia **ben calibrata rispetto alle tematiche di R&S effettivamente esplorate** dal tessuto di imprese

[1] Regione Toscana, Direzione Organizzazione e Sistemi Informativi "Settore Sistema Informativo di Supporto alle Decisioni. Ufficio Regionale di Statistica": Il Sistema Imprenditoriale Toscano dai dati del Registro Imprese, Anno 2016

[2] Fonte: Eurostat, Total R&D personnel and researchers by sectors of performance, sex and NUTS 2 regions

[3] Fonte: elaborazione a partire dal REGPAT database. The OECD REGPAT Database: A Presentation della OECD

regionali: la distribuzione di prodotti della ricerca per KETs è, difatti, piuttosto omogenea[4].

La competitività della ricerca svolta dalle imprese identificate è corroborata dalla numerosità di questi attori in progetti competitivi a gestione diretta della Commissione Europea. Le analisi per topic dei progetti effettuate in questo lavoro evidenziano come vi siano **8 tematiche di ricerca di maggior rilievo per le imprese**. Tra queste, risaltano "**Energy**", come tematica con maggior tasso di crescita, e "**Food**" in qualità di topic che può avere implicazioni al di là dell'Industria 4.0, per settori non prettamente tecnologici. La facilitazione nella creazione di consorzi di ricerca tematici a composizione mista può essere un obiettivo rilevante per le politiche regionali. In tal senso, è utile caratterizzare quali siano i topic per i quali c'è **allineamento di attività di R&S tra attori privati ed accademici**: circoscrivendo l'analisi ad Università e centri di ricerca, sono emersi come più rilevanti (e quindi potenzialmente oggetto di sinergie) **i topic "Food" e "Robotics"**. È però rilevante notare come gli altri topic identificati come trending per le imprese siano scarsamente coperti dalla ricerca effettuata dagli enti accademici. Benché l'analisi sia circoscritta ai progetti di R&S a finanziamento a gestione diretta della Commissione Europea che vertono su tematiche Industria 4.0, tale risultato sembrerebbe evidenziare un punto di attenzione per le policy regionali.

[4] Fatta eccezione per la KET Security & Connectivity, che risulta molto più abbondante delle altre

Contenuti del rapporto

In questo lavoro, si analizza l'ecosistema toscano di ricerca e sviluppo (R&S), osservato dalla prospettiva delle politiche industriali ed in generali di sostegno al sistema produttivo gestite dalla Direzione Attività Produttive. Particolare enfasi è posta sull'analisi del mondo delle imprese e sull'estrazione dei temi di ricerca afferenti l'ambito Industria 4.0. In concreto, si identificano le aziende toscane che svolgono attività di R&S su tematiche Industria 4.0 intercettabili mediante pubblicazioni scientifiche e progetti di ricerca competitivi a gestione diretta della Commissione Europea (CE) e si analizzano le collaborazioni di tali aziende con enti di ricerca ed atenei toscani ed extra regionali.

In particolare, **questo rapporto risponde alle seguenti 3 domande formulate dal committente**:

1. *Con riferimento alle pubblicazioni scientifiche delle imprese con sede legale o operativa in Toscana evidenziare distintamente per ciascuno degli ambiti riconducibili a Industria 4.0 quante e quali sono, e quali caratteristiche hanno le imprese che:*
    a. *svolgono attività di ricerca e realizzano pubblicazioni scientifiche;*
    b. *collaborano con le università e gli enti di ricerca regionali;*
    c. *collaborano con le università ed enti di ricerca con sede fuori dalla regione toscana.*
2. *Con riferimento ai progetti di ricerca e innovazione finanziati dai programmi a gestione diretta della Commissione Europea e da bandi della Regione Toscana quali sono i "trending topic 4.0" in cui partecipano le imprese con sede legale o operativa in Toscana.*
3. *Con riferimento ai progetti di ricerca e innovazione finanziati dai programmi a gestione diretta della Commissione Europea e da bandi della Regione Toscana quali sono i "trending topic 4.0" in cui partecipano le università toscane e gli enti di ricerca Toscani.*

Contesto

La Direzione Attività Produttive della Regione Toscana, in concerto con l'Advisory Board, ha portato a termine nel 2018 una revisione delle tecnologie abilitanti fondamentali (KETs = Key Enabling Technologies). Tale lavoro di revisione è stato effettuato in correlazione con il Documento prodotto dai membri dell' "High Level Strategy Group on Industrial Technologies" del 23 Aprile 2018, su mandato della Commissione Europea, con lo scopo di suggerire le possibili metodologie per massimizzare la diffusione industriale delle KETs, la leadership nelle tecnologie strategiche del futuro e l'impatto sulla società.

Questa attività ha portato *in primis* alla definizione di 3 macro-aree (*Production Technologies, Digital Technologies, Cyber Technologies*) e, in seconda istanza, all'individuazione di un insieme di KETs relative ad ogni area, che conciliassero quanto stabilito da *i.* Strategia Regionale Industria 4.0, *ii.* Piano Nazionale industria 4.0 e *iii.* processo di revisione di medio termine della RIS3 regionale. Inoltre, tale revisione ha permesso di riallineare parzialmente le

tassonomie regionali con le classificazioni adottate dall'UE, dando allo stesso tempo continuità al lavoro svolto in precedenza in seno alla Regione.

Queste classificazioni sono pertanto le categorie fondamentali attraverso le quali la Regione ha esigenza di leggere i propri interventi a sostegno degli investimenti in Ricerca & Sviluppo (R&S), in maniera tale da poter valorizzare le competenze regionali e metterle a sistema.

MACRO-AREE	KETS
PRODUCTION TECHNOLOGIES	ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGIES
	ADVANCED MATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES
	LIFE-SCIENCE TECHNOLOGIES
DIGITAL TECHNOLOGIES	MICRO-NANOELECTRONICS AND PHOTONICS
	ARTIFICIAL INTELLIGENCE
CYBER TECHNOLOGIES	SECURITY & CONNECTIVITY

Tabella 1: *Le 3 Macro-aree e le 6 Key enabling technologies definite dalla Direzione Attività Produttive della Regione Toscana.*

Metodologia

Uno degli ostacoli principali nell'effettuare un'analisi del panorama dell'ecosistema regionale di ricerca ed innovazione consiste nel fatto che i prodotti della ricerca (pubblicazioni scientifiche, progetti di ricerca, brevetti, etc) sono catalogati secondo tassonomie differenti, che rispondono ad esigenze di classificazione strettamente pertinenti alla fonte e alla tipologia del dato. Il contenuto testuale dei prodotti stessi è prettamente tecnico e rende difficile raggruppare i differenti prodotti della ricerca secondo una classificazione non allineata con i rispettivi gerghi di dominio. In questo caso, il problema della mappatura delle competenze è particolarmente impegnativo, in quanto l'Industry 4.0 è un argomento nuovo, costruito su diverse discipline e domini tecnologici preesistenti: come dominio, è difficile da definire e certamente non compare nelle tassonomie esistenti.

Nel presente caso, in aggiunta alle criticità appena menzionate, non solo si rende necessario portare a termine uno studio trasversale dell'ecosistema di R&S della Regione Toscana (che trascende numerose fonti dati differenti ed incrocia diverse tassonomie), ma ci si prefigge inoltre di farlo leggendo i risultati secondo le macro-aree e le KETs funzionali alle prospettive

di analisi della Direzione Attività Produttive. A sua volta, ogni KET è definita attraverso terminologie (ovvero, un lessico specifico) che sono spesso disallineate con il gergo utilizzato nelle pubblicazioni e nei progetti in ambito R&S. Poiché lo scopo principale delle pubblicazioni e dei progetti in ambito R&S è di illustrare i dettagli tecnici delle innovazioni introdotte (piuttosto che descriverne la loro potenziale applicazione industriale), il linguaggio adoperato è altamente specializzato e poco allineato con le terminologie utilizzate per descrivere le KETs e le loro applicazioni nei documenti di policy.
In concreto, ciò vuol dire che i concetti espressi nei progetti e nelle pubblicazioni rimangono ad un livello più astratto e meno applicato: per esempio, la KET Advanced Manufacturing Technologies, che nei documenti di policy può essere descritta attraverso termini quali "competitività industriale" o "automazione", può tradursi nei documenti scientifici in concetti quali "Sistema di controllo distribuito". Pertanto, una specifica sfida di questo lavoro è quella di operare delle traduzioni dal linguaggio dei ricercatori a quello dei policy makers, così da poter facilitare l'applicazione delle tematiche affrontate dai progetti all'interno di un quadro di politiche pubbliche specifiche.

Per poter ovviare alle problematiche appena descritte, è stata concepita una metodologia di analisi che ha previsto l'impiego di tecniche di analisi automatica dei testi. Tale metodologia ha permesso di catalogare il corpo di pubblicazioni scientifiche e progetti di R&S a finanziamento diretto della Commissione Europea del sistema toscano di R&S (caratterizzato da un gergo tecnico) secondo la classificazione in KETs (concepita con una logica industriale/economica), ovviando alle tassonomie native di ogni fonte dati.

In sintesi, tale metodologia si articola nei seguenti passi:

1. **Identificazione**, nell'alveo delle pubblicazioni scientifiche prodotte da attori toscani e dei progetti di R&S finanziati dai programmi a gestione diretta della Commissione Europea aventi come beneficiario una organizzazione basata in Toscana, **di tutti i registri pertinenti aziende che avessero sede legale o operativa in Toscana**;

2. **Identificazione**, fra tutte le pubblicazioni e progetti individuati al passo 1, **dei documenti vertenti tematiche legate all'Industria 4.0**;

3. **Classificazione** dei suddetti documenti **secondo le KETs** definite dalla Direzione attività Produttive della Regione Toscana.

Le seguenti sezioni descrivono in dettaglio le diverse fasi di implementazione di tale metodologia.

Download delle pubblicazioni e progetti

Gli abstract, titoli ed affiliazioni delle pubblicazioni scientifiche sono stati scaricati dal database bibliometrico Scopus, di Elsevier, per il quale SIRIS Academic ha una licenza corporate. I titoli, abstract e beneficiari dei progetti di ricerca a gestione diretta della Commissione Europea sono stati reperiti attraverso UNiCS[5], la piattaforma open data sviluppata da SIRIS Academic, che integra, fra gli altri, i dati di CORDIS. In UNiCS, i beneficiari dei progetti europei sono

[5] The open platform for Higher Education and Research http://university-analytics.com/

geo-localizzati al livello NUTS3 delle regioni statistiche dell'Unione Europea, pertanto l'identificazione degli attori toscani è stata immediata. In Scopus, invece, non esiste una localizzazione geografica delle affiliazioni, al di là della nazione e del comune. Per poter recuperare tutte le pubblicazioni scientifiche prodotte in Toscana è stata pertanto elaborata una query in cui si richiedevano tutti i documenti in cui la città di affiliazione corrispondesse con un comune in Toscana.

Ciò ha permesso di individuare/identificare/selezionare 130.161 pubblicazioni e 1.357 progetti europei connessi rispettivamente via affiliazione o beneficiario, con attori in Toscana.

Individuazione e classificazione delle affiliazioni

Per ogni pubblicazione, sono state individuate le affiliazioni[6] di ogni autore e per ogni progetto sono state identificate le organizzazioni beneficiarie. Per circoscrivere l'analisi esclusivamente alle aziende, è stata operata una prima iterazione di scrematura. Per il caso dei progetti europei la tipologia di attore beneficiario[7] è fornita da CORDIS, pertanto in questo caso sono stati trattenuti unicamente gli attori privati con scopo di lucro. Per il caso delle pubblicazioni, la tipologia delle organizzazioni a cui sono affiliati gli attori non è fornita. In questo caso si è proceduto a filtrare i nomi mediante un'attività manuale, coadiuvata dall'aiuto di software specifici. In prima istanza tutte le affiliazioni il cui nome contenesse i seguenti termini:

"ospedale", "azienda ospedaliera", "hospital", "università", "university", "clinic", "clinica", "usl", "asl", "ausl", "cnr", "foundation", "fondazione", "school", "scuola"

sono state automaticamente rimosse dall'insieme considerato. L'insieme finale è stato rivisto manualmente per poter effettivamente trattenere solo le affiliazioni legate ad imprese.

Nell'insieme risultante da questa scrematura, i nomi delle istituzioni sono stati disambiguati (ovvero, le varianti dello stesso nome sono state normalizzate). Per operare tale attività, ci si è avvalsi del software libero OpenRefine[8], dedicato a tali operazioni di pulizia del dato. Data l'eterogeneità delle fonti (Scopus per le pubblicazioni e CORDIS per i progetti europei) è stata in seguito effettuata un'attività di allineamento delle diverse denominazioni associate ad una stessa organizzazione tra le due fonti.

Ciò ha permesso di individuare un insieme di **726 aziende** private con sede legale o operativa **in Toscana che avessero pubblicato un articolo scientifico o che fossero beneficiarie di un progetto di R&S finanziato dalla Commissione Europea nel periodo temporale 2007-2017**. Di tali aziende, **571 risultano affiliazioni** di una pubblicazione scientifica e **241 beneficiarie di un progetto** europeo (82 aziende risultano essere contemporaneamente presenti come affiliazioni di pubblicazioni e beneficiarie di progetti europei).

[6] Per ogni autore sono considerate e incluse le affiliazioni multiple. Ad esempio, le pubblicazioni di autori affiliati contemporaneamente presso l'INFN e l'Università di Firenze sono state associate ad entrambe le istituzioni.

[7] Le organizzazioni beneficiarie di progetti a finanziamento diretto della Commissione Europea sono categorizzate secondo le seguenti tipologie: Istituti di istruzione superiore o secondaria (Higher or Secondary Education Establishments), Organismi di Ricerca (Research Organisations), Entità con scopo di lucro (Private for-profit entities), Enti Pubblici (Public bodies) e Altro (Other)

[8] "OpenRefine" http://openrefine.org/. Accesso effettuato il 26 Settembre 2019.

Individuazione pubblicazioni e progetti inerenti a Industria 4.0:

Le 726 **aziende identificate risultano**, nel periodo 2007-2017, come **affiliazioni di 4.070 pubblicazioni scientifiche e di 547 progetti** finanziati dalla commissione Europea. Fra tali documenti, si è proceduto ad identificare quali vertessero su temi inerenti all'industria 4.0.

L'obiettivo di questa fase è stato quindi quello di capire se il lessico e il linguaggio di una pubblicazione scientifica è identificabile o meno come inerente all'industria 4.0. È stato necessario quindi, individuare un set di documenti di riferimento (*seed corpus*) tra le pubblicazioni scientifiche, che con assoluta certezza tratta di industria 4.0. L'ipotesi principale è che due paper scientifici appartengono allo stesso ambito tecnologico se utilizzano la stessa terminologia tecnica.

Per poter operare tale identificazione, si è proceduto come segue:

1. è stato identificato un corpo di testi che trattasse con certezza tematiche dell'Industria 4.0 (ci si riferisce a tale insieme di testi come corpo "seed" nel seguito);
2. l'insieme dei testi delle pubblicazioni, progetti e del corpo seed è stato processato e trattato mediante tecniche informatiche[9];
3. tecniche di clustering sono state utilizzate per circoscrivere, fra i progetti e le pubblicazioni toscane, tutti quei testi che fossero assimilabili al corpo seed (e dunque che ne condividessero il lessico, legato ai temi dell'Industria 4.0).

Il seed corpus è stato costruito raccogliendo l'abstract delle pubblicazioni derivanti da progetti finanziati dall'iniziativa UE Factories of the Future[10] (Industrie del futuro) o che fossero indicizzate nella banca dati Scopus secondo una delle seguenti parole chiave : "Industry 4.0", "Advanced Manufacturing" e "Smart Manufacturing". Il numero totale di testi componenti il seed corpus è 4723.

Il processamento dei testi è stato effettuato mediante la tecnica tf-idf (dall'inglese term frequency–inverse document frequency) ed il clustering mediante la tecnica del Clustering gerarchico (hierarchical clustering).

Questa attività ha permesso di identificare **366 imprese** con sede legale o operativa in Toscana, **attive in** ambito **Industria 4.0**: tali imprese risultano nel complesso essere affiliazioni di **1.038 pubblicazioni** e beneficiarie **233 progetti europei**, rispettivamente, nel periodo temporale 2007-2017.

Allineamento con il CRM Regionale

In collaborazione con la Direzione Attività Produttive, i dati raccolti da SIRIS Academic riguardo le aziende attive in ambito Industria 4.0 sono state incrociati con il CRM regionale: ciò ha permesso di associare, in maniera univoca, ragione sociale e partita IVA a **345 delle imprese identificate nel perimetro Industria 4.0**. Le imprese per le quali non si è trovato un riscontro con il CRM regionale, risultano spesso essere **dislocazioni locali di aziende e/o corporazioni**

[9] Secondo procedure standard di Elaborazione del linguaggio naturale, i testi sono stati preprocessati ed in seguito "vettorizzati" per permettere l'applicazione su di essi di tecniche di clustering
[10] https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/factories-future

con presenza internazionale.

Estrazione delle KETs

L'ultimo passo necessario per poter ottenere un'analisi funzionale alle richieste del committente era quello di catalogare i prodotti della R&S secondo le Key Enabling Technologies definite in seno alla Regione come prima descritto. Per procedere in tal senso, si è deciso di classificare i documenti identificati in precedenza secondo delle categorie a grana relativamente grossa, che fossero indipendenti dalle tassonomie iniziali e che fossero mappabili sulle 6 KETs. Per operare tale esercizio, si è proceduto applicando tecniche di Topic Modelling, basate sull'algoritmo di *Latent Dirichlet Allocation (LDA).* Data la natura non supervisionata dell'algoritmo, la bontà del modello restituito è stata valutata massimizzando il Criterio di informazione Bayesiano: in tal modo, è stato possibile identificare il numero di topics ottimale con un criterio statisticamente robusto. La fattibilità di questo approccio è stata stabilita mediante un'analisi preventiva, basata sia su competenze tecniche, che di dominio; le prime si rendevano necessarie per poter affinare l'uso dell'algoritmo e calibrarlo rispetto alle presenti esigenze di analisi, mentre le seconde per poter effettivamente discernere se i risultati dell'algoritmo fossero in linea con quanto atteso da un decision-maker in ambito Industria 4.0.

Mediante l'approccio appena descritto, sono stati individuati 23 topic: in pratica, l'applicazione dell'algoritmo ha permesso di ottenere, in maniera emergente, 23 sub-tematiche di ricerca su Industria 4.0 menzionate nelle pubblicazioni e progetti analizzati nella presente analisi. Tali tematiche sono state in seguito allineate manualmente con le 6 KETs. Poiché il numero di KETs è di molto inferiore al numero di topics individuato, la mappatura topic-KET non è univoca, giacché più di un topic può insistere sulla medesima KET. A fronte di ciò, è doveroso sottolineare come la distribuzione del numero di topics per KET non sia omogenea: ad esempio, 7 topic risultano associati alla KET "Advanced Materials and Nanotechnologies", ma solo uno alla KET "Micro-nanoelectronics and photonics". Questa eterogeneità è dovuta alle specificità dell'ecosistema toscano di R&S e a come esso si specializza all'interno di ogni ambito di ricerca.

Identificazione dei "Trending topics"

Due delle domande poste dalla Direzione si focalizzavano su quali fossero i "trending topic" che caratterizzano le attività di ricerca di aziende ed enti di ricerca in Toscana, nell'ambito dei progetti di R&S a gestione diretta della Commissione Europea. Per rispondere a tali domande, si è scelto di utilizzare ancora una volta la strategia del topic modelling e sono stati estratti, mediante l'algoritmo LDA, i topic emergenti dal corpo dei progetti di ricerca e delle pubblicazioni analizzato in precedenza.

Per poter ottenere un'analisi a grana più fina, sono stati estratti in questo caso 30 topic dall'insieme dei testi (a differenza dei 23 utilizzati per la mappatura sulle KETs). La scelta del numero di topic si è basata in questo caso su uno studio qualitativo che ha favorito la ricchezza descrittiva dei topic, piuttosto che la loro robustezza statistica. I topic sono stati manualmente etichettati con una denominazione intellegibile, per poterne facilitare la comprensione e l'esposizione.

Per poter identificare quali tra i topic estratti fossero "trending" si è proceduto a calcolare l'evoluzione del numero annuale di progetti associati ad ogni topic. Il calcolo del tasso di crescita annuale composto (CAGR, dall'inglese Compound Annual Growth Rate) della serie temporale di ogni singolo topic ha permesso di identificare i "trending topics": si è infatti stabilito che tali topic fossero tutti quelli il cui CAGR fosse al di sopra del 10%.

Il modello LDA estratto dal corpo di pubblicazioni e progetti è stato infine utilizzato per inferire quali, fra tutti i progetti di R&S finanziati dalla Commissione Europea e il cui beneficiario fosse un'università o un centro di ricerca con sede in Toscana, rientrassero nel perimetro Industria 4.0 e fossero inerenti ai trending topic individuati in precedenza.

Domanda 1

Con riferimento alle pubblicazioni scientifiche delle imprese con sede legale o operativa in Toscana evidenziare distintamente per ciascuno degli ambiti riconducibili a Industria 4.0 quante e quali sono, e quali caratteristiche hanno le imprese che:

a. *svolgono attività di ricerca e realizzano pubblicazioni scientifiche;*
b. *collaborano con le università e gli enti di ricerca regionali;*
c. *collaborano con le università ed enti di ricerca con sede fuori dalla regione toscana.*

Sintesi degli indicatori utilizzati e delle analisi effettuate

Per rispondere a tale domanda, sono stati identificati e calcolati in questo studio diversi indicatori. Tali indicatori permettono, nel loro complesso, di misurare, mediante il proxy dei progetti e delle pubblicazioni, il polso dell'attività di R&S portata avanti dalle imprese con sede legale o operativa in Toscana.

In particolare, sono stati identificati e calcolati i seguenti indicatori:

- **IND1.1 - Numero di aziende con sede legale o operativa in Toscana che pubblicano articoli scientifici, per provincia**

Questo indicatore permette di ottenere il numero totale di imprese basate in Toscana che pubblicano i propri risultati di R&S mediante articoli scientifici. Tale quantità serve come linea di riferimento contro cui valutare il numero di aziende intercettate attive in ambito Industria 4.0.

- **IND1.2 - Numero di aziende con sede legale o operativa in Toscana che pubblicano articoli scientifici riguardanti Industria 4.0, per provincia**

L'indicatore IND1.2 permette di apprezzare la distribuzione geografica del numero di imprese che svolgono attività di R&S su Industria 4.0 intercettate dal presente studio.

- **IND1.3 - Numero di aziende con sede legale o operativa in Toscana che pubblicano articoli scientifici riguardanti Industria 4.0 su numero di aziende con sede legale o operativa in Toscana che pubblicano articoli scientifici, per provincia (IND1.2 / IND1.1)**

Questo indicatore misura la penetrazione delle tematiche Industria 4.0 nell'alveo delle imprese con sede legale o operativa in Toscana e che svolgono attività di R&S.

- **IND1.4 - Numero di articoli scientifici prodotti da aziende con sede legale o operativa in Toscana, per azienda (top 20)**

Questo indicatore permette di misurare la produzione media di articoli scientifici da parte di imprese che svolgono R&S.

- **IND1.5 - Numero di articoli scientifici riguardanti Industria 4.0 prodotti da aziende con sede legale o operativa in Toscana, per azienda (top 20)**

Questo indicatore permette di valutare quanto le imprese che svolgono R&S in Industria 4.0 siano prolifiche in termini di pubblicazioni scientifiche.

- **IND1.6 - Numero di articoli scientifici riguardanti Industria 4.0 su numero di articoli scientifici totali prodotti da aziende con sede legale o operativa in Toscana, per azienda (top 20) (IND1.5 / IND1.4)**

L'indicatore IND1.6 misura la percentuale di articoli su Industria 4.0 prodotti dalle aziende con sede in Toscana, rispetto al totale delle pubblicazioni prodotte dai medesimi attori.

- **IND1.7 - Evoluzione del numero di pubblicazioni I4.0 da parte di aziende con sede legale o operativa in Toscana (assoluto e relativo al totale delle pubblicazioni delle medesime aziende)**

Questo indicatore aiuta a comprendere se il volume di attività di R&S portato avanti da imprese con sede in Toscana su tematiche Industria 4.0 è aumentato nel tempo, sia in assoluto, che rispetto al volume di attività di R&S in generale.

- **IND1.8 - Numero totale di pubblicazioni da parte di aziende con sede legale o operativa in Toscana, per KET**

L'indicatore IND1.8 permette di osservare come le attività di R&S misurabili attraverso le pubblicazioni scientifiche si distribuiscono sulle diverse KETs.

- **IND1.9 - Evoluzione del numero di pubblicazioni da parte di aziende con sede legale o operativa in Toscana, per KET**

Questo indicatore permette di osservare i trend (crescenti o meno) del volume di pubblicazioni scientifiche, per ogni KET, prodotte dalle aziende con sede in Toscana.

- **IND1.10 - Top 10 Aziende che pubblicano articoli scientifici per KET**

Questo indicatore restituisce la lista delle aziende più attive nel pubblicare articoli scientifici in ambito Industria 4.0, distribuite per KETs.

Inoltre, sono state prodotte le seguenti tabelle:

- **TAB1.1 - Aziende che collaborano con università e centri di ricerca regionali ed extraregionali(numero di pubblicazioni, assoluto e relativo rispetto al totale dell'azienda, per KET)**
- **TAB1.2A - Università e centri di ricerca regionali che collaborano con aziende, per KET**
- **TAB1.2B - Università e centri di ricerca extra-regionali che collaborano con aziende, per KET**

Le tabelle e figure a seguire riportano i risultati raccolti inerenti a questi indicatori.

Valorizzazione degli indicatori

Aziende attive in pubblicazioni scientifiche, in generale e in ambito Industria 4.0 (IND1.1-1.6)

Per poter effettuare il presente studio, si è innanzitutto proceduto ad enumerare le aziende con sede operativa o legale in Toscana e che pubblicassero i propri risultati di R&S mediante articoli scientifici. Tale attività è stata approfondita con un esercizio di geo-localizzazione al livello delle province di ogni singola impresa. Di tutte le pubblicazioni identificate, si è inoltre proceduto ad individuare tutte quelle che fossero pertinenti alle tematiche Industria 4.0. La tabella a seguire riporta una sintesi dei risultati ottenuti.

	Aziende Totali (IND1.1)	Aziende I4.0 (IND1.2)	% I4.0 (IND1.3)
FI	223	105	47%
PI	138	82	59%
LI	35	19	54%
SI	46	18	39%
AR	32	15	47%
LU	30	15	50%
PO	31	12	39%
PT	18	9	50%
MS	9	7	78%
GR	9	4	44%
Tot	**571**	**286**	**50.09%**

***Tabella 2**: I valori calcolati per indicatori IND1.1, IND1.2 e IND1.3. Come si può apprezzare, la maggiore concentrazione di aziende che svolgono attività di R&S e pubblicano articoli scientifici si concentrano nella provincia di Firenze. Lo stesso vale, in particolare, per le aziende che svolgono ricerca e pubblicano in ambito Industria 4.0. Ad ogni modo, la provincia di Pisa registra una maggiore percentuale di aziende attive in R&S Industria 4.0 rispetto a Firenze (la provincia di Massa esprime la maggior percentuale, ma con statistiche assai basse)*

Come era lecito aspettarsi, le province di Firenze e Pisa albergano il maggior numero di aziende che pubblicano i propri risultati di R&S mediante articoli scientifici. Ciò vale sia per il numero totale di aziende, che per quelle che sono attive in ambito Industria 4.0 specificamente.

Benché la provincia di Pisa raccolga meno imprese rispetto a quella di Firenze, la percentuale di "aziende 4.0" è maggiore nella zona pisana che in quella fiorentina. Difatti, escluso il caso di Massa (per cui i numeri non permettono una statistica robusta), la provincia di Pisa ospita la maggior percentuale di aziende attive in R&S in ambito Industria 4.0. È interessante notare come, nella provincia di Pistoia, la metà delle aziende identificate abbiano pubblicato risultati di R&S in ambito Industria 4.0.

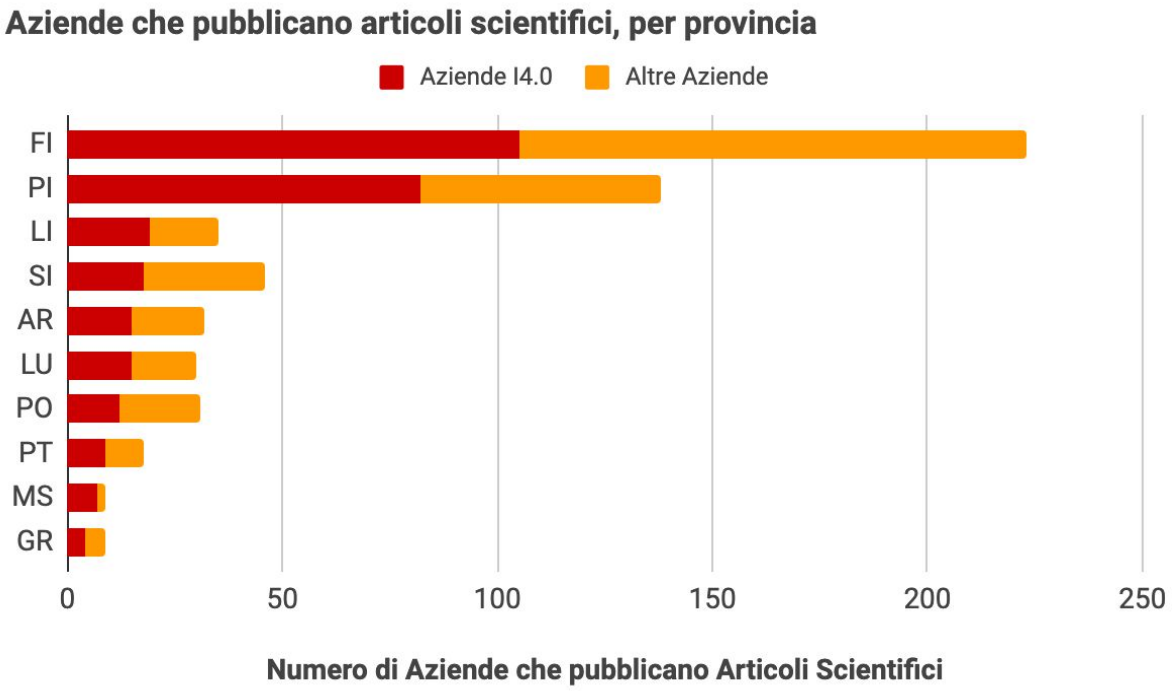

***Figura 1**. Il numero di aziende con sede in Toscana che pubblicano articoli scientifici in ambito Industria 4.0, per provincia. I valori in rosso corrispondono all'indicatore IND1.1, quelli in arancione alla differenza fra l'indicatore IND1.2 ed IND1.1*

In generale, come si può osservare nel grafico, dopo Firenze e Pisa, la provincia di Livorno è la terza più attiva in ambito Industria 4.0. Vale la pena sottolineare come Siena sia in realtà la terza provincia più prolifica di pubblicazioni prodotte da imprese, ma che risulta essere la quarta restringendo il perimetro d'interesse esclusivamente a Industria 4.0.

Andando ad analizzare in dettaglio le aziende più prolifiche in termini di pubblicazioni scientifiche (in assoluto, e in ambito Industria 4.0), si evince come Nuovo Pignone/General Electric sia l'azienda più attiva in ambito Industria 4.0, seguita da Ingegneria dei Sistemi SpA e Informatica e Tecnologia del Software SpA.

L'azienda più prolifica in assoluto (in termini di pubblicazioni scientifiche) risulta in realtà essere GlaxoSmithKline, ma solo un piccola (1%) percentuale delle pubblicazioni da essa prodotte rientrano nel perimetro Industria 4.0.

Azienda	Totale Pubblicazioni (IND1.4)	Pubblicazioni I4.0 (IND1.5)	% I4.0 (IND 1.6)
NUOVO PIGNONE - GE OIL & GAS - GENERAL ELECTRICS	352	113	32%
I.D.S. - INGEGNERIA DEI SISTEMI - S.P.A.	132	57	43%
INTECS - Informatica E Tecnologia Del Software Spa	68	49	72%
SELEX GALILEO S.P.A.	108	38	35%
NEXTWORKS S.R.L.	40	31	78%
Ericsson Telecomunicazioni Spa	140	31	22%
SMARTEX S.R.L.	30	24	80%
CAEN SPA	37	22	59%
ALTA RICERCA E SVILUPPO IN BIOTECNOLOGIE S.R.L. IN FORMA ABBREVIATA ALTA S.R.L.	110	19	17%
ESAOTE S.P.A.	42	17	40%
SYNTHEMA S.R.L.	17	16	94%
PIN S.c.r.l.	19	16	84%
SensorDynamics AG	29	15	52%
VIE EN.RO.SE. INGEGNERIA S.R.L.	15	12	80%
PIAGGIO & C. S.P.A.	19	12	63%
EVIDENCE SRL	13	12	92%
COLOROBBIA CONSULTING S.R.L.	28	12	43%
HUMANOT S.R.L.	15	11	73%
YOGITECH S.P.A.	11	10	91%
GSK VACCINES INSTITUTE FOR GLOBAL HEALTH	679	10	1%

***Tabella 3**: I valori calcolati per gli indicatori IND1.4, IND1.5 e IND1.6. La tabella riporta le 20 aziende che pubblicano maggiormente in ambito Industria 4.0 ed è ordinata in maniera discendente per numero di pubblicazioni Industria 4.0. Benché Nuovo Pignone sia l'azienda con il maggior numero di pubblicazioni si può apprezzare come, in questo sottoinsieme, SYNTHEMA S.R.L. sia l'azienda con la maggiore percentuale di pubblicazioni Industria 4.0, seguita da EVIDENCE SRL e YOGITECH S.P.A.*

Vale la pena sottolineare però che esistono realtà di più ridotte dimensioni, per le quali, benché il volume delle pubblicazioni prodotte sia inferiore rispetto alle imprese di maggiore dimensione menzionate, la percentuale di articoli scientifici su Industria 4.0 è di assoluto rilievo. Questo è il caso, per esempio, di Synthema SRL, Evidence SRL e Yogitech SpA: queste imprese hanno prodotto fra i 10 e i 20 articoli scientifici nei dieci anni analizzati (pertanto, mantenendo una media di un articolo all'anno), ma quasi tutti appartenenti all'ambito Industria 4.0.

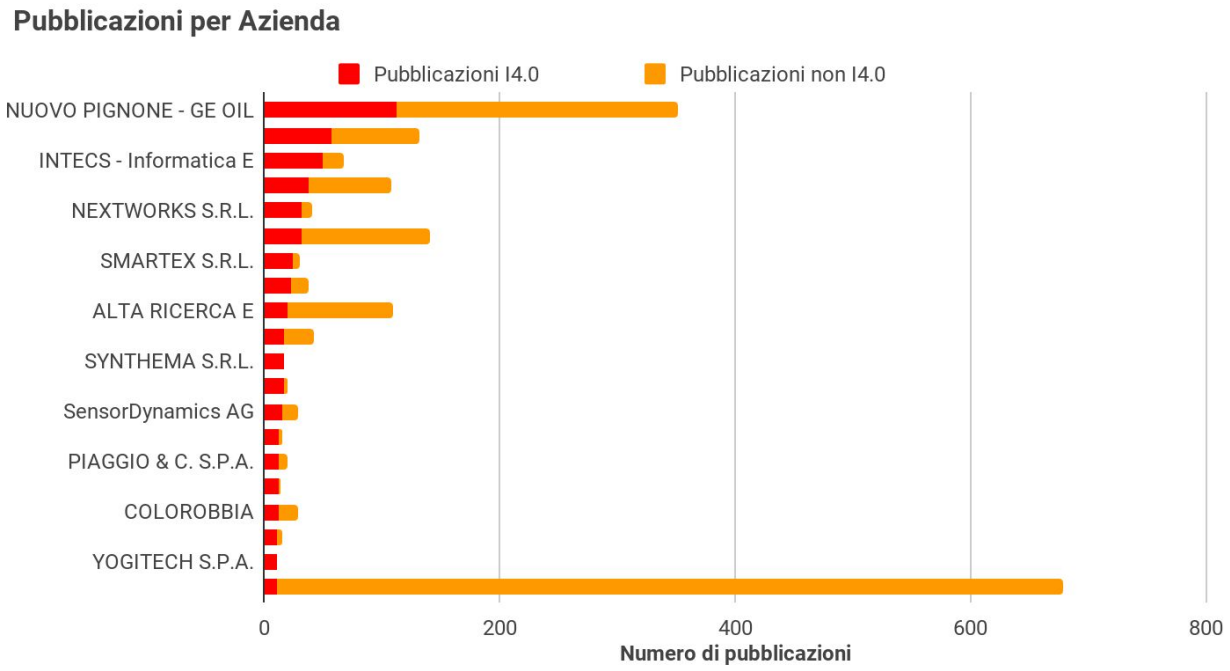

Figura 2: *Le top 20 aziende che pubblicano articoli scientifici riguardo tematiche Industria 4.0. I valori in rosso riportano l'indicatore IND1.5, quelli in arancione la differenza fra l'indicatore IND1.4 e IND1.5. Si può notare come GlaxoSmithKline abbia pubblicato numerosi articoli scientifici, di cui solo una minima parte ricadono nell'alveo dell'Industria 4.0.*

È altresì interessante notare come, al di là di GlaxoSmithKline, esistano altre imprese che hanno pubblicato, nel periodo analizzato, un numero ragguardevole di articoli scientifici, ma di cui solo una parte ricade nel perimetro Industria 4.0. Nella figura riportata qui sopra, tali aziende sono quelle la cui barra arancione è relativamente alta, ma per cui il valore in rosso rimane su livelli trascurabili. Tra queste realtà, si segnalano Ericsson e Alta SRL.

Evoluzione del numero di pubblicazioni scientifiche, in generale e in ambito Industria 4.0 (IND1.7)

Dopo aver eseguito una profilazione delle aziende attive in R&S in ambito Industria 4.0 ed aver misurato il volume della loro produzione di articoli scientifici, ci si focalizza in questa sezione sui trend temporali delle pubblicazioni toscane prodotte da Imprese.

Anno	Pubblicazioni I4.0 (IND1.7a)	% Pubblicazioni I4.0 (IND1.7b)
2007	64	27%
2008	100	27%
2009	84	23%
2010	105	27%
2011	127	31%
2012	125	27%
2013	137	28%
2014	151	32%
2015	109	24%
2016	120	26%
2017	133	28%

Tabella 4: *I valori calcolati per gli indicatori IND1.7a e IND1.7b. In tale tabella è possibile apprezzare il trend assoluto (IND1.7a) e relativo (IND1.7b) del numero di pubblicazioni prodotte da aziende con sede in Toscana in ambito Industria 4.0.*

Come si può osservare nella precedente tabella, il numero di pubblicazioni su Industria 4.0 prodotte da imprese con sede legale o operativa in Toscana è cresciuto sensibilmente nel tempo, passando da 64 pubblicazioni nel 2007 a 133 pubblicazioni nel 2017.

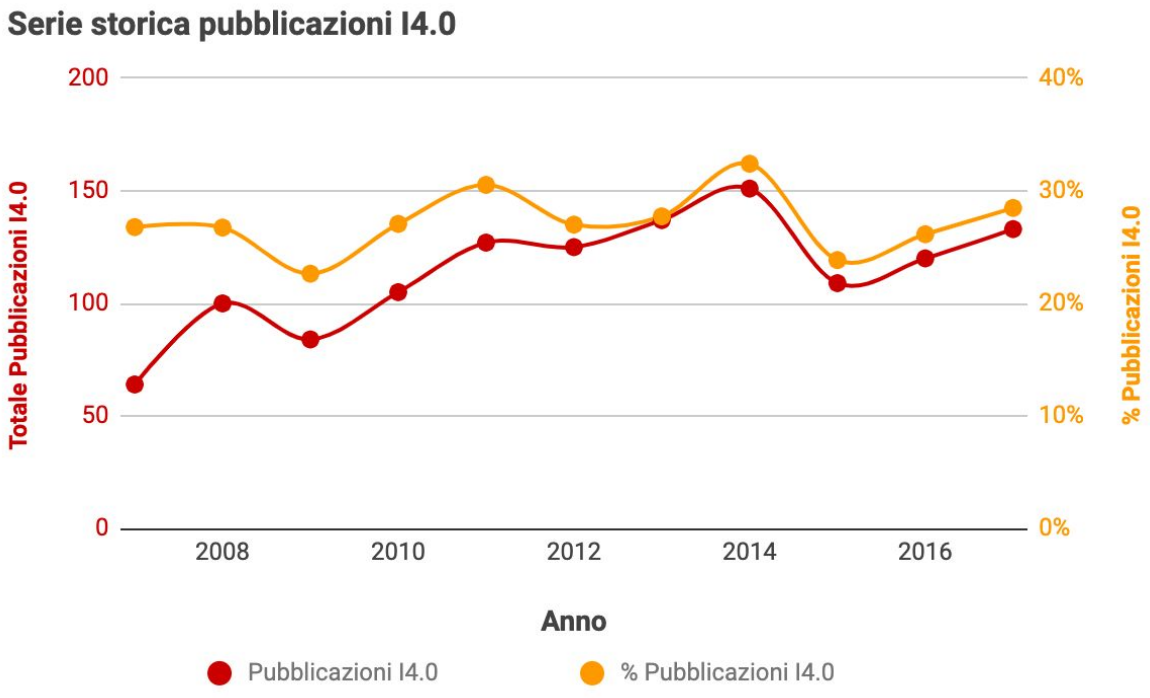

Figura 3: *Serie storica del numero di pubblicazioni prodotte da aziende con sede in Toscana in ambito Industria 4.0, in assoluto (linea arancione, asse y a sinistra) e relativo al totale delle pubblicazioni (linea rossa, asse y a destra). Si può apprezzare come, benché il numero di pubblicazioni su Industria 4.0 sia cresciuto nel tempo, la sua percentuale sia rimasta pressoché costante, di poco al di sotto del 30% delle pubblicazioni totali prodotte dalle medesime aziende.*

I valori riportati nella Tabella 4 sono rappresentati nella figura qui in alto. Il numero totale di pubblicazioni Industria 4.0 è riportato nella linea rossa del grafico: come si può osservare, nonostante, come appena menzionato, il numero totale di pubblicazioni Industria 4.0 sia cresciuto rispetto al 2007, tale aumento sembra essersi arrestato a partire dal 2014 (anno nel quale a dire il vero si registra anche una diminuzione nel numero di pubblicazioni). Il dato probabilmente più rilevante è però rappresentato dalla linea arancione, che riporta la percentuale di pubblicazioni Industria 4.0 rispetto al totale delle pubblicazioni prodotte dalle imprese con sede legale o operativa in Toscana. Come si può evincere, la percentuale di pubblicazioni Industria 4.0 si mantiene pressoché costante nel tempo, su un valore di poco inferiore al 30%. Ciò sembra suggerire come la crescita nel numero di pubblicazioni Industria 4.0 non sia qualcosa di caratteristico di questo ambito di ricerca, ma che sia un'espressione di una crescita fisiologica di tutto il sistema privato di R&S toscano, indipendentemente dal focus tematico.

Analisi per KET (IND1.8-1.10)

Come menzionato al principio di questo studio, la Direzione Attività Produttive ha portato a termine nel 2018 una revisione delle tecnologie abilitanti fondamentali (KETs). Poiché le KETs sono state identificate dalla Commissione Europea come chiave per la leadership nelle tecnologie strategiche del futuro e l'impatto sulla società, vi era un interesse particolare nel mappare i risultati raccolti dal presente lavoro sulle 6 KETs pertinenti la Regione Toscana.

Come spiegato nella sezione "Metodologia", nel presente lavoro è stato sviluppato un apposito procedimento per mappare sulle KETs le pubblicazioni prodotte da imprese con sede legale o operativa in Toscana ed identificate in precedenza come pertinenti Industria 4.0. Ciò ha permesso di calcolare il numero di pubblicazioni prodotte, per ciascuna delle KETs. La Tabella 5 a seguire riporta una sintesi dei risultati raccolti.

Come si può osservare, la maggior parte delle pubblicazioni scientifiche sono concentrate nella KET "Security & Connectivity". Le KETs "Artificial Intelligence", "Life-Science Technologies" e "Advanced Manufacturing Technologies" seguono per ordine di numerosità, raccogliendo tutte un numero comparabile di pubblicazioni.

KET	N. Pubblicazioni (IND1.8)
Security & Connectivity	384
Artificial Intelligence	185
Life-Science Technologies	161
Advanced Manufacturing Technologies	155
Advanced Materials and Nanotechnologies	108
Micro-nanoelectronics and photonics	45

Tabella 5: *I valori calcolati per l'indicatore IND1.8, ovvero il numero totale di pubblicazioni da parte di aziende con sede legale o operativa in Toscana, per KET.*

I dati riportati nella tabella sono raffigurati nella figura che segue. Come si può osservare, le KETs sono distribuite in maniera relativamente equa, fatta eccezione per Security & Connectivity (verso l'alto) e Micro-nanoelectronics & photonics (verso il basso). Ciò sembra suggerire come le KETs siano ben allineate con le effettive tematiche di ricerca (intercettabili mediante pubblicazioni scientifiche) delle imprese basate in Toscana.

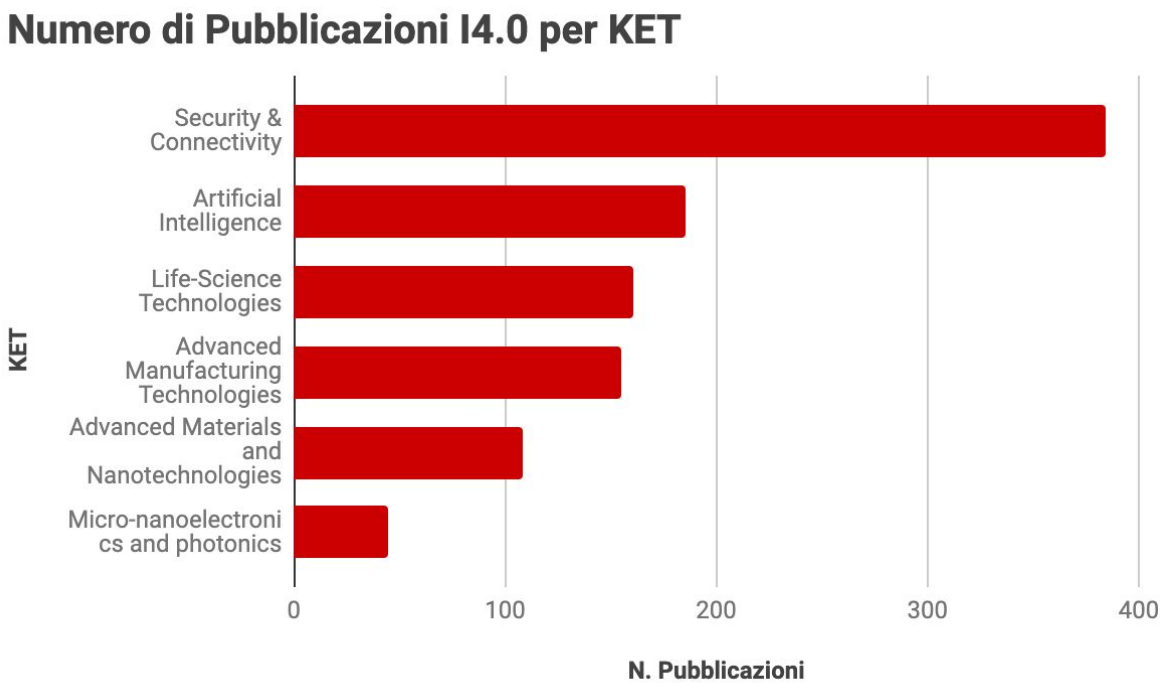

Figura 4: *Il numero di pubblicazioni prodotte da aziende con sede in Toscana su temi Industria 4.0, distribuite per KET. I valori riportati corrispondono all'indicatore IND1.8, riportato in Tabella 5.*

Oltre all'identificazione delle KETs più in voga, è strategicamente rilevante capire quali di queste stiano progressivamente acquisendo o perdendo popolarità. Per questo, è stata effettuata un'analisi sull'evoluzione del numero di pubblicazioni prodotte per ogni KET. I risultati sono riportati nella figura a seguire.

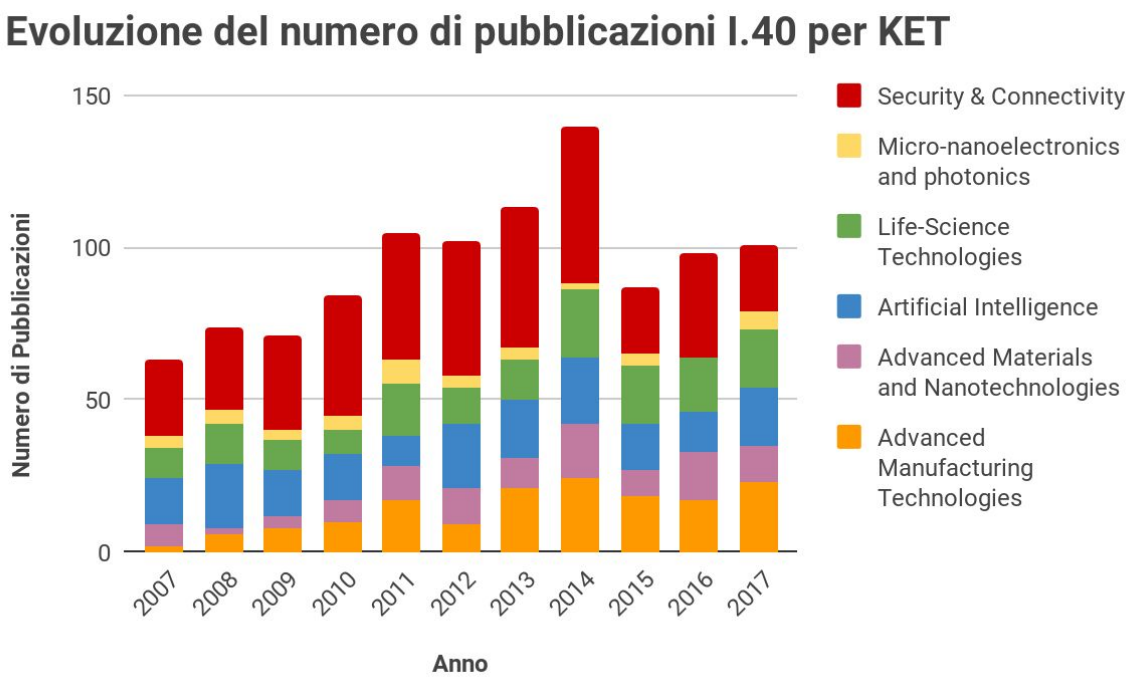

Figura 5: *IND1.9, evoluzione del numero di pubblicazioni prodotte da aziende con sede in Toscana su temi Industria 4.0, distribuite per KET.*

I risultati ottenuti sono piuttosto interessanti: si registra infatti come la KET Advanced Manufacturing Technologies (benché al quarto posto per abbondanza) abbia avuto la crescita maggiore nell'arco temporale studiato, raggiungendo un tasso di crescita del 24.86%. Al secondo posto per crescita osservata si posiziona invece la KET Life Science Technologies, seguita dalla KET Advanced Materials and Nanotechnologies. Al contrario, la KET Security & Connectivity (sulla quale si concentrano la maggior parte delle pubblicazioni) è in realtà l'unica che ha subito una decrescita nel periodo oggetto di studio.

Per rispondere con miglior precisione alle esigenze del committente, sono stati analizzati i contributi delle diverse imprese ad ogni singola KET. In tal modo, è stato possibile stabilire quali fossero le KET in cui si concentrano maggiormente le attività di R&S di ogni impresa identificata nel perimetro regionale.

	Advanced Manufacturing Technologies	Advanced Materials and Nanotechnologies	Artificial Intelligence	Life-Science Technologies	Micro-nanoelectronics and photonics	Security & Connectivity
NUOVO PIGNONE - GE OIL & GAS - GENERAL ELECTRICS	52	16	15	2	7	21
I.D.S. - INGEGNERIA DEI SISTEMI - S.P.A.	0	3	7	0	0	47
INTECS - Informatica E Tecnologia Del Software Spa	0	1	4	2	0	42
SELEX GALILEO S.P.A.	3	6	16	1	3	9
Ericsson Telecomunicazioni Spa	2	0	0	4	0	25
NEXTWORKS S.R.L.	2	2	2	2	0	23
SMARTEX S.R.L.	0	0	1	22	0	1

CAEN SPA	0	0	5	1	8	8
ALTA RICERCA E SVILUPPO IN BIOTECNOLOGIE S.R.L. IN FORMA ABBREVIATA ALTA S.R.L.	7	4	2	1	2	3
ESAOTE S.P.A.	0	1	5	5	0	6
SYNTHEMA S.R.L.	0	0	15	0	0	1
PIN S.c.r.l.	0	0	13	1	0	2
SensorDynamics AG	1	1	0	0	0	13
VIE EN.RO.SE. INGEGNERIA S.R.L.	0	0	0	0	0	12
PIAGGIO & C. S.P.A.	1	0	0	0	0	11
EVIDENCE SRL	1	0	0	0	0	11
COLOROBBIA CONSULTING S.R.L.	0	5	0	2	5	0
HUMANOT S.R.L.	6	0	1	3	0	1
YOGITECH S.P.A.	0	0	0	0	0	10
GSK VACCINES INSTITUTE FOR GLOBAL HEALTH	2	0	3	4	0	1
CHIMET - S.P.A.-	0	7	0	0	1	0
Po.Te.Co. scrl	2	6	0	0	0	0
KAYSER ITALIA S.R.L.	2	3	0	2	0	1
Banca Monte dei Paschi di Siena	0	0	7	0	0	0
EL.EN. - S.P.A.	1	4	0	1	1	0
NEXT TECHNOLOGY TECNOTESSILE SRL	2	3	1	0	0	1
YANMAR R & D EUROPE S.R.L.	6	1	0	0	0	0
WHITEHEAD SISTEMI SUBACQUEI S.P.A. WASS S.P.A.	1	1	0	0	1	3
CENTRO SERVIZI ANMCO S.R.L.	0	0	0	6	0	0
ABOCA S.P.A. SOC. AGRICOLA	0	0	0	4	1	1
A. MENARINI FARMACEUTICA INTERNAZIONALE S.R.L.	0	1	1	4	0	0
IFCA-GIOMI Casa di Cura Ulivella e Glicini	4	0	0	2	0	0
ROBOTECH SRL	3	0	0	2	0	1
FOTOSINTETICA & MICROBIOLOGICA S.R.L.	0	0	0	5	0	0
ALINARI 24ORE SOCIETA' PER AZIONI (IN FORMA ABBREVIATA ALINARI 2 4 ORE S.P.A.) IN LIQUIDAZIONE	0	0	5	0	0	0
KOINE' CONSULTING SOCIETA' COOPERATIVA	4	1	0	0	0	0
Lucchini Spa	1	0	0	0	2	1
SINT TECHNOLOGY S.R.L.	3	0	0	0	1	0
IRIDRA - S.R.L.	0	0	0	4	0	0
SOFASI SRL	0	0	4	0	0	0
NET7 S.R.L.	0	0	4	0	0	0
FEDI IMPIANTI S.R.L.	3	1	0	0	0	0
XRD-Tools srl	0	0	0	0	3	0
PUBLIACQUA S.P.A.	0	0	0	3	0	0
MILIOR S.A.S. DI TRAMIL S.A.S. DI FRANCO	0	0	0	3	0	0

MILIOTTI & C.						
LAVIOSA CHIMICA MINERARIA SPA	0	3	0	0	0	0
A&C S.R.L.	3	0	0	0	0	0
WELDING TECHNOLOGY SRL	0	0	0	0	1	0
SOLAR SYSTEMS & EQUIPMENT SRL IN SIGLA "S.S.E.SRL"	0	0	0	0	1	0

Tabella 6: *IND1.8 - Numero totale di pubblicazioni da parte di aziende con sede legale o operativa in Toscana, per KET*

Questa analisi mostra, per esempio, come Nuovo Pignone (l'impresa con la più elevata produzione di articoli scientifici in ambito Industria 4.0) si focalizzi maggiormente sulla KET Advanced Manufacturing technologies, ma che, al contempo, il grande output in ambito Security & Connectivity sia prodotto da un insieme di imprese dalla dimensione più ridotta.

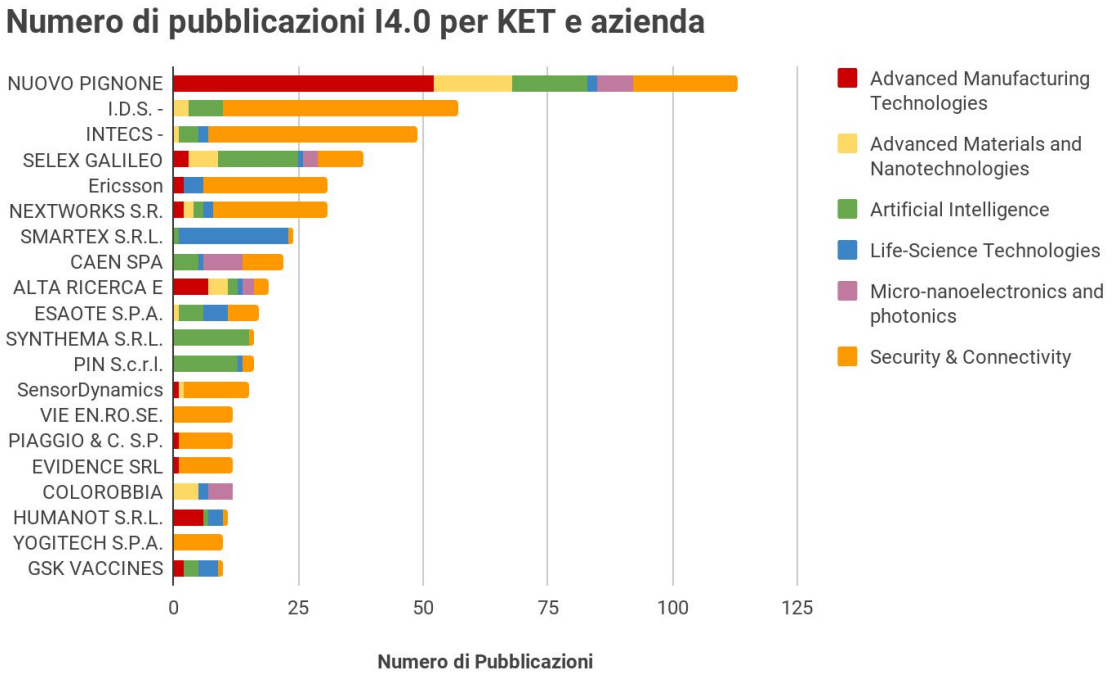

Figura 6: *IND1.8 - Numero totale di pubblicazioni da parte di aziende con sede legale o operativa in Toscana, per KET.*

Questi risultati sono riportati anche in Figura 6, dove è possibile apprezzare quanto le varie imprese diversifichino il loro portfolio di R&S nell'arco delle differenti KETs. È interessante notare come vi siano alcune imprese che si specializzano principalmente su alcune KETs in particolare (come, ad esempio, Piaggio ed Evidence SpA) ed altre che diversificano notevolmente i propri sforzi in R&S. Questo è il caso di Nuovo Pignone, Selex Galileo ed Alta SpA.

In ultimo, sono state analizzate le collaborazioni delle aziende identificate con università ed enti di ricerca regionali ed extra-regionali. La tabella a seguire riporta, per le top 10 imprese, il numero e la percentuale di pubblicazioni con collaborazioni regionali ed extraregionali, per ogni KET.

	KET	Collaborazioni regionali	% Collaborazioni regionali	Collaborazioni extra-regionali	% Collaborazioni extra-regionali
NUOVO PIGNONE - GE OIL & GAS - GENERAL ELECTRICS	Advanced Manufacturing Technologies	29.0	67%	20.0	47%
	Advanced Materials and Nanotechnologies	3.0	20%	12.0	80%
	Artificial Intelligence	6.0	43%	10.0	71%
	Life-Science Technologies	2.0	100%	2.0	100%
	Micro-nanoelectronics and photonics	1.0	50%	2.0	100%
	Security & Connectivity	11.0	61%	7.0	39%
I.D.S. - INGEGNERIA DEI SISTEMI - S.P.A.	Advanced Materials and Nanotechnologies	0.0	0%	3.0	100%
	Artificial Intelligence	3.0	75%	1.0	25%
	Security & Connectivity	15.0	36%	36.0	86%
INTECS - Informatica E Tecnologia Del Software Spa	Advanced Materials and Nanotechnologies	1.0	100%	1.0	100%
	Artificial Intelligence	0.0	0%	3.0	100%
	Life-Science Technologies	1.0	50%	2.0	100%
	Security & Connectivity	14.0	47%	24.0	80%
SELEX GALILEO S.P.A.	Advanced Manufacturing Technologies	1.0	33%	3.0	100%
	Advanced Materials and Nanotechnologies	1.0	20%	5.0	100%
	Artificial Intelligence	12.0	75%	6.0	38%
	Life-Science Technologies	0.0	0%	1.0	100%
	Micro-nanoelectronics and photonics	2.0	67%	3.0	100%
	Security & Connectivity	3.0	38%	6.0	75%
NEXTWORKS S.R.L.	Advanced Manufacturing Technologies	0.0	0%	1.0	100%
	Advanced Materials and Nanotechnologies	0.0	0%	2.0	100%
	Artificial Intelligence	1.0	50%	2.0	100%
	Life-Science Technologies	0.0	0%	2.0	100%
	Security & Connectivity	0.0	0%	23.0	100%
Ericsson Telecomunicazioni Spa	Advanced Manufacturing Technologies	1.0	50%	2.0	100%
	Life-Science Technologies	4.0	100%	4.0	100%
	Security & Connectivity	15.0	71%	13.0	62%
CAEN SPA	Artificial Intelligence	0.0	0%	5.0	100%
	Life-Science Technologies	1.0	100%	1.0	100%
	Micro-nanoelectronics and	1.0	13%	8.0	100%

	photonics				
	Security & Connectivity	6.0	75%	4.0	50%
ALTA RICERCA E SVILUPPO IN BIOTECNOLOGIE S.R.L. IN FORMA ABBREVIATA ALTA S.R.L.	Advanced Manufacturing Technologies	4.0	67%	3.0	50%
	Advanced Materials and Nanotechnologies	3.0	75%	3.0	75%
	Artificial Intelligence	0.0	0%	1.0	100%
	Life-Science Technologies	1.0	100%	1.0	100%
	Micro-nanoelectronics and photonics	2.0	100%	1.0	50%
	Security & Connectivity	2.0	67%	2.0	67%
ESAOTE S.P.A.	Advanced Materials and Nanotechnologies	1.0	100%	1.0	100%
	Artificial Intelligence	5.0	100%	0.0	0%
	Life-Science Technologies	2.0	40%	3.0	60%
	Security & Connectivity	2.0	33%	5.0	83%
SMARTEX S.R.L.	Artificial Intelligence	0.0	0%	1.0	100%
	Life-Science Technologies	13.0	87%	9.0	60%
	Security & Connectivity	1.0	100%	0.0	0%

Tabella 7: *TAB1.1 - Aziende che collaborano con università e centri di ricerca regionali ed extraregionali, riportando il numero di pubblicazioni assoluto e relativo rispetto al totale dell'azienda, per KET.*

Come si evince dalla tabella, le imprese toscane sono ben integrate nel sistema di educazione superiore e ricerca regionale ma hanno anche un'ottima proiezione al di fuori dei confini regionali: nella maggior parte dei casi, quasi la totalità delle pubblicazioni prodotte dalle imprese identificate è prodotta in collaborazione con organismi situati al di fuori della Regione Toscana.

Osservando la rete di collaborazione dal punto di vista degli enti di ricerca e delle università, ci si è soffermati ad analizzare quali fossero le istituzioni che più collaborano con le aziende toscane su temi di R&S legati ad Industria 4.0, per KET. I risultati sono riportati nella seguenti due tabelle: la prima tabella si focalizza esclusivamente sulle gli organismi basati in Toscana, la seconda su tutte le università e centri di ricerca fuori dal perimetro regionale.

	Advanced Manufacturing Technologies	Advanced Materials and Nanotechnologies	Artificial Intelligence	Life-Science Technologies	Micro-nanoelectronics and photonics	Security & Connectivity
Università degli Studi di Firenze	37	15	23	30	4	69
Università di Pisa	24	18	31	34	7	63
Scuola Superiore Sant'Anna di Studi Universitari e di Perfezionamento	13		3	13		22
Università degli Studi di Siena	5	3	12	8		16
PIN S.c.r.l.			13	1		2
Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione A. Faedo			3	2		5
Istituto Di Fisica Applicata Nello Carrara		3	2	2	2	

Istituto di Fisiologia Clinica del CNR			2	2	1	
Azienda Ospedaliera Careggi	1	1		2		1
Istituto Di Chimica Dei Composti Organometallici, Sesto Fiorentino	3	1				
CoRiTeL						4
Consiglio Nazionale delle Ricerche			3			1
VAST-LAB			3			
Institutions Markets Technologies, Lucca	1		1			1
Accademia Navale di Livorno			2	1		
Odontostomatologic Laser Therapy Center		2				
Nuovo Ospedale Santo Stefano				2		
National Interuniversity Consortium of Materials Science and Technology	1				1	
National Interuniversity Consortium for Telecommunications						2
LENS European Laboratory for Non-Linear Spectroscopy			1		1	

Tabella 8: *TAB1.2A - Università e centri di ricerca regionali che collaborano con aziende, per KET.*

Come si può osservare, le università di Firenze e Pisa, assieme alla Scuola Superiore Sant'Anna sono gli organismi che più collaborano con le aziende toscane in ambito Industria 4.0. L'analisi condotta attraverso le pubblicazioni permette, la maggior parte delle volte, di recuperare i singoli istituti del CNR a cui sono affiliati i ricercatori. Come si può notare, le collaborazioni con i vari istituti basati in Toscana sono chiaramente visibili.
Per quanto riguarda le collaborazioni con università ed enti di ricerca extra-regionali, si misura una grande collaborazione con il CNR (benché parte di queste collaborazioni potrebbe in realtà essere dentro la regione, ma registrata in modo diverso nel database Scopus). Al secondo posto per numero di collaborazioni si situa il Politecnico di Milano, seguito dall'Università di Padova.

	Advanced Manufacturing Technologies	Advanced Materials and Nanotechnologies	Artificial Intelligence	Life-Science Technologies	Micro-nano electronics and photonics	Security & Connectivity
Consiglio Nazionale delle Ricerche	10	12	16	14	5	8
Politecnico di Milano	4	3	3	5		23
Università degli Studi di Padova		4	1	5	8	11
ESTEC - European Space Research and Technology Centre	3	6	4	2	1	11
Alma Mater Studiorum Università di Bologna	1	3	5	6	1	6
Università degli Studi di Roma La Sapienza		2	1	5	2	6
Università degli Studi di Genova	8		2	4		2

Università degli Studi di Torino		8	1	1	2	3
Politecnico di Torino			1	1	1	11
Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni	2			5		7
University of Bristol						10
Universiteit Gent			1	1		7
Università Politecnica delle Marche		2	4	1		2
The Royal Institute of Technology (KTH)	3	2			3	1
Poznanskie Centrum Superkomputerowo Sieciowe	1			1		7
Istituto Nazionale Di Astrofisica, Rome		6	1	1		
I2CAT Foundation		2		1		5
Athens Information Technology-AIT	1	1				6
Università degli Studi di Trento	1	3	2			1
Università degli Studi di Roma Tor Vergata	1	1	3		1	1

Tabella 9: *TAB1.2B - Università e centri di ricerca extra-regionali che collaborano con aziende, per KET.*

È pertanto rimarchevole notare come, al di fuori del perimetro regionale, le aziende toscane collaborino con altri organismi di ricerca del panorama Italiano ed europeo, e che questo può rappresentare un indicatore di dinamismo e apertura al contesto sovralocale della ricerca.

Guardando alle collaborazioni fuori dal contesto nazionale, è da sottolineare la collaborazione con lo European Space Research and Technology Centre (il cui principale attore regionale è Selex Galileo). Al secondo posto si rintraccia la collaborazione con l'Università di Bristol. Tale collaborazione è interamente imperniata sull'attività di R&S di NEXTWORKS SRL, la quale risultava essere una delle aziende più attive nel pubblicare i propri risultati in articoli scientifici. Al terzo posto per collaborazioni risulta l'università di Gent. Ancora una volta, il principale collaboratore locale è NEXTWORKS SRL.

Domanda 2

Con riferimento ai progetti di ricerca e innovazione finanziati dai programmi a gestione diretta della Commissione Europea e da bandi della Regione Toscana quali sono i "trending topic 4.0" in cui partecipano le imprese con sede legale o operativa in Toscana.

Sintesi degli indicatori utilizzati e delle analisi effettuate

Per rispondere alla Domanda 2 presentata dalla Direzione, sono stati definiti i seguenti indicatori:

- **IND2.1 - Serie storica del numero di progetti per topic**

Per ottenere l'indicatore IND2.1, è stato calcolato il numero annuale di progetti associati ad ogni topic. Ciò ha permesso di misurare la crescita (o decrescita) di ogni topic ed identificare i "trending topics".

- **IND2.2 - Imprese che hanno ricevuto finanziamenti dalla Commissione Europea, per topic**

Questo indicatore elenca le imprese che hanno ricevuto finanziamenti dalla Commissione Europea per svolgere progetti di R&S in ambito Industria 4.0, indicandone il numero di progetti finanziati, per topic.

Come specificato nella sezione metodologica, si è in prima istanza proceduto ad estrarre, mediante un algoritmo di topic modelling, i topic che caratterizzassero il congiunto delle pubblicazioni e progetti di ricerca la cui affiliazione o beneficiario fossero un'impresa con sede legale o operativa in Toscana. I singoli topic sono stati manualmente etichettati e per ognuno è stato calcolato il tasso di crescita annuale composto (CAGR).

La tabella a seguire riporta una sintesi di tutti i topic estratti, con il rispettivo identificatore, la denominazione associata manualmente, il CAGR ed infine i 10 principali termini componenti il topic e restituiti dall'algoritmo, sia in inglese, che in italiano. Come si può apprezzare, c'è un buon allineamento di massima fra le KETs ed i topic: questi ultimi sembrano permettere in effetti una lettura grana più fina delle KETs.

Topic ID	Denominazione	CAGR	Termini (Inglese)	Termini (Italiano)
0	Electronics	6.50%	antenna; measurement; electromagnetic; layer; surface; frequency; numerical; technique; impedance; structure	antenna; misura; strato; elettromagnetico/elettromagnetica; superficie; frequenza; numerica; tecnica; impedenza; struttura
1	Photonics	17.69%	laser; surgery; treatment; surface; thermal; tissue; welding; light; skin; beam	laser; chirurgia; trattamento; superficie; termico; termica; tessuto; saldatura; luce; pelle
2	Smart Materials	3.75%	sensor; monitoring; textile; wearable; fabric; body; piezoresistive; electrode; subject; emergency	sensore; monitoraggio; tessile; indossabile; tessuto; corpo; piezoresistivo; piezoresistiva; elettrodo; soggetto
3	Knowledge Representation & Reasoning	5.22%	data; digital; semantic; language; source; medium; tool; social; cultural; ontology	dati; digitale; semantica; semantico; linguaggio; sorgente; mezzo; strumento; sociale; culturale
6	Cyber Security	4.75%	security; real-time; domain; embedded; safety; architecture; critical; attack; certification; protection	sicurezza; tempo-reale; dominio; incorporata; incorporato; architettura; critico; attacco; certificazione; protezione
7	Health & Wellbeing: Diagnostics	8.01%	healthcare; medical; clinical; chronic; disease; diagnosis; diagnostic; graphene; ultrasound; care	sanità; assistenza; sanitaria; medica; clinica; clinico; cronico; cronica; malattia; diagnosi

8	E-tools And Mobile Devices	17.69%		smart; device; service; mobile; interface; internet; mobile-device; environment; elderly; personal	intelligente; dispositivo; device; servizio; mobile; interfaccia; internet; dispositivo-mobile; ambiente; anziani
9	Food	10.50%		water; waste; biomass; organic; wastewater; food; soil; nitrogen; substrate; treatment	acqua; scarti; biomassa; organico; acque-reflue; cibo; suolo; azoto; substrato; trattamento
10	Power for Land, Sea, and Air	30.20%	*	force; bearing; experimental; rotor; speed; stress; rotordynamic; vibration; coefficient; load	forza; portante; sperimentale; rotore; velocità; tensione; rotordinamico; vibrazione; coefficiente; carico
11	Advanced Analytics	1.67%		optimization; uncertainty; stage; parameter; constraint; performance; compressor; prediction; controller; control	ottimizzazione; incertezza; stadio; parametro; vincolo; prestazione; compressore; previsione; controllore; controllo
12	Smart Industries	8.01%		plant; reliability; glass; simulation; tool; availability; component; library; crystal; code	impianto; affidabilità; vetro; simulazione; strumento; disponibilità; componente; libreria; cristallo; codice
14	Nanotechnology	3.75%		particle; coating; temperature; phase; property; dust; nanoparticles; composite; mass; surface	particella; rivestimento; temperatura; fase; proprietà; polvere; nanoparticelle; composita; composito; massa
15	Integrated Pollution Prevention & Control	19.62%	*	process; leather; environmental; property; film; waste; concrete; textile; mechanical; alternative	processo; pelle; ambientale; proprietà; pellicola; scarto; cemento; tessuto; meccanico; meccanica
16	IoT	8.01%		network; radio; wireless; traffic; mobile; communication; node; access; consumption; power	rete; radio; senza-fili; traffico; comunicazione; mobile; nodo; accesso; consumo; energia
18	Health & Wellbeing: Clinical applications	0.00%		medoxomil; body; risk; outcome; olmesartan-medoxomil; olmesartan; clinical; phase; volume; change	medoxomil; corpo; rischio; risultato; olmesartan-medoxomil; olmesartan; clinico; clinico; fase; volume
20	Environmental and Industrial Monitoring	2.05%		inspection; neutron; steel; surface; ceramic; x-ray; corrosion; container; illicit; weld	ispezione; neutrone; acciaio; superficie; ceramica; raggi-X; corrosione; contenitore; illecito; saldatura
21	Remote Sensing	-7.99%		sensor; radar; measurement; chip; structure; assembly; signal; technique; accuracy; digital	sensore; radar; misura; chip; struttura; assemblaggio; segnale; tecnica; accuratezza; digitale
22	Robotics	13.43%		robot; robotic; movement; human; robotics; control; motor; visual; subject; body	robot; robotico; movimento; umano; robotica; controllo; motore; visuale; soggetto; corpo
23	Computer Vision	0.00%		image; noise; spectral; detection; resolution; instrument; target; simulator; imaging; sensor	immagine; rumore; spettrale; rilevamento; risoluzione; strumento; obiettivo; simulatore; imaging; immagini
26	Smart Cities	15.76%		urban; transport; noise; city; service; traffic; mobility; management; pilot; public	trasporto; urbano; rumore; città; servizio; traffico; mobilità; gestione; pilota; pubblica
27	Transport	-4.18%		vehicle; safety; control; railway; rail; train; speed; fault; road; suspension	veicolo; sicurezza; controllo; ferrovia; rotaia; treno; velocità; errore; strada; sospensione
28	Earth Science And Engineering	6.50%		wind; soil; surface; magnetic; solar; shear; stage; spacecraft; condition; layer	vento; suolo; superficie; magnetico; magnetica; solare; shear; taglio; fase; veicolo-spaziale

29	Energy	38.52% *	energy; plant; power; cost; heat; thermal; emission; solution; building; electric	energia; centrale; potenza; costo; calore; emissione; termica; termico; soluzione; costruzione

Tabella 10: *I 30 Topic estratti dai progetti progetti di ricerca e innovazione finanziati dai programmi a gestione diretta della Commissione Europea e da bandi della Regione Toscana. Per ogni topic si è calcolato il Compound annual growth rate (CAGR). I topic con CAGR maggiore sono stati definiti, in questo studio, come "trending topic". Si può notare come i topic etichettati come "energy", "Power for Land, Sea, and Air" siano quelli che registrano una maggiore crescita. *Poiché nel primo anno oggetto di studio non vi sono progetti associati a questo topic, il CAGR in questo caso sarebbe infinito. Si è calcolata quindi una versione regolarizzata del CAGR, in cui 0,5 progetti sono stati attribuiti al primo anno.*

Valorizzazione degli indicatori

Come si deduce dalla tabella riportata in precedenza, i topic con maggior tasso di crescita risultano essere, rispettivamente:

1. Energy
2. Power for Land, Sea, and Air
3. Integrated Pollution Prevention & Control
4. E-tools And Mobile Devices
5. Photonics
6. Smart Cities
7. Robotics
8. Food

Questi topic sono gli unici, fra i 30 individuati, **che presentano un CAGR al di sopra del 10% e sono considerati**, nelle analisi a seguire, come **"trending topics"**. Per ognuno di questi topics, la figura a seguire riporta l'evoluzione temporale del numero di progetti europei in cui partecipano le aziende con sede legale o operativa in Toscana.

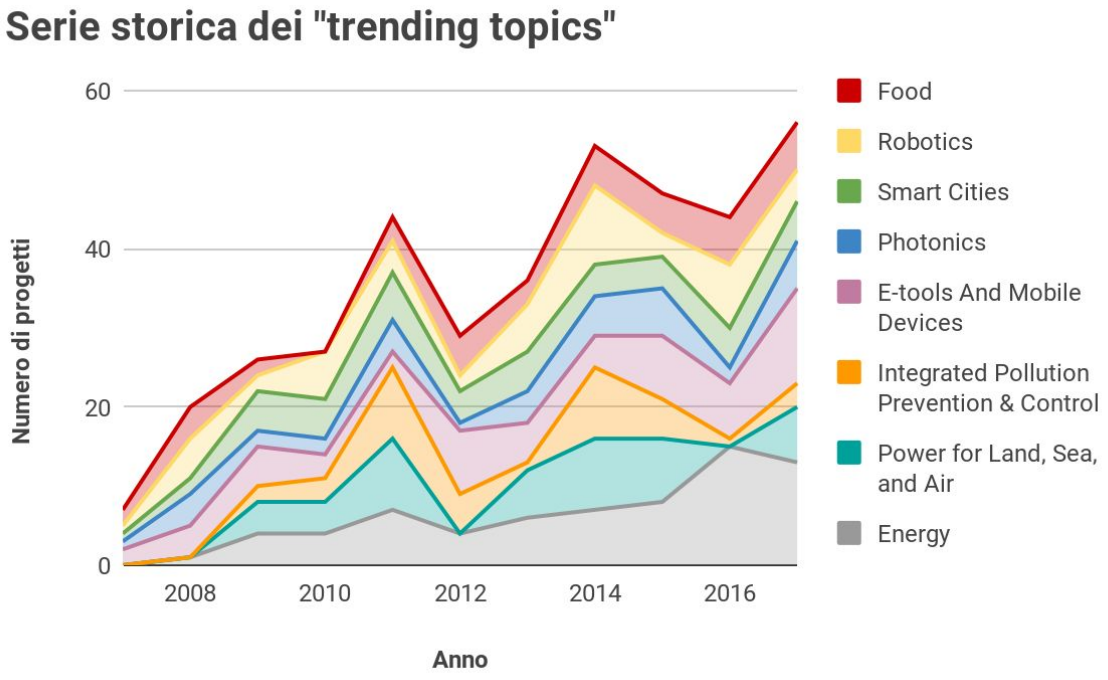

Figura 7: *IND2.1 - Serie storica del numero di progetti per topic. Sono riportati gli 8 topic con tasso di crescita (CAGR) maggiore del 10% e qui definiti come "trending topics".*

Effettivamente, si può apprezzare come ognuno dei topic riportati abbia un chiaro trend crescente. Benché ciò sia specialmente il caso per il topic “Energy”, si può notare una marcata crescita del topic “Food”, sicuramente un ambito economico di rilevanza strategica per la regione Toscana.

La tabella a seguire aiuta a collegare le imprese con sede legale o operativa in Toscana con i topic sopra elencati. Come si può evincere, le 10 imprese più ricorrenti partecipano soprattutto in progetti inerenti al topic “E-tools and mobile devices”.

	E-tools And Mobile Devices	Energy	Smart Cities	Robotics	Integrated Pollution Prevention & Control	Photonics	Food
NEXTWORKS S.R.L.	7	2	1		1		
MEMEX SRL			5				
PIAGGIO & C. S.P.A.	1	1	2				
IUVO S.R.L.				4			
ATAF SPA	1		3				
THALES ITALIA S.P.A.	1	1		1			
SMARTEX S.R.L.	1	1				1	
I+ S.R.L.	2					1	
GRADO ZERO ESPACE S.R.L.					2	1	
Technodeal srl	1			1			

Tabella 11: *IND2.2 - Imprese che hanno ricevuto finanziamenti dalla Commissione Europea, per topic. Sono riportate le top 10 imprese, per gli 8 trending topics presentati in precedenza.*

Di particolare interesse è il topic Smart Cities, che vede la partecipazione di Memex SRL, società attiva in ambito mobilità, la Piaggio e ATAF, l'azienda municipale di trasporti di Firenze.

Domanda 3

Con riferimento ai progetti di ricerca e innovazione finanziati dai programmi a gestione diretta della Commissione Europea e da bandi della Regione Toscana quali sono i "trending topic 4.0" in cui partecipano le università toscane e gli enti di ricerca Toscani.

Sintesi degli indicatori utilizzati e delle analisi effettuate

Per rispondere alla Domanda 3 presentata dalla Direzione, è stato definito il seguente indicatore:

- **IND3.1 - Università ed enti di ricerca toscani che hanno ricevuto finanziamenti dalla Commissione Europea per topic**

Questo indicatore elenca le università e centri di ricerca toscani che hanno ricevuto finanziamenti dalla Commissione Europea per svolgere progetti di R&S in ambito Industria 4.0, indicandone il numero di progetti finanziati, per topic.

Valorizzazione degli indicatori

Dopo aver ripreso in analisi i topic identificati nella precedente sezione, si è proceduto ad identificare tutti gli attori regionali non corrispondenti ad imprese e che partecipassero a progetti europei inerenti a tali topic. La partecipazioni di tali organismi ai progetti analizzati in questa sezione è indipendente dalla contestuale partecipazione di un'azienda.

La tabella a seguire riporta, per ogni trending topic identificato in precedenza, i risultati ottenuti, ordinati per frequenza di partecipazione di ogni attore.

	Food	Robotics	Photonics	Energy	Smart Cities	Power for Land, Sea, and Air	Integrated Pollution Prevention & Control	E-tools And Mobile Devices
UNIVERSITÀ DI PISA	15	10	8	2	2	1	3	2
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE	12		1	12	4	7		2
SCUOLA SUPERIORE DI STUDI UNIVERSITARI E DI PERFEZIONAMENTO SANT'ANNA	8	18	6	1				2
CONSORZIO INTERUNIVERSITARIO NAZIONALE PER LA SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI	6		1	1			1	1
LABORATORIO EUROPEO DI SPETTROSCOPIE NON LINEARI			5					
EUROPEAN UNIVERSITY INSTITUTE					3			
CONSORZIO INTERUNIVERSITARIO RISONANZE MAGNETICHE DI METALLO PROTEINE	1						2	
CENTRO EUROPEO PER I POLIMERI NANOSTRUTTURATI SCARL	1			1			1	
SCUOLA IMT (ISTITUZIONI, MERCATI, TECNOLOGIE) ALTI STUDI DI LUCCA	1	1						
RETE SEMI RURALI	2							

Tabella 12: *IND3.1 - Università ed enti di ricerca toscani che hanno ricevuto finanziamenti dalla Commissione Europea, per topic.*

In linea con quanto riscontrato in termini di collaborazioni con le imprese, le principali 3 istituzioni accademiche che partecipano a progetti di R&S su trending topic Industria 4.0 sono, rispettivamente, l'università di Firenze, l'università di Pisa e la Scuola Superiore Sant'Anna[11].
Al di là delle università, si riscontra in questo studio la presenza di consorzi interuniversitari che, benché non corrispondano ad una precisa istituzione, risultano essere organismi molto attivi nel panorama regionale di R&S.

È altresì interessante notare come si distribuiscono i topic per intensità, una volta centrata l'analisi sugli attori accademici. Difatti, si può osservare come il topic Food acquisisce in questo caso una rilevanza centrale. In maniera simile, robotics risulta essere un altro topic di importanza fondamentale, per il quale, la Scuola Superiore Sant'Anna ha un contributo significativo.

[11] Nella presente analisi, non sono considerati i progetti associati agli istituti Toscani del CNR, in quanto tali informazioni non sono presenti nelle banche dati utilizzate ed è stata fornita dal CNR stesso agli analisti e autori del presente documento fuori tempo utile per aggiornare le analisi.

Risultati

Questo studio ha analizzato pubblicazioni scientifiche e progetti di innovazione a gestione diretta della Commissione Europea per studiare le attività di Ricerca e Sviluppo portate avanti in Regione Toscana che ricadessero nell'alveo delle tematiche Industria 4.0. La maggior parte delle analisi si focalizzano sulle attività di R&S svolte dalle imprese con sede legale o operativa in Toscana, ma enfasi è anche posta sulle collaborazioni con attori accademici regionali ed extra-regionali e sull'incrocio tematico fra le attività di R&S degli organismi di ricerca toscani e delle imprese regionali.

Per poter svolgere le analisi qui presentate, si è fatto un uso massiccio di tecniche di text-mining. Tali tecniche hanno permesso in prima istanza di identificare quali documenti, fra tutte le pubblicazioni scientifiche ed i progetti afferenti al perimetro geografico della Regione Toscana, rientrassero nell'ambito dell'industria 4.0. In secondo luogo, tecniche di questo tipo sono state utilizzate per allineare le tematiche di ricerca con le Key Enabling Technologies identificate in seno alla Regione e per estrarre i "trending topics" che caratterizzano i progetti di R&S finanziati dalla Commissione Europea ed aventi come beneficiario un'impresa con sede legale o operativa in Toscana.

L'utilizzo di queste tecniche, applicate a dati relativi agli ambiti delle pubblicazioni scientifiche ed progetti di ricerca, ha permesso di ottenere una serie di risultati che aiutano a caratterizzare in maniera esaustiva l'ecosistema toscano di R&S e ad analizzarlo in prospettiva Industria 4.0.

In prima istanza, sono state identificate **726 imprese** con sede legale o operativa in Toscana la cui attività di R&S fosse **rintracciabile mediante pubblicazioni scientifiche o progetti finanziati dalla Commissione Europea**. Di queste, **571** risultavano esclusivamente come **affiliazioni di pubblicazioni**. Mediante tecniche di text mining, sono state estratte le pubblicazioni ed i progetti afferenti Industria 4.0: applicando tale filtro, **366** imprese sono risultate **attive in Industria 4.0,** via pubblicazioni scientifiche o progetti di R&S. Tra queste, **286 hanno pubblicato articoli scientifici su tematiche di Industria 4.0**. In collaborazione con la Direzione Attività Produttive, tali informazioni sono state incrociate con il CRM regionale, permettendo di rintracciare, fra le 366 imprese attive in Industria 4.0, **338 realtà che erano già state censite dalla Direzione**. Le imprese per le quali non si è trovato un riscontro con il CRM regionale, risultano spesso essere **dislocazioni locali di aziende e/o corporazioni con presenza internazionale** (come, ad esempio, Tecnalia), che pubblicano articoli scientifici (ma non sono beneficiarie di finanziamenti regionali).

Dal punto di vista della distribuzione geografica, **Firenze** risulta essere la provincia che **accoglie il maggior numero di imprese Industria 4.0**, benché la provincia di **Pisa**, in linea con la sua tradizione, **presenta la più alta concentrazione regionale di imprese I4.0**. In particolare, le **ICT giocano un ruolo fondamentale nella provincia**, con tematiche di R&S focalizzate su connettività, componentistica e intelligenza artificiale.. La presenza di Ansaldo Breda a Pistoia sembra aver creato le condizioni favorevoli allo sviluppo di realtà private locali, attive in R&S in ambito trasporti: **la metà delle aziende intercettate nella provincia di Pistoia sono risultate attive in Industria 4.0**, con un focus di ricerca incentrato principalmente su

trasporti.

Per quanto riguarda gli attori identificati, **Nuovo Pignone è l'impresa con il maggior volume di attività di R&S in ambito Industria 4.0**. È però rilevante sottolineare come esistano, in Toscana, **realtà più piccole che portano avanti attività di R&S quasi esclusivamente focalizzate su Industria 4.0**. Fra queste possiamo annoverare **Synthema SRL, Evidence SRL e Yogitech SpA, tutte imprese attive in ambito Artificial Intelligence o Connectivity e tutte aventi una rete internazionale di collaborazioni**. In base ai dati estratti dal CRM regionale, queste imprese risultano **"censite"** , e pertanto sono state intercettate nell'ottica delle politiche e delle iniziative della Regione. Un ulteriore spunto interessante emerso dalle analisi condotte è la **presenza di aziende con profili misti**, ovvero per le quali solo parte dei prodotti della ricerca si focalizza su tematiche Industria 4.0. **Esempi in tal senso sono CAEN SpA, ESAOTE SpA e SensorDynamics AG,** imprese che si può ragionevolmente ipotizzare potrebbero avere introdotto progressivamente tematiche di Industria 4.0 nelle pipeline di ricerca aziendali.

Per capire quanto Industria 4.0 stia penetrando nelle tematiche di ricerca delle imprese locali, è stata misurata l'evoluzione temporale del numero di pubblicazioni prodotte da imprese in ambito Industria 4.0. Benché in assoluto **il numero di pubblicazioni Industria 4.0 prodotto dalle imprese con sede legale o operativa in Toscana sia cresciuto nel tempo**, si osserva come **la percentuale di pubblicazioni in Industria 4.0 rispetto al totale di pubblicazioni prodotto dalle imprese Toscane sia grosso modo costante nel tempo**. In altre parole, il volume di attività di R&S delle aziende Toscane sembra aumentare nel tempo, ma **Industria 4.0 in particolare non sembra guadagnare particolare slancio**.

Segmentando l'analisi al livello delle KETs, **la maggior parte delle pubblicazioni prodotte risultano associate alla KET *Security and connectivity***, risultato che sembra suggerire che vi sia una **massa critica di imprese toscane che lavorano su hardware, wireless e sensoristica**. Questo dato va però letto contestualmente con le analisi temporali effettuate, le quali riportano come **questa sia anche l'unica KET in decrescita**. Il numero di pubblicazioni associato al resto delle KET è distribuito invece in maniera abbastanza omogenea, dato che indica come la **scelta delle KETs sia ben calibrata rispetto alle tematiche di R&S perseguite dalle imprese basate in Toscana** e pubblicate in articoli scientifici. ***Advanced Manufacturing* è la KET per la quale si è osservato il trend di crescita più marcato**. È interessante notare infine come **le imprese toscane diversifichino il proprio portfolio di R&S**: alcune aziende (come, ad esempio, Piaggio ed Evidence SpA) si specializzano verticalmente su alcune KETs in particolare ed altre (quali, ad esempio Nuovo Pignone, Selex Galileo ed Alta SpA) mantengono piuttosto aperto il ventaglio delle KETs esplorate.

Lo studio delle collaborazioni con le università e gli enti di ricerca regionali ed extraregionali è un punto di particolare interesse. Per quanto riguarda le collaborazioni regionali, **le Università di Firenze e Pisa, assieme alla Scuola Superiore Sant'Anna risultano essere le istituzioni che più collaborano con le aziende toscane** in attività di R&S su Industria 4.0. Anche **le collaborazioni fra le imprese locali ed i vari istituti del CNR dislocati sul territorio toscano emergono in maniera evidente**. **Al di fuori del perimetro regionale, le imprese** identificate **collaborano** soprattutto **con il Politecnico di Milano e l'Università di Padova**, un dato che evidenzia il dinamismo delle attività di R&S delle aziende toscane, dato il prestigio delle

istituzioni in questione.

Per ottenere una visione completamente allineata con i contenuti dei prodotti della ricerca delle imprese identificate e non imporre una classificazione definita a priori (come nel caso delle KETs), si è infine proceduto ad analizzare il contenuto testuale delle pubblicazioni e progetti mediante topic emergenti. I documenti analizzati sono stati processati da un algoritmo, che ha restituito topic sotto forma di collezioni di keyword "tematiche". Per facilitare le riflessioni sui risultati ottenuti, i topic sono stati infine etichettati manualmente e per ogni topic è stato calcolato il tasso di crescita: i topic con tasso di crescita maggiore sono stati definiti, nel presente lavoro, come "trending". **I trending topic** con maggior tasso di crescita **risultano essere, nell'ordine: Energy; Power for Land, Sea, and Air; Integrated Pollution Prevention & Control; E-tools And Mobile Devices; Photonics; Smart Cities; Robotics; Food**. Tutti questi ambiti di innovazione sono storicamente di grande importanza per la Regione Toscana e **quasi tutti risultano essere grosso modo allineati con le KET analizzate in precedenza**. Risulta tuttavia interessante notare come **emerga in maniera chiara il topic "Food", che, non essendo legato a nessuna tecnologia, non rientra nell'alveo delle KETs, ma che rappresenta un ambito economico di rilevanza strategica per la regione Toscana**. Segmentando l'analisi dei topic a livello degli attori, si registra come **le 10 imprese più attive in R&S su Industria 4.0 partecipano soprattutto in progetti inerenti al topic "E-tools and mobile devices"**. Questa evidenza corrobora i risultati ottenuti in precedenza analizzando le pubblicazioni scientifiche, i quali indicavano una forte attività di R&S in ambito hardware, wireless e sensoristica. Un altro **topic che potrebbe fornire utili spunti di riflessione è "Smart Cities"**, un tema di **chiaro interesse per la Commissione Europea** nell'attuale e prossimo periodo di programmazione[12]. **Questo topic comprende progetti i cui beneficiari sono Memex SRL**, società attiva in ambito mobilità, la **Piaggio** e **ATAF**, l'azienda municipale di trasporti di Firenze.

Un ultimo elemento di studio è stato quello dell'individuazione di possibili aree tematiche in cui coltivare sinergie fra business e accademia. L'oggetto di studio, in questo caso, sono stati i progetti di R&S a gestione diretta della Commissione Europea e la domanda posta era quali fossero i trending topic identificati in precedenza che caratterizzano i progetti europei a cui partecipano le università e centri di ricerca toscani. L'esercizio pertinente è **il ruolo che potrebbe avere la Regione nel facilitare la creazione di consorzi locali che possano applicare a fondi europei di ricerca in specifiche aree tematiche**. In tal modo, si è visto che **le principali 3 istituzioni** accademiche toscane **che partecipano a progetti di R&S su trending topic Industria 4.0 sono**, rispettivamente, **l'Università di Firenze, l'Università di Pisa e la Scuola Superiore Sant'Anna**. È però rilevante notare come, fra attori privati ed accademici, cambi il focus tematico. Difatti, mentre il topic più ricorrente per le imprese era e-Tools and Mobile Devices, **nel caso delle università e centri di ricerca emerge il topic "Food" come più frequente**. In ambito più prettamente industriale, **è possibile identificare "Robotics" come topic di importanza fondamentale: in questo ambito la Scuola Superiore Sant'Anna ha un contributo notevole**.

[12] Come si può apprezzare dalla numerosità di bandi H2020 sul tema Smart Cities, soprattutto nel pilastro "Societal Challenges". Per quanto riguarda il prossimo periodo di programmazione, dalla documentazione prodotta finora dalla Commissione emerge come tale programma quadro sarà formulato in maniera "mission oriented" (vedasi il documento Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union) e che le missioni saranno subordinate agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile formulati dalle Nazioni Unite, fra i quali si annovera "Sustainable Cities and Communities".