

ABSTRACT del REPORT

**“ROADMAP TECNOLOGICHE PRIORITARIE
PER LA REGIONE TOSCANA
IN AMBITO NUOVI MATERIALI”**

Indice

1. Posizionamento internazionale	3
2. SWOT analysis di comparto.....	6
3. Elenco delle Roadmap aggiornate proposte in ambito “Nuovi Materiali”.....	8
4. Sintesi di ciascuna roadmap	9
4.1. Roadmap n. 1 - Materiali per superfici e compositi nanostrutturati ad alte prestazioni	9
4.2. Roadmap n. 2 - Materiali per superfici e compositi attivi e intelligenti	10
4.1. Roadmap n. 3 - Materiali e nanotecnologie per il delivery di composti e principi attivi	10
4.2. Roadmap n. 4 - Tecnologie e materiali per la remediation ambientale.....	11
4.3. Roadmap n. 5 - Tecnologie per recupero e la valorizzazione dei materiali in un’ottica di economia circolare.....	11
4.4. Roadmap n. 6 - Materiali per la Stampa 3D.....	12
4.5. Roadmap n. 7 - Reti di competenza per Trasferimento e Servizio Tecnologico e Open Innovation	13
Allegato I – Rappresentazione Grafica delle Roadmap	14

1. Posizionamento internazionale

Contesto del Comparto “Nuovi Materiali” nel panorama competitivo internazionale

Il Comparto “Nuovi Materiali” si inserisce in un contesto europeo e globale altamente competitivo, relativo ai settori dei **materiali avanzati, nanomateriali e nanotecnologie**¹, ed ai **cosidetti materiali “bio-based”**, cioè derivati dalle biomasse e in particolare i **biopolimeri**.²

Il mercato globale dei materiali avanzati si è attestato nel 2015 intorno a 43 miliardi di dollari e si stima che raggiunga i **102 miliardi di dollari nel 2024, con una crescita media annua del 10%**³. In tale mercato il Nord America e l’Europa sono stati i principali consumatori di materiali avanzati nel mercato globale e l’ulteriore crescita sarà attribuibile alle maggiori capacità produttive e all’aumento di complessità raggiungibile con le nuove tecnologie. Si stima che anche la regione Asia Pacifica nel periodo 2017-2024 aumenterà il proprio consumo di materiali per lo sviluppo delle aziende manifatturiere della Cina e dell’India.

Il mercato dei materiali avanzati può essere segmentato in **materiali ceramici, polimeri, compositi, metalli, leghe e vetri**. Tra questi i materiali ceramici ed i compositi dominano il mercato. La richiesta di materiali ceramici è cresciuta recentemente e continuerà a crescere soprattutto per l’applicazione in dispositivi medici (componenti e trattamenti superficiali). Si stima invece che il segmento dei compositi crescerà notevolmente nei prossimi anni soprattutto nei settori delle costruzioni, automotive e petrolifero.

Anche il **mercato globale dei nanomateriali** vede la leadership di Nord America ed Europa, che avranno la possibilità di sfruttare il trend di crescita dovuto all’aumento della produzione di massa e alla contestuale diminuzione dei prezzi. La regione Asia Pacifica sarà sempre più competitiva nei prossimi anni vista la crescita di India e Cina che assoceranno alla aumentata domanda interna di nanomateriali, sostanziali investimenti in ricerca e sviluppo⁴. **Considerando anche l’indotto** (prodotti e servizi resi possibili dai nanomateriali), alcune stime valutano l’attuale mercato globale delle nanotecnologie fino a **3000 miliardi di Euro per il 2017**⁵. Focalizzandosi invece principalmente sui **nanomateriali** (e non sull’indotto), **il mercato europeo è stato valutato circa 2,5 miliardi nel 2015 e si stima che arrivi a 9 miliardi entro il 2022 con una possibile crescita media annua del 20%**⁶.

¹ I nanomateriali possono essere definiti come materiali in cui almeno una dimensione esterna misura approssimativamente da 1 a 100 nanometri.

² Definizione secondo lo standard EN 16575:2014 ‘Bio-based products – Vocabulary’. Le biomasse possono essere state sottoposte a trattamenti fisici, chimici e biologici. Per biomasse si intende “materiale di origine biologica con l’esclusione di materiale incluso in formazioni geologiche e/o fossilizzato”.

³ <https://www.transparencymarketresearch.com/advanced-materials-market.html>

⁴ <https://www.futuremarketinsights.com/reports/nanomaterials-market>

⁵ http://www.corriere.it/scienze/14_giugno_16/nanotecnologia-mercato-3-mila-miliardi-dollari-3f98b342-f539-11e3-ac9a-521682d84f63.shtml

⁶ <https://www.alliedmarketresearch.com/europe-nanomaterials-market>

I nanomateriali possono essere classificati in **nanomateriali a base di carbonio** (nanotubi di carbonio, grafene, fullereni e POSS, i.e. polisilsesquiossani), **ossidi metallici e non metallici** (diossido di titanio, ossido di zinco, diossido di silicio, ossido di alluminio, ossido di cerio, ossido di stagno-antimonio, ossido di rame, ossido di bismuto, ossido di cobalto, ossidi di ferro, ossido di magnesio, ossido di manganese, ossido di zirconio), metalli, **dendrimeri, nano argille e nanocellulosa**.

I principali prodotti/settori di applicazione dei materiali sono numerosi, tra questi quelli dei rivestimenti/trattamenti superficiali, adesivi e sigillanti, il settore della medicina, salute e cura della persona, energia, elettronica e beni di consumo, edilizia e trasporti.

Secondo alcuni studi⁷, i principali driver per la crescita dei nanomateriali sono i crescenti investimenti in ricerca e sviluppo, la progressiva penetrazione dei nanomateriali in vari settori applicativi e le loro eccellenti ed innovative proprietà fisico-chimiche. Tuttavia fattori come la legislazione ambientale sempre più stringente e il prezzo elevato dei nanomateriali potrebbero ostacolare la forte crescita prevista per il mercato, così come la non ancora completa conoscenza dell'influenza della dimensione nano e della forma sulla salute dell'uomo, potrebbe costituire un fattore rallentare lo sviluppo e la diffusione.

Il **mercato delle bioplastiche** è stato di circa 18,9 milioni di tonnellate **nel 2016**⁸, rappresentando circa il 6% dell'attuale mercato delle plastiche, per un valore di circa **3 miliardi di dollari** e con un consumo di suolo agricolo dello 0.3%. Si stima che le bioplastiche **nel 2021** rappresenteranno circa il 10% del mercato delle plastiche, per un valore di **5,1 miliardi di dollari, con una crescita del 12.0%** medio annuo in valore⁹ e con un consumo dell'1% del suolo agricolo.

Uno dei fattori che influenzerà la crescita è la crescente attenzione all'ambiente e allo sviluppo sostenibile, al miglioramento dello stile di vita, che spinge i consumatori a comprare prodotti ad alta qualità. Inoltre si stimano ingenti investimenti industriali in ricerca per ampliare l'area di applicazione delle bioplastiche. Infine, in **Europa una legislazione e una politica sempre più consapevole dei problemi ambientali e sempre più favorevole alla promozione dell'Economia Circolare**¹⁰ ha spinto le aziende ad usare materie prime "bio-based", generalmente meno tossiche per l'ambiente e che permettono un minore consumo di energia ed emissione di anidride carbonica. Non a caso, l'Europa è attualmente leader del mercato (37%) seguita da Nord America (25%) e Asia Pacifica (13%). La Germania, **l'Italia** e la Francia sono tra le **regioni europee a contribuire maggiormente alla crescita**.

⁷ <https://www.alliedmarketresearch.com/europe-nanomaterials-market>

⁸ Biopolymers Facts Statistics 2016 – IFFB Hannover

⁹ <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biopolymers-bioplastics-market-88795240.html>

¹⁰ Economia circolare è un termine per definire un sistema economico pensato per potersi rigenerare da solo. In un'economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera. Da <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>

Il mercato può essere segmentato per materiali in **bio-polietileni (Bio-PE)** (che domina il mercato), **bio-polietilentereftalati (bio-PET)**, **acido polilattico (PLA)**, **derivati da amido**, **poliesteri biodegradabili**, **cellulosa rigenerata** e **bio- poliidrossialcanoati (PHA)**.

I maggiori settori applicativi sono gli imballaggi, le bottiglie, l'agricoltura, il settore automobilistico e i prodotti di consumo.

Per quanto riguarda **la ricerca e l'innovazione** nell'ambito dei materiali avanzati e nanotecnologie **l'Europa** (e anche **Italia**¹¹) pur vantando una produzione scientifica di qualità e quantità elevate, presenta, rispetto al Nord America, un disavanzo nella produzione di brevetti, uno dei segnali che indica la difficoltà tutta europea di superare la "Valle della Morte", cioè la distanza che separa un progresso scientifico dalla sua applicazione sul mercato in prodotti e servizi¹².

In quest'ottica la Commissione Europea lancerà nel biennio 2018-2020 bandi per progetti volti a realizzare **"Open Innovation Test Beds" nell'ambito dei materiali avanzati, nano e bio tecnologie**. Tali "Test Beds" costituiranno delle reti di centri di ricerca e innovazione che supporteranno l'industria nella progettazione, selezione, sviluppo e caratterizzazione dei materiali e nella loro applicazione in prodotti e servizi al fine di collegare meglio il mondo accademico e di ricerca all'industria e di abbassare il rischio tecnologico di impresa legato allo sviluppo di nuovi materiali e prodotti. In particolare la Commissione prevede di finanziare centri di open innovation per (1) Materiali e componenti multi-funzionali leggeri, (2) Superfici e Membrane nanostrutturate, (3) Materiali "bio-based", (4) Caratterizzazione dei materiali e (5) Modellazione dei materiali¹³.

¹¹ Research and Innovation Performance in Italy, European Commission – 2014.

¹² <http://euronanoforum2017.eu/wp-content/uploads/2017/06/Session-13-Peter-Droell-Open-innovation-hubs-EU-strategy.pdf>

¹³ I programma di lavoro 2018-2020 sui materiali avanzati, pubblicati il 27 ottobre 2017 sono disponibili su http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/main/h2020-wp1820-leit-nmp_en.pdf

2. SWOT analysis di comparto

La seguente tabella SWOT valuta i punti di forza (Strengths), i punti di debolezza (Weaknesses), le opportunità (Opportunities) e le minacce (Threats) del comparto Nuovi Materiali, in relazione alle roadmap individuate.

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> • Presenza di gruppi di ricerca altamente qualificati a caratura internazionale negli atenei e nei centri di ricerca toscani; • Collaborazioni già in parte avviate con successo fra enti di ricerca e realtà produttive in settori di applicazione differenti; • Presenza di realtà produttive sul territorio all'avanguardia in numerosi campi di applicazione industriale ed adatti alle roadmap proposte (tessile, vetro, ceramica, metalli, conciario, caseario, agroalimentare in generale ecc). • Capacità industriale di rispondere alle richieste di mercato di prodotti sempre più performanti con un innalzamento degli standard qualitativi dei prodotti. • Competenze di ricerca trasversali negli ambiti della chimica, fisica ingegneria e scienze della vita e interessi in vari ambiti applicativi che consentono la realizzazione di filiere e consorzi di impresa moltiplicando i contributi ai progetti nati nell'ambito di una specifica roadmap. • Ricerca di eco-sostenibilità dei progetti identificati nelle roadmap: per esempio, attenzione per la sostenibilità dei processi produttivi grazie all'utilizzo e la valorizzazione di materiali derivanti da fonti rinnovabili o da scarti. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deboli i canali di dialogo tra ricerca e piccola impresa. • Relativa scarsità di investimenti privati in attività di ricerca. • Necessità di formare la forza lavoro per l'utilizzo delle nuove tecnologie. • Deboli canali di ingegneria finanziaria per il supporto all'innovazione high risk/ high gain. • Alti costi per l'infrastrutturazione di laboratori per sperimentazioni avanzate e necessità di periodici aggiornamenti del parco strumentale (con conseguente necessità, per ovviarvi, di fare rete a livello regionale nazionale ed internazionale). • Dimensione ridotta e settoriale delle imprese manifatturiere. • In alcuni ambiti del settore manifatturiero, difficoltà di far coincidere le necessità di una produzione ancora artigianale, sebbene automatizzata, con le tecnologie più avanzate proposte dalle roadmap. • Trasferimento tecnologico dal laboratorio al prodotto industriale spesso molto difficoltoso. • Nelle attività di ricerca nanotecnologica, insufficienti dati sulla tossicità dei sistemi nanometrici e degli effetti a lungo termine sulla salute nonché insufficiente conoscenza della biodistribuzione e del fato dei nanosistemi e dei loro prodotti di degradazione. • Alti costi di produzione dei nanomateriali.
Opportunità future	Minacce future
<ul style="list-style-type: none"> • Sfruttamento della forte capillarità toscana nel campo della ricerca e sviluppo accademica ed industriale in numerosi settori applicativi (agroalimentare, salute, chimico e farmaceutico, edilizia, urbanistica e beni culturali, tessile, moda e lusso, energia, manifatturiero, trasporti, automobilistico e cantieristica navale, elettronica e sensoristica ecc.). • Attenzione crescente a impatto ambientale di processi e prodotti: allineamento con le strategie europee ed i mercati emergenti in ambito nuove tecnologie per la remediation ambientale e per un approccio più generale di Economia Circolare. • Trasferimento di conoscenze e tecnologie dai centri di ricerca/ accademia alle industrie e 	<ul style="list-style-type: none"> • L'ambito multidisciplinare delle roadmap indentificate richiede un'azione concertata tra comitato di indirizzo, soggetto gestore e aziende presenti nel territorio, in modo da evitare la dispersione di energie e risorse e in particolare evitare un coinvolgimento basso e inefficace della realtà produttiva. • Grande concorrenza dei big player a livello mondiale su diversi settori e tecnologie - necessità di investimenti strutturali per mantenere tali settori competitivi sul panorama internazionale. • Il sistema regionale della ricerca pubblica e del trasferimento è minacciato dalla generale riduzione della spesa pubblica.

<p>implementazione su scala industriale di ricerche effettuate in ambito accademico e/o privato.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Creazione di nuove realtà imprenditoriali (spin-off, start-up, etc.), con conseguente aumento dei posti di lavoro. • Formazione di figure professionali innovative (ad esempio necessarie per lo sviluppo della roadmap n.7). • Capacità di attrarre finanziamenti pubblici e privati da parte di gruppi e consorzi con conoscenze e competenze di eccellenza. • Opportunità di diversificare il business aziendale, importante sia per grandi imprese sia per PMI. • Sensibilità crescente da parte di consumatori alla qualità dei prodotti ed al loro processo produttivo ed origine geografica. • Progresso tecnologico delle industrie che ne consenta la competitività sul mercato nazionale e internazionale e la garanzia della continuità di occupazione. • La ricaduta in campo medico delle nuove tecnologie (principalmente roadmap 1, 2, 3 e 6) porterà a un miglioramento della scelta diagnostica e terapeutica e nel medio termine ad un abbattimento dei costi e tempi, con un conseguente abbattimento delle spese sanitarie ed innalzamento della qualità del servizio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mancanza di una politica regionale e nazionale alla innovazione con un sostegno economico significativo a quelle aziende anche operanti in settori maturi che volessero diversificare il loro core-business • Comunicazione insufficiente al pubblico sull'impatto dei nanomateriali sulla salute e sull'ambiente. Insorgere, nel caso di una insufficiente o non corretta informazione di un'opinione pubblica sfavorevole alle nuove tecnologie, soprattutto nell'ambito alimentare o cosmetico. • Difficile riproducibilità a livello industriale di molte tipologie di materiali sviluppate alla scala di laboratorio e costi produttivi troppo elevati da poter essere sostenuti dalla singola (piccola) realtà industriale. • Nell'ambito della caratterizzazione dei materiali, rischio di perdita di competitività a causa di obsolescenza delle strumentazioni e dalla difficoltà di trattenere e mantenere il personale non strutturato formato. • In alcuni ambiti (es. Medicale, Farmaceutico) vi sono barriere normative per l'ingresso nel mercato difficili da superare per piccole e medie imprese. • Eccessiva concentrazione di fondi per il finanziamento di figure professionali a tempo determinato all'interno dei progetti senza possibilità di stabilizzazione a fine progetto. Mancanza di continuità e certezze di azioni progettuali di sostegno. • Burocrazia e complessità nei bandi alla ricerca ed innovazione. • Nell'ambito della diagnostica e terapia, l'avvento di nuove tecnologie potrebbe portare ad una eventuale disuniformità tra centri ospedalieri nella diffusione dei nuovi protocolli e nella gestione dei dati – necessità di attività di standardizzazione. • Sul tema nanotecnologie esistono ancora delle problematiche legate alla percezione negativa che ne hanno i consumatori. • Necessità di accelerare la ricerca di nuovi standard per le nuove tecnologie. Stabilire approcci comuni per la nomenclatura, la metrologia, le misurazioni e la caratterizzazione applicati ai nanomateriali. Mancanza di un data-base europeo sui materiali.
---	---

3. Elenco delle Roadmap aggiornate proposte in ambito “Nuovi Materiali”

Il DT Materiali ha individuato 7 Roadmap strategiche in una logica di coerenza ed aggiornamento delle precedenti roadmap 2013.

Roadmap (titolo)	Ordine di priorità (scala 1-5)	Tecnologia implementata	Settore/ambito di applicazione
1) Materiali per superfici e compositi nanostrutturati ad alte prestazioni	5 ¹⁴	Nanotecnologie, Materiali avanzati, Processi avanzati di fabbricazione ¹⁵	a) Manifatturiero b) Edilizia c) Meccanica, inclusi i settori dell'Automotive e dei Trasporti d) Agroalimentare e) Medica f) Produzione energetica
2) Materiali per superfici e compositi attivi e intelligenti	5	Nanotecnologie, Materiali avanzati, Processi avanzati di fabbricazione, Biotecnologie, Fotonica, Micro- e nano elettronica	a) Diagnostica b) Manifatturiero c) Edilizia d) Agroalimentare
3) Materiali e nanotecnologie per il delivery di composti e principi attivi	5	Nanotecnologie, Materiali avanzati, Processi avanzati di fabbricazione, Biotecnologie, Fotonica, Micro- e nano elettronica	a) Medicina, Farmaceutica e Nutraceutica b) Alimentare e cosmetica c) Agricoltura
4) Tecnologie e materiali per la remediation ambientale	5	Nanotecnologie, Materiali avanzati, Processi avanzati di fabbricazione, Biotecnologie, Fotonica, Micro- e nano elettronica	a) Forestale e Agricoltura b) Oil & Gas e Minerario c) Edilizia e Urbanistica d) Chimico, Farmaceutico, Manifatturiero e Siderurgico e) Bonifiche ambientali
5) Tecnologie per recupero e la valorizzazione dei materiali in un'ottica di economia circolare	5	Nanotecnologie, Materiali avanzati, Processi avanzati di fabbricazione, Biotecnologie	a) Forestale, vivaistico, agricoltura e allevamento b) Agrindustria e Alimentare c) Manifatturiero e Chimico d) Edilizia e Urbanistica

¹⁴ Sono riassunte in tabella e riportate solo le roadmap che nella attività di analisi hanno conseguito le priorità di maggiore livello.

¹⁵ In allineamento con le politiche della Commissione Europea sono state considerate le cosiddette “Key Enabling Technologies” come tecnologie da applicare: nanotecnologie, materiali avanzati, biotecnologie, fotonica, micro e nanoelettronica e processi avanzati di fabbricazione. Si veda https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/key-enabling-technologies_en

Roadmap (titolo)	Ordine di priorità (scala 1-5)	Tecnologia implementata	Settore/ambito di applicazione
			e) Siderurgico f) Produzione energetica e) Settore trattamento rifiuti organici (Fanghi, FORSU, Digestati e Compost)
6) Materiali per la Stampa 3D	5	Nanotecnologie, Materiali avanzati, Processi avanzati di fabbricazione	a) Medica b) Meccanica fine c) Elettronica d) Edilizia e) Manifatturiero
7) Reti di competenza per Trasferimento e Servizio Tecnologico e Open Innovation	5	Nanotecnologie, Materiali avanzati, Processi avanzati di fabbricazione, Biotecnologie, Fotonica, Micro- e nano elettronica	Varie

4. Sintesi di ciascuna roadmap

Oltre che del percorso partecipativo messo appositamente in atto nel periodo giugno – novembre 2017, il processo di identificazione delle nuove roadmap strategiche proposte dal DT Materiali ha fatto anche tesoro delle attività di confronto e scambio a livello Europeo che la ASEV, soggetto Gestore del DT Materiali, sta conducendo assieme alla Regione Toscana attraverso il coordinamento di due network europei INTERREG sul tema:

- NMP-REG (Delivering Nanotechnologies, advanced Materials and Production to REGional manufacturing), con particolare riferimento alle roadmap 1 e 2;
- TANIA (TreAting contamination through NanoremedIAtion), con particolare riferimento alle roadmap 4 e 5.

4.1. Roadmap n. 1 - Materiali per superfici e compositi nanostrutturati ad alte prestazioni

Nell'ambito industriale è sempre più pressante la necessità di creare valore aggiunto nei prodotti da commercializzare: questo può avvenire mediante lo sviluppo di **superfici e materiali compositi con elevate proprietà protettive e funzionali** (ad esempio strutturali, anti-corrosive, anti-incendio, anti adesive, autopulenti, idrofobe, ottiche, magnetiche, autoriparanti, ecc.).

I materiali e le tecnologie di interesse nella Roadmap n. 1 porteranno trasversalmente a ricadute positive in vari ambiti di interesse: ad esempio, dall'ottimizzazione di coating con proprietà anti-fouling per la cantieristica navale, all'uso di molecole che mitigano gli effetti dei raggi UV in svariati settori che vanno dall'edilizia al packaging, dal nautico al tessile/conciario, allo sviluppo di materiali a base di cellulosa per dispositivi medicali usa-e-getta, con adeguate proprietà antibatteriche e meccaniche ecc. L'attenzione per la sostenibilità dei processi produttivi porterà ad includere materiali da fonti rinnovabili o di scarto, da ogni settore produttivo, nei materiali innovativi sviluppati.

4.2. Roadmap n. 2 - Materiali per superfici e compositi attivi e intelligenti

Da una parte i recenti sviluppi tecnologici, dall'altra la necessità industriale di rispondere a requisiti sempre più sfidanti in termini di qualità e funzionalità dei prodotti, ha portato alla nascita dei **prodotti «smart»** mediante sviluppo di **superfici e materiali compositi attivi**, e multi-funzionali, capaci cioè di interagire con l'ambiente esterno e/o subire modificazioni anche in risposta a stimoli chimici, fisici e meccanici.

Le superfici e i compositi di interesse per la Roadmap n. 2 possono essere basati su materiali molto diversi tra loro quali piezoceramici, leghe e polimeri a memoria di forma, materiali magnetici o elettroattivi, fibre ottiche o di carbonio, materiali termoelettrici o termo-attivi e infine polimeri e ceramici bioattivi e biomimetici, cioè che mimano il comportamento delle strutture biologiche per raggiungere caratteristiche complesse. L'area coinvolge in maniera interdisciplinare campi diversi delle scienze chimiche, fisiche, biologiche, elettroniche e dei materiali.

4.1. Roadmap n. 3 - Materiali e nanotecnologie per il delivery di composti e principi attivi

L'attività svolta negli anni scorsi nel mondo della ricerca nel campo dell'**incapsulamento, caricamento, targeting e rilascio di principi attivi** ha portato allo sviluppo di materiali e tecnologie sempre più efficienti ed a costi sempre più contenuti.

In particolare, i materiali oggetto della Roadmap n. 3 **stanno trovando applicazione in prodotti** da utilizzare nell'ambito della **medicina** e in particolare della **teranostica**, cioè lo sviluppo di nuove tecnologie mirate sia alla diagnosi precoce sia alla cura di numerose patologie (tumori, neuropatie, infezioni batteriche e virali ...) in modo combinato, della **nutraceutica e della farmacologia, del packaging alimentare e della cosmetica, del settore alimentare**, così come promettono interessanti applicazioni **in agricoltura** nel campo dei **fertilizzanti** e dei **fitofarmaci**. Nel packaging, organizzato su produzioni di più vasta scala, è importante che l'utilizzo di nanotecnologie possa avvenire preferenzialmente attraverso l'uso di tecnologie industriali tradizionali o mediante ridotta modifica delle stesse in modo da ridurre gli eventuali investimenti in un settore che ha margini di guadagno piuttosto limitati. Grazie a questi interventi i settori farmaceutici, alimentari e cosmetici (già ben radicati nel territorio regionale) potrebbero trarre enormi benefici dallo sviluppo di questa area; per l'agricoltura siamo ancora a livello di scommesse, ma le premesse sono particolarmente attraenti.

4.2. Roadmap n. 4 - Tecnologie e materiali per la remediation ambientale

Nuovi materiali (nano- e foto-catalizzatori, metalli nanostrutturati, sistemi organici o inorganici nanostrutturati) e tecnologie correlate possono essere cruciali per lo sviluppo di imprese nel campo della **remediation ambientale**, un mercato in continua espansione anche grazie alle spinte della politica e legislazione europee, come è evidente dalla tabella sottostante.

La roadmap n. 4 si focalizza sulla creazione di nuovi progetti industriali sul trattamento dell'aria (fotocatalisi, e filtri in materiali organici nanostrutturati), delle acque e del suolo (tecnologie innovative basate sullo sviluppo di catalizzatori e tecniche efficienti o sull'uso di nanomateriali ad assorbimento selettivo) e sullo sviluppo di materiali e tecnologie per il monitoraggio dell'inquinamento. I settori di applicazione sono diversi, tra cui l'agricoltura (esempio settore enologico), le foreste, l'oil & gas, il minerario e le bonifiche per rimuovere i contaminanti dal suolo e dalle falde acquifere, edilizia e urbanistica anche per il controllo e il monitoraggio dell'inquinamento dell'aria, i settori chimico e manifatturiero (es. lavorazione delle pelli, marmo, carta) e il siderurgico, per interventi di mitigazione e contenimento dell'inquinamento dovuto ai processi industriali.

4.3. Roadmap n. 5 - Tecnologie per recupero e la valorizzazione dei materiali in un'ottica di economia circolare

Il **riciclo dei materiali** di scarto da rifiuti solidi urbani (plastica, carta, vetro, alluminio, acciaio) e il recupero di metalli (preziosi e critici) e materiali da rifiuti speciali (rifiuti delle attività agri-food e manifatturiere, industria estrattiva, siderurgica, ecc.) fanghi da trattamento delle acque reflue urbane, e materiali da apparecchiature elettriche ed elettroniche, è un campo strategico da considerare, sia per le competenze presenti sia per la promozione da parte della comunità europea dell'**Economia Circolare**, approccio che incide sia su un mercato particolarmente rilevante come quello del riciclo e del trattamento dei rifiuti più in generale.

All'interno della Roadmap n. 5, nel campo del riciclo dei materiali da rifiuti solidi urbani meritano attenzione le tecnologie che permettono di attivare o migliorare il recupero e riciclo di frazioni complesse (anche attraverso interventi di progettazione in base al fine vita degli stessi prodotti immessi sul mercato) ed alle nuove tecnologie di selezione e separazione di frazioni residuali ad alto valore aggiunto. Per frazioni già separate l'utilizzo del nano-design e di nuovi processi può permettere la produzione di materiali a maggiore valore aggiunto, con espansione dei mercati basati sui materiali riciclati e recuperati.

4.4. Roadmap n. 6 - Materiali per la Stampa 3D

La **stampa 3D (o manifattura additiva)**¹⁶ sta portando ad una rivoluzione dell'industria manifatturiera: nel prossimo futuro si assisterà ad un passaggio da un modello centralizzato e fortemente localizzato ad un'industria "diffusa" dove potenzialmente ogni cittadino potrà diventare "produttore di beni".

La stampa 3D consente infatti la fabbricazione diretta di manufatti tridimensionali, precedentemente digitalizzati attraverso specifici software di modellazione. Nel corso degli ultimi tre decenni, sono state sviluppate una grande varietà di tecnologie di stampa 3D, che consentono di trasformare un' "idea" in un prototipo. Data l'estrema adattabilità e il rapido sviluppo di questa tecnologia, si potrà assistere nel breve periodo ad una rivoluzione trasversale in tutti i settori sia produttivi che non, dal manifatturiero al design, nel campo medico, dai servizi alle nuove tecnologie fino ai settori della meccanica fine, dell'elettronica e dell'edilizia. Una delle sfide sarà quella di rendere facile il passaggio da una funzione prototipale di questa tecnologia ad una più meramente produttiva.

La Roadmap n. 6 si focalizza sui materiali per la stampa 3D, le cui tecnologie sono estremamente diversificate. Si va dalla semplice ed economica tecnologia FDM ("Fuse Deposition Modelling"), che utilizza filamenti polimerici termoplastici fusi e risolidificati, alla tecnologia DLP, che usa resine polimeriche liquide fotopolimerizzate, alla tecnologia SLA (Stereolitografia 3D), che utilizza polveri polimeriche sinterizzate via laser, alle tecniche via laser o cannone elettronico che utilizzano polveri metalliche fuse o sinterizzate, alle tecnologie che utilizzano materiali ceramici in soluzione.

Ognuna di queste tecnologie richiede lo sviluppo di nuovi materiali che rispondano a esigenze differenziate: sostenibilità ambientale, possibilità di riciclo, alta rigidità e resistenza meccanica, conducibilità elettrica e termica, specifiche proprietà funzionali.

Contrariamente a quanto avviene per le tecnologie ed i materiali tradizionali, esisterà sicuramente nel mondo della stampa 3D una stretta relazione tra **sviluppo di nuovi materiali** e sviluppo di nuovi prodotti ed il territorio toscano non può non essere pronto a raccogliere questa opportunità. Sarà infine necessario **controllare e migliorare le proprietà dei materiali**, per esempio le caratteristiche morfologiche e di resistenza termo-meccanica dal momento che questo processo, in cui il materiale è depositato strato per strato, è diverso dalla stampa tradizionale, in cui il materiale da stampare è introdotto tutto insieme nello stampo. Sarà quindi fondamentale individuare tecnologie che permettano di produrre attraverso questo processo prodotti comparabili o migliorati rispetto agli stessi ottenuti dal processo di stampa tradizionale. Allo stesso modo, lo sviluppo di materiali stampabili innovativi (in particolare materiali compositi polimerici e ceramici) permetterà la realizzazione di manufatti con proprietà non ottenibili mediante l'utilizzo di materiali di partenza convenzionali, oltre a mantenere tutti i vantaggi dell'uso di sistemi per stampaggio 3D.

La Roadmap 6 ha impatto su diversi settori, tra cui il settore medicale, dove la stampa 3D offre evidenti vantaggi nel campo dei dispositivi biomedici, dell'ingegneria tissutale, dei materiali vetroceramici. La sua peculiare abilità di produrre pezzi singoli su misura o in pochi esemplari sulla base dei bisogni specifici del medico o del paziente, unita alla possibilità di variare il prodotto da paziente a paziente senza addizionali costi, rende questa tecnologia molto promettente per questo ambito. Nonostante le grosse potenzialità, molti sono ancora i problemi irrisolti riguardanti il regolatorio, la produzione in ambiente sterile e la necessità di realizzare materiali capaci di

¹⁶ Nel presente documento è stato utilizzato il termine di Stampa 3D piuttosto che di Manifattura Additiva (Additive Manufacturing), perché generalmente più immediatamente comprensibile per i potenziali stakeholder del documento, provenienti da settori diversi.

conservare proprietà fisiche e chimiche volute anche dopo il processo di stampaggio. Tra le tecnologie recentemente allo studio in questo settore in ambito europeo vi è il 3D bioprinting, cioè lo stampaggio di costrutti con cellule e/o proteine per la medicina rigenerativa.

La flessibilità e la capacità di ottenere disegni complessi è molto utile anche nei settori della meccanica fine e dell'elettronica. Infine la stampa 3D recentemente è stata impiegata a scopi dimostrativi nel campo dell'edilizia, in particolare nel utilizzo di impasti cementizi.

4.5. Roadmap n. 7 - Reti di competenza per Trasferimento e Servizio Tecnologico e Open Innovation

La roadmap verte sulla necessità di organizzare (e sostenere per un arco temporale sufficiente al consolidamento) **una rete di competenze regionali** che funzionino sia da tramite di **trasferimento tecnologico** delle realtà di eccellenza nella ricerca sui nuovi materiali e nanotecnologie presenti in Toscana, sia da **centro di servizi di avanguardia per lo sviluppo e la caratterizzazione dei materiali, supportando le aziende in un'ottica di "Open Innovation"**. I servizi di progettazione dei materiali potrebbero anche essere supportati dalla modellazione predittiva dei materiali, un'area di applicazione chiave dell'High-Performance Computing (HPC), strettamente legata al mercato unico digitale (DSM - Digital Single Market) come motore per la crescita. Infine, la caratterizzazione dei materiali dovrebbe prevedere, ove opportuno, prove volte alla valutazione dei rischi delle nuove tecnologie (nano-safety, nano-security) e aspetti di certificazione, ma soprattutto disponibilità di intervento su cicli di produzione in essere, in tempi più possibile rapidi, e disponibilità a svolgere un ruolo sia di problem solving su problemi di produzione, che di supporto allo sviluppo di nuovi materiali. Tale sistema integrato di servizi promuoverà l'innovazione e favorirà percorsi economicamente validi per nuove soluzioni tecnologiche per la produzione.

La Roadmap n.7 è indirizzata quindi a creare un sistema virtuoso per sfruttare al massimo gli investimenti fatti dagli atenei e dai Centri di Ricerca toscani, nonché dal MIUR e dalla Comunità Europea, in modo che possano funzionare realmente, oltre che per ricerca accademica di frontiera, da «open innovation hubs», cioè centri che richiamino imprese diverse per sviluppare insieme tecnologie, processi e nuovi materiali per prodotti e servizi. Il punto di forza di questa roadmap è che per dargli una realizzazione concreta non sono necessari forti investimenti, in quanto la parte hardware è già sufficientemente disponibile nei laboratori pubblici di ricerca, ma servono solo investimenti mirati, anche di dimensioni medio piccole purché certi e continuativi, per la creazione ed il mantenimento di figure che abbiano un taglio specifico ed una possibilità di continuità di impiego di almeno 5 anni. Tali figure non possono essere create con finanziamenti di ricerca che i singoli laboratori riescono ad ottenere, in quanto questi devono essere dedicati all'attività finanziata, ma devono essere specifiche, dedicate alla messa in rete ed alla gestione, verso l'esterno, con un meccanismo il più possibile a sportello, delle competenze presenti sul territorio regionale. Il raffinamento dei modi operativi, il consolidamento dei rapporti fiduciosi con le aziende, la conoscenza approfondita delle competenze presenti sul territorio, declinate in chiave applicativa per le differenti tipologie di materiali e processi, la creazione di una rete sempre più salda di azioni sinergiche di più attori, richiede tempo e la sicurezza di poter usufruire con continuità del personale formato. Tutto questo è anche un modo virtuoso per sfruttare al massimo gli investimenti fatti sulla ricerca pubblica, investimenti che raramente vengono sfruttati al massimo delle potenzialità o restano inattivi per piccoli problemi finanziari, per il mantenimento a fronte di importanti investimenti effettuati per l'acquisto di strumentazioni. Questa attività dovrebbe inoltre anche

creare un minimo di cash-flow che permetta ai laboratori pubblici il mantenimento in perfetta efficienza degli investimenti, spesso occasionali, effettuati, oltre ed essere un motore che spinga l'industria toscana verso sviluppo ed innovazione nel campo dei materiali e dei processi connessi. Le attività promosse dovrebbero contribuire attivamente alle iniziative europee pertinenti in corso, in particolare all'EMCC (*European Material Characterization Council*), all'EMMC (*European Modeling Materials Council*), ed all'*European Pilot Production Network* (EPPN), nonché ad altri cluster e reti europee simili.

Allegato I – Rappresentazione Grafica delle Roadmap

Il presente allegato include la rappresentazione grafica delle roadmap di sviluppo e di applicazione.

Nella maggior parte dei casi, i target identificati nelle roadmap presentano degli aspetti sia di sviluppo sia di applicazione e quindi per ogni roadmap è stata delineata sia una roadmap di sviluppo che di applicazione. Un'eccezione è costituita dalla roadmap n.7 che è soltanto applicativa.

Per ogni roadmap le attività sono state clusterizzate per vicinanza di obiettivi e tecnologie, nonché prossimità di livello di sviluppo e di applicazione. Ogni cluster è identificato dai riquadri bianchi con i contorni colorati e ha un titolo. Ogni cluster include una o più attività, identificate dai riquadri colorati che riportano un numero, corrispondente alla attività enumerata nella descrizione della roadmap.

Per ogni cluster di attività è stata analizzata la rilevanza rispetto ai diversi step della catena del valore: design e modellazione, materiali, processi e strumenti di fabbricazione, componenti, metrologia e caratterizzazione, sviluppo e integrazione componenti, prodotto finito, fine vita del prodotto (riciclo/ smaltimento)¹⁷.

Di solito un cluster è relativo a diversi step della catena del valore: tuttavia il focus delle attività è stato sottolineato dalla posizione dei riquadri colorati. Le frecce vicino ai riquadri stanno ad indicare che le attività presentano anche aspetti relativi agli altri step della catena del valore abbracciati dal cluster.

Il livello di sviluppo della tecnologia è rappresentato dal "Technology Readiness Level" (TRL) e il livello di applicazione della tecnologia è rappresentato dal "Manufacturing Readiness Level" (MRL)¹⁸, in allineamento con la tabella sottostante indicata dalla Regione Toscana. Per entrambi i

¹⁷ L'identificazione degli step della catena del valore è stata effettuata in allineamento con numerose Roadmap Europee sui nanomateriali e materiali avanzati, disseminati da piattaforme europee e progetti di ricerca Europei (e.s. NANOfutures, Value4Nano, FOFAM, AM-MOTION, FutureNanoNeeds).

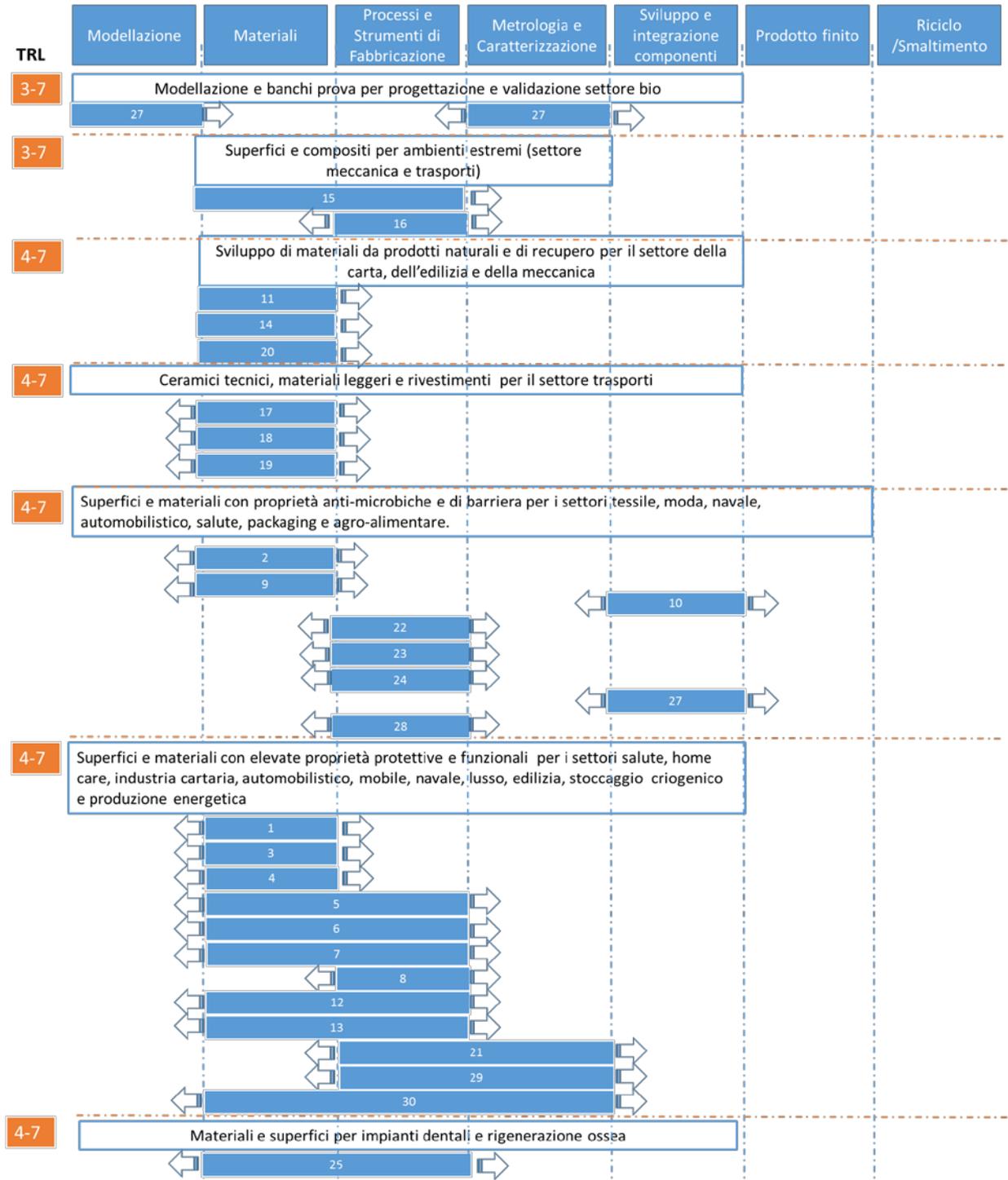
¹⁸ La tabella del TRL è in totale allineamento con il documento della Commissione allegato ai bandi di ricerca europea e disponibile per esempio in http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/other/wp/2016-2017/annexes/h2020-wp1617-annex-ga_en.pdf . Per la scala MRL (che va da 1 a 10) e la sua relazione con il TRL si veda anche il sito: <http://www.dodmrl.com/> .

parametri è stato fornito un valore iniziale (situazione corrente) e un valore finale (target da ottenere tramite l'implementazione dell'azione di ricerca e innovazione).

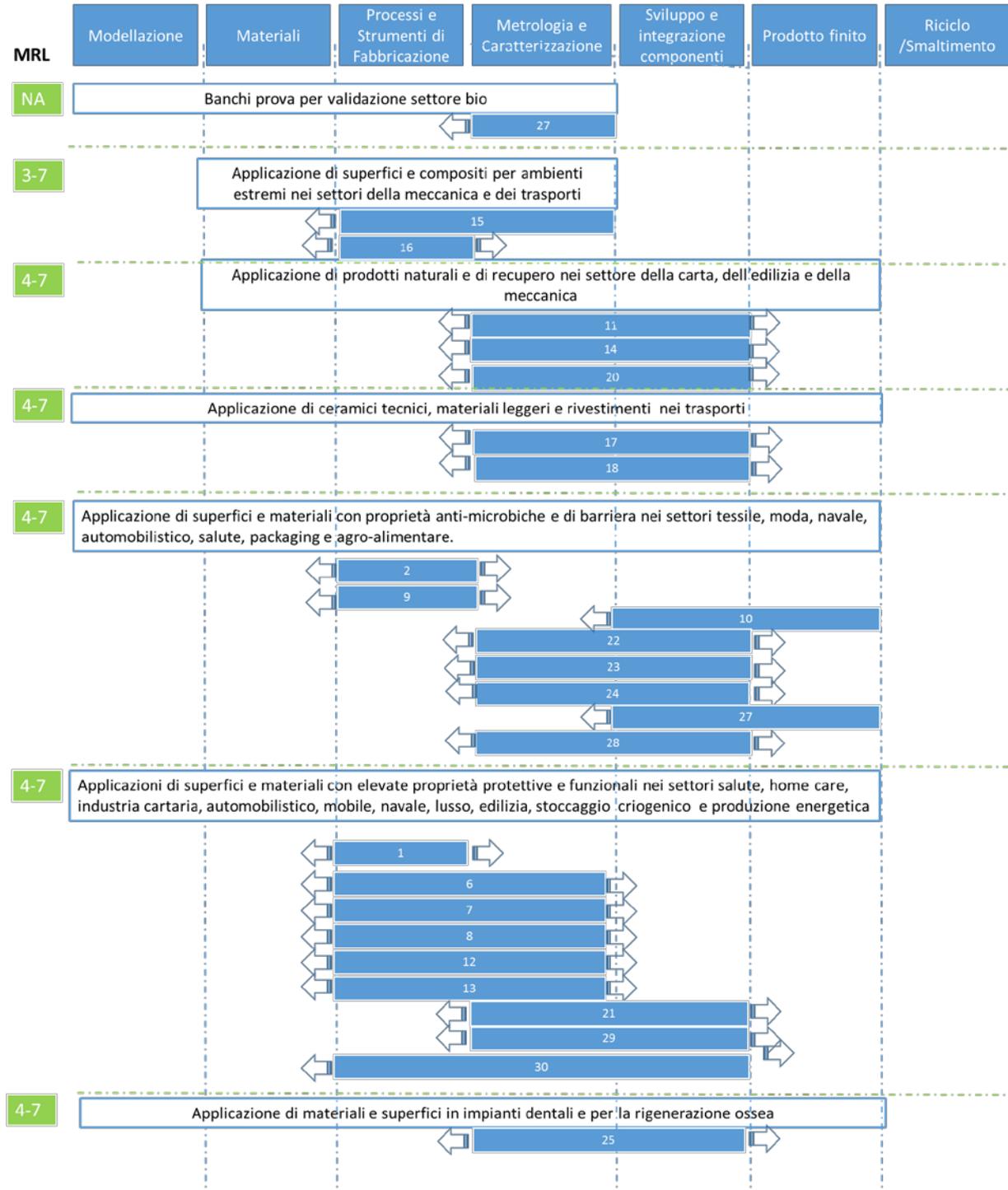
In alcuni casi di azioni applicative, ma non riconducibili strettamente ad aspetti di fabbricazione la scala MRL non è applicabile (MRL= "NA").

TRL1	Principi di base osservati	MRL1	Implicazioni manifatturiere di base individuate
TRL2	Concetto della tecnologia formulato	MRL2	Concetto di produzione identificato
TRL3	Prova sperimentale del concetto	MRL3	Sviluppo del proof of concept manifatturiero
TRL4	Validazione in laboratorio del concetto	MRL4	Capacità di produrre la tecnologia in ambiente di laboratorio
TRL5	Validazione della tecnologia nell'ambiente rilevante (ambiente rilevante industriale nel caso delle tecnologie chiave e abilitanti)	MRL5	Capacità di produrre componenti prototipali in ambiente idoneo alla produzione
TRL6	Dimostrazione nell'ambiente rilevante (ambiente rilevante industriale nel caso delle tecnologie chiave e abilitanti)	MRL6	Capacità di produrre un prototipo di sistema, o sottosistema, in ambiente idoneo alla produzione
TRL7	Dimostrazione nell'ambiente operativo	MRL7	Capacità di produrre sistemi, sottosistemi e componenti in un ambiente di simulazione della produzione
TRL8	Sistema completo e qualificato	MRL8	Linea pilota dimostrata. Possibilità di avviare la produzione a bassi regimi
TRL9	Sistema ormai finito e perfettamente funzionante in ambiente operativo (di produzione competitiva nel caso delle tecnologie chiave ed abilitanti, o nello spazio)	MRL9	Produzione in piccola scala; possibilità di avviare la produzione a regime
		MRL10	Produzione a regime e lean production in atto

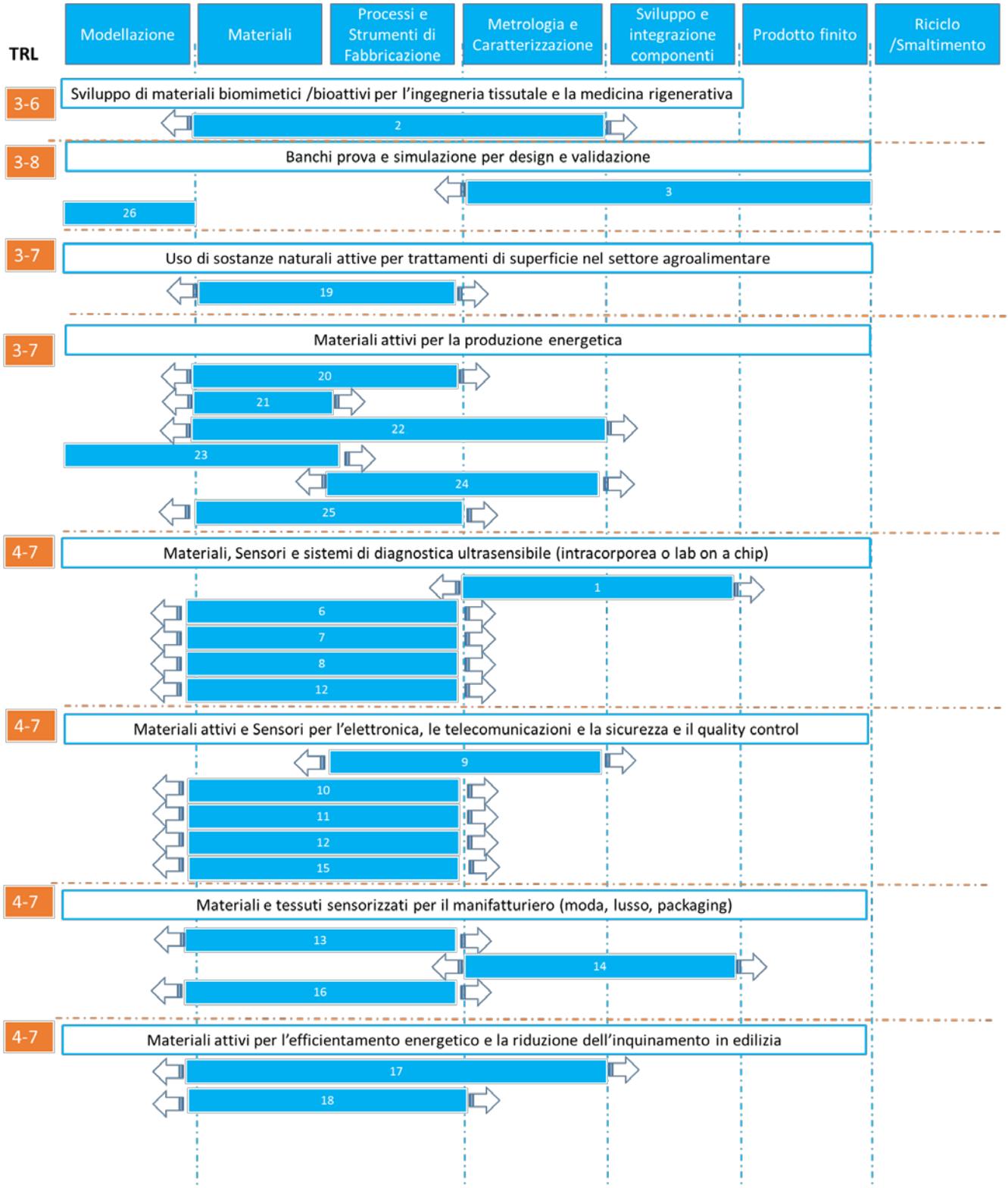
Roadmap 1 (sviluppo): Materiali per superfici e compositi nanostrutturati ad alte prestazioni



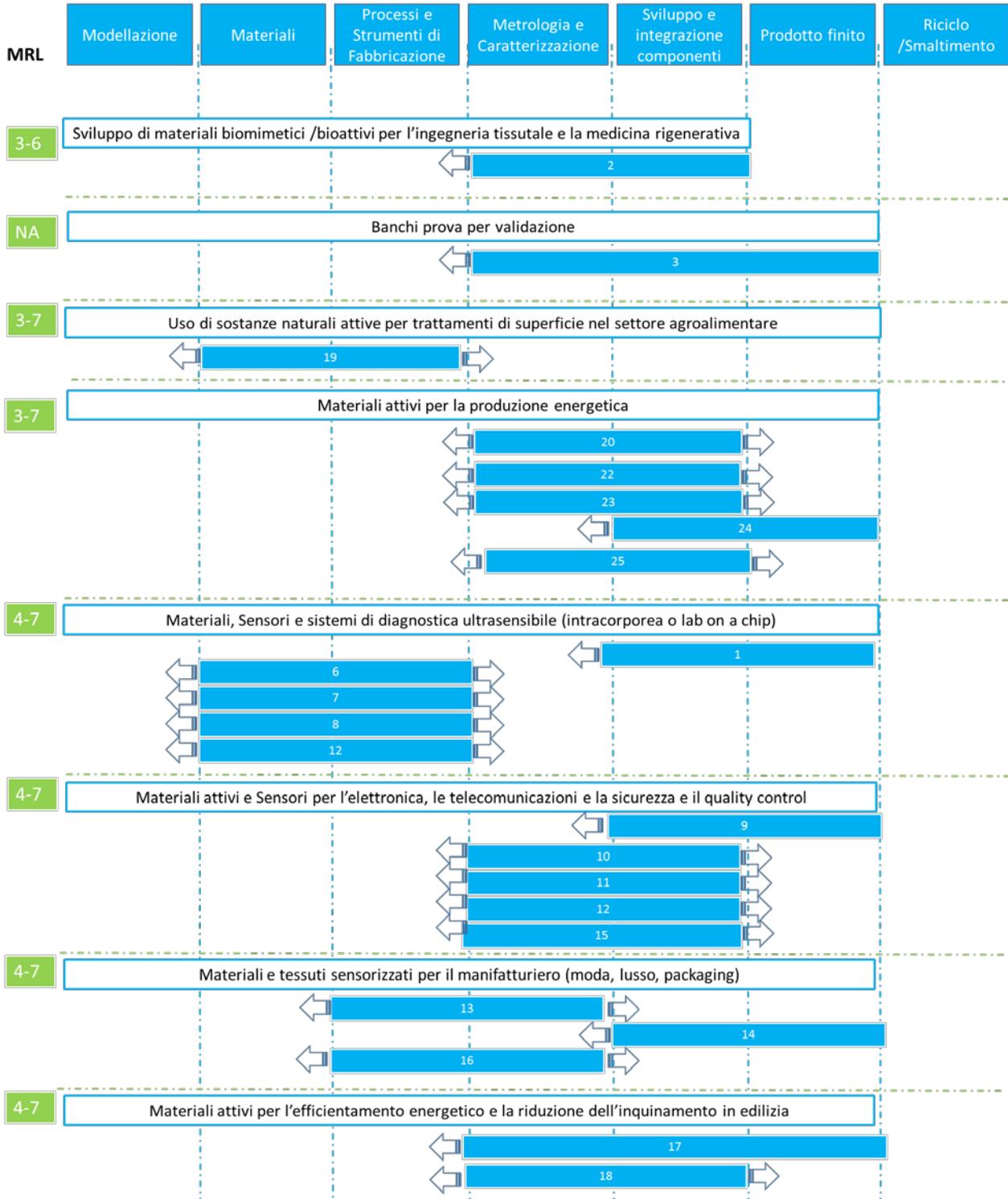
Roadmap 1 (applicazione): Materiali per superfici e compositi nanostrutturati ad alte prestazioni



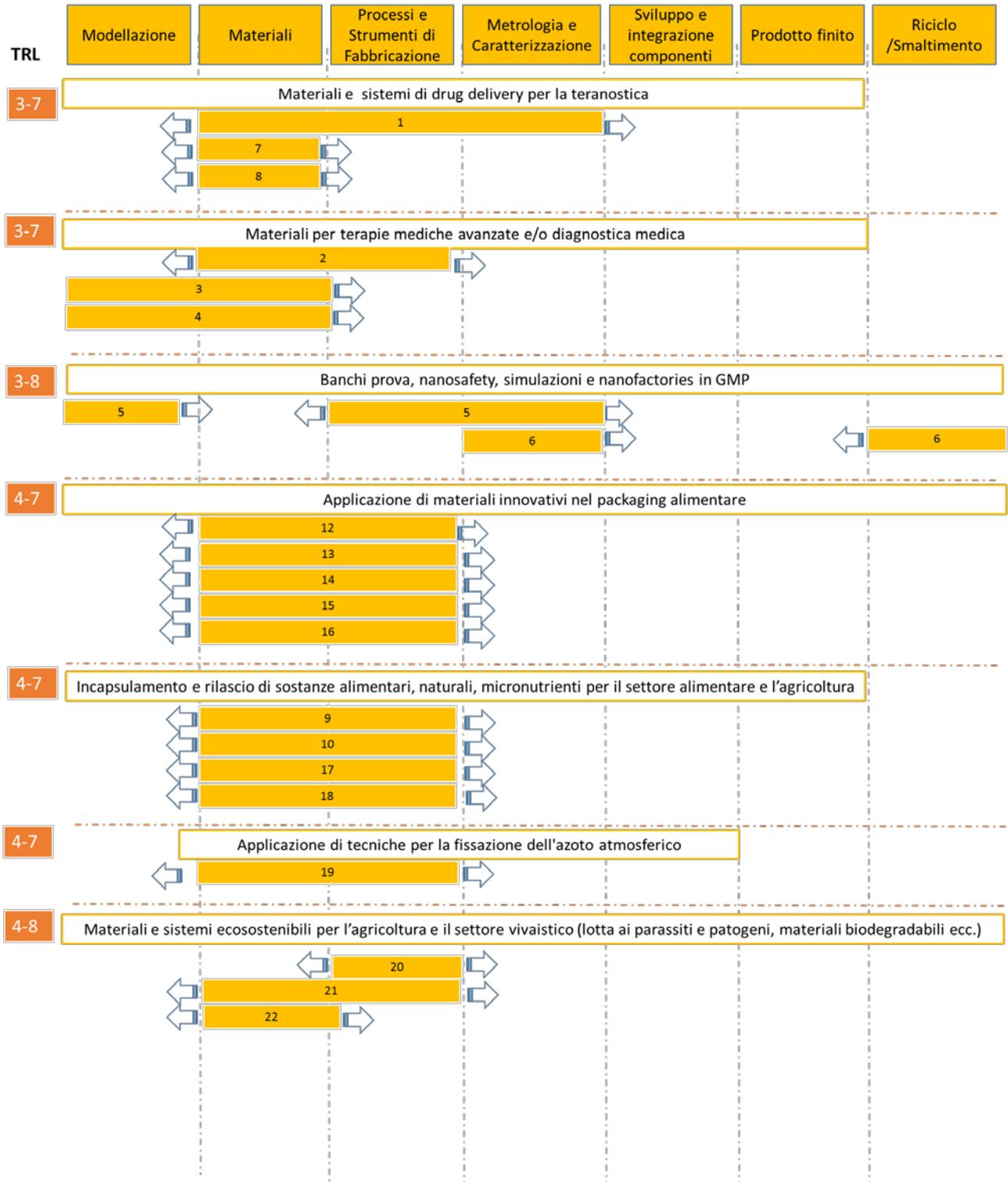
Roadmap 2 (sviluppo): Materiali per superfici e compositi attivi e intelligenti



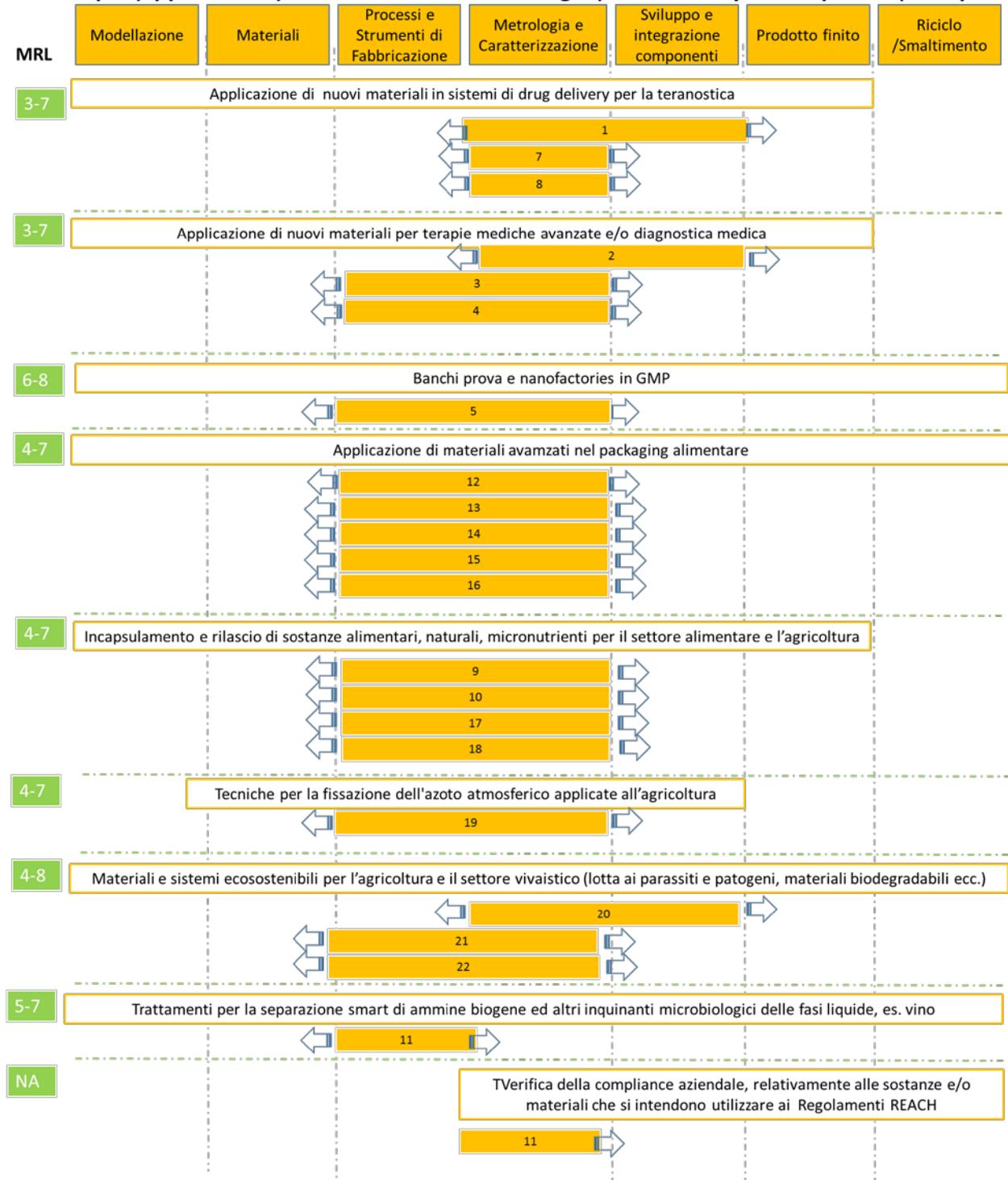
Roadmap 2 (applicazione): Materiali per superfici e compositi attivi e intelligenti



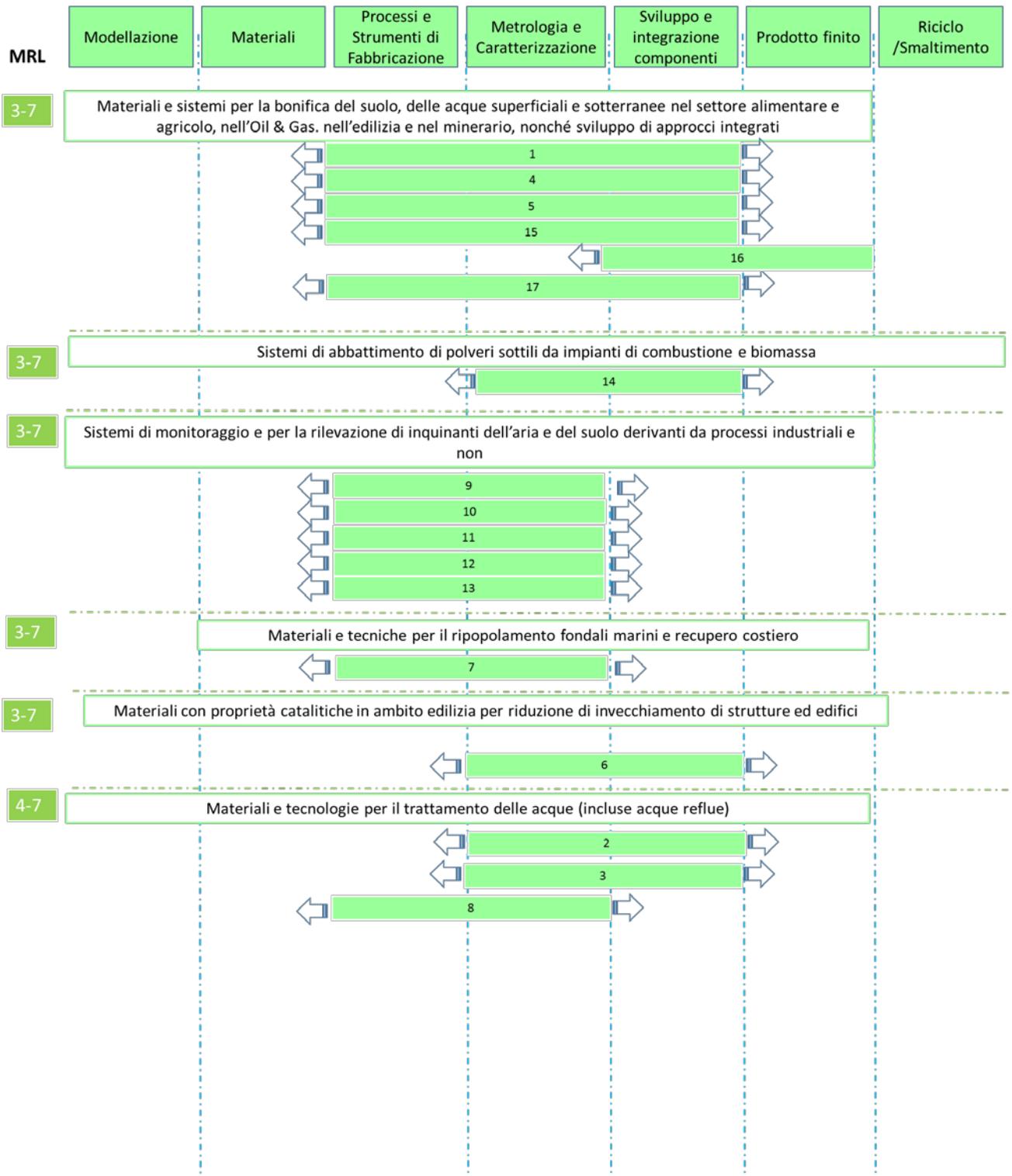
Roadmap 3 (sviluppo): Materiali e nanotecnologie per il delivery di composti e principi attivi



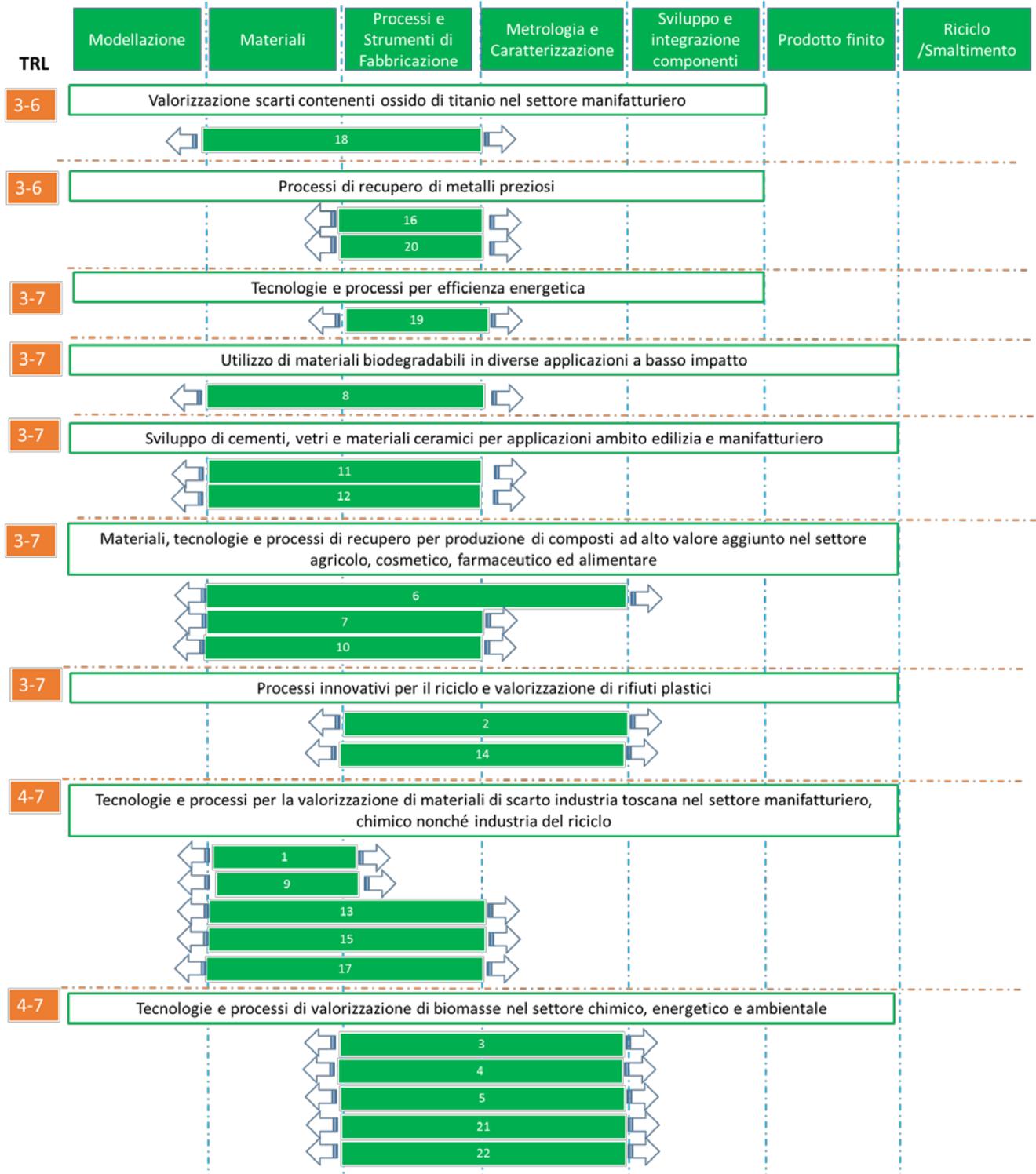
Roadmap 3 (applicazione): Materiali e nanotecnologie per il delivery di composti e principi attivi



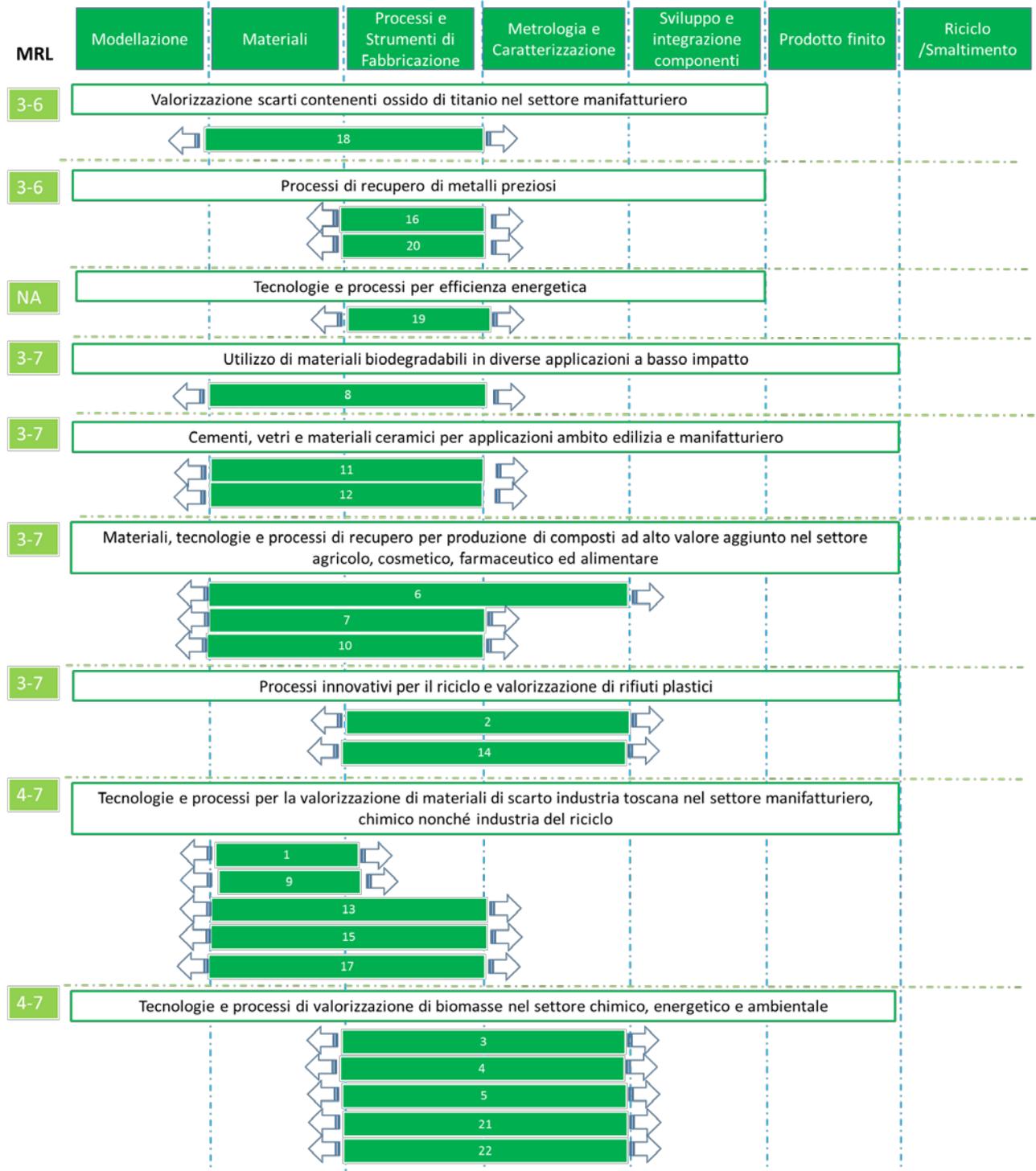
Roadmap 4 (applicazione): Tecnologie e materiali per la remediation ambientale



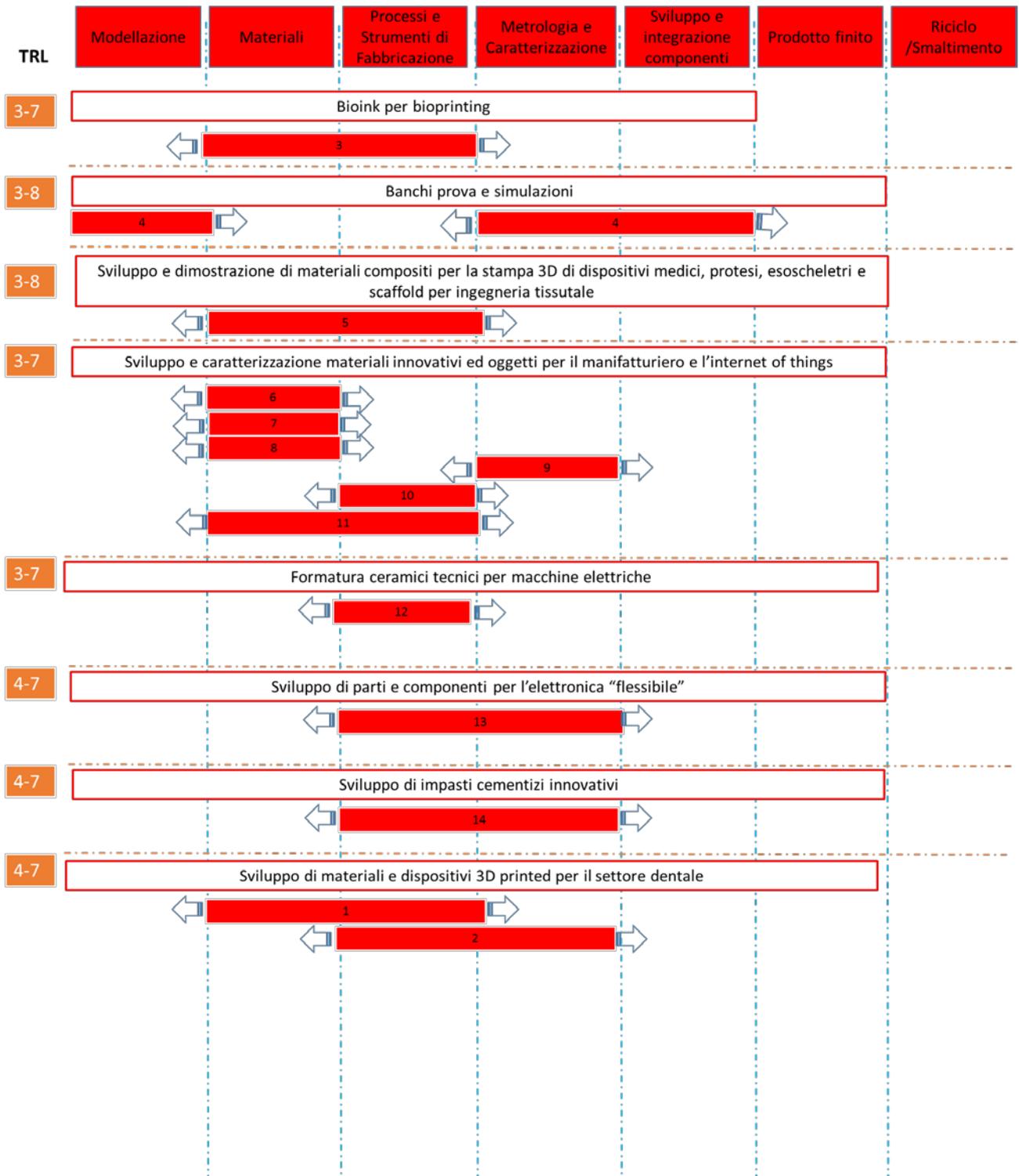
Roadmap 5 (sviluppo): Tecnologie per recupero e la valorizzazione dei materiali in un'ottica di economia circolare



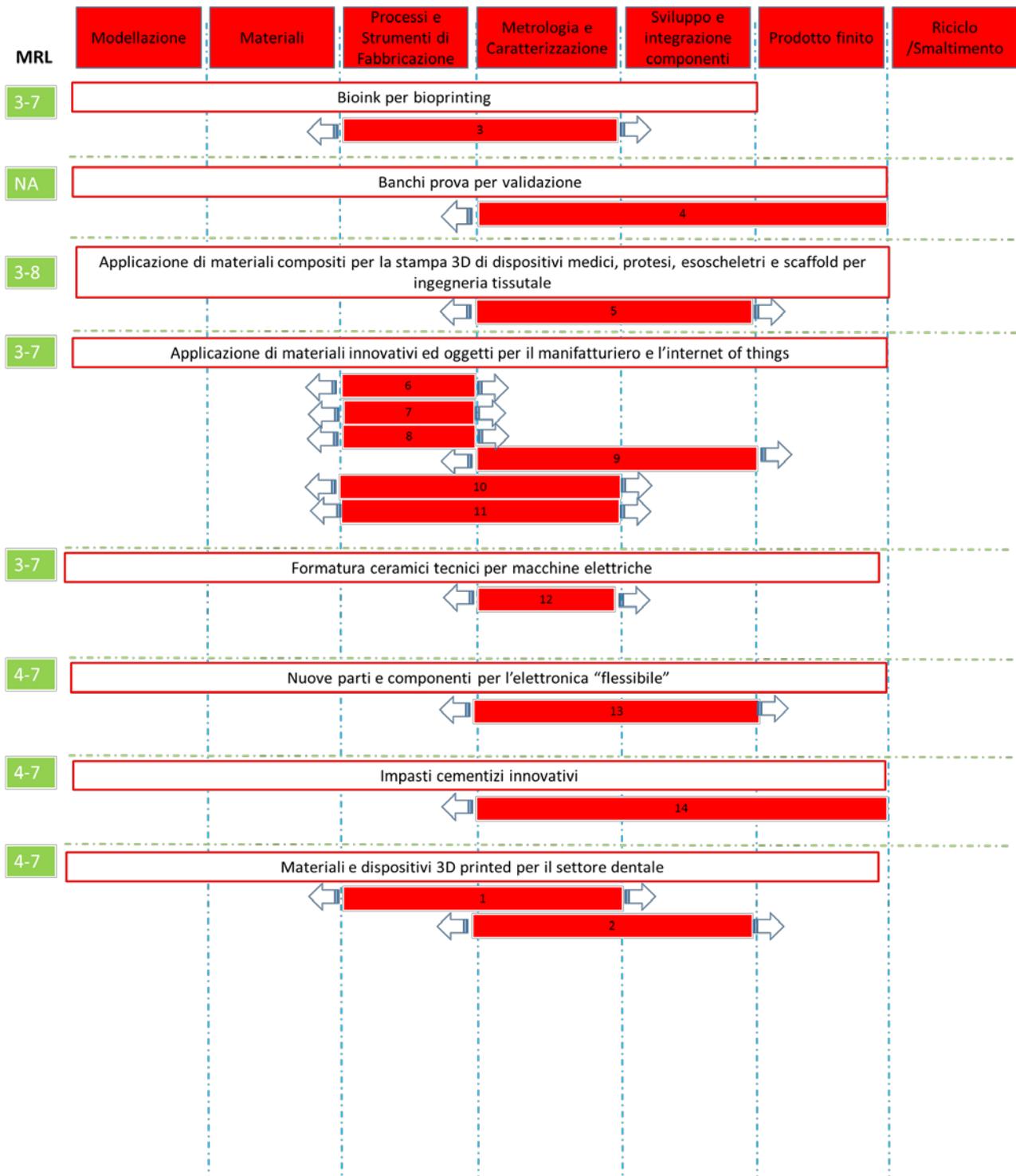
Roadmap 5 (applicazione): Tecnologie per recupero e la valorizzazione dei materiali in un'ottica di economia circolare



Roadmap 6 (sviluppo): Materiali per la Stampa 3D



Roadmap 6 (applicazione): Materiali per la Stampa 3D



Roadmap 7 (applicazione): Reti di competenza per Trasferimento e Servizio Tecnologico e Open Innovation

