





# Accordo Quadro Regione Lombardia / CNR

2013-2015



Autori:

**Armando De Crinito**

Direttore Generale Vicario della DG Attività Produttive, Ricerca e Innovazione di Regione Lombardia, con la carica di Presidente

**Massimiliano Di Bitetto**

Direttore *ff.* della Direzione Centrale  
Supporto alla Rete Scientifica e alle Infrastrutture del CNR

**Carlo Corti**

Dirigente della Struttura Ricerca, Innovazione e Trasferimento tecnologico della DG Attività Produttive, Ricerca e Innovazione di Regione Lombardia

**Emanuele Guerrini**

Tecnologo, Ufficio Supporto Programmazione Operativa (USPO) del CNR

**Giuseppe Magnifico**

Tecnologo, Ufficio Supporto Programmazione Operativa (USPO) del CNR

**Marta Rizzi**

Tecnologa, Ufficio Supporto Programmazione Operativa (USPO) del CNR

**Carmela Rundo**

Responsabile della PO "Governance e azioni di incentivazione della Ricerca, Innovazione e Trasferimento tecnologico" della DG Attività Produttive, Ricerca e Innovazione di Regione Lombardia

Si ringraziano per il supporto fornito nella redazione del volume:

Valerio Diego, Marta Di Folco, Giorgio Pezzali

# Sommario

<b>Premessa</b> .....	7
<b>Quadro d'insieme</b> .....	11
<b>FIDEAS</b>	
Fabbrica intelligente per la deproduzione avanzata e sostenibile .....	21
<b>INTEGRATE</b>	
Innovazioni Tecnologiche per una gestione razionale del tessuto edilizio .....	41
<b>RIPRENDO@home</b>	
Recupero post-Ictus: Piattaforma per la Riabilitazione Neuromotoria orientata al Domicilio .....	63
<b>SPACE4AGRI</b>	
Sviluppo di metodologie aerospaziali innovative di osservazione della Terra a supporto del settore agricolo in Lombardia .....	83
<b>SPAZI ESPOSITIVI PER LA RICERCA</b>	
Padiglione Italia EXPO 2015 .....	107
<b>FILAGRO</b>	
Strategie innovative e sostenibili per la filiera agroalimentare .....	123
<b>CARE-G</b>	
Una piattaforma di servizi per la cura della salute e la qualità della vita del cittadino anziano .....	157

**MbMM**

Metodologie di base per l'innovazione nella diagnosi e nella terapia  
di malattie multifattoriali ..... 181

**RSPPTech**

Ricerca e sviluppo di prodotti e piattaforme tecnologiche  
per la competitività dell'industria lombarda ..... 203

**SUSCHEM LOMBARDIA**

Prodotti e processi chimici sostenibili per l'industria lombarda ..... 223

**TECNOLOGIE E MATERIALI**

**PER L'UTILIZZO EFFICIENTE DELL'ENERGIA SOLARE** ..... 247

**SUSBIOREM**

Nuovi approcci e metodologie per un biorisanamento efficace  
e sostenibile di acque sotterranee contaminate da idrocarburi clorurati ..... 271

## Premessa

Il 16 luglio 2012 è stato sottoscritto il nuovo Accordo Quadro tra Regione Lombardia e Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) con una dotazione finanziaria complessiva di 20 milioni di Euro per il biennio 2013-2014 (equamente ripartita fra i due partner).

La finalità prioritaria dell'Accordo è stata quella di cooperare per l'attuazione di programmi di Ricerca e Sviluppo e valorizzazione del capitale umano finalizzati ai bisogni sociali ed economici della Regione Lombardia e con ricadute dirette sia sul territorio regionale sia sul sistema della ricerca.

Esso dà continuità al primo Accordo Quadro sottoscritto tra Regione e CNR nel luglio 2006 che, unico nel suo genere a livello nazionale, si è caratterizzato per la sua innovatività e ha rappresentato un positivo esempio di collaborazione tra la ricerca pubblica e un'amministrazione regionale.

Il primo Accordo Quadro, con una dotazione complessiva di 40 milioni di Euro, ha puntato a favorire la massima valorizzazione dei risultati scientifici raggiunti dal sistema della ricerca CNR in Lombardia e la loro trasformazione in innovazioni tecnologiche, su cui innestare la nascita e la crescita di imprese *high tech* sull'intero territorio regionale e nazionale. Nel febbraio 2008 sono state sottoscritte quattro convenzioni operative, inerenti quattro progetti di durata quinquennale, che si sono conclusi nel primo semestre del 2013, che erano riferiti alle tematiche dell'efficienza energetica, dell'agroalimentare, del manifatturiero lombardo e delle nanoscienze.

Importanti risultati sono stati conseguiti a conclusione dei quattro progetti in termini di nuove assunzioni (173 posizioni attivate, a fronte delle 142 previste, con 53 passate a contratti a tempo indeterminato presso il CNR, altri Enti pubblici di ricerca o aziende italiane ed estere), soluzioni tecnologiche, prototipi (35), brevetti (14), assetti sperimentali (8), pubblicazioni (134 articoli ISI), partecipazioni a competizioni, fiere, manifestazioni divulgative, comunicazioni a congressi e workshop.

La strategicità dell'Accordo, che è stato attuato in addizionalità di risorse e sforzi, è scaturita dall'impegno a sostenere azioni che potessero determinare ricadute positive sia in termini di rafforzamento della strumentazione che del capitale umano, garantendo l'inserimento dei giovani

nel sistema della ricerca e il trasferimento dei risultati ottenuti nel sistema produttivo lombardo. Questo approccio e le azioni che lo hanno concretizzato, hanno rappresentato senza alcun dubbio la migliore risposta al problema della "fuga dei cervelli" e una concreta opportunità di inserimento nel tessuto produttivo e scientifico della Regione per giovani laureati e tecnici.

Il risultato è stato l'attivazione di un vero e proprio circolo virtuoso, che ha visto la crescita di competenze scientifiche coerenti con le strategie regionali di sviluppo economico e sociale. Una sinergia tra la ricca e composita presenza del CNR in Lombardia e la Regione, con il CNR che si rafforza non soltanto in termini di infrastrutture (con circa il 17% delle risorse attivate a valere sull'Accordo, destinate a nuove attrezzature in dotazione agli Istituti CNR lombardi), ma soprattutto di nuove competenze fortemente legate ai principali settori produttivi di questo territorio.

Per dare attuazione concreta agli impegni presi con il nuovo Accordo Quadro, nel luglio 2013 sono state sottoscritte 12 convenzioni operative per altrettanti progetti. Le tematiche di ricerca vanno dalle Scienze della vita all'Energia, dall'Agrifood alla Fabbrica intelligente, dalle Tecnologie per le *Smart Communities* e per gli Ambienti di vita alla Chimica verde e all'Aerospazio. A ciò si aggiunga un progetto specifico dedicato agli "Spazi Espositivi per la ricerca - Padiglione Italia Expo 2015", con l'obiettivo di promuovere e dare visibilità alle eccellenze lombarde nel campo della ricerca sia durante lo svolgimento della manifestazione Expo Milano 2015 che, in una logica di continuità, nella fase post Expo.

In conclusione, la collaborazione avviata tra Regione Lombardia e il CNR con la sottoscrizione del primo Accordo Quadro, e tuttora in corso nell'ambito del secondo Accordo, si conferma come un vero e proprio *case study*, un esempio da studiare di accordo di collaborazione tra regioni e strutture pubbliche di ricerca, con l'obiettivo di fare sinergia e raccordare la politica nazionale e regionale nel favorire la massima valorizzazione dei risultati scientifici raggiunti dal sistema della ricerca e la loro trasformazione in innovazioni tecnologiche.

Se la ricerca e l'innovazione sono fattori determinanti per costruire un Paese competitivo, capace di crescita, di nuova occupazione e di garantire prospettive e benessere alle prossime generazioni, in un momento quale quello che viviamo, queste diventano una leva e un cardine imprescindibile intorno a cui progettare un futuro del Paese migliore.

Le dinamiche del cambiamento tecnologico, la rapida evoluzione e convergenza delle tecnologie abilitanti dischiudono nuove opportunità per la società, in termini di nuovi prodotti, nuovi servizi, nuovi mercati, nuovi settori produttivi, diverse modalità di organizzazione della produzione, delle istituzioni, dei servizi sociali ed in particolare della Pubblica Amministrazione.

In tale ottica diventa fondamentale perseguire una linea di azioni ed interventi coerente con le agende strategiche comunitarie, che consenta un'attiva partecipazione ed una convergenza con gli obiettivi di HORIZON 2020, il Programma Quadro europeo per la Ricerca e l'Innovazione per il periodo 2014/2020.

Per valorizzare questi spazi di opportunità e quindi il loro impatto sulla “mutazione strutturale” dei sistemi economici Regionali, assumono necessariamente rilevanza le operazioni strategiche inter-istituzionali (imprese, università, enti pubblici di ricerca) con valenza interdisciplinare ed internazionale, finalizzate ad integrare ricerca, formazione e innovazione.

La presente pubblicazione vuole fornire una rappresentazione complessiva delle 12 iniziative progettuali scaturite dal nuovo Accordo Quadro, in termini di obiettivi ed attività progettuali, partenariato di progetto, prodotti scientifici e applicativi attesi, previste ricadute sul territorio regionale (socio-economiche, occupazionali e in termini di dotazione tecnologica territoriale).

Certi che insieme si è più forti, si massimizzano gli sforzi e si crea maggior massa critica, grande infine l’auspicio che questo modello di collaborazione tra un ente di ricerca ed un’amministrazione pubblica possa trovare piena realizzazione anche in altre realtà regionali italiane.



# Quadro d'insieme

## Introduzione

Il nuovo Accordo Quadro tra Regione Lombardia e CNR, sottoscritto nel luglio 2012, ha come finalità principale quella di cooperare per l'attuazione di programmi di Ricerca e Sviluppo e valorizzazione del capitale umano finalizzati ai bisogni sociali ed economici della Regione e con ricadute dirette sia sul territorio regionale sia sul sistema della ricerca.

In particolare, le Parti hanno condiviso come obiettivo di incrementare e migliorare l'attrattività e l'integrazione nazionale e internazionale del territorio lombardo in settori avanzati della ricerca e sviluppo, contribuendo alla valorizzazione del capitale umano lombardo, al miglioramento delle eccellenze e delle strutture del territorio dedicate alla ricerca e al rafforzamento della capacità di produrre innovazione e trasferimento tecnologico alle imprese.

L'impegno finanziario è quantificato, per il biennio 2013-2014, in 10 milioni di Euro per Ente, fatta salva la possibilità di risorse finanziarie aggiuntive a seguito di eventuali e ulteriori finanziamenti provenienti da altri enti istituzionali, Commissione Europea, Ministeri, altre Regioni, Università, Organismi di Ricerca o da altri soggetti interessati.

La definizione dei temi programmatici sui quali concentrare la collaborazione è affidata ad un Comitato di Indirizzo Strategico, istituito ai sensi dell'articolo 4 dell'Accordo Quadro e composto da sei membri (tre nominati dal Presidente della Regione e tre nominati dal Presidente del CNR). Detto Comitato ha altresì il compito di monitorare il generale andamento dell'Accordo Quadro, l'adeguatezza e l'efficacia degli strumenti attuativi e la loro rispondenza agli obiettivi dell'Accordo stesso.

Componenti in carica del Comitato di Indirizzo Strategico sono:

- Armando De Crinito, Direttore Generale Vicario della DG Attività Produttive, Ricerca e Innovazione di Regione Lombardia, con la carica di Presidente;
- Andrea Gibelli, Direttore Generale *pro tempore* della DC Programmazione Integrata e Finanza di Regione Lombardia;
- Roberto Albonetti, Direttore Generale della DG Attività Produttive, Ricerca e Innovazione di Regione Lombardia;

- Maria Cristina Messa, Vicepresidente e Componente del Consiglio di Amministrazione del CNR;
- Vico Valassi, Componente del Consiglio di Amministrazione del CNR;
- Massimiliano Di Bitetto, Direttore *ff.* della Direzione Centrale Supporto alla Rete Scientifica e alle Infrastrutture del CNR.

## La genesi dei progetti di ricerca

L'individuazione delle progettualità da finanziare nell'ambito della nuova collaborazione tra Regione Lombardia e CNR è avvenuta tramite un avviso pubblico rivolto a tutti gli istituti lombardi del CNR, aperto il 21 gennaio 2013 e con una dotazione finanziaria di 19,5 milioni di Euro, per la presentazione di proposte progettuali per l'attuazione di programmi di ricerca, sviluppo e valorizzazione del capitale umano con ricadute dirette sul territorio lombardo.

Su deliberazione del Comitato di Indirizzo Strategico, i restanti 500.000 Euro, a valere sull'impegno complessivo dell'Accordo Quadro pari a 20 milioni di Euro, sono stati destinati ad uno specifico progetto, denominato "Spazi Espositivi per la Ricerca – Padiglione Italia Expo 2015", con l'obiettivo di promuovere e dare visibilità alle eccellenze lombarde nel campo della ricerca sia durante lo svolgimento della manifestazione Expo Milano 2015 sia, in una logica di continuità, nella fase post Expo, sfruttando l'opportunità offerta dalla collaborazione tra Regione Lombardia e CNR.

Le condizioni specifiche di partecipazione al suddetto avviso pubblico erano:

- i beneficiari dell'iniziativa potevano essere solo gli Istituti del CNR aventi sede operativa in Lombardia;
- uno stesso progetto di ricerca doveva essere presentato e realizzato congiuntamente da almeno due Istituti del CNR, pena l'inammissibilità;
- ciascun Istituto del CNR poteva essere coinvolto al massimo in tre proposte relative a progetti di ricerca;
- i progetti di ricerca, con una durata massima di 24 mesi e un importo compreso tra 1,5 e 3 milioni di Euro (di cui il 50% a carico di Regione Lombardia), dovevano:
  - riguardare, a pena di inammissibilità, le aree strategiche e prioritarie di cui alle DGR n. 1134/2010 e IX/2011/1718 – relative all'Accordo di Programma Regione Lombardia-MIUR – e IX/4293/2012 legate allo sviluppo dei Cluster Tecnologici regionali e nazionali;
  - prevedere la collaborazione scientifica e tecnologica tra Istituti del CNR e/o altri attori della ricerca anche internazionali con ricadute e impatto diretto anche sul sistema imprenditoriale;
  - contribuire alla diffusione della cultura scientifica e tecnologica ed essere orientati alla formazione e al trasferimento tecnologico;
  - essere realizzati in Lombardia e presentare ricadute e nuove opportunità di sviluppo per il territorio lombardo nel caso di progetti internazionali.

Allo scadere dei termini di presentazione delle domande (21 febbraio 2013), le undici proposte progettuali pervenute, per un importo complessivo pari a Euro 27.383.974, sono risultate formalmente ammissibili alla successiva fase di valutazione di merito, che ha visto il coinvolgimento del Consiglio Scientifico<sup>1</sup> del CNR per ciò che riguarda la valutazione della qualità tecnico-scientifica dei progetti in termini di:

- innovatività rispetto all'esistente, trasferibilità e esemplarità (livello della descrizione dello stato dell'arte nel settore, potenziale progresso rispetto allo stato dell'arte e potenziale trasferibilità ed utilizzo dei risultati nel mercato);
- coerenza e qualità progettuale (congruità degli elementi progettuali per il conseguimento degli obiettivi previsti, congruità dei tempi di realizzazione e qualità del team di progetto),
- contenuti tecnico-scientifici (fattibilità della proposta progettuale: analisi dei contenuti e originalità e qualità della proposta progettuale rispetto all'approccio metodologico).

Il Comitato di Indirizzo dell'Accordo Quadro ha provveduto, invece, a valutare le proposte progettuali in termini di ricadute sul territorio lombardo e fattibilità finanziaria delle proposte. Nello specifico sono stati utilizzati i seguenti criteri di valutazione:

- contributo ai temi strategici della politica regionale nel caso di progetti trasversali a più tematiche (cluster, distretti tecnologici, ecc.) o coinvolti nei progetti dei cluster tecnologici regionali;
- attivazione di nuovi contratti e nuove assunzioni (assegnisti inclusi);
- contributo ai rapporti istituzionali tra Lombardia e Paesi/Regioni esteri del World Regions Forum - WRF (<http://www.worldregionsforum.org/content/regions>) o alla promozione delle eccellenze in ambito Expo 2015;
- contributo alla creazione di network di eccellenza e alla collaborazione scientifica e tecnologica internazionale;
- ricaduta del progetto sul sistema imprenditoriale;
- adeguamento delle misure di disseminazione e sfruttamento dei risultati;
- adeguamento delle risorse da utilizzare (budget): coerenza e pertinenza del piano dei costi proposto rispetto ai contenuti del progetto;
- coerenza e correttezza del piano finanziario: coerenza e correttezza delle fonti di copertura dei costi del progetto e eventuale presenza di altri co-finanziatori.

La tabella seguente riporta gli ambiti e i criteri di valutazione, con relativo punteggio da attribuire, utilizzati nella procedura di valutazione dei progetti presentati dal CNR in risposta all'avviso pubblico di cui all'Accordo Quadro sottoscritto il 16 luglio 2012.

<sup>1</sup> Il Consiglio Scientifico del CNR è un organo previsto dall'articolo 8 dello Statuto del CNR con funzioni propositive di visione strategica e consultive in materia di programmazione. È formato da dieci componenti scelti dal Consiglio di amministrazione nell'ambito di una rosa di candidati espressa da un Comitato di Selezione di esperti nominato su indicazione di primarie istituzioni di ricerca di livello internazionale e associazioni di categoria del mondo imprenditoriale ed economico.

▼ Tab. 1 Ambiti e criteri di valutazione

AMBITI DI VALUTAZIONE	CRITERI DI VALUTAZIONE	PUNTEGGIO DA ATTRIBUIRE
QUALITÀ DEI PROGETTI	Innovatività rispetto all'esistente, trasferibilità e esemplarità	0-15
	Coerenza e qualità progettuale	0-15
	Coerenza e qualità progettuale	0-20
IMPATTO SUL TERRITORIO	Contributo ai temi strategici della politica regionale	0-5
	Attivazione di nuovi contratti e nuove assunzioni	0-10
	Contributo ai rapporti istituzionali tra Lombardia e paesi/Regioni esteri del WRF o alla promozione delle eccellenze in ambito Expo 2015	0-5
	Contributo alla creazione di network di eccellenza e alla collaborazione scientifica e tecnologica internazionale	0-10
	Ricaduta del progetto sul sistema imprenditoriale	0-5
	Adeguamento delle misure di disseminazione e sfruttamento dei risultati	0-5
FATTIBILITÀ FINANZIARIA	Adeguamento delle risorse da utilizzare (budget)	0-5
	Coerenza e correttezza del piano finanziario	0-5

Conclusasi la fase di valutazione di merito, tutti ed undici i progetti sono risultati ammessi al finanziamento, previa rideterminazione del costo complessivo dei singoli progetti, e conseguentemente del relativo importo dell'intervento finanziario concedibile dalla Regione, attraverso un taglio lineare a tutti i progetti inversamente proporzionale alla qualità complessiva degli stessi.

Al termine della fase di rideterminazione dei costi, l'importo complessivo di tutti i progetti ammessi a finanziamento è risultato essere pari a Euro 19.455.212, con una riduzione percentuale di circa il 30% rispetto al budget totale presentato in risposta all'avviso pubblico.

In considerazione del fatto che non tutte le risorse stanziare sull'avviso (pari a 19,5 milioni di Euro) risultavano esaurite, il Comitato di Indirizzo Strategico ha altresì approvato di destinare gli importi residui all'attivazione di una specifica borsa di studio e ricerca in affiancamento al team del progetto "Spazi Espositivi per la Ricerca – Padiglione Italia Expo 2015", implementando quindi il contributo a carico sia della Regione sia del CNR per la realizzazione del progetto ad Euro 272.394. A detti importi si è affiancato un cofinanziamento aggiuntivo a carico di Unioncamere Lombardia pari a Euro 250.000, portando così il costo complessivo del progetto ad Euro 794.788.

## Le Convenzioni operative e i Progetti di ricerca

A dare quindi attuazione concreta agli impegni dell'Accordo da luglio 2013 sono dodici convenzioni operative, relative ad altrettanti progetti di ricerca di durata biennale.

Dette convenzioni, tramite il piano operativo di attuazione del programma, stabiliscono i criteri e le procedure che regolano gli impegni reciproci delle Parti, l'articolazione delle azioni in cui si sviluppa il relativo progetto, i tempi di esecuzione e la ripartizione dei costi tra i soggetti partecipanti.

La tabella seguente riporta la lista dei dodici progetti finanziati con indicazione del cluster tecnologico nazionale di riferimento (come individuato nel Decreto Direttoriale MIUR del 30 maggio 2012, n. 257 "Avviso per lo sviluppo e il potenziamento di *cluster* tecnologici nazionali" e s.m.i.), del costo totale del progetto (IVA inclusa) e del Dipartimento CNR firmatario la convenzione operativa.

▼ Tab. 2 I dodici progetti di ricerca

NOME PROGETTO	CLUSTER TECNOLOGICO NAZIONALE	COSTO (€)	DIPARTIMENTO CNR
<b>INTEGRATE</b> (Innovazioni Tecniche per una Gestione Razionale del Tessuto Edilizio)	Tecnologie per le smart communities	1.949.220	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
<b>SPACE4AGRI</b> (Sviluppo di Metodologie Aerospaziali Innovative di Osservazione della Terra a supporto del settore agricolo in Lombardia)	Aerospazio	1.374.750	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
<b>FIDEAS</b> (Fabbrica Intelligente per la DE-produzione Avanzata e Sostenibile)	Fabbrica intelligente	2.100.000	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
<b>RIPRENDO@home</b> (Recupero post-ictus: Piattaforma per la Riabilitazione Neuromotoria orientata al DOMicilio)	Tecnologie per gli ambienti di vita	2.049.596	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
<b>SUSCHEM LOMBARDIA</b> (Prodotti e processi chimici sostenibili per l'industria lombarda)	Chimica verde	1.469.302	Scienze chimiche e tecnologie dei materiali
<b>MbMM</b> (Metodologie di base per l'innovazione nella diagnosi e nella terapia di Malattie Multifattoriali)	Scienze della vita	1.950.000	Scienze biomediche
<b>RSPPTech</b> (Ricerca e Sviluppo di prodotti e piattaforme tecnologiche per la competitività dell'industria Lombarda)	Scienze della vita	1.751.828	Scienze chimiche e tecnologie dei materiali
<b>CARE-G</b> (Una piattaforma di servizi per la cura della salute e la qualità della vita del cittadino anziano)	Tecnologie per le smart communities	1.211.672	Scienze biomediche
<b>SUSBIOREM</b> (Nuovi approcci e metodologie per un biorisanamento efficace e sostenibile di acque sotterranee contaminate da idrocarburi clorurati)	Tecnologie per le smart communities	968.780	Scienze del sistema terra e tecnologie per l'ambiente
<b>FILAGRO</b> (Strategie innovative e sostenibili per la filiera agroalimentare)	Agrifood	2.245.052	Scienze bio-agroalimentari
<b>TECNOLOGIE E MATERIALI PER L'UTILIZZO EFFICIENTE DELL'ENERGIA SOLARE</b>	Energia	2.385.012	Scienze fisiche e tecnologie della materia
<b>EXPO 2015</b> (Spazi espositivi per la ricerca – Padiglione Italia EXPO 2015)*	Altro	794.788*	Scienze bio-agroalimentari

\* Il progetto prevede, oltre agli importi messi a disposizione da Regione Lombardia e CNR, un cofinanziamento aggiuntivo a carico di Unioncamere Lombardia per Euro 250.000.

## Le risorse finanziarie

La tabella seguente riporta un quadro sinottico degli impegni finanziari assunti tra le Parti, con il dettaglio delle singole voci di spesa, i limiti percentuali previsti e il peso percentuale delle singole voci di spesa.

▼ **Tab. 3** Piano finanziario complessivo (IVA compresa)

VOCE DI SPESA	LIMITE PERCENTUALE	IMPORTI (€)	PESO PERCENTUALE
A1) Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato (ricercatori, tecnici e altro personale ausiliario)	massimo 30% del totale	5.903.061	30
A2) Personale di ruolo con contratto a tempo determinato (ricercatori, tecnici e altro personale ausiliario)	minimo 20% delle spese di personale (A1 + A2)	7.026.668	35
A1 + A2	minimo 30% del totale	12.929.729	65
B) Spese di formazione	massimo 5% delle spese di personale (A1 + A2)	90.876	1
C) Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione (costi di ammortamento corrispondenti al ciclo di vita del progetto)	massimo 35% (20% per leasing) del totale	468.102	2
D) Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	massimo 20% del totale	584.812	3
E) Spese di pubblicizzazione	massimo 5% del totale	168.810	1
F) Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	massimo 30% del totale	1.915.192	9
G) Spese generali supplementari direttamente imputabili all'attività di ricerca	massimo 30% delle spese di personale (A1 + A2)	3.842.479	19
<b>TOTALE</b>		<b>20.000.000</b>	<b>100</b>

## I soggetti partecipanti

Il CNR vede impegnati nella realizzazione del secondo Accordo Quadro con Regione Lombardia un totale di 24 Istituti attivi sul territorio lombardo, afferenti a tutti e 7 i Dipartimenti del CNR.

## Le attività di coordinamento e monitoraggio

Le attività di coordinamento e di vigilanza e supervisione sull'attuazione dei progetti sono garantite dal costante lavoro di cinque principali soggetti:

- **Comitato di Indirizzo Strategico dell'Accordo Quadro**, con il compito di monitorare il generale andamento dell'Accordo, l'adeguatezza e l'efficacia degli strumenti attuativi e la loro rispondenza agli obiettivi dello stesso;
- **Responsabile delegato all'attuazione delle dodici convenzioni operative**, nominato dal Presidente del CNR e referente unico per Regione Lombardia della corretta attuazione procedimentale, amministrativa e contabile delle convenzioni stesse, nella persona del Dott. Massimiliano Di Bitetto, Direttore *ff.* della Direzione Centrale Supporto alla Rete Scientifica e alle Infrastrutture del CNR;
- **Direttore di Dipartimento CNR firmatario la convenzione operativa**, capofila del progetto presentato congiuntamente con gli altri Istituti del CNR;
- **Responsabile scientifico del progetto**, incaricato della gestione scientifica del relativo progetto e nominato dal Direttore del Dipartimento CNR firmatario la convenzione operativa;
- **Segreteria operativa dell'Accordo Quadro**, con composizione mista Regione Lombardia (Struttura Ricerca, Innovazione e Trasferimento Tecnologico della DG Attività Produttive, Ricerca e Innovazione) e CNR, con il compito di organizzare e supportare le riunioni del Comitato di Indirizzo Strategico e dare attuazione alle conseguenti deliberazioni/provvedimenti amministrativi, fornire adeguata assistenza gestionale, tecnica ed amministrativa ai soggetti esecutori delle iniziative progettuali, garantire una costante e biunivoca interlocuzione tra la rete scientifica del CNR (Istituti e Dipartimenti) e i competenti Uffici di Regione Lombardia, organizzare e supportare lo svolgimento di eventi pubblici di informazione e diffusione dei risultati conseguiti dai dodici progetti in corso di realizzazione, ecc.

▼ Tab. 4 Istituti CNR coinvolti e Dipartimenti CNR di afferenza

NOME ISTITUTO	ACRONIMO ISTITUTO	DIPARTIMENTO DI AFFERENZA
Istituto di ricerca sull'impresa e lo sviluppo	CERIS	Scienze umane e sociali, patrimonio culturale
Istituto di biologia e biotecnologia agraria	IBBA	Scienze bio-agroalimentari
Istituto di biofisica	IBF	Scienze fisiche e tecnologie della materia
Istituto di bioimmagini e fisiologia molecolare	IBFM	Scienze biomediche
Istituto di chimica del riconoscimento molecolare	ICRM	Scienze chimiche e tecnologie dei materiali
Istituto per la dinamica dei processi ambientali	IDPA	Scienze del sistema terra e tecnologie per l'ambiente
Istituto di elettronica e di ingegneria dell'informazione e delle telecomunicazioni	IEIIT	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
Istituto per l'energetica e le interfasi	IENI	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
Istituto di fisiologia clinica	IFC	Scienze biomediche
Istituto di fotonica e nanotecnologie	IFN	Scienze fisiche e tecnologie della materia
Istituto di fisica del plasma "Piero Caldirola"	IFP	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
Istituto di genetica molecolare	IGM	Scienze biomediche
Istituto di neuroscienze	IN	Scienze biomediche
Istituto nazionale di ottica	INO	Scienze fisiche e tecnologie della materia
Istituto di matematica applicata e tecnologie informatiche	IMATI	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
Istituto di rilevamento elettromagnetico dell'ambiente	IREA	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
Istituto di ricerca genetica e biomedica	IRGB	Scienze biomediche
Istituto di ricerca sulle acque	IRSA	Scienze del sistema terra e tecnologie per l'ambiente
Istituto per lo studio delle macromolecole	ISMAC	Scienze chimiche e tecnologie dei materiali
Istituto di scienze delle produzioni alimentari	ISPA	Scienze bio-agroalimentari
Istituto di scienze e tecnologie molecolari	ISTM	Scienze chimiche e tecnologie dei materiali
Istituto di tecnologie biomediche	ITB	Scienze biomediche
Istituto di tecnologie industriali e automazione	ITIA	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti
Istituto per le tecnologie della costruzione	ITC	Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti



# FIDEAS

Fabbrica Intelligente per la DE-produzione  
Avanzata e Sostenibile

Autore di questo capitolo è:

**Giacomo Copani**

Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione (ITIA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo	<b>FIDEAS</b> Fabbrica Intelligente per la DE-produzione Avanzata e Sostenibile
Logo	
Sito web	<a href="http://">http://</a> (in costruzione)
Parole chiave	<i>DE-produzione, End-Of-Life, Disassemblaggio, Remanufacturing, Riciclo</i>
Responsabile scientifico	Giacomo Copani Dipartimento di Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti (DIITET) Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione (ITIA) Tel. 02 2369 9973 E-mail: <a href="mailto:giacomo.copani@itia.cnr.it">giacomo.copani@itia.cnr.it</a>
Data di avvio	25/07/2013
Durata	24 mesi
Costo totale	€ 2.100.000,00

# 1 Inquadramento del progetto

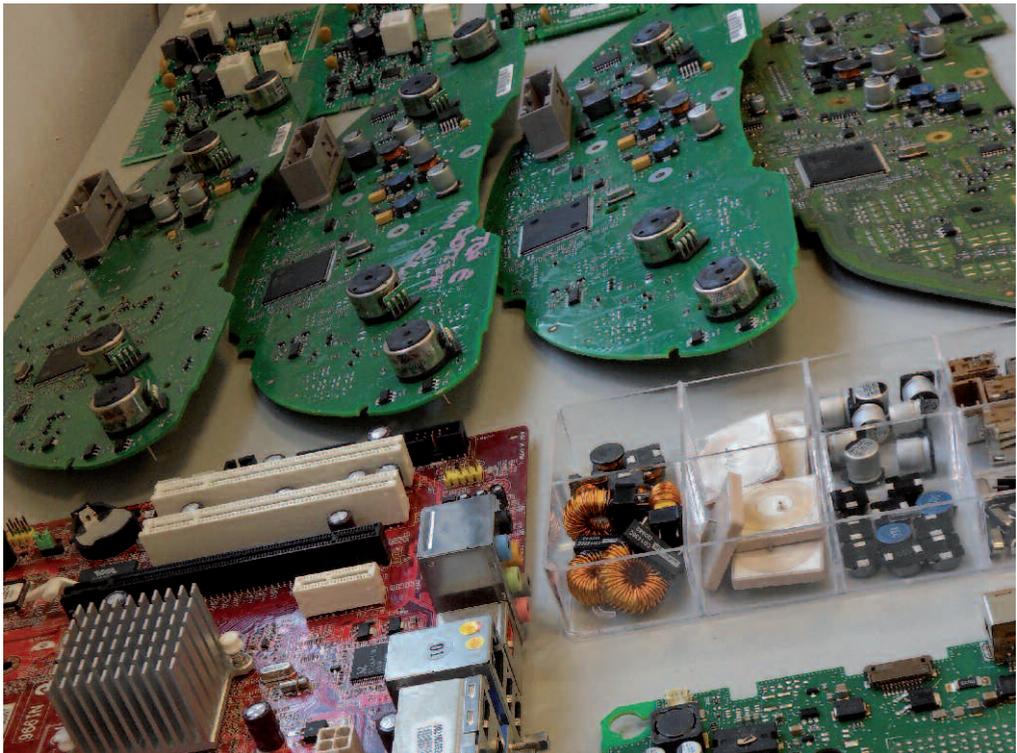
## 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

La problematica cui il progetto vuole rispondere è la gestione del fine ciclo vita di prodotti ad alto valore aggiunto, quali prodotti mecatronici ed elettronici, attraverso il *Demanufacturing*. Esso consiste nel disassemblaggio, *remanufacturing* e riciclo dei prodotti e dei loro componenti in ottica di sostenibilità ambientale, economica e sociale e di integrazione con i processi di *Manufacturing*.

La motivazione del progetto fonda le sue basi su una triplice considerazione:

- i) la componentistica dei prodotti ad alto valore aggiunto, in particolare dei *Printed Circuit Boards* (PCBs), è ricca di risorse quali *key-metals* e terre rare, che scarseggiano a causa della limitata estrazione in rapporto alla domanda (soprattutto in termini prospettici). Tale situazione, che rischia di frenare lo sviluppo di importanti innovazioni in settori ad elevata tecnologia, è anche determinata dalle politiche di esportazione praticate dai paesi estrattori, tra cui la Cina;

▼ Fig. 1 Schede elettroniche a fine vita



- ii) la gran parte di PCBs raccolti a fine vita sono trattati in Cina con processi di incenerimento e discarica. Il disassemblaggio dei componenti ed il riciclo di materiali sono praticati in maniera limitata, con processi manuali e con impatti devastanti per l'ambiente e per la salute degli operatori. Ciò non consente di recuperare il valore residuo di componenti e materiali dismessi;
- iii) l'evoluzione tecnologica induce a cicli di vita sempre più brevi che generano un costante aumento dei volumi di prodotti e componenti dismessi, sebbene ancora funzionanti o riciclabili.

Il contesto di riferimento industriale e di ricerca è caratterizzato dalla mancanza di appropriate metodologie, tecnologie, sistemi e modelli per il *Demufacturing*. Le realtà de-produttive, infatti, presentano attualmente un basso livello di efficienza e le tecnologie sono basate su sistemi di controllo e automazione poco evoluti e non flessibili in rapporto alla variabilità e disomogeneità dei materiali trattati. Inoltre, una visione integrata di *Demufacturing* è assente nei contesti industriali e solo parzialmente affrontata anche a livello di ricerca.

Ciò comporta:

- (1) una scelta non ottimale della strategia di *End-Of-Life* da implementare tra ri-utilizzo, *re-manufacturing* o riciclo;
- (2) nessuna ottimizzazione del sistema complessivo, essendo gli *output* di fasi preliminari separati rispetto agli *input* di stadi successivi;
- (3) insufficienza e mancanza di modelli di *business* affermati, che provino la sostenibilità economica ed ambientale di diverse configurazioni di *supply chain* rispetto ai diversi prodotti, mercati e fasi di lavorazione.

## 1.2 Obiettivi del progetto

Il progetto si propone di contribuire allo sviluppo di nuove metodologie e tecnologie per:

- il disassemblaggio e ri-assemblaggio di macro componenti basato sulla cooperazione uomo-robot in termini di interazione fisica intuitiva e condivisione sicura dello spazio di lavoro. Esso consentirà di ottimizzare il processo, altamente destrutturato, sfruttando le specificità e le potenzialità di macchine e operatori umani;
- il disassemblaggio di micro componenti di PCBs, il testing ed il *re-manufacturing* secondo il principio dell'automazione flessibile;
- il riciclo dei materiali (*key-metals*, terre rare e frazione plastica), adottando sistemi di automazione e controllo evoluti;
- nuovi sistemi di automazione e controllo a livello di impianto, per ottimizzare le strategie di *End-Of-Life* rispetto all'imprevedibilità dei flussi di materiale in ingresso e per ottimizzare l'efficienza complessiva del processo, tenendo anche conto del fabbisogno energetico a livello di processo di de-produzione e di infrastruttura;

- lo sviluppo di nuovi *framework* per la gestione della de-produzione, basati sul paradigma della "Fabbrica Digitale", cioè sulla costruzione di un modello virtuale collegato a quello reale a supporto della progettazione e gestione della fabbrica lungo l'intero ciclo di vita;
- la definizione di nuovi *business model*, basati sulle nuove tecnologie sviluppate, per l'ottimizzazione delle strategie di *End-Of-Life*, la *supply chain* e la logistica inversa.

L'innovazione sviluppata dal progetto proposto sarà radicale in quanto, ad oggi, le tematiche di *End-Of-Life* sono state affrontate in maniera frammentata da punti di vista isolati (singolo processo/tecnologia, logistica, ecc.), senza una visione complessiva ed integrata di tutti i processi.

I benefici derivanti dallo sviluppo di tali tecnologie e sistemi saranno molteplici:

- i) una minore necessità di approvvigionamento e di nuova estrazione di *key-metals* e terre rare per molti settori tecnologici strategici, grazie al loro recupero e riciclo; ciò aumenterà la competitività delle imprese operanti in tali settori e permetterà di ottenere dei *revenues* da quei prodotti e materiali che, ad oggi, vengono dismessi anche a titolo oneroso;
- ii) una minore necessità di nuove produzioni, grazie al ri-utilizzo e *re-manufacturing* di prodotti e componenti ancora recuperabili e re-immettibili nel ciclo produttivo o nel mercato;
- iii) la nascita di un nuovo settore di macchine e sistemi per l'*End-Of-Life* ad elevata innovazione tecnologica, con la creazione di nuove competenze ad esse associate e nuovi posti di lavoro;
- iv) la nascita di un nuovo settore della de-produzione, con la creazione di nuove competenze ad esse associate e nuovi posti di lavoro.

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

#### *Wp1 - Business model per il de manufacturing e gestione sostenibile del network*

- *Attività 1.1 - Analisi di mercato e sistema in supporto alle decisioni di strategie di End-Of-Life*  
Sviluppo di un modello per la selezione della migliore strategia di *End-Of-Life* (ri-uso, *re-manufacturing* o riciclo) in funzione dei prodotti da trattare, del loro stato, delle potenzialità delle nuove tecnologie e della domanda di mercato.
- *Attività 1.2 - Demanufacturing supply chains e demanufacturing networks*  
Definizione di un sistema di gestione della filiera per la costruzione di scenari di collaborazione basati sul rischio. Definizione dei processi di logistica inversa e valutazione di quali processi dovranno restare integrati in favore di economie di scala e quali, invece, verranno disaccoppiati per rendere il sistema più flessibile, con particolare riferimento alla geografia industriale lombarda.
- *Attività 1.3 - Analisi dinamica LCA delle performance e comparativa dei benefici ambientali*  
Valutazione delle reali potenzialità ambientali dei processi di de-manifattura applicati ad un contesto pratico (un impianto di *demanufacturing*).

#### *Wp2 - Disassemblaggio flessibile per il demanufacturing*

- *Attività 2.1 - Cooperazione sicura uomo-robot e controllo intelligente IEC61499*  
Sviluppo di tecnologie, metodologie ed algoritmi basati su acquisizione di sensori ridondanti e modelli cognitivi per il controllo dell'interazione uomo-robot in termini di cooperazione nell'esecuzione di compiti e condivisione dello spazio.
- *Attività 2.2 - Controllo orchestrato del robot IEC61499*  
Sviluppo di metodologie per l'integrazione della pianificazione on-line del *motion multi-robots* all'interno di un'architettura di controllo distribuito.
- *Attività 2.3 - Rete wireless auto-configurabile per il monitoraggio e la localizzazione indoor*  
Progettazione e sviluppo di una *piattaforma wireless auto-configurabile* e integrata con i dispositivi di controllo dell'impianto.



▲ Fig. 2 Robot cooperanti per il macro-disassemblaggio

▼ Fig. 3 Stazione di remanufacturing schede

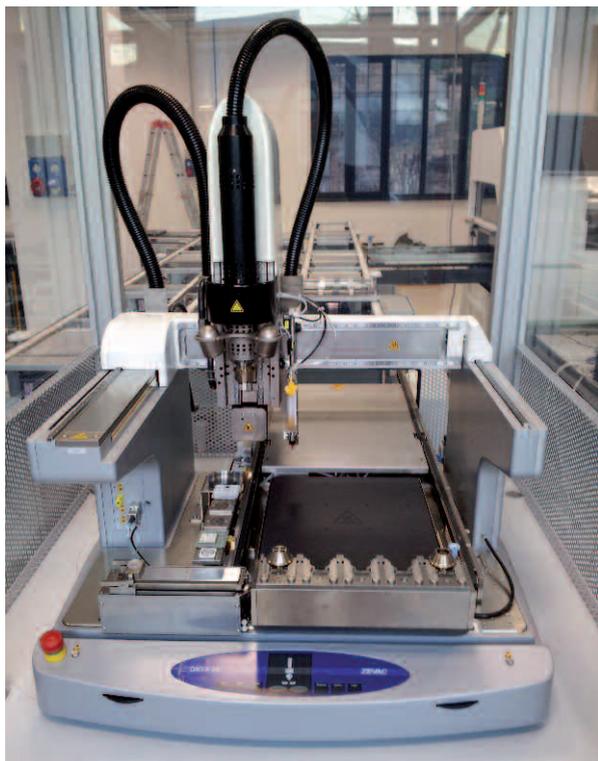


### Wp3 - Processi flessibili di remanufacturing

- *Attività 3.1 - Controllo multi-obiettivo ed energy-driven dei processi di remanufacturing*  
Realizzazione di un'architettura di automazione che, basandosi su una infrastruttura modulare e distribuita, consenta il controllo di una linea per il trasporto di pallet per prodotti meccatronici, perseguendo strategie multi-obiettivo.
- *Attività 3.2 - Tecnologie automatiche innovative per il rework*  
Sviluppare di soluzioni robotizzate flessibili e a basso costo per il *rework* automatico di piccoli lotti di *chip* su supporto BGA.

### Wp4 - Processi avanzati di riciclo

- *Attività 4.1 - Tecnologie e metodi per la caratterizzazione della mixture in linea*  
Sviluppo di un sistema di visione *real-time* robusto e flessibile basato sulla tecnica di imaging spettrale per la localizzazione e la caratterizzazione delle diverse particelle della *mixture*, utilizzabile, in linea nei sistemi avanzati di separazione meccanica per il riciclo.

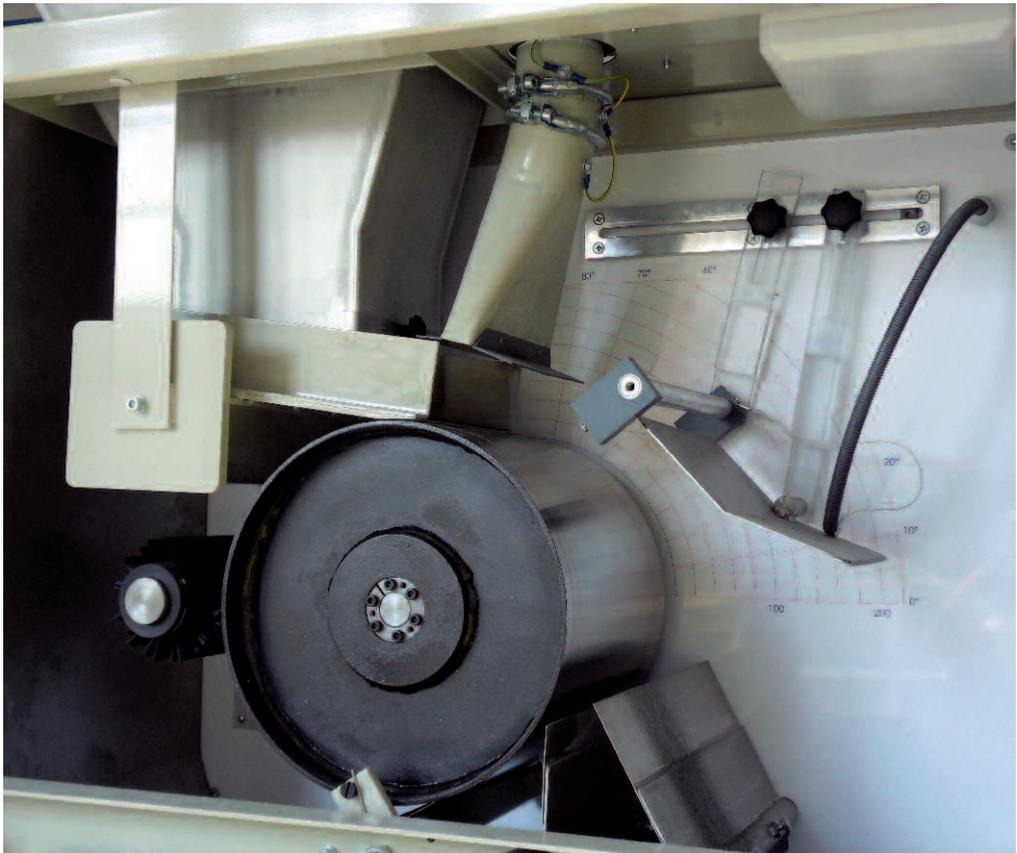


◀ Fig. 4

Particolare macchine di separazione polveri

- *Attività 4.2 - Modellazione e simulazione processi riciclo*  
Sviluppo di una tecnologia di modellazione a livello di processo e di sistema per supportare la progettazione, la conduzione e la riconfigurazione di impianti di frantumazione-separazione multi-materiale avanzati per il riciclo.
- *Attività 4.3 - Ottimizzazione dei parametri di processo nei sistemi di riciclo*  
Sviluppo di una metodologia di ottimizzazione per i processi di separazione e frantumazione, in grado di selezionare i parametri di processo, basandosi sulla caratterizzazione della *mixture* ottenuta dall'attività 4.1 e sui modelli di processo e sistema sviluppati nell'attività 4.2.
- *Attività 4.4 - Riciclo della frazione plastica*  
Sviluppo di un processo chimico per il recupero della frazione non metallica, derivante dal trattamento meccanico, per il riuso come *filler* in prodotti a più basso livello tecnologico.

▼ Fig. 5 Sistema di trasporto modulare delle schede elettroniche



### *Wp5 - Integrazione di fabbrica*

- *Attività 5.1 - Modellazione e monitoraggio dei flussi a livello di cella e plant*  
Modellazione energetica degli elementi dell'impianto al fine di fornire una valutazione energetica complessiva che consenta di applicare strategie di controllo "energy-aware".
- *Attività 5.2 - Modellazione energetica di factory building*  
Modellazione energetica della fabbrica: scarti energetici di produzione, risorse naturali mediante sfruttamento degli elementi tecnologici e componenti edilizi dell'involucro della fabbrica.
- *Attività 5.3 - Digital Demanufacturing Factory*  
Sviluppo di strumenti preposti alla sincronizzazione fra la rappresentazione virtuale della fabbrica ed il reale stato della fabbrica stessa.

### *Wp6 - Demonstration*

- *Attività 6.1 - Integrated Demanufacturing Plant*  
Le attività ed i risultati sviluppati nei 5 WP precedenti saranno integrati nell'impianto di *De-manufacturing* – quale *asset* strategico del progetto – e dimostrati attraverso *run* di produzione volto a testare la validità del sistema e la flessibilità delle soluzioni tecnologiche.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	Wp1	Definire nuovi <i>business model</i> per il <i>de-manufacturing</i> e nuove modalità di gestione sostenibile del <i>network</i> di <i>de-manufacturing</i>	<p>1.1 - Analisi di mercato e sistema in supporto alle decisioni di strategie di <i>End-Of-Life</i></p> <p>1.2 - <i>Demanufacturing supply chains</i> e <i>demanufacturing networks</i></p> <p>1.3 - Analisi dinamica LCA delle performance e comparativa dei benefici ambientali</p>	Nuove strategie e <i>business model</i> per il <i>demanufacturing</i> di PCBs. Strumenti per la progettazione di <i>demanufacturing network</i> . Valutazione della sostenibilità ambientale dei nuovi <i>business model</i> .
	Wp2	Concepire e realizzare nuove soluzioni per il disassemblaggio flessibile per il <i>demanufacturing</i>	<p>2.1 - Cooperazione sicura uomo-robot e controllo intelligente IEC61499</p> <p>2.2 - Controllo orchestrato del robot IEC61499</p> <p>2.3 - Rete <i>wireless</i> auto-configurabile per il monitoraggio e la localizzazione <i>indoor</i></p>	Architettura SW/HW per gestire secondo criteri di sicurezza funzionale la cooperazione uomo macchina in termini di condivisione dello spazio di lavoro. Moduli di interfacciamento cella (protocollo di rete) compatibile con lo standard IEC61499. Realizzazione di un prototipo di rete <i>wireless</i> per la localizzazione passiva (DFL) in tempo reale (test nell'impianto pilota e in altri ambienti industriali <i>indoor/outdoor</i> ).
	Wp3	Concepire e realizzare tecnologie di automazione per processi flessibili di <i>remanufacturing</i>	<p>3.1 - Controllo multi-obiettivo ed <i>energy-driven</i> dei processi di <i>remanufacturing</i></p> <p>3.2 - Tecnologie automatiche innovative per il <i>rework</i></p>	Soluzione di automazione modulare e distribuita basate sulla valutazione di criteri di natura energetica. Implementazione di strategie di micro-manipolazione robotizzata flessibile per il <i>reballing</i> automatico su <i>chip</i> di BGA. Progettazione e sviluppo di <i>tools</i> modulari flessibili e riconfigurabili per il <i>rework</i> di <i>chip</i> di varie dimensioni.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP...	Wp4	Concepire e realizzare tecnologie e modelli per processi avanzati di riciclo	4.1 - Tecnologie e metodi per la caratterizzazione della <i>mixture</i> in linea 4.2 - Modellazione e simulazione processi riciclo	Modelli di processi di riciclo. Ottimizzazione dei parametri di processo in funzione del materiale in ingresso. Piattaforma <i>software</i> multi-scala per la progettazione ed ottimizzazione di sistemi di riciclo.
	Wp5	Concepire e realizzare tecnologie per la progettazione e gestione integrata della fabbrica di deproduzione	5.1 – Modellazione e monitoraggio dei flussi a livello di cella e <i>plant</i> 5.2 – Modellazione energetica di <i>factory building</i> 5.3 – <i>Digital Demanufacturing Factory</i>	Modelli energetici sulla base degli stati operativi e/o di parametri degli elementi energeticamente rilevanti dell'impianto. Caratterizzazione dell'edificio-fabbrica attraverso la formalizzazione dei dati di <i>input</i> principali secondo il modello di dati della piattaforma VFF. strumenti digitali per la visualizzazione della fabbrica e la sincronizzazione fra modello digitale e stato reale.
	Wp6	Dimostrare le tecnologie ed i metodi realizzati in un'applicazione pilota	6.1 – Impianto di <i>demanufacturing</i> integrato	Dimostrazione di tecnologie, modelli e <i>software</i>

## 2.2 Il partenariato

- **Istituto di Tecnologie Industriali ed Automazione (ITIA-CNR)**  
Responsabilità delle seguenti attività: 1.1, 1.2, 1.3 (scenari economici, *Supply chain* ed LCA), 2.1, 2.2 (nuove soluzioni robotiche per il *safe demanufacturing*), 3.1, 3.2 (controllo distribuito *energy driven* e processi per il *rework*), 4.2 (modellazione di processo per il riciclo) 5.1 e 5.3 (Modellazione e monitoraggio dei flussi a livello di cella e *plant* e *Digital Factory*), 6.1 *Demonstration*.
- **Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA-CNR)**  
Responsabilità dell'attività 4.1 (Tecnologie e metodi per la caratterizzazione della *mixture* in linea)
- **Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche "Enrico Magenes" (IMATI-CNR)**  
Responsabilità dell'attività 4.1 (Ottimizzazione dei parametri di processo nei sistemi di riciclo)
- **Istituto di Elettronica e di Ingegneria dell'Informazione e delle Telecomunicazioni (IEIIT-CNR)**  
Responsabilità dell'attività 2.3 (progetto, sviluppo e verifica di una piattaforma *wireless* auto-configurabile e integrata con i dispositivi di controllo dell'impianto per monitoraggio delle grandezze di processo e localizzazione/inseguimento di bersagli in movimento nelle aree critiche)
- **Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC-CNR)**  
Responsabilità dell'attività 5.2 (Modellazione energetica di *factory building*)
- **Istituto per lo Studio delle Macromolecole (ISMAC-CNR)**  
Responsabilità dell'attività 4.4 (Riciclo della frazione plastica)

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>ITIA</b>	<b>IREA</b>	<b>IMATI</b>	<b>IEIIT</b>	<b>ITC</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	358.000,00	47.250,00	47.250,00	93.000,00	63.000,00	608.500,00
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	490.272,00	66.500,00	66.500,00	127.000,00	69.930,00	820.202,00
Spese di formazione	0,00	0,00	2.000,00	0,00	0,00	2.000,00
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	105.246,40	1.400,00	0,00	0,00	21.191,00	127.837,39
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Spese di pubblicizzazione	7.000,00	1.225,00	875,00	2.500,00	0,00	11.600,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	45.000,00	7.000,00	6.750,00	26.000,50	16.000,00	101.250,00
Spese generali	254.481,60	34.125,00	34.125,00	66.000,00	39.879,00	428.610,60
<b>TOTALE</b>	<b>1.260.000,00</b>	<b>157.500,00</b>	<b>157.500,00</b>	<b>315.000,00</b>	<b>210.000,00</b>	<b>2.100.000,00</b>

Valori in euro.



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

- Rapporto dei risultati progettuali
- Articoli in atto di convegno su: Cooperazione sicura uomo-robot, Controllo orchestrato del robot IEC61499, Rete *wireless* auto-configurabile per il monitoraggio e la localizzazione *indoor*, *demanufacturing strategies*.
- Articoli ISI su: *demanufacturing business models* e tecnologie integrate di *demanufacturing*.
- Nuova generazione di tecnologie automatiche integrate per il settore della deproduzione.

#### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

- *Software* e metodo per la valutazione economica e ambientale di nuovi *business model* e tecnologie per *demanufacturing*, basati su tecniche LCC e LCA. *Software* di simulazione per la progettazione del *network* di *demanufacturing*.
- Sistema per il controllo dell'interazione uomo-robot in termini di cooperazione nell'esecuzione di compiti e condivisione dello spazio di lavoro.
- Piattaforma *wireless* auto-configurabile e integrata con i dispositivi di controllo dell'impianto pilota di ITIA, che permetta il monitoraggio di grandezze fisiche di interesse, la localizzazione e l'inseguimento di target in movimento in aree critiche tramite l'utilizzo congiunto di sistemi di videosorveglianza e tecnologie RF passive (*device-free localization*, DFL).
- Architettura di automazione che consenta il controllo di una linea per il trasporto di pallet per prodotti meccatronici, perseguendo strategie multi-obiettivo. Ciò consentirà di abbinare l'inseguimento di logiche di *decision making* e politiche adattative, basate sulla valutazione di criteri di natura energetica.
- Soluzione robotizzata flessibile per il *rework* automatico di piccoli lotti di *chip* su supporto BGA con dimensioni e *array* di vario tipo, realizzando strategie innovative di micromanipolazione e relativi *devices* e *tools* riconfigurabili.
- Sistema di visione *real-time* robusto e flessibile basato sulla tecnica di imaging iperspettrale per la localizzazione e la caratterizzazione delle diverse particelle della *mixture*, applicabile in linea nei sistemi avanzati di separazione meccanica per il riciclo.
- Tecnologie di modellazione a livello di processo e di sistema per supportare la progettazione, la conduzione e la riconfigurazione di impianti di frantumazione-separazione multi-materiale avanzati per il riciclo.
- Metodologia di ottimizzazione per i processi di separazione e frantumazione, in grado di selezionare i parametri di processo, basandosi sulla caratterizzazione della *mixture* e sui modelli di processo e sistema.
- Modellazione energetica degli elementi dell'impianto al fine di fornire una valutazione energetica complessiva delle celle che maggiormente contribuiscono al consumo globale.

- Modellazione energetica della fabbrica: scarti energetici dalle fasi di produzione, risorse naturali mediante sfruttamento degli elementi tecnologici e componenti edilizi dell'involucro della fabbrica (e.g. sfruttamento dell'irraggiamento solare, acque meteoriche, vento, ecc.)
- Strumenti preposti alla sincronizzazione fra la rappresentazione virtuale della fabbrica ed il reale stato della fabbrica stessa.

Tali risultati possono essere utilizzati per la progettazione e gestione delle fabbriche di deproduzione.

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

#### *Ricadute economiche e di competitività del tessuto industriale*

Nel 2010 sono state raccolte in Italia circa 245.000 tonnellate di RAEE, con un significativo aumento del 30% rispetto al volume dell'anno precedente. Il fatturato complessivo prodotto dal comparto della raccolta, trattamento e smaltimento, è stato di circa 24 miliardi di euro nel 2008. Tale fatturato è stato generato per il 35% dalle imprese con meno di 20 dipendenti, mentre il 24% dalle imprese con più di 250 addetti. Il fatturato principale si concentra nelle attività di raccolta (il 46%). Il trattamento e lo smaltimento ne determinano il 19%, mentre il recupero dei materiali il 34%. In termini di occupati, dei circa 123.000 addetti complessivi, il 69% opera nella raccolta, il 14% nel trattamento e smaltimento ed il 17% nel recupero dei materiali. Si evince quindi come l'industria del trattamento e del recupero in Italia non appaia ancora adeguatamente sviluppata rispetto al sistema di raccolta.

I risultati del progetto potranno stimolare lo sviluppo della filiera della deproduzione nel territorio lombardo, sia rendendo più competitive le imprese che già vi operano e che li adotteranno, sia attraendo nuovi operatori in virtù del potenziale di *business* che sarà dimostrato nel corso del progetto.

I risultati del progetto saranno di beneficio alle imprese che operano nella filiera dei prodotti meccatronici ed elettronici. Attraverso i processi di disassemblaggio selettivo, *re-manufacturing* e riciclo, infatti, le fabbriche di deproduzione forniranno i componenti ad alto valore aggiunto e materiali preziosi ai produttori manifatturieri, riducendo, in tal modo, i problemi di approvvigionamento (in termini di scarsità di offerta rispetto alla domanda e di prezzi elevati) causati dalla limitata estrazione e dalle politiche di limitazione delle esportazioni.

Le nuove tecnologie e metodologie sviluppate nel progetto potranno, infine, contribuire alla nascita di una nuova *industry* di macchine, sensori, sistemi e servizi per la deproduzione, che potrà esportare i propri prodotti in tutto il mondo, godendo della credibilità dell'industria dei sistemi produttivi lombarda ed italiana. La tradizione e le competenze dell'industria dei sistemi di produzione sarà preziosa per sviluppare l'industria dei sistemi di deproduzione.

### *Ricadute sociali*

Lo sviluppo della filiera della deproduzione e del settore delle macchine per la deproduzione avrà quale ricaduta positiva la creazione di nuovi posti di lavoro e, quindi, di benessere.

Un'altra dimensione di impatto sociale sarà quella della sicurezza, del benessere e della valorizzazione delle capacità delle persone sul posto di lavoro, attraverso le nuove tecnologie di interazione uomo-macchina. Tali tecnologie, infatti, renderanno sicura l'interazione uomo-robot e assisteranno gli operatori nei compiti complessi o onerosi, potenziando il risultato delle capacità umane. Tutto ciò alla luce delle mutate esigenze sociali in termini di invecchiamento della popolazione e di necessità di maggior integrazione delle donne nel mondo del lavoro.

### *Ricadute strategiche*

Attraverso lo svolgimento della ricerca, il progetto contribuirà alla creazione di nuove competenze ad alta specializzazione in un settore strategico per il futuro dell'industria e dagli sbocchi di mercato molto promettenti, a causa dei crescenti volumi dei prodotti meccatronici ed elettronici da trattare a fine ciclo vita e della scarsità delle risorse del pianeta.

Essendo il progetto allineato con le priorità dell'agenda strategica della ricerca europea, oltre che con quelle del Cluster Tecnologico Nazionale Fabbrica Intelligente, le organizzazioni lombarde che saranno coinvolte nelle attività (imprese ed Istituti del CNR) saranno più competitive nelle gare internazionali per l'aggiudicazione dei finanziamenti alla ricerca, in quanto avranno già maturato esperienze di ricerca pregresse su questi temi.

Infine, il progetto avrà anche la ricaduta positiva di potenziare le infrastrutture regionali di ricerca attraverso la realizzazione di nuovi prototipi di macchine, dispositivi e strumenti. In accordo con le recenti politiche di gestione delle infrastrutture della ricerca europee, questo sarà strategico per la Lombardia in quanto, oltre a disporre di impianti pilota all'avanguardia in supporto alle future attività di ricerca e formazione (secondo il paradigma della "*learning factory*"), essa potrà legarsi ad altre regioni Europee per mettere in rete le suddette infrastrutture.

### *Ricadute ambientali*

I risultati del progetto determinano, ovviamente, anche un impatto positivo in termini ambientali, anche se esso è da intendersi più che altro al di fuori dei confini regionali. Attraverso l'affermarsi delle pratiche di *re-manufacturing*, disassemblaggio selettivo finalizzato al ri-uso e riciclo di *key-metals* e terre rare, infatti, la necessità di estrazione di nuovi materiali risulterà ridotta e si potranno meglio preservare le risorse del pianeta. Inoltre, il trattamento con logiche industriali di prodotti meccatronici ed elettronici in Europa potrà porre fine ai processi di smaltimento ad alto impatto ambientale condotti in Cina e nei paesi emergenti.

Localmente, il vantaggio ambientale consisterà nel fatto che le pratiche di *remanufacturing* e ri-uso di componenti diminuiranno la necessità di processi produttivi per nuovi prodotti, quindi ridurranno il consumo energetico e le emissioni ambientali del manifatturiero in generale.

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Il progetto produrrà un miglioramento della dotazione tecnologica del territorio. Esso prevede, infatti, la dimostrazione delle soluzioni sviluppate nell'impianto pilota di ITIA, che beneficerà in tal modo di un significativo *improvement* tecnologico. Tale infrastruttura di ricerca, già unica in Europa nel suo genere per il livello di integrazione tecnologica, automazione e flessibilità operativa, costituirà quindi ancor di più un importante *asset* regionale per condurre ricerca sperimentale in questo settore. L'impianto pilota, inoltre, potrà supportare la creazione di competenze specializzate secondo il paradigma della "*learning factory*".

## 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

Sebbene l'impianto pilota che supporterà le attività sperimentali si trovi nel Comune di Milano, la ricerca indirizzata nel progetto non ha limiti territoriali. Lo scopo della ricerca è, infatti, quello di sviluppare soluzioni, metodi e *business model* affinché la Lombardia sia in grado di gestire la deproduzione delle PCBs potenzialmente collezionabili nel territorio (e non solo). Nel WP1, è infatti previsto un *task* per la progettazione di un sistema ottimizzato di deproduzione lombardo, considerando i parametri di performance raggiungibili con le innovazioni sviluppate nel progetto in relazione ad i flussi di materiali collezionati e collezionabili nei diversi centri sparsi nel territorio. L'effettivo numero di comuni ed aziende, che si prevede di coinvolgere, non è quindi prevedibile a priori.

Alcuni primari produttori di prodotti meccatronici lombardi sono già stati coinvolti nelle attività di ricerca quali potenziali portatori di interesse del sistema regionale.



# INTEGRATE

## INnovazioni TECnologiche per una Gestione RAzionale del Tessuto Edilizio

Hanno collaborato alla stesura del capitolo i seguenti Autori:

**Italo Meroni**

Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Alice Bellazzi**

Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Francesca Passeretti**

Istituto per l'Energetica e le Interfasi (IENI)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Franco Salerno**

Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Antonio Pivatolo**

Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche (IMATI)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Roberto Zoboli**

Istituto di Ricerca sull'Impresa e lo Sviluppo (CERIS)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo	<b>INTEGRATE</b> INnovazioni TEcnologiche per una Gestione RAzionale del Tessuto Edilizio
Logo	
Sito web	<a href="http://www.integrate.itc.cnr.it">http://www.integrate.itc.cnr.it</a> (in costruzione)
Parole chiave	<i>Città sostenibile, monitoraggio, efficienza, innovazione, facility avanzate.</i>
Responsabile scientifico	Italo Meroni Dipartimento di Ingegneria, ITC e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti (DIITET) Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC) Tel. 02 9806 211 / 229 E-mail: <a href="mailto:i.meroni@itc.cnr.it">i.meroni@itc.cnr.it</a>
Data di avvio	25/07/2013
Durata	24 mesi
Costo totale	€ 1.949.220,00

# 1 Inquadramento del progetto

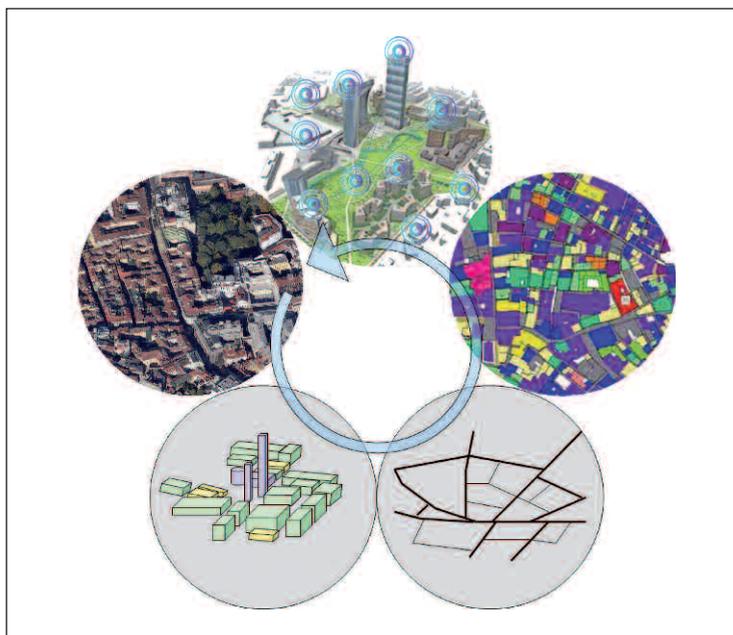
## 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

Il progetto si inserisce in un contesto in cui la qualità degli spazi aperti rappresenta un tema cruciale nello sviluppo sostenibile delle città. La qualità ambientale esterna, la qualità dell'aria, la riduzione delle aree verdi, il surriscaldamento rispetto alle aree rurali e l'elevato consumo energetico rappresentano i principali fattori di criticità per i quali è necessario studiare soluzioni da implementare su scala urbana.

Il Consiglio Europeo focalizza l'attenzione degli Stati Membri e degli operatori interessati alla necessità di accelerare lo sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche con ridotto tempo di ingresso sul mercato, realizzando e utilizzando prodotti e servizi in un'ottica sostenibile ed impiegando meno energia possibile. Tematiche queste, che sono anche obiettivi di Horizon 2020. Il settore delle costruzioni è, pertanto, attualmente coinvolto in una nuova sfida che sarà vinta dai Paesi che avranno scelto di percorrere la strada della sostenibilità ambientale e delle nuove energie. In tempi recenti è stato introdotto il concetto di "edifici ad energia quasi zero" desunto dalla Direttiva 2010/31/EU, che ha reso più complesso l'approccio progettuale per gli interventi su edifici sia nuovi che esistenti, aprendo nuove prospettive di studio e di ricerca. In quest'ottica l'Expo 2015 si presenta come un'opportunità molto importante per introdurre concretamente i principi di innovazione, creatività e sostenibilità ambientale, oltre a rappresentare un appuntamento di interesse mondiale per promuovere la diffusione scientifica e l'informazione tecnica sui risultati ottenuti in termini di prodotti innovativi, soluzioni tecnologiche e sistemi di supporto per orien-

► Fig. 1

Analisi dei livelli urbani



tare scelte gestionali consapevoli. Ed è a queste tematiche che il progetto intende rispondere. Come è noto, il 75% della popolazione europea vive in aree urbane e nel 2020 probabilmente sfiorerà l'80% [fonte: "V Rapporto Qualità Ambiente Urbano", ISPRA].

La Lombardia conferma questa tendenza. Attualmente l'immagine generale delle aree urbane, presenta molti fattori di criticità: qualità degli spazi, dell'aria, riduzione aree verdi, surriscaldamento locale ed elevato consumo energetico.

## 1.2 Obiettivi del progetto

Il principale obiettivo del progetto è la promozione dell'iniziativa europea, condivisa dalla Regione Lombardia, di "Città e comunità intelligenti" attraverso un approccio che integri lo sviluppo tecnologico ad azioni di ricerca e monitoraggio delle aree urbane, al fine di individuare situazioni di criticità (es. inquinamento ambientale, acustico, ecc.), valutare possibili soluzioni tecnologiche e incrementare la presenza di attività innovative capaci non soltanto di risolvere le criticità, ma anche di attirare capitali economici e professionali.

▼ Fig. 2 Integrazione di energie rinnovabili in componenti di facciata



Per affrontare le criticità emerse, le attività del progetto sono indirizzate alla gestione ambientale integrata delle aree metropolitane. Sulla base dello stato dell'arte relativo alle metodologie di analisi del *comfort indoor* e dell'efficienza energetica, dell'utilizzo di diagnostiche innovative per l'individuazione di microinquinanti di varie specie contenuti in atmosfera, basate su tecnologie che sfruttano l'ottica laser, viene eseguito il monitoraggio delle aree urbane al fine di proporre nuovi approcci metodologici e sviluppare soluzioni tecnologiche applicabili a scala di edificio, di quartiere e di città. Tali metodologie verranno applicate in sinergia con tecnologie mature in tema di *smart metering*, impiegando centraline di ultima generazione con trasmissione dati sicura e affidabile attraverso sistemi di telelettura, con declinazione multiservizio. Da un punto di vista decisionale, le esperienze di analisi della qualità del clima esterno costituiscono uno stimolo alle amministrazioni locali per la riconversione in chiave sostenibile del territorio che può creare così nuove opportunità di lavoro nei settori specifici. Grazie alla delibera 2/2/2012, 28/2012/R/gas, dell'AEGG e alla Commissione Europea, che ha evidenziato una barriera nella diffusione su vasta scala dei sistemi elettronici di misura, oggi queste tecnologie sono più vicine all'edilizia. Trasferendo i concetti di *cloud computing* e telecontrollo al contesto metropolitano (consumi energetici, inquinanti, microclima, ecc.) si comprendono le potenzialità innovative del progetto. Parallelamente, la realizzazione di nuovi laboratori consente di sviluppare una specifica competenza sul comportamento delle facciate continue sottoposte alle azioni sismiche, tuttora non indagato a livello di sperimentazione di laboratorio: questo consente di adeguarsi al livello di valutazione della sicurezza connessa agli eventi sismici, già raggiunto in altri paesi, considerate le esigenze di affrontare l'elevato livello di sismicità italiano in termini di consapevole prevenzione, degli edifici e prioritariamente di quelli a valenza strategica.

Sono studiate le condizioni di integrazione delle metodologie del *Building Information Modeling (BIM)* nelle piattaforme di *e-procurement* per gli appalti pubblici, connesse all'accrescimento del *know-how* degli operatori, attraverso campagne di formazione e informazione che consentiranno al comparto dell'edilizia di raggiungere elevati standard di innovazione.

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

Il progetto si sviluppa in cinque Aree di intervento a ciascuna delle quali fanno riferimento specifici *Work Package* (WP) articolati in fasi di attività e relativi *Deliverable* (D).

Più in particolare:

#### *Area 1: Processi di monitoraggio del territorio*

- WP1.1 – Progettazione monitoraggio delle variabili ambientali in aree metropolitane
- WP1.2 – Monitoraggio isole di calore
- WP1.3 – Architettura urbana sostenibile per la salvaguardia della qualità delle acque superficiali
- WP1.4 – Monitoraggio inquinamento acustico
- WP1.5 – Monitoraggio efficienza ed emissioni impianti
- WP1.6 – Tecnologie di alimentazione autarchica (termoelettrica) a supporto dei sistemi di monitoraggio con sistemi distribuiti

#### *Area 2: Sistemi di efficientamento energetico–ambientale*

- WP2.1 – Soluzioni per la riduzione delle isole di calore
- WP2.2 – Soluzioni per il risparmio energetico e il contenimento delle emissioni inquinanti
- WP2.3 – Termoregolazione e gestione impianti a scala di quartiere

- WP2.4 – Controllo e gestione impianti "green" a scala microurbana
- WP2.5 – Soluzioni termoelettriche per l'aumento dell'efficienza di impianto

*Area 3: Innovazioni procedurali per orientare scelte gestionali consapevoli*

- WP3.1 – Strumento di valutazione della sostenibilità a scala urbana
- WP3.2 – Strumento di corretta progettazione acustica e analisi previsionale
- WP3.3 – Studio di fattibilità per la digitalizzazione dei processi di acquisto nell'ambito dei lavori pubblici
- WP3.4 – Strumenti per la valutazione integrata economico-ambientale delle innovazioni di edilizia sostenibile
- WP3.5 – Modelli statistici interpretativi e previsionali

*Area 4: Facility avanzate per favorire lo sviluppo di componentistica multifunzionale*

- WP4.1 – Impianto di collaudo innovativo di resistenza sismica statica e dinamica su elementi di facciata continua
- WP4.2 – Sviluppo componente metallico funzionale ad alte prestazioni
- WP4.3 – Studio di elementi di ancoraggio innovativi

*Area 5: Formazione e sensibilizzazione*

- WP5.1 – Prove partecipative
- WP5.2 – Formazione tecnica e sensibilizzazione

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	WP 1.1 (ITC)	Predisporre sistemi di controllo della gestione energetica ed ambientale a scala urbana	1.1.1 - Analisi e definizione delle criticità locali, oltre che delle migliori soluzioni ad oggi disponibili per il monitoraggio 1.1.2 - Definizione dell'architettura del sistema di monitoraggio che consenta di misurare le variabili ambientali	D1.1.1 - Protocollo di monitoraggio su scala urbana
	WP 1.2 (ITC)	Valutare e mappare il surriscaldamento urbano al variare del grado di albedo e di emissività delle superfici stesse	1.2.1 - Analisi e monitoraggio delle variabili climatiche locali al fine di valutare il surriscaldamento urbano al variare del grado di albedo e di emissività delle superfici stesse (coperture e pavimentazioni) 1.2.2 - Definizione e applicazione di un sistema di mappatura in grado di evidenziare aree a comportamento omogeneo ed individuazione delle aree sub-urbane a rischio 'isola di calore'	D1.2.1 - Mappatura delle aree soggette all'effetto isola di calore
	WP 1.3 (IRSA)	Analizzare la difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche	1.3.1 - Monitoraggio del drenaggio urbano e di scolmatori fognari selezionati opportunamente 1.3.2 - Monitoraggio quantitativo e qualitativo del corpo idrico recettore 1.3.3 - Sviluppo modellistico per valutare la relazione grado di permeabilità/qualità delle acque 1.3.4 - Sviluppo di linee guida di ausilio alla pianificazione territoriale	D1.3.1 - Caratterizzazione della funzionalità del drenaggio urbano e della funzionalità del sistema fognario; messa a punto del sensore per valutare il funzionamento dello scolmatore fognario ed eventuale brevetto D1.3.2 - Valutazione dell'impatto del sistema di drenaggio sulla quantità e sulla qualità del corpo idrico recettore D1.3.3 - Definizione del modello per valutare la relazione grado di permeabilità/qualità delle acque D1.3.4 - Linee guida regionali di ausilio alla pianificazione territoriale
	WP 1.4 (ITC)	Sviluppare un sistema di monitoraggio del clima acustico basato su approccio <i>Soundscape</i>	1.4.1 - Definizione di un sistema di monitoraggio partecipativo del clima acustico attraverso l'approccio del <i>Soundscape</i> 1.4.2 - Identificazione di interventi mirati alla definizione di strategie di modifica dell'ambiente interno ed esterno per migliorare la qualità acustica delle aree urbane	D1.4.1 - Prototipo di sistema di monitoraggio partecipativo D1.4.2 - Repertorio di interventi di correzione acustica sull'ambiente interno ed esterno

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	WP 1.5 (ITC/ENI)	Definire sistemi di monitoraggio energetici finalizzati alla verifica dell'efficienza e alla gestione energetica su edifici di nuova costruzione ed esistenti, da un punto di vista dei consumi e delle emissioni inquinanti	<p>1.5.1 - Definizione di sistemi di monitoraggio energetico finalizzati ad effettuare attività di verifica sull'efficienza e sulla gestione energetica di edifici di nuova costruzione ed esistenti, sia dal punto di vista dei consumi, sia di emissioni di inquinanti in atmosfera</p> <p>1.5.2 - Definizione di sistemi di monitoraggio finalizzati alla verifica di efficienza e gestione energetica di impianti 'green' (cogenerazione, trigenerazione, <i>solar cooling</i>, ecc.) esistenti, in particolare finanziati da incentivi di Regione Lombardia, sia da un punto di vista dei consumi, sia di emissioni di inquinanti in atmosfera, anche ai fini della verifica del raggiungimento degli obiettivi regionali in materia di fonti rinnovabili</p> <p>1.5.3 - Ottimizzazione dello strumento LII (<i>Laser-Induced Incandescence</i>) per la misura in-situ di particolato carbonioso.</p> <p>1.5.4 - Messa a punto dello strumento LIBS (<i>Laser-Induced Breakdown Spectroscopy</i>) per la rilevazione in-situ di microinquinanti di natura diversa</p> <p>1.5.5 - Confronto con strumentazione commerciale</p> <p>1.5.6 - Campagna sperimentale per la caratterizzazione di aerosoli con la strumentazione <i>in situ</i> in condizioni sperimentali diverse</p> <p>1.5.7 - Analisi SEM per la caratterizzazione morfologia degli aerosoli</p>	<p>D.1.5.1 - Procedure di monitoraggio per la valutazione dell'efficienza energetica di impianti</p> <p>D.1.5.2 - Casi studio in opera di monitoraggio energetico di impianti "green"</p> <p>D.1.5.3 - Upgrade dello strumento LII per misura in-situ di particolato carbonioso in ambiente urbano</p> <p>D.1.5.4 - Strumento LIBS per misura la caratterizzazione chimica di particolato atmosferico</p> <p>D.1.5.5 - Validazione delle misure in-situ con strumenti commerciali</p> <p>D.1.5.6 - Database di misure di composizioni di aerosoli in condizioni sperimentali diverse</p> <p>D.1.5.7 - Database della caratterizzazione morfologica di aerosoli campionati in condizioni sperimentali diverse</p>
	WP 1.6 (ENI)	Progettare sistemi di raccolta dati basati su tecnologie di modulo tradizionale e sviluppare dispositivi di configurazione di modulo alternativi	<p>1.6.1 - Definizione di sistemi di alimentazione alternativi attraverso l'impiego di tecnologie TE tradizionali</p> <p>1.6.2 - Progettazione e sviluppo di dispositivi TE con architetture e materiali alternativi per applicazioni diffuse</p> <p>1.6.3 - Monitoraggio funzionale sul campo di sistemi di termoregolazione TE per l'ottimizzazione dell'immagazzinamento di energia in forma di idrogeno <i>adsorbito in canister</i> a idruri metallici</p>	<p>D.1.6.1 - Dispositivo prototipale per generazione autarchica funzionali alle specifiche richieste per i monitoraggi</p> <p>D.1.6.2 - Modulo TE basati su materiali non tradizionali o con architetture innovative</p> <p>D.1.6.3 - Relazione analitica su funzionalità e prestazioni sul campo del sistema di termoregolazione sul ciclo idrogeno</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	WP 2.1 (ITC)	Studiare ed analizzare sistemi in grado di ridurre il fenomeno isola di calore	<p>2.1.1 - Indagine delle specie vegetali utilizzabili per le coperture a verde adattabili al contesto geografico italiano e monitoraggio delle temperature superficiali di diverse specie vegetali utilizzate come copertura verde</p> <p>2.1.2 - Analisi delle temperature superficiali delle aree urbane e metropolitane lombarde</p> <p>2.1.3 - Valutazione degli impatti ambientali di soluzioni tecnologiche volte alla riduzione delle isole di calore attraverso l'approccio LCA</p> <p>2.1.4 - Valutazione della riduzione delle isole di calore con l'applicazione di materiali e tecnologie caratterizzanti i <i>cool roof</i></p>	<p>D2.1.1 - Protocollo di calcolo e verifica delle ricadute ambientali dell'utilizzo del verde pensile nel calcolo delle isole di calore</p> <p>D2.1.2 - Report delle migliori tecnologie specificatamente studiate per differenti applicazioni in micro aree urbane</p>
	WP 2.2 (ITC/ENI)	Individuare soluzioni per il risparmio energetico e il contenimento delle emissioni inquinanti	<p>2.2.1 - Sviluppo di soluzioni con l'applicazione di materiali fotocatalitici</p> <p>2.2.2 - Indagine delle specie vegetali utilizzabili per il verde pensile verticale adattabili al contesto geografico italiano e indicazione della capacità di assorbimento dei microinquinanti ambientali urbani</p> <p>2.2.3 - Definizione di un protocollo di calcolo e verifica delle ricadute ambientali dell'utilizzo del verde pensile nella riduzione dei microinquinanti ambientali, ed ipotesi di interventi minimi nelle aree a maggior rischio</p> <p>2.2.4 - Misura dell'efficienza di combustione ed emissioni inquinanti di combustibili non tradizionali</p> <p>2.2.5 - Sviluppo di un combustore catalitico</p> <p>2.2.6 - Applicazione di un sistema termoelettrico al combustore catalitico</p>	<p>D.2.2.1 Caratterizzazione di materiali fotocatalitici</p> <p>D.2.2.2 Classificazione delle specie arboree adatte al verde pensile verticale e caratterizzazione</p> <p>D.2.2.3 Protocollo di calcolo della riduzione di microinquinanti ambientali grazie all'adozione di verde pensile</p> <p>D.2.2.4 Database di misure di efficienza di combustione ed emissioni inquinanti di combustibili non tradizionali al variare delle condizioni sperimentali</p> <p>D.2.2.5 Combustore catalitico</p> <p>D.2.2.6 Fattibilità e caratterizzazione del sistema accoppiato combustore catalitico/termoelettrico</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	WP 2.3 (ITC)	Definire sistemi di gestione degli impianti e di termoregolazione avanzata, in grado di massimizzare l'efficienza energetica a scala di quartiere	<p>2.3.1 - Definizione di algoritmi di controllo e di soluzioni hardware di termoregolazione avanzata e di gestione intelligente finalizzata al massimo risparmio energetico di impianti di climatizzazione</p> <p>2.3.2 - Caratterizzazione e ottimizzazione dei sistemi dal punto di vista dell'hardware e degli algoritmi di controllo, attraverso campagne di test su specifici impianti sperimentali</p> <p>2.3.3 Applicazione dei sistemi sviluppati ad impianti di riscaldamento e sperimentazione in opera delle loro prestazioni energetiche</p>	<p>D.2.3.1 - Algoritmi di controllo per la termoregolazione avanzata</p> <p>D.2.3.2 - Algoritmi di controllo per impianti di climatizzazione</p> <p>D.2.3.3 - Prototipi di soluzioni hardware per la gestione e la termoregolazione intelligenti</p> <p>D.2.3.4 - Caso studio in opera di applicazione delle soluzioni sviluppate</p>
	WP 2.4 (ITC)	Sviluppare sistemi di controllo e gestione impianti alimentati da fonti rinnovabili in grado di adattare il funzionamento in relazione alle condizioni climatiche ed ai carichi da soddisfare	<p>2.4.1 - Applicazione sistemi di monitoraggio dell'efficienza per impianti solari finanziati da Regione Lombardia</p> <p>2.4.2 - Sviluppo e applicazione di sistemi di controllo e gestione efficiente per impianti solari</p> <p>2.4.3 - Ottimizzazione degli algoritmi di controllo attraverso campagne di test su specifici impianti sperimentali</p> <p>2.4.4 - Applicazione dei sistemi sviluppati su impianti finanziati da Regione Lombardia e verifica delle prestazioni energetiche</p>	<p>D.2.4.1 - Casi studio di monitoraggio di impianti solari finanziati da Regione Lombardia</p> <p>D.2.4.2 - Sistemi di controllo e gestione efficiente per impianti solari</p> <p>D.2.4.3 - Caso studio in opera di applicazione delle soluzioni di controllo sviluppate</p>
	WP 2.5 (IENI)	Sviluppare soluzioni termoelettriche per l'aumento dell'efficienza di impianto	<p>2.5.1 - Analisi stato dell'arte sistemi di riscaldamento autonomi tradizionali e a combustione catalitica, a caratteristiche tecniche e requisiti elettrici</p> <p>2.5.2 - Studio e progettazione di dimostratore e prototipo di cogeneratore TE per autonomia elettrica di sistemi di riscaldamento tradizionali e catalitici, e funzioni accessorie</p> <p>2.5.3 - Realizzazione e test di caratterizzazione dei prototipi</p>	<p>D2.5.1 - Descrizione dei requisiti e dei target funzionali per un generatore TE integrato</p> <p>D2.5.2 - Prototipo di cogeneratore integrato in sistema di riscaldamento</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP3	WP 3.1 (ITC)	Sviluppare un sistema multicriteria di valutazione della sostenibilità a scala urbana	<p>3.1.1 - Analisi dei sistemi di mercato e dei sistemi territoriali attualmente presenti ed adottati a livello nazionale ed internazionale</p> <p>3.1.2 - Contestualizzazione e analisi di indicatori morfologici specifici con l'obiettivo di selezionare una serie di indicatori e di requisiti strategici relativi alla morfologia urbana</p> <p>3.1.3 - Definizione di un elenco di indicatori significativi che sarà successivamente condiviso con le amministrazioni locali al fine di giungere ad una visione comune dei processi di elaborazione di un percorso verso la sostenibilità delle aree urbane</p> <p>3.1.4 - Costruzione del sistema multicriteria sulla base di una metodologia in grado di garantire una efficiente applicazione operativa dello strumento e confronto con il quadro normativo vigente in materia urbanistica in collaborazione con gli enti locali coinvolti</p> <p>3.1.5 - Applicazione sperimentale dello strumento di valutazione pilota elaborato e finalizzazione dello strumento sviluppato</p>	<p>D.3.1.1 - Report sintetico delle caratteristiche dei sistemi analizzati e delle procedure di applicazione</p> <p>D.3.1.2 - Masterlist degli indicatori significativi per una lettura della morfologia urbana</p> <p>D.3.1.3 - Set finale di indicatori comprensivo di indicatori specifici per il territorio lombardo</p> <p>D.3.1.4 - Schede descrittive per ciascun indicatore</p> <p>D.3.1.5 - Versione pilota dello strumento</p> <p>D.3.1.6 - Report dei risultati dell'applicazione dello strumento ai casi studio individuati, criticità riscontrate e possibili risoluzioni</p> <p>D.3.1.7 - Strumento di valutazione della sostenibilità a scala urbana</p>
	WP 3.2 (ITC)	Studiare e sviluppare uno strumento di corretta progettazione acustica e analisi previsionale	<p>3.2.1 - Analisi e definizione dello stato dell'arte degli strumenti finalizzati alla previsione e progettazione acustica con particolare attenzione al panorama europeo e alle esigenze di armonizzazione dei descrittori acustici</p> <p>3.2.2 - Definizione dell'insieme dei descrittori ritenuti significativi del clima acustico interno ed esterno agli edifici</p> <p>3.2.3 - Messa a punto dello strumento di corretta progettazione acustica e analisi previsionale</p> <p>3.2.4 - Applicazione sperimentale dello strumento elaborato</p>	<p>D.3.2.1 - Repertorio degli strumenti nazionali ed esteri di previsione e progettazione acustica</p> <p>D.3.2.2 - Descrittori del clima acustico interno ed esterno</p> <p>D.3.2.3 - Linee guida di corretta progettazione acustica e di analisi previsionale</p> <p>D.3.2.4 - Caso di studio in scala reale di progettazione acustica e analisi previsionale</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP3	WP 3.3 (ITC)	Studiare la fattibilità per la digitalizzazione dei processi di acquisto nell'ambito dei lavori pubblici	<p>3.3.1 - Analisi e definizione dello stato dell'arte delle piattaforme utilizzate per la digitalizzazione dei processi d'appalto</p> <p>3.3.2 - Studio delle modalità di integrazione di strumenti BIM nelle piattaforme esistenti</p> <p>3.3.3 - Studio di fattibilità per la progettazione di una piattaforma digitale che consenta l'integrazione di oggetti BIM per la gestione di flussi autorizzativi nei lavori pubblici</p>	D.3.3.1 Studio di fattibilità per la digitalizzazione dei processi di appalto nell'ambito dei lavori pubblici
	WP 3.4 (CERIS)	Realizzare strumenti per la valutazione integrata economico-ambientale delle innovazioni di edilizia sostenibile	<p>3.4.1 - Stato dell'arte degli strumenti di valutazione economica integrata dell'edilizia sostenibile</p> <p>3.4.2 - Definizione di un modello per la valutazione economico-ambientale delle innovazioni in edilizia</p> <p>3.4.3 - Applicazione alla valutazione di un caso di studio di efficientamento energetico-ambientale</p>	<p>D.3.4.1 - Modello per la valutazione di innovazioni di edilizia sostenibile</p> <p>D.3.4.2 - Risultati applicativi del caso di studio</p>
	WP 3.5 (IMATI)	Sviluppare modelli statistici interpretativi e previsionali	<p>3.5.1 - Modelli statistici spazio/tempo applicabili al monitoraggio ambientale</p> <p>3.5.2 - Modelli per la gestione ottima dei sistemi di accumulo termico in sistemi di trigenerazione</p> <p>3.5.3 - Analisi bayesiana di interventi di retrofitting a scala microurbana</p>	<p>D.3.5.1 - Analisi di dati di inquinamento dell'aria attraverso modelli statistici spazio/tempo</p> <p>D.3.5.2 - Analisi di dati climatici attraverso modelli statistici spazio/tempo</p> <p>D.3.5.3 - Processi di decisione Markoviani per la politica ottima di gestione di sistemi di accumulo termico</p> <p>D.3.5.4 - Calibrazione bayesiana di modelli energetici per le costruzioni soggette a interventi di retrofitting in condizioni di incertezza</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP4	WP 4.1 (ITC)	Realizzazione di un impianto di collaudo innovativo di resistenza sismica statica e dinamica su elementi di facciata continua	4.1.1 - Studio e progettazione di un impianto in grado di testare la risposta della facciata di un edificio in scala reale sottoposta a carico statico e dinamico prima e dopo aver valutato i comportamenti del sistema dal punto di vista delle tenute e della resistenza 4.1.2 - Realizzazione dell'impianto sperimentale	D.4.1.1 - Progetto dell'impianto di collaudo innovativo D.4.1.2 - Analisi FEM D.4.1.3 - Realizzazione dell'impianto D.4.1.4 - Verifica impianto e analisi e risoluzione delle eventuali criticità
	WP 4.2 (IENI)	Sviluppare un componente metallico funzionale ad alte prestazioni	4.2.1 - Analisi e definizione proprietà di <i>damping</i> di elementi in lega binaria NiTi e lega ternaria 4.2.2 - Studio e progettazione di un modulo basato su uno o più elementi pseudoelastici da integrare nell'impianto di simulazione sismica 4.2.3 - Realizzazione e integrazione nell'impianto e test di verifica di funzionamento	D.4.2.1 Linee guida per la caratterizzazione e l'ottimizzazione di elemento SMA per applicazioni di damping D.4.2.2 Descrittori chiave per lo sviluppo di smorzatori SMA da integrare nell'impianto di collaudo D.4.2.3 Sviluppo elemento SMA ad alte prestazioni per impiego in impianti di collaudo sismico
	WP 4.3 (ITC)	Studiare elementi di ancoraggio innovativi	4.3.1 Studio per la realizzazione di elementi di ancoraggio innovativi in grado di assorbire/smorzare gli effetti di natura dinamica e le accelerazioni	D4.3.1 Prototipo di elemento di ancoraggio innovativo in grado di assorbire/smorzare effetti di natura dinamica

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP5	WP 5.1 (ITC)	Condurre prove partecipative	5.1.1 Cooperative Test in materia di monitoraggio delle prestazioni energetiche ed ambientali degli edifici al fine di confrontare le procedure adottate dagli operatori, le strumentazioni di misura e di monitoraggio e i risultati ottenuti 5.1.2 Addestramento all'utilizzo degli strumenti pilota messi a punto nei WP3	D5.1.1 Report sulle variabili soggettive e oggettive che concorrono a determinare i risultati sperimentali D5.1.2 Linee Guida per la corretta conduzione di campagne di misura e monitoraggio energetico ed ambientale
	WP 5.2 (ITC)	Eseguire formazione tecnica e sensibilizzazione	5.2.1 Accrescimento del <i>know-how</i> dei professionisti attraverso campagne di formazione sul campo e in aula e la stesura di linee guida	D5.2.1 Corsi di formazione per professionisti

## 2.2 Il partenariato

- **Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC-CNR)** costituisce una concreta testimonianza dell'impegno istituzionale del CNR per la ricerca e la sperimentazione nel settore dell'edilizia e delle costruzioni. L'Istituto è coinvolto in tutti i WP con particolare riferimento alla progettazione del monitoraggio di variabili ambientali in aree metropolitane, al monitoraggio delle isole di calore, del clima acustico, dell'efficienza e delle emissioni inquinanti di impianti. Studia soluzioni per ridurre il fenomeno isola di calore, per contenere i consumi energetici e le emissioni inquinanti e per gestire impianti a scala di quartiere. È impegnato nella definizione di uno strumento di valutazione della sostenibilità a scala urbana e di uno strumento di corretta progettazione acustica. Studia, inoltre, la fattibilità di digitalizzazione dei processi di acquisto in ambito di lavori pubblici. Si occupa della realizzazione di un impianto di collaudo innovativo di resistenza sismica statica e dinamica su elementi di facciata. Infine gestisce le prove partecipative, la diffusione e la disseminazione dei risultati.
- **Istituto per l'Energetica e le Interfasi (IENI-CNR)** è caratterizzato da un'elevata interdisciplinarietà dovuta alle molteplici competenze chimiche, fisiche ed ingegneristiche principalmente rivolte alla scienza e tecnologia dei materiali. Il progetto è impegnato nella definizione di tecnologie di natura autarchica a supporto di sistemi di monitoraggio con sensori distribuiti e nella definizione di soluzioni termoelettriche per l'aumento di efficienza di impianto. Si occupa dello sviluppo di un componente metallico ad alte prestazioni da utilizzare nell'impianto di collaudo statico innovativo. Si occupa di misure di particolato carbonioso, messa a punto di strumenti LIBS per rilevare *in situ* microinquinanti di natura diversa, campagne sperimentali per la caratterizzazione di aerosoli e analisi SEM.
- **Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA-CNR)** svolge attività di ricerca nei settori della gestione e protezione delle risorse idriche e nello sviluppo di metodologie e tecnologie per la potabilizzazione ed il trattamento delle acque di scarico. All'interno del progetto si occupa di tematiche legate alla salvaguardia della qualità delle acque superficiali.
- **Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche (IMATI-CNR)** svolge ricerche principalmente nel campo del calcolo delle probabilità, della statistica e delle loro applicazioni. Nell'ambito del progetto si occupa di analisi statistiche dei dati climatici funzionali ai WP1.1. e WP1.2 e di modelli statistici interpretativi e previsionali.
- **Istituto di Ricerca sull'Impresa e lo Sviluppo (CERIS-CNR)** svolge ricerca nel campo dell'economia industriale, dello sviluppo territoriale e dell'innovazione tecnologica. Nell'ambito del progetto collabora nello sviluppo dei protocolli di valutazione di sostenibilità a scala urbana.

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>ITC</b>	<b>IENI</b>	<b>IRSA</b>	<b>IMATI</b>	<b>CERIS</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	354.729,73	117.000,00	58.200,00	21.000,00	14.000,00	564.929,73
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	400.000,00	162.500,00	97.000,00	29.400,00	53.000,00	741.900,00
Spese di formazione	—	—	—	—	—	—
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	205.671,34	—	1.000,00	—	—	206.671,35
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	7.000,00	—	30.000,00	—	200,00	37.200,00
Spese di pubblicizzazione	—	4.000,00	500,00	1.000,00	—	5.500,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	7.000,00	22.650,00	2.500,00	3.600,00	—	35.750,00
Spese generali	226.418,93	83.850,00	18.000,00	15.000,00	14.000,00	357.268,93
<b>TOTALE</b>	<b>1.200.820,00</b>	<b>390.000,00</b>	<b>207.200,00</b>	<b>70.000,00</b>	<b>81.200,00</b>	<b>1.949.220,00</b>

Valori in euro.



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

Il progetto prevede la redazione di Relazioni Tecniche, pubblicazioni su riviste tecniche specializzate, la partecipazione a seminari, convegni e conferenze e quanto meglio specificato nel paragrafo successivo.

#### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

I principali prodotti attesi sono costituiti da:

- un sistema di mappatura finalizzato al monitoraggio delle isole di calore e delle acque superficiali;
- un protocollo di calcolo e verifica delle ricadute ambientali dell'utilizzo del verde pensile;
- un sistema di monitoraggio partecipativo del clima acustico negli ambienti interni ed esterni;
- sistemi di monitoraggio finalizzati alla verifica di efficienza e gestione energetica di impianti "green" ed edifici di nuova costruzione;
- soluzioni per il contenimento energetico e delle emissioni inquinanti da impianti di climatizzazione;
- soluzioni avanzate di termoregolazione e gestione di impianti a scala di quartiere;
- sistemi di controllo e gestione di impianti solari;
- uno strumento di valutazione della sostenibilità su scala urbana;
- uno strumento di corretta progettazione e verifica acustica degli edifici;
- uno studio di fattibilità per la digitalizzazione dei processi di appalto nell'ambito dei lavori pubblici;
- modelli statistici interpretativi e previsionali;
- realizzazione di un impianto di collaudo innovativo per l'esecuzione di test combinati AAV e resistenza sismica statica e dinamica su elementi di facciata continua;
- sviluppo di un elemento SMA ad alte prestazioni per impiego in impianti di collaudo sismico innovativo.

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

Il progetto avrà ricadute sullo sviluppo territoriale, sia per la competitività delle imprese, accresciuta dalla disponibilità di nuove conoscenze e nuovi manufatti, sia per la disponibilità di laboratori all'avanguardia solidamente integrati in una rete di Istituti di Ricerca CNR, tra i quali un centro di competenza specifica nel campo della valutazione delle facciate in scala reale dotato di un impianto avanzato in grado di valutare il degrado delle facciate sotto l'effetto dell'azione sismica.

Col *Building Information Modeling (BIM)* la regione Lombardia disporrà di uno strumento che consentirà di migliorare la gestione delle fasi istruttorie riferite ai processi autorizzativi (ottenimento dei permessi, valutazione delle offerte, remunerazione dei fornitori).

Sarà favorita, inoltre, una crescita occupazionale nell'ambito della quale appare significativo l'impatto di nuove figure professionali ad alto valore aggiunto di conoscenza. Saranno, infine, occupati ricercatori e tecnici che avranno così l'opportunità di specializzarsi su tematiche strategiche ed innovative.

L'organizzazione di campagne di formazione in aula e sul campo consentirà di accrescere il *know-how* di industriali e professionisti lombardi. La formazione in aula sarà caratterizzata dall'utilizzo di metodologie attive, che prevedono oltre alle lezioni di tipo tradizionale, anche lo svolgimento di esercitazioni e simulazioni, oltre che la presentazione, la discussione e l'analisi di casi studio reali. La formazione sul campo si svilupperà attraverso:

- la formazione *on the job*, che consiste nell'applicazione di istruzioni e procedure che permettono di acquisire nuove conoscenze necessarie all'esecuzione di attività specifiche;
- il *learning by doing*, che equivale ad apprendere attraverso il fare e permette di memorizzare ed interiorizzare le diverse azioni.

### 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Sarà progettato e realizzato un impianto di collaudo innovativo in grado di valutare la sicurezza in uso di elementi di facciata continua sottoposti all'azione sismica. In particolare, l'impianto sarà in grado di verificare sperimentalmente il comportamento di una porzione di facciata di due piani in scala reale, attraverso un test statico (spostamenti applicati a velocità basse da non indurre effetti di natura dinamica e accelerazioni), sollecitato con movimento orizzontale all'altezza dell'interpiano ed un test dinamico. Il test dinamico è realizzato mediante cicli imposti al campione con frequenza di vibrazione e sollecitazioni rappresentative della deformata dell'edificio durante l'evento sismico. La valutazione dell'eventuale danno dell'azione sismica sulla facciata avviene attraverso prove di permeabilità all'aria, tenuta all'acqua e resistenza al vento misurate prima e

dopo l'applicazione delle sollecitazioni statiche e dinamiche applicate al campione. L'eventuale decremento delle prestazioni iniziali misurate dopo la simulazione sismica evidenziano l'entità del danno e la sua localizzazione (es. elementi d'angolo, ancoraggi alla struttura portante, deformazione del telaio, distacco degli elementi di tamponamento, ecc.). Inoltre, la struttura sperimentale consentirà la verifica prestazionale di nuove tecnologie e dispositivi prototipali. Sarà possibile verificare, ad esempio il comportamento sotto l'azione sismica di accessori realizzati con leghe a memoria di forma, che lavorano in campo superelastico, per la realizzazione di connessioni tra gli elementi della facciata e/o dispositivi di vincolo alla struttura portante dell'edificio.

Si svilupperà inoltre una piattaforma digitale servizi, fruibile sia dalle committenze che dagli enti locali, consentendo il miglioramento dell'affidabilità dei processi autorizzativi, riducendone i tempi di attuazione e incrementandone il grado di consultazione pubblica oltre alla sorveglianza in remoto dell'andamento dei lavori lasciandone tracciabilità.

Saranno sfruttate le potenzialità del Building Information Modeling (BIM) che consentirà di migliorare la gestione delle fasi istruttorie riferite ai processi autorizzativi (ottenimento dei permessi, valutazione delle offerte, remunerazione dei fornitori, ecc.).



◀ Fig. 3

Integrazione di energie rinnovabili in componenti di facciata

### 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

Il progetto si sviluppa in Lombardia coinvolgendo diverse realtà dislocate sul territorio: imprese, enti, università, associazioni, ecc. ed è mirato a stimolare la diffusione di tecnologie innovative sul territorio e il loro impiego per lo sviluppo di applicazioni d'interesse per l'industria e le piccole medie imprese.

In questo ambito rafforzare e potenziare la promozione dell'innovazione rappresenta un'importante leva per il territorio in termini di rilancio di competitività.

Infatti, all'interno di un sistema economico, la capacità innovativa delle imprese è la principale fonte di cambiamento che garantisce uno sviluppo sostenuto e prolungato nel tempo. La stessa Unione Europea ha riconosciuto la necessità di strutturare una strategia in cui uno dei punti fondamentali consiste proprio nello sviluppo dei settori ad intensità di conoscenza e di tecnologia, riconoscendo in questi un significativo potenziale di crescita economica e di creazione di valore aggiunto.

► **Fig. 4**

Monitoraggio in opera  
delle prestazioni di facciata



A seguito dell'onda emotiva dei terremoti in Abruzzo ed in Emilia Romagna, ITC-CNR ha sentito l'esigenza di indirizzare una delle attività dell'Istituto a supporto della conoscenza in materia sismica, anche sulla scorta di un registrato interesse da parte di alcuni importanti produttori del settore. In particolare, in Italia, il comportamento delle facciate continue sottoposto alle azioni sismiche, non risulta indagato a livello di sperimentazione di laboratorio.

La possibilità di realizzare test sismici su facciate continue per valutare il comportamento sul piano sperimentale, rappresenta il valore aggiunto alle conoscenze già in campo che hanno indagato l'elemento facciata in termini di "parte non strutturale dell'edificio", operando previsioni con il mezzo del calcolo (NTC 2008).

Le conoscenze attuali in campo strutturale consentono di guardare alle facciate continue anche in termini di sicurezza dei residenti (e dei cittadini in generale) e di contenimento dei costi di ripristino, in caso di evenienza. La possibilità di riprodurre, con sufficiente approssimazione, il movimento sismico ed osservare "dal vero" i danni eventuali, apre scenari di approfondimento con gli esperti del settore (Politecnico di Milano, Eucentre, ecc.) nell'ottica di minimizzare gli effetti attraverso l'utilizzo di materiali avanzati e scelte progettuali appropriate.

Tali approfondimenti si allineano con gli ulteriori studi (energetici, acustici, ecc.) condotti su questa tipologia di "prodotto" già largamente utilizzato, arricchendo la valenza estetica ed il comfort interno di connotati quali la sicurezza e contenimento dei costi. Le facciate continue rappresentano da sempre, tra gli oggetti edilizi, l'emblema dell'avanzamento tecnologico e della solidità economica, strumento di sfida per il rilancio dell'attuale comparto edilizio. In tempi recenti Milano ha sposato questa tesi e il Quartiere Isola, il palazzo della Regione, City Life, ecc. sono esempi di pregio.

Inoltre, il comparto edilizio lombardo conta numerose PMI coinvolte a vario titolo nella filiera produttiva delle facciate continue: dalle realtà più grandi connesse alla manifattura dei profili e dell'accessoristica, a piccoli imprenditori con funzione di assemblatori.

Anche il progetto dell'apparecchiatura si avvarrà nella fase di studio e dettaglio della collaborazione di esperti del settore di ingegneria sismica e si porrà come complemento alle metodologie di prova prettamente strutturali, quali la "tavola vibrante", presso la Fondazione "Eucentre" di Pavia, centro di caratura internazionale nel campo della sismica.

Sul piano normativo, l'attività di sperimentazione in laboratorio e le attività di ricerca potrebbero confluire nella proposizione di istruzioni tecniche CNR sulle azioni sismiche sulle facciate degli edifici o viceversa costituire base scientifica per la predisposizione di una procedura di prova ad hoc d'ambito nazionale/europeo.

# RIPRENDO@home

Recupero post-Ictus: Piattaforma per la Riabilitazione  
Neuromotoria orientata al DOmicilio

Hanno collaborato alla stesura del capitolo i seguenti Autori:

**Matteo Malosio**

Istituto di Tecnologie Industriali ed Automazione (ITIA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Simone Pittaccio**

Istituto per l'Energetica e le Interfasi (ENI)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Giovanna Rizzo**

Istituto di Bioimmagini e Fisiologia Molecolare (IBFM)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo	<b>RIPRENDO@home</b> Recupero post-Ictus: Piattaforma per la Riabilitazione Neuromotoria orientata al Domicilio
Logo	
Sito web	<a href="http://www.ripren道athome.it">http://www.ripren道athome.it</a>
Parole chiave	<i>Riabilitazione neuromotoria assistita, Home therapy, Dispositivi e tecniche riabilitative, Terapia personalizzata, Valutazione e monitoraggio.</i>
Responsabile scientifico	Matteo Malosio Dipartimento di Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti (DIITET) Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione (ITIA) Tel. 02 2369 9625 Cell. 366 6114360 E-mail: <a href="mailto:matteo.malosio@itia.cnr.it">matteo.malosio@itia.cnr.it</a>
Data di avvio	25/07/2013
Durata	24 mesi
Costo totale	€ 2.049.596,00

# 1 Inquadramento del progetto

## 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

Il danno neurologico conseguente alle patologie cerebrovascolari rappresenta un rilevante problema sanitario a livello mondiale. Secondo l'OMS, la riabilitazione ha il compito di mitigare gli effetti dei disturbi e di prevenire le loro ricadute a livello sociale ed occupazionale. Relativamente all'ictus, pur essendo ad oggi difficilmente reperibili dati approfonditi riguardanti le conseguenze sociali in Europa, in cui il numero totale di casi è stato stimato in 9,6 milioni, si ipotizza un probabile incremento dell'incidenza annua dagli 1,1 milioni nell'anno 2000 a più di 1,5 milioni nell'anno 2025. Attualmente in Italia si valutano circa 190.000 nuovi casi ogni anno con oltre 30.000 ricoveri ospedalieri riportati nel 2009 e riconducibili alla patologia cerebrovascolare acuta nella sola Lombardia. Si stima, inoltre, che il costo dell'ictus per l'economia europea sia pari a 38 miliardi di euro annui, un onere economico che rappresenta il 2-3 % della spesa sanitaria totale dell'Unione Europea. In Lombardia il costo per il 2009 riferito ai ricoveri ospedalieri conseguenti a patologie cerebrovascolari acute (DRG 014, 015, 016 e 017) è di poco inferiore ai 90.000.000 €, a cui si aggiungono oltre 10.000.000 € per i ricoveri in reparti di riabilitazione specialistica con un costo globale equivalente al 1,8% del totale costo sanitario regionale. Inoltre, il continuo aumento demografico è causa di una continua insufficienza di personale e staff medico adeguato. Risulta, quindi, sempre più necessario lo sviluppo di tecnologie che possano supportare il personale medico nell'assistenza di un sempre maggior numero di pazienti sfruttando vantaggi quali ripetibilità, intensità di trattamento e parziale autonomia dei pazienti nell'eseguire la terapia. La European Robotics for Healthcare Roadmap (R4R) identifica la robotica per trattamenti riabilitativi come una delle maggiori aree di interesse sociale e tecnologico, definendo l'adattamento della terapia al paziente e la terapia a domicilio come innovazioni rilevanti nell'ambito della riabilitazione assistita. Inoltre, secondo l'art. 26 della convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità (CRPD), i metodi sviluppati devono permettere un inizio precoce della terapia, sulla base di un accertamento multidisciplinare dei bisogni e delle capacità individuali. Ciò nonostante, rare ed isolate sono state finora le soluzioni orientate a portare la riabilitazione neuro-motoria presso la casa del paziente, basate su un continuo e costante monitoraggio della terapia e caratterizzate da un costo finale che ne permettesse la diffusione su larga scala.

Malgrado l'attuale esistenza di tecnologie di base utilizzabili, non risultano disponibili dispositivi riabilitativi ortesici o meccatronici che ben si prestino ad un uso domiciliare. Gli interventi da mettere in atto devono essere tali da accelerare e facilitare la partecipazione dei soggetti alla vita sociale, venendo quindi incontro alle loro esigenze e migliorando la loro qualità di vita. Questo può essere fatto individuando soluzioni che, a partire dal ricovero in clinica, rendano possibile una precoce transizione all'ambiente domestico, conservando costantemente la possibilità di eseguire esercizi motori e cognitivi fondamentali per il mantenimento ed il recupero delle funzionalità.

## 1.2 Obiettivi del progetto

La finalità principale del progetto è lo sviluppo di soluzioni scientifico/tecnologiche innovative per la riabilitazione neuromotoria dell'arto superiore, in grado di assistere il paziente ed il fisioterapista nelle diverse fasi della patologia, a partire da quella acuta, necessariamente gestita in ambito ospedaliero, fino alla fase cronica, spostando il baricentro della terapia, gradualmente e appena possibile, verso l'ambiente domestico.

Tali soluzioni, basate su dispositivi sensorizzati e di riabilitazione attiva, sono ideate ed implementate in modo tale da poter operare in modo integrato e con gradi di complessità opportunamente personalizzabili rispetto alle esigenze del paziente e alla sostenibilità nell'ambiente clinico ed, in proiezione, verso l'uso domestico.

Obiettivo del progetto è quindi lo sviluppo di una piattaforma integrata e personalizzabile orientata alla riabilitazione neuromotoria post-ictus domiciliare che:

- permetta la formulazione e l'utilizzo di protocolli clinici riabilitativi avanzati e personalizzati per una maggiore efficacia terapeutica;
- contribuisca a creare sostenibilità ed accessibilità al sistema sanitario e socio-assistenziale, ottimizzando le risorse nei centri erogatori e decentrando l'attività di assistenza presso il domicilio dei pazienti (*therapy at home*);
- permetta al settore neuroriabilitativo un salto tecnologico, promuovendo mutamenti strutturali all'interno del territorio lombardo;
- favorisca l'ingresso di aziende lombarde nel settore biomedicale e promuova la nascita e lo sviluppo di nuove realtà produttive tecnologicamente avanzate.

Il progetto *RIPRENDO@home* si articola in particolare nelle seguenti aree:

- ideazione, sviluppo e realizzazione di piattaforme robotizzate, ortesi dinamiche sensorizzate e dispositivi tecnologici per la riabilitazione neuromotoria dell'arto superiore orientati al settore della *home therapy*;
- soluzioni di rendering aptico in ambienti di realtà virtuale/aumentata, per incrementare il grado di coinvolgimento e partecipazione del paziente durante le diverse fasi della terapia robotizzata tramite un interfacciamento uomo-macchina agevole e facilmente utilizzabile;
- sviluppo di metodologie per la personalizzazione individuale delle piattaforme riabilitative robotizzate e degli ambienti di realtà virtuale, basate sulla diagnostica quantitativa e la modellazione biomeccanica dell'arto del paziente mediante imaging biomedico;
- messa a punto di metodologie per la valutazione quantitativa della piattaforma, in termini di effetto/efficacia dal punto di vista della riabilitazione e per individuare eventuali interventi correttivi precoci e personalizzati per ottimizzare la funzionalità della piattaforma stessa. Verrà inoltre valutato l'impatto psicologico sul paziente.

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

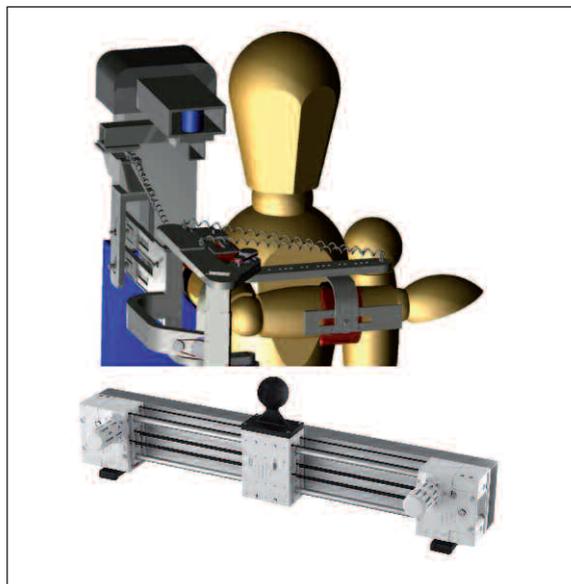
L'intero progetto si articola secondo le seguenti macro-attività o obiettivi realizzativi (WP):

- WP1. Progettazione, sviluppo e valutazione della piattaforma riabilitativa
- WP2. Sviluppo di dispositivi per la neuroriabilitazione dell'arto superiore
- WP3. Sviluppo di strumenti e metodi per la valutazione della piattaforma riabilitativa

Essi sono suddivisi a loro volta in specifiche attività (WPx.x).

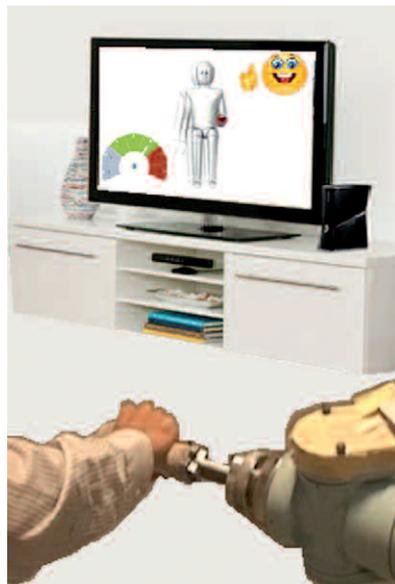
- WP1.1 – Analisi degli obiettivi riabilitativi, definizione delle specifiche funzionali della piattaforma e dei protocolli di valutazione (ITIA) – Definizione obiettivi riabilitativi, requisiti per i dispositivi robotici e le ortesi sensorizzate, requisiti per l'integrabilità delle tecnologie, requisiti per la trasferibilità in ambito domestico, stesura di protocolli di acquisizione (pre-, durante e post-riabilitazione) per la valutazione della funzionalità motoria, delle caratteristiche morfologico strutturali dell'arto lesa e degli effetti di neuroplasticità a livello corticale.
- WP1.2 – Integrazione e validazione dei dispositivi e delle metodologie di valutazione (ITIA) – I dispositivi robotizzati, le ortesi sensorizzate e le metodologie sviluppate in WP2 e WP3 verranno integrati dal punto di vista hw/sw; verrà verificata la funzionalità e l'utilizzabilità delle interfacce di programmazione e di utilizzo, il corretto funzionamento dei dispositivi ed il rispetto dei requisiti tecnologici definiti in fase di progettazione.
- WP1.3 – Sperimentazione della piattaforma e valutazione della sua funzionalità (IBFM) – La piattaforma (o sue sottoparti specifiche) sarà sperimentata su un gruppo di pazienti. I dati sperimentali così raccolti saranno analizzati mediante le metodologie e gli strumenti sviluppati in WP3, per studiare le variazioni dello stato funzionale del paziente durante e dopo la riabilitazione. In tal modo si valuterà l'effetto/efficacia della piattaforma dal punto di vista della riabilitazione, anche individuando eventuali interventi correttivi precoci e personalizzati. Verrà, inoltre, valutato l'impatto psicologico su paziente e personale sanitario relativo all'esperienza di interazione con i dispositivi sviluppati.
- WP1.4 – Identificazione delle modalità di migrazione verso la *home therapy* (IENI) – Identificazione delle criticità, proposte di adeguamento e semplificazione di tecnologie e protocolli per il trasferimento all'ambiente domestico.
- WP1.5 – Disseminazione e formazione (IENI) – Organizzazione eventi divulgativi e comunicazione scientifica; organizzazione seminari di alta formazione (specializzandi, fisioterapisti, bioingegneri, ingegneri); formazione giovani ricercatori.
- WP2.1 – Esoscheletro per neuroriabilitazione (ITIA) – Progettazione, sviluppo e realizzazione di un esoscheletro robotico per la neuroriabilitazione dell'arto superiore, caratterizzato da un'architettura cinematica ibrida ideata appositamente per 1) adattarsi al complesso movimento del cingolo scapolare, al fine di consentire un esteso movimento

- di elevazione del braccio, e 2) facilitare i movimenti di flesso-estensione del gomito. Opportuni sensori ed appositi algoritmi garantiranno la sicurezza del dispositivo.
- WP2.2 – Dispositivo end-effector per neuroriabilitazione (ITIA) – Progettazione, sviluppo e realizzazione di un dispositivo di tipo end-effector che, tramite un'opportuna interfaccia meccanica per la mano o il polso del paziente, permetterà di eseguire esercizi riabilitativi basati sulla reale forza scambiata e compatibili con i requisiti di una riabilitazione domiciliare ed una sua realizzabilità su vasta scala.
  - WP2.3 – Ambienti digitali a supporto del processo riabilitativo (ITIA) - Progettazione e sviluppo di ambienti digitali, strutturati secondo un format aperto, a supporto del paziente durante l'utilizzo degli ausili riabilitativi fisici al fine di migliorare le performance del processo (es. tramite l'efficacia del gesto, la motivazione, la riduzione di noia/stress, l'intrattenimento, etc.).
  - WP2.4 – Ortesi dinamiche sensorizzate e dispositivi basati su materiali funzionali (IENI) - Progettazione e sviluppo di dispositivi riabilitativi capaci di raccogliere dati sulla postura e l'utilizzo dell'arto superiore durante il giorno; loro caratterizzazione ed identificazione di metodologie per la personalizzazione rispetto ai bisogni del paziente.
  - WP3.1 – Identificazione di indici quantitativi per la caratterizzazione morfo-funzionale del paziente, a partire da immagini/segnali biomedici (IBFM) – Sviluppo di tecniche di analisi di immagini morfologiche dell'arto superiore e di immagini/segnali cerebrali per l'estrazione di indici quantitativi di caratterizzazione morfo-funzionale.
  - WP3.2– Caratterizzazione della funzionalità motoria dell'arto superiore (ITIA) – Sviluppo di tecniche di acquisizione e di elaborazione di segnali cinematici e di elettromiografia dinamica e definizione di indici della funzionalità motoria dell'arto superiore.
  - WP3.3 – Caratterizzazione biomeccanica, energetica e metabolica della funzionalità muscolare (IBFM)- Sviluppo di metodi per la determinazione della forza muscolare in condizioni isometriche e isocinetiche, e per lo studio dell'ossigenazione tissutale e del metabolismo ossidativo muscolare durante esercizio.
  - WP3.4 – Modellazione biomeccanico-funzionale dell'arto superiore (ITIA) – Sulla base dei dati sperimentali che le tecniche sviluppate in WP3.2 e WP3.3 permetteranno di ottenere, verrà sviluppato un modello biomeccanico parametrico dell'arto superiore in grado di simularne il funzionamento e di estrapolare alcuni indici sintetici (quali lo sforzo e il relativo consumo energetico) utili in fase di valutazione.
  - WP3.5– Modello di interazione tra ortesi dinamica ed arto superiore (IENI)– Investigazione dell'azione di dispositivi a base di leghe pseudoelastiche durante l'applicazione terapeutica. Il modello sarà parametrizzato sfruttando i risultati di WP3.1-WP3.2-WP3.3.



▲ Fig. 1

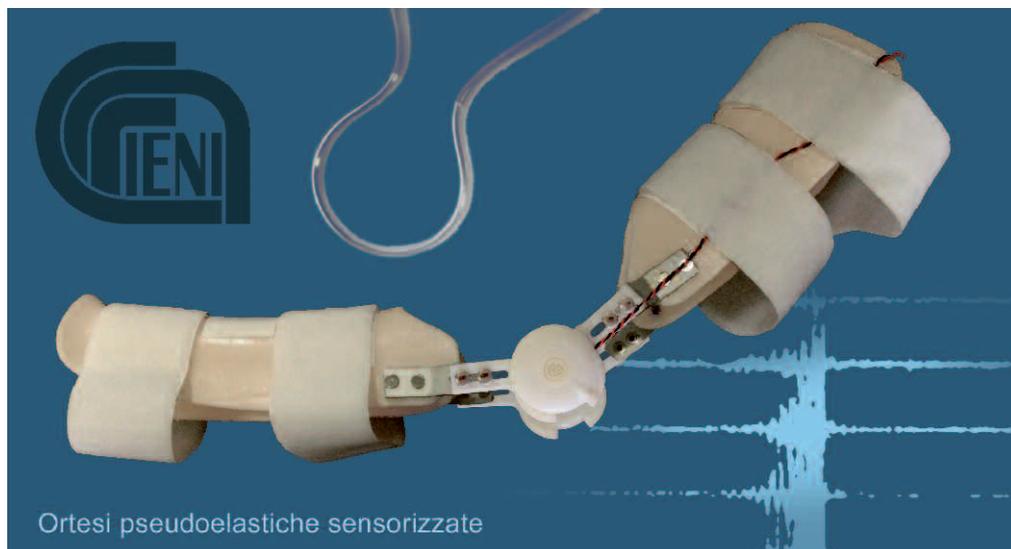
Dispositivi robotici, di tipo esoscheletrico ed end-effector, per la riabilitazione neuromotoria dell'arto superiore

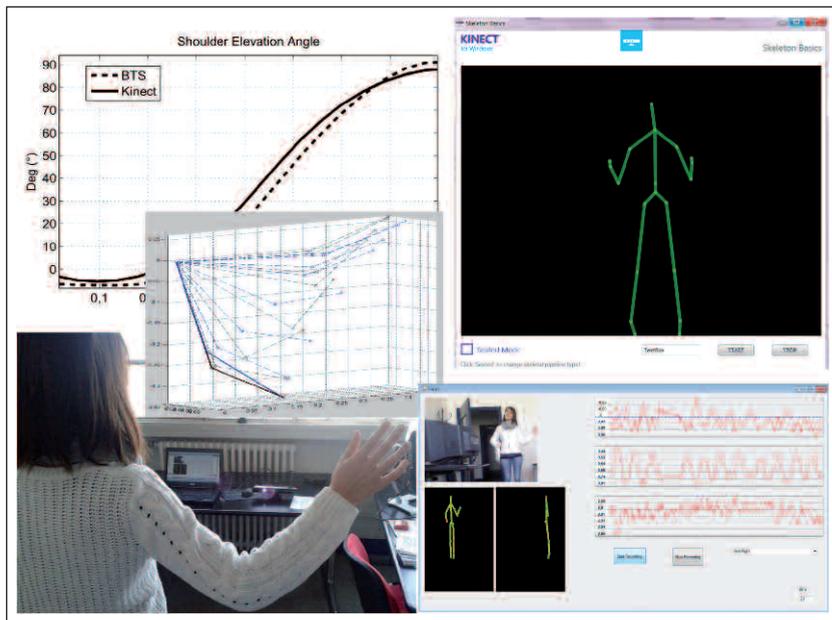


▲ Fig. 2

Prototipo dell'ambiente di supporto alla riabilitazione assistita domestica

▼ Fig. 3 Dispositivi ortesici dinamici e sensorizzati per il riposizionamento dell'arto superiore affetto da paresi spastica. Questi dispositivi saranno funzionalizzati tramite molle in materiale pseudoelastico con caratteristiche adattabili alle esigenze del paziente ed integreranno sensori in grado di raccogliere biosegnali e monitorare con continuità l'andamento della terapia



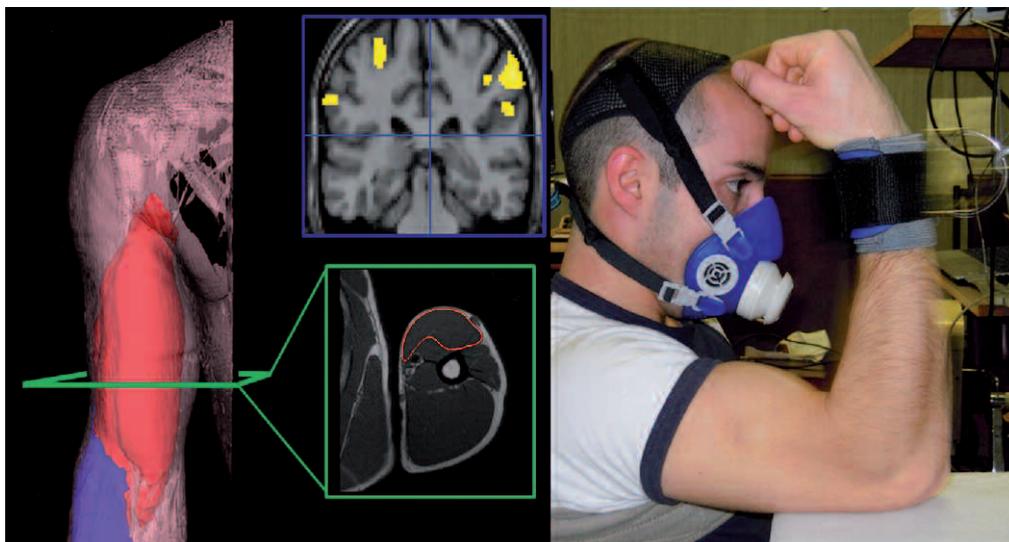


▲ Fig. 4

Dispositivo per l'analisi del movimento dell'arto superiore basato su sistema di tracking markerless a basso costo (Microsoft Kinect)

▼ Fig. 5

Integrazione di dati funzionali (aerobici e di forza) dell'apparato muscolo-scheletrico con dati strutturali e di attivazione cerebrale ottenuti mediante tecniche di imaging



		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	WP 1.1	Definizione di: 1) obiettivi riabilitativi, 2) protocolli di intervento e valutazione, 3) requisiti delle ortesi e dei dispositivi robotici.	Serie di incontri con consulenti clinici sui temi indicati come obiettivo.	Criteri di inclusione dei pazienti; Protocolli di intervento e valutazione; Requisiti per ortesi e dispositivi robotici.
	WP 1.2	Integrazione e validazione tecnologica dei dispositivi realizzati e delle metodologie sviluppate all'interno dei WP2 e WP3.	Verranno verificate le modalità di funzionamento, l'utilizzabilità dei dispositivi e delle relative interfacce di programmazione.	Superamento dei test di funzionamento e di integrazione del dispositivo.
	WP 1.3	Verifica sperimentale degli effetti funzionali dell'intervento ottenuto tramite la piattaforma riabilitativa.	Esecuzione di test funzionali su pazienti con esiti di ictus.	Valutazione dell'effetto/efficacia riabilitativa della piattaforma; ottimizzazione e personalizzazione della piattaforma.
	WP 1.4	Identificazione delle modalità di migrazione verso <i>la home therapy</i> .	Identificazione delle criticità, proposte di adeguamento e semplificazione di tecnologie e protocolli per il trasferimento all'ambiente domestico.	Rapporto di analisi dei risultati tecnologici ottenuti nel corso del progetto, al fine di proporre soluzioni per la migrazione di tali tecnologie verso <i>la home therapy</i> .
	WP 1.5	Disseminazione e formazione. Organizzazione della comunicazione relativa al progetto attraverso vari canali. Attività di supporto alle procedure di valutazione e notifiche dei protocolli clinici.	Realizzazione e gestione del sito internet; eventi di divulgazione, realizzazione brochure-newsletter. Organizzazione di seminari di formazione specifici. Procedure burocratiche relative ai protocolli clinici.	Comunicazione dei contenuti e dei risultati del progetto attraverso i canali indicati.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	WP 2.1	Realizzazione di un esoscheletro per la riabilitazione dell'arto superiore.	Concezione, progettazione, realizzazione meccanica e implementazione del software necessario per il funzionamento dell'esoscheletro.	Prototipo dell'esoscheletro.
	WP 2.2	Realizzazione di un dispositivo di tipo end-effector per la riabilitazione dell'arto superiore, ottimizzato per un'ampia diffusione in ambito domestico.	Concezione, progettazione, realizzazione meccanica ed implementazione del software di controllo necessario per il funzionamento del dispositivo.	Prototipo del dispositivo di tipo end-effector.
	WP 2.3	Realizzazione di ambienti digitali a supporto del processo riabilitativo. Basandosi su tecnologie consumer ed integrando funzionalità aptico /immersive, saranno per il paziente un mezzo a supporto dell'attività riabilitativa.	Analisi dei requisiti: tecnologie hardware, strumenti software, interfacciamento, integrazione con dispositivi. Progettazione e sviluppo del sistema aderente ai requisiti individuati. Prove di utilizzo e correzioni, anche alla luce degli aspetti medici.	Applicazione per il supporto all'attività riabilitativa a domicilio ed in clinica, integrata con i device esterni sviluppati e adottati nel Progetto.
	WP 2.4	Ortesi dinamiche sensorizzate e dispositivi basati su materiali funzionali.	Progettazione e sviluppo di dispositivi riabilitativi capaci di raccogliere dati sulla postura e l'utilizzo dell'arto superiore; identificazione di metodologie per la personalizzazione rispetto ai bisogni.	Prototipo di ortesi dinamica sensorizzata.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP3	WP 3.1	Caratterizzazione strutturale e morfologica dei componenti del sistema muscolo-scheletrico dell'arto superiore e caratterizzazione dell'attività cerebrale coinvolta nel controllo motorio.	Sviluppo di tecniche automatiche per l'analisi di immagini e segnali biomedici.	Estrazione di indici quantitativi significativi per la valutazione del recupero morfologico-strutturale del muscolo e dell'attività cerebrale del paziente dovuto a terapia riabilitativa.
	WP 3.2	Sviluppo di tecniche di acquisizione ed elaborazione di segnali cinematici e di EMG dinamica e definizione di indici della funzionalità motoria dell'arto superiore.	Prove sperimentali di acquisizione dati ed elaborazione di movimenti di reaching, mano alla bocca e movimenti utili alla definizione e verifica degli indici sintetici.	Protocollo di acquisizione ed elaborazione. Definizione di alcuni possibili indici sintetici utili alla caratterizzazione funzionale del paziente.
	WP 3.3	Caratterizzazione biomeccanica, energetica e metabolica della funzionalità muscolare dell'arto superiore.	Sviluppo di metodi per la determinazione della forza muscolare e del metabolismo ossidativo muscolare durante l'esercizio.	Parametri indicativi della risposta muscolare al trattamento riabilitativo.
	WP 3.4	Definizione di un modello biomeccanico parametrico dell'arto superiore.	Fusione dei dati provenienti da WP3.1 e WP3.2 per validare e definire l'accuratezza degli indici sintetici indentificati.	Modello biomeccanico correlato di un protocollo di acquisizione ed elaborazione dati e relativa reportistica.
	WP 3.5	Modello di interazione tra ortesi dinamica ed arto superiore.	Investigazione dell'azione di dispositivi a base di leghe pseudoelastiche durante l'applicazione terapeutica. Il modello sarà parametrizzato sfruttando i risultati di WP3.1-WP3.2-WP3.3.	Descrizione delle interazioni riscontrate tra il corpo umano ed i dispositivi pseudoelastici.

## 2.2 Il partenariato

- **Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione (ITIA-CNR)** si occupa dello sviluppo dei dispositivi robotizzati per la riabilitazione dell'arto superiore e dello sviluppo del relativo sistema di controllo (WP2.1, WP2.2); dello sviluppo di ambienti digitali a supporto del processo riabilitativo (WP2.3); dello sviluppo di metodi per l'analisi dei segnali cinematici e ed elettromiografici (WP3.2); della definizione ed implementazione di un modello biomeccanico (WP3.4) sulla base del quale sarà possibile identificare ed elaborare indici sintetici per una valutazione pre/post terapia; della definizione delle specifiche tecniche e degli obiettivi riabilitativi del progetto in collaborazione con gli altri soggetti beneficiari del progetto e con la clinica Villa Beretta dell'Ospedale Valduce (WP1.1); dell'integrazione e della validazione dei dispositivi sviluppati, verificando il loro corretto funzionamento ed il rispetto dei requisiti definiti in fase di progettazione (WP1.2). ITIA ha inoltre il ruolo di coordinatore del progetto.
- **Istituto di Bioimmagini e Fisiologia Molecolare (IBFM-CNR)** si occupa della messa a punto di strumenti per l'estrazione di indici sintetici quantitativi di caratterizzazione morfo-funzionale del paziente (WP3.1) e per la caratterizzazione biomeccanica, energetica e metabolica della sua funzionalità muscolare (WP3.3). IBFM coordinerà inoltre l'attività di sperimentazione della piattaforma sui pazienti e di valutazione della sua funzionalità (WP1.3).
- **Istituto per l'Energetica e le Interfasi (IENI-CNR)** contribuisce per quanto riguarda lo sviluppo di dispositivi ortesici sensorizzati e dispositivi basati su materiali funzionali (WP2.4), la formulazione di indici per la loro valutazione, e la modellazione della loro interazione con il corpo del paziente (WP3.5). Ha responsabilità anche nella formulazione di linee guida per l'uso della piattaforma riabilitativa in ambiente domestico (WP1.4) e coordina le attività di formazione e diffusione delle competenze (WP1.5).

Sono inoltre coinvolte le cliniche Villa Beretta (Costa Masnaga, LC), presidio ospedaliero dell'ospedale Valduce di Como, e La Nostra Famiglia (Bosisio Parini, LC) per attività di supporto nella definizione dei requisiti funzionali, nella stesura dei protocolli riabilitativi, nel reclutamento pazienti e nella fase di sperimentazione dei dispositivi e delle tecniche sviluppate.

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>ITIA</b>	<b>IBFM</b>	<b>IENI</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	249.600,00	192.000,00	172.920,00	614.520,00
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	291.200,00	256.000,00	200.000,00	747.200,00
Spese di formazione	0,00	10.000,00	0,00	10.000,00
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	0,00	0,00	12.400,00	12.400,00
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	16.000,00	29.040,00	24.000,00	69.040,00
Spese di pubblicizzazione	4.160,00	5.000,00	4.000,00	13.160,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	108.800,00	13.560,00	52.400,00	174.760,00
Spese generali	162.240,00	134.400,00	111.876,00	408.516,00
<b>TOTALE</b>	<b>832.000,00</b>	<b>640.000,00</b>	<b>577.596,00</b>	<b>2.049.596,00</b>

Valori in euro.



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

La realizzazione dei dispositivi robotici, sia di tipo esoscheletrico sia end-effector, porteranno allo sviluppo di architetture meccaniche le cui caratteristiche innovative verranno illustrate inizialmente in atti di convegno ed in seguito tramite pubblicazioni ISI, sia specificatamente robotiche (aspetti meccanici e di controllo), sia con taglio più applicativo e sperimentale medico-riabilitativo. La progettazione dei dispositivi stessi condurrà alla redazione dei report di progettazione relativi, dei disegni esecutivi e del software ad essi correlato. L'esoscheletro si basa su un'architettura cinematica la cui domanda di brevetto è stata depositata prima dell'avvio del progetto RIPRENDO@home. Superata la fase nazionale, essa è attualmente in fase di estensione in Europa e USA. Il dispositivo è stato ritenuto innovativo e brevettabile dagli stessi esperti valutatori. Lo stesso brevetto è stato, inoltre, selezionato dal CNR ed affidato ad un broker esterno (N&G Consulting, Milano) per procedere al meglio con la fase di valorizzazione.

Lo sviluppo di ortesi pseudoelastiche sensorizzate condurrà alla formulazione di schemi progettuali e all'implementazione di idee innovative nel campo del monitoraggio continuo della terapia riabilitativa dell'arto superiore. Queste tematiche potranno essere oggetto di lavori pubblicabili in riviste di ingegneria, in particolare ingegneria biomedica, e anche alla divulgazione tramite presentazioni a conferenze del settore e memorie negli atti di questi convegni.

Per ciò che riguarda lo sviluppo degli ambienti virtuali, ci si attende la realizzazione di pubblicazioni scientifiche di cui almeno una ISI. Il sistema finale realizzato nel WP2.3 costituirà un risultato di valore applicativo, e sarà caratterizzato da una validazione sperimentale su un set di pazienti selezionato. Verranno inoltre redatti almeno 2 rapporti tecnici (descrizione, funzionalità, schemi, etc.).

Come per i dispositivi sviluppati, anche le metodologie di analisi sviluppate e i risultati della sperimentazione condurranno alla redazione e pubblicazione di articoli scientifici su riviste ISI, atti di convegno e rapporti di progetto.

Inoltre, i prodotti scientifici della ricerca condotta all'interno del progetto saranno resi pubblici e diffusi attraverso l'attività di divulgazione e formazione del progetto stesso (WP1.5), ossia in eventi *ad hoc* di formazione a vari livelli, attraverso brochure e materiale divulgativo, e attraverso il sito Internet del progetto.

### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

Al termine del progetto saranno disponibili i prototipi di nuovi dispositivi riabilitativi, sia per l'analisi e il monitoraggio dello stato del paziente, sia per supportarlo nell'esecuzione di esercizi riabilitativi, rendendolo parzialmente autonomo anche in ambito domestico. In particolare:

- un dispositivo esoscheletrico per il supporto dell'arto superiore e l'esecuzione assistita di esercizi riabilitativi;
- un dispositivo di tipo end-effector per l'esecuzione di esercizi riabilitativi assistiti dell'arto superiore, ottimizzato per minimizzarne il costo per massimizzarne la diffusione in ambito domestico;
- due applicazioni software, una *at home* e una per la clinica, entrambe integrate con i device sviluppati e adottati dal progetto;
- un sistema di analisi cinematica e di valutazione dello stato del paziente basato su dispositivo commerciale a basso costo di tracking ottico ed un software di calcolo basato su un modello biomeccanico dell'arto ed il calcolo di indici sintetici di valutazione;
- ortesi pseudoelastiche sensorizzate con un contenuto tecnologico e bioingegneristico innovativo nel campo della somministrazione e monitoraggio della terapia di riposizionamento dell'arto superiore.

Verranno inoltre sviluppate procedure e algoritmi di analisi relativi ad immagini anatomiche e alla valutazione energetica dell'arto superiore. In particolare:

- protocolli ottimizzati per l'acquisizione di immagini anatomiche e funzionali MRI;
- algoritmo per la segmentazione semi automatica dell'arto superiore a partire da immagini di risonanza magnetica anatomica;
- procedure di analisi di immagini anatomiche MRI per la caratterizzazione quantitativa morfologica della distribuzione tissutale nell'arto superiore;
- procedure di analisi di segnali EEG e immagini fMRI per l'identificazione di indici quantitativi per la caratterizzazione dell'attività cerebrale durante movimento dell'arto superiore;
- procedure di analisi di segnali EEG e immagini funzionali fMRI per l'individuazione di circuiti neurali correlati al controllo motorio centrale;
- procedure per l'esecuzione di test funzionali adattati alle specifiche limitazioni dei pazienti con ictus;
- procedure per la valutazione funzionale meccanica, energetica e metabolica dell'arto superiore.

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

Questo progetto si inserisce in uno dei campi di eccellenza del territorio lombardo, ossia quello della neuroriabilitazione, portando un valore aggiunto metodologico e tecnologico. I risultati del progetto potranno avere positivi risvolti economici in termini di ottimizzazione ed incremento dell'efficienza dell'intervento riabilitativo, con una diminuzione del periodo di degenza ospedaliera dei pazienti ed una possibilità concreta di delocalizzare la cura a domicilio. Inoltre, il miglioramento sia della qualità, sia delle tempistiche del recupero funzionale potrà condurre a condizioni di vita migliori per il paziente e ad un suo reinserimento tempestivo nel contesto sociale. I dispositivi, le tecniche e le metodologie sviluppate durante il progetto consentiranno di implementare percorsi di continuità spazio-temporale della riabilitazione contribuendo a creare condizioni organizzative e meccanismi operativi che consentiranno di dare vita ad un percorso riabilitativo "integrato e continuo" sanitario, socio-sanitario e socio-assistenziale, raccordando gli attuali nodi della rete ospedaliera ed extraospedaliera e creando una rete intermedia tra gli ospedali, le Residenze Sanitarie Assistenziali (RSA), l'Assistenza Domiciliare Integrata (ADI) e l'Ospedalizzazione Domiciliare (OD).

Gli obiettivi del progetto, oltre a raccordarsi con la programmazione regionale ed in particolare con quanto previsto dal Documento Strategico Annuale e con l'Agenda Digitale Lombarda 2012-2015, affrontano tematiche pienamente in linea con quelle identificate all'interno del Piano Strategico della proposta di Cluster Tecnologico Nazionale "Tecnologie per gli Ambienti di Vita", presentata in risposta al Bando MIUR di cui al D.D. 257/Ric. del 30 Maggio 2012. In un contesto di *Ambient Assisted Living* e considerando la trasversalità dei concetti tecnologici di *Sensing, Reasoning, Acting, Communicating e Interaction*, l'idea verte sulla definizione di tecnologie abilitanti per la gestione della terapia riabilitativa a domicilio limitando il numero di interventi presso la struttura ospedaliera, consentendo, nel contempo, al medico di monitorare la progressione della malattia.

In termini di ricadute sul sistema socio-sanitario lombardo e nazionale, la realizzazione di prototipi ad alta tecnologia, quali i dispositivi robotici di movimentazione dell'arto superiore e le ortesi dinamiche sensorizzate in lega metallica pseudo-elastica, permetterà di migliorare la qualità della terapia riabilitativa rispetto all'impiego di strumenti passivi tradizionali di riabilitazione. La messa a punto di metodologie e protocolli per la caratterizzazione strutturale-morfologica, biomeccanica e metabolica del sistema neuromuscolare e per la valutazione delle funzionalità motorie e del controllo centrale del movimento permetterà di personalizzare la terapia sulle caratteristiche del singolo soggetto e di seguire nel tempo la sua evoluzione. I sistemi digitali di realtà virtuale/aumentata costituiranno un potente strumento di monitoraggio, motivazione e feedback al paziente e permetteranno quindi una più efficace aderenza al protocollo riabilitativo proposto, con conseguente più rapido e migliore risultato terapeutico.

La piattaforma di riabilitazione sviluppata nel progetto, potrà avere positivi risvolti economici in termini di ottimizzazione ed incremento dell'efficacia dell'intervento riabilitativo, con una di-

minuzione del periodo di degenza ospedaliera dei pazienti e una possibilità concreta di delocalizzare la cura a domicilio, con rilevante effetto positivo sul bilancio della Regione e conseguente sostenibilità del sistema. Inoltre, il miglioramento sia della qualità sia delle tempistiche del recupero funzionale potrà condurre a condizioni di vita migliori per il paziente e ad un suo reinserimento tempestivo nel contesto sociale. Tecnologie e metodologie sviluppate nel presente progetto potranno costituire, infine, una solida base per una veloce trasferibilità delle soluzioni identificate ad altri ambiti operativi terapeutici, nei quali l'aspetto di monitoraggio e di assistenza remoti di una attività motoria possano essere di vantaggio sia per il paziente che per la qualità dell'intervento (quali, ad esempio, riabilitazione post-trauma o attività fisica individualizzata per soggetti obesi, cardiopatici, anziani) .

Giova sottolineare come le competenze tecniche messe in gioco nel progetto si sposino molto bene con le capacità espresse dal tessuto industriale, lasciando presumere ampie possibilità di sfruttamento dei prodotti della ricerca tramite una successiva industrializzazione e diffusione commerciale. Infatti, le diverse soluzioni scientifico/tecnologiche alla base della piattaforma di riabilitazione potranno essere oggetto di un rapido trasferimento tecnologico verso aziende operanti nel settore, fornendo loro così un notevole vantaggio competitivo nell'aprire la strada ad un settore, quello dei dispositivi attivi di assistenza per la neuroriabilitazione anche domiciliare, attualmente ancora in fase embrionale, ma con prospettive di sempre maggiore espansione grazie alla crescente disponibilità di tecnologie di sviluppo e di produzione a prezzo sempre più contenuto. In particolare, l'intera piattaforma ed i singoli dispositivi sviluppati all'interno del progetto potranno essere di interesse in molteplici settori industriali, quali la produzione di servizi domestici di monitoraggio, assistenza e cura, produzione di sensoristica ambientale e indossabile, produzione e distribuzione di dispositivi di robotica medica ed, in generale, di robotica di servizio, sviluppo di dispositivi innovativi in grado di sfruttare le proprietà di materiali non tradizionali e *smart material*, tutti settori caratterizzati da un elevato livello tecnologico già in parte presenti all'interno del territorio lombardo e lecchese in particolare. L'interesse della compagine industriale lombarda ai risultati del progetto è peraltro evidente dalle lettere di sostegno firmate da parte di più Aziende in fase di presentazione della proposta progettuale.

Dal punto di vista occupazionale, il progetto prevede l'attivazione di numerosi nuovi contratti per giovani ricercatori (prevalentemente ingegneri e laureati in scienze motorie) all'interno degli istituti coinvolti. Ciò permetterà di valorizzare il capitale umano altamente qualificato presente sul territorio nazionale e lombardo, consentendo un ritorno dell'investimento economico destinato alla formazione, a beneficio della ricerca regionale e nazionale in un settore strategico quale quello delle tecnologie per ambienti di vita e per il miglioramento della sua qualità. La formazione ad alto livello, strettamente connessa alle attività del progetto, avrà ricadute positive e di forte impulso alla crescita di competenze disseminate nel settore della neuroriabilitazione, sia nazionale che nel territorio lombardo, ed in particolare all'interno della provincia di Lecco, con risvolti positivi anche occupazionali in ambito industriale ed ospedaliero.

I tre istituti CNR, proponenti del progetto, sono attivamente coinvolti e inseriti nelle attività del Cluster regionale lombardo e del Cluster nazionale su Tecnologie per gli Ambienti di Vita. Tale progetto sarà, innanzitutto, occasione di rafforzamento di collaborazione e condivisione di finalità tra gli istituti CNR stessi, caratterizzati da competenze complementari e sinergiche, po-

tendo così proporsi come importante interlocutore scientifico e di trasferimento tecnologico di eccellenza per l'industria. Sempre all'interno del progetto sono previste attività da eseguire in collaborazione stretta con personale medico-sanitario presso enti afferenti al sistema socio-sanitario lombardo, anch'essi inseriti all'interno del Cluster regionale. Si avrà, quindi, una ricaduta diretta sul potenziamento delle attività del Cluster regionale, favorendo un posizionamento sempre più importante del Cluster, in termini di competenze ed eccellenza dell'aggregazione lombarda, a livello nazionale. Il progetto, infine, propone soluzioni innovative strettamente attinenti alle tematiche strategiche di ricerca internazionale che prevede per le tecnologie, l'assistenza e la cura domiciliare, importanti investimenti tramite programmi quali Horizon 2020 e AAL. La realizzazione del progetto rafforzerà, quindi, la rete di eccellenza sulla neuroriabilitazione lombarda, già presente nel Cluster regionale, permettendo la sua partecipazione, in veste di partner scientifico di valore, ai prossimi progetti europei, aumentandone competitività e capacità di attrazione di investimenti mirati all'innovazione e al miglioramento della qualità della vita, dall'Europa verso l'Italia, e verso la Lombardia in particolare.

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Il contributo del progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale è costituito principalmente dai suoi risultati applicativi. Gli istituti di ricerca e le cliniche di riabilitazione direttamente impegnate nel progetto potranno godere, durante e al termine del progetto, di diversi nuovi dispositivi e tecniche per il supporto alla riabilitazione neuromotoria. I dispositivi robotici per la riabilitazione dell'arto superiore, le ortesi sensorizzate, i dispositivi di realtà virtuale e di diagnosi, tutte le tecniche di elaborazione basate su immagini e di caratterizzazione biomeccanica, energetica e metabolica, costituiranno un insieme unico di soluzioni di cui potrà usufruire direttamente il territorio lecchese tramite le cliniche Villa Beretta e La Nostra Famiglia. Ciò consentirà ad esse di godere di un insieme di soluzioni uniche, dalle promettenti caratteristiche e di facilitarne direttamente la diffusione in ambito domestico dopo la fase di dimissione dalla clinica.

Il costo ridotto di alcune delle tecnologie sviluppate consentirà, nella fase finale del progetto, di considerarne la possibile realizzazione in diversi esemplari, al fine di consentirne l'utilizzo e la sperimentazione anche in altre strutture del territorio, aumentando il numero di utenti e l'impatto sul territorio in termini di presidi ospedalieri e di utenti finali.

L'apertura della nuova sede del CNR, all'interno della campus universitario di Lecco del Politecnico di Milano, prevista per il 2015, che vedrà nelle tecnologie neuroriabilitative un importante ambito di interesse applicativo e all'interno della quale confluiranno alcune UOS di alcuni istituti del CNR, potrà godere dei risultati di RIPRENDO@home come esempio di un'importante collaborazione tra diversi istituti del CNR. Attività già in essere con realtà sanitarie, ma anche industriali, del territorio, hanno creato un rapporto di mutua fiducia e collaborazione che non potrà che rafforzarsi con un'ubicazione geografica nella città. Essa sarà inoltre da stimolo ad una continuità di azione per una sempre più ampia attività in ambito medicale, caratterizzando il territorio lecchese quale territorio di eccellenza.

### 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

Il coinvolgimento diretto dei centri di riabilitazione Villa Beretta di Costa Masnaga (LC) e La Nostra Famiglia di Bosisio Parini (LC), al fine di supportare opportunamente le attività che richiedono diretta esperienza medico-clinica, costituisce una prima occasione per una ricaduta territoriale diretta delle attività dell'intero progetto. Medici e fisioterapisti, partecipano attivamente all'interno del progetto nelle sue diverse fasi, dalla definizione delle specifiche dei dispositivi, alla loro validazione sperimentale. La partecipazione delle strutture è essenziale, non solo come bacino di affluenza del paziente, ma come punto di informazioni essenziali in campo medico, sociale e scientifico, a corredo di strumenti tecnologici. Le due strutture, dotate dei dispositivi innovativi e dei protocolli per la personalizzazione del trattamento e analisi dei dati, potranno, sia durante il progetto sia al termine dello stesso, garantire un intervento riabilitativo precoce in ospedale ed una continuità di trattamento in ambito domestico post-dimissione.

Dal punto di vista industriale, le manifestazioni di interesse, firmate all'atto della presentazione della proposta di progetto da parte di tre aziende (ABmedica, Mako Shark, BTS Bioengineering), nei confronti di diversi aspetti innovativi del progetto, testimoniano l'attenzione diretta in aspetti che abbiano immediate ricadute industriali dei risultati della ricerca. Inoltre, la manifestazione di interesse espressa da UniverLecco (associazione per la promozione degli insediamenti universitari in provincia di Lecco) conferma il potenziale impatto, tanto produttivo quanto di ricerca, dei diversi risultati attesi al termine del progetto RIPRENDO@home.

A partire da un'attività di sviluppo focalizzata sulle province di Milano e Lecco, e una di sperimentazione focalizzata fortemente sul territorio lecchese, il progetto mira ad una rapida diffusione e ricaduta dei risultati a livello nazionale. Il bacino di utenza delle stesse cliniche è ampio, essendo centri di riferimento per tutta la Lombardia ed, in misura minore, per l'intero territorio nazionale.

L'industrializzazione dei prototipi opportunamente validati e l'insieme delle tecniche e delle metodologie sviluppate si porranno l'obiettivo di un'ampia diffusione, non solo nazionale, grazie alle caratteristiche di basso costo, semplicità e portabilità, perseguite in fase di concezione e prototipazione.

# SPACE4AGRI

## Sviluppo di metodologie aerospaziali innovative di osservazione della terra a supporto del settore agricolo in Lombardia

Hanno collaborato alla stesura del capitolo i seguenti Autori:

**Pietro Alessandro Brivio**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Mirco Boschetti**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Paola Carrara**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Anna Rampini**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Alba L'Astorina**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Marco Sacco**

Istituto di Tecnologie Industriali ed Automazione (ITIA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Gloria Bordogna**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Anna Basoni**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Daniela Stroppiana**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo	<b>SPACE4AGRI</b> Sviluppo di metodologie aerospaziali innovative di osservazione della terra a supporto del settore agricolo in Lombardia
Logo	 The logo for Space 4 Agri features the text 'Space 4' in a blue, sans-serif font above the word 'Agri' in a green, sans-serif font. To the right of 'Agri' is a green globe with white grid lines, and a small white satellite icon is positioned over the globe.
Sito web	<a href="http://space4agri.irea.cnr.it">http://space4agri.irea.cnr.it</a>
Parole chiave	<i>Telerilevamento, tecnologie smart, RPAS (Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto), agricoltura</i>
Responsabile scientifico	Pietro Alessandro Brivio Dipartimento di Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti (DIITET) Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA) Tel. 02 2369 9289 / 9297 E-mail: <a href="mailto:brivio.pa@irea.cnr.it">brivio.pa@irea.cnr.it</a>
Data di avvio	25/07/2013
Durata	24 mesi
Costo totale	€ 1.374.750,00

# 1 Inquadramento del progetto

## 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

Il progetto "Space4Agri - Sviluppo di Metodologie Aerospaziali Innovative di Osservazione della Terra a Supporto del Settore Agricolo in Lombardia" trova le sue motivazioni in due ambiti diversi, ma complementari. Da un lato intende rispondere alle indicazioni del programma europeo GMES (ora Copernicus) sullo sviluppo, a partire dall'area tematica Aerospazio per l'Osservazione della Terra, di servizi "downstream" che portino valore economico aggiunto alle imprese e beneficio alle pubbliche amministrazioni e ai cittadini. Dall'altro, la proposta viene incontro all'esigenza, espressa in diversi contesti da parte della DG Agricoltura di Regione Lombardia (e.g. Workshop "Agrispazio Space Application Contest 2012", Milano 29/11/12) e condivisa con ARPA Lombardia, di sviluppare un quadro di conoscenze a supporto della attività di pianificazione e gestione nel settore dell'Agri-food Lombardo per la promozione di uno sviluppo agricolo sostenibile (in termini economici ed ecologici) in grado di far fronte ai cambiamenti climatici e pronto a rispondere alle sfide derivanti dalla globalizzazione.

Affrontare queste tematiche è in linea con le politiche europee e con le finalità di Expo 2015; tra i temi strategici di Horizon 2020, viene citata espressamente la sicurezza alimentare e l'agricoltura sostenibile e vi è una richiesta di ricerche finalizzate a sfociare in prodotti e servizi innovativi per offrire nuove opportunità imprenditoriali e contribuire a migliorare la vita dei cittadini. Space4Agri intende coniugare in maniera innovativa i recenti sviluppi nelle tecnologie aerospaziali di Osservazione della Terra che mettono a disposizione una grande quantità di dati satellitari (ancora maggiore nei prossimi anni grazie alle missioni Sentinel di ESA) diversi per risoluzione spaziale e temporale e le tecnologie di frontiera dell'aeronautica come i Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (RPAS - Remotely Piloted Aerial Systems, anche noti come "droni") con la domanda

▼ Fig. 1 Campi di mais nella pianura lombarda



di informazioni coerenti e aggiornate proveniente dal settore dell'agricoltura lombarda. Gli attori del comparto agricolo – enti pubblici di coordinamento e produttori - richiedono oggi sistemi di supporto in grado di valutare precocemente e nel caso fronteggiare situazioni climatiche inattese e critiche come quelle che hanno portato per la stagione 2012 ad un imprevisto calo di produzione del mais (-20% rispetto 2011) con impatti sensibili sull'intera filiera agro-zootecnica della Pianura Padana. Altro aspetto innovativo è l'utilizzo di tecnologie e metodologie Web 2.0 per acquisire informazioni direttamente da sensori automatici e/o osservazioni di campo da parte di operatori del settore (i.e. agricoltori, associazioni di categoria, consorzi, ecc.) e per restituire informazioni/servizi di valore aggiunto ai decisori regionali e agli operatori dell'agro-business attraverso tecnologie *smart* (web o mobile).

## 1.2 Obiettivi del progetto

Obiettivo generale del progetto Space4Agri è contribuire a definire servizi da tecnologie Aerospaziali di Osservazione della Terra (OT) sviluppando, così come proposto nel quadro del programma europeo GMES/Copernicus, la filiera dato-informazione-servizio rivolta ad applicazioni nel settore dell'agricoltura. Le tecnologie ICT e di OT offrono molteplici opportunità a supporto del settore Agrifood Lombardo. Le tecnologie satellitari consentono il monitoraggio operativo delle colture a sostegno di politiche/piani d'azione per la gestione di produzioni sostenibili e nel prossimo futuro lo sviluppo di sistemi APR/UAV consentirà di rispondere alle esigenze di dati di dettaglio per applicazioni di *precision farming*. Infine, per la creazione di servizi a valore aggiunto e per la disseminazione efficace di informazioni, è indispensabile poter acquisire dati *in situ* da sensori e/o operatori in campo e restituire in maniera fruibile *feedback* agli utenti finali sfruttando tecnologie innovative e sempre più diffuse come le applicazioni *smart*.

Il progetto prevede di affrontare tre ambiti tecnologici specifici dell'Aerospazio per l'Osservazione della Terra: *Space*, *Aero* e *In Situ*. Le soluzioni proposte si basano sullo sviluppo di metodologie innovative che integrino dati satellitari e dati *in situ* (reti di sensori, osservazioni di campo e riprese da APR/UAV) per fornire informazioni sullo stato delle colture a scala regionale/locale con particolare attenzione alla gestione delle crisi idriche. Allo stato attuale tali informazioni sono di tipo qualitativo e basate su osservazioni locali e non consentono di fornire un'adeguata visione a scala regionale. Inoltre, le differenti fonti di dati non sono sempre interoperabili e sono utili soprattutto per una valutazione delle produzioni al termine della stagione, piuttosto che per il monitoraggio delle colture nel corso della stagione. Il telerilevamento aereo/satellitare, invece, fornisce indicazioni circa la tipologia, lo stato e la dinamica di crescita delle colture, a livello regionale, in tempo quasi reale. Le immagini prodotte forniscono informazioni circa la variabilità spaziale delle condizioni delle colture e consentono di individuare quali porzioni del territorio presentino situazioni anomale; l'acquisizione in continuo di dati consente di individuare per tempo il concludersi di situazioni di potenziale rischio. Il progetto crea, quindi, il terreno fertile per la costituzione di una filiera satellite-aereo-terra, così come auspicato dal programma europeo GMES/Copernicus. Sistemi di monitoraggio delle produzioni agricole basati su dati telerilevati esistono già e tra questi il MARS (*Monitoring Agricultural Resources*) del JRC è una delle esperienze

di successo nata per fornire alla Commissione Europea informazioni obiettive, omogenee e aggiornate sulla produzione agricola degli Stati Membri dell'Unione Europea. I bollettini MARS consentono di ottenere una visione a scala continentale dello stato delle colture ed una stima/previsione delle produzioni, ma, a causa della scala di analisi, non sono sempre di utilità per problemi/interventi a scala regionale/locale come quelli di Regione Lombardia.

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

*WP1 Analisi dello stato dell'arte, dei bisogni degli utenti e definizione dei requisiti (Carrara P.)*

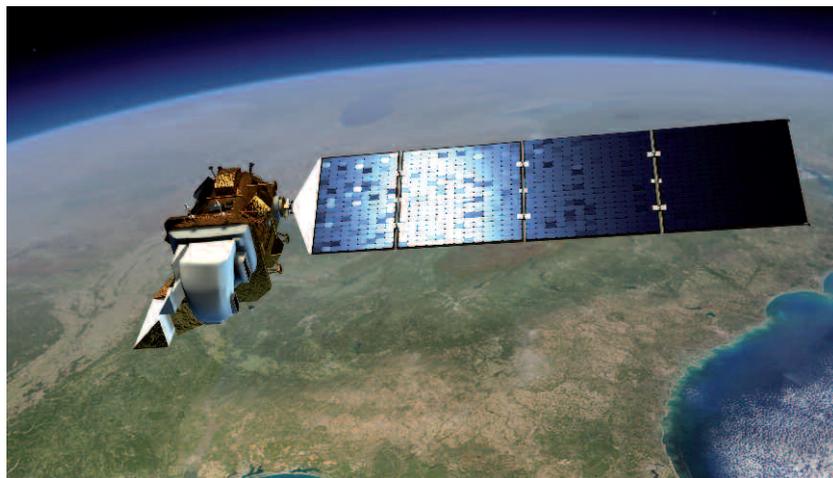
- Task 1.1 – Coordinamento del WP, individuazione degli utenti target nei diversi ambiti settoriali e definizione delle modalità di coinvolgimento.
- Task 1.2 – Ambito Space: stato dell'arte nel settore, individuazione di bisogni e requisiti degli utenti Lombardi del settore agricolo per declinare le metodologie di trattamento dei dati satellitari e per definire gli strumenti tecnologici da svilupparsi.
- Task 1.3 – Ambito Aero: stato dell'arte nel settore, individuazione di bisogni e requisiti del settore per lo sviluppo operativo di procedure per riprese UAV per il settore dell'agro-business.
- Task 1.4 – Ambito In Situ: stato dell'arte nel settore, individuazione dello stato della rete agro-meteo lombarda, di bisogni e requisiti dei soggetti che operano nella filiera produttiva agricola per la definizione di un'infrastruttura per la gestione di osservazioni/misure al suolo e l'interscambio di informazioni all'utente finale.

*WP2 SPACE: estrazione di informazioni sullo stato delle colture da dati satellitari (Boschetti M.)*

- Task 2.1 – Acquisizione di dati satellitari ad alta risoluzione ottici (i.e. DMC, Sentinel 2) e radar (i.e. Cosmo-Skymed, Sentinel 1), elaborazione delle immagini con integrazione di dati *in situ* da tecnologie *smart*(WP4) e da database esistenti (SIARL) per la mappatura precoce delle colture.

#### ► Fig. 2

Un satellite di osservazione della Terra



- Task 2.2 – Acquisizione di dati satellitari a media risoluzione con passo giornaliero (MODIS, PROBA-V) e analisi di serie temporali per stimare indicatori di sviluppo colturale e parametri fenologici a scala regionale tramite integrazione di dati *in situ* (WP4).
- Task 2.3 – Acquisizione di dati satellitari a media risoluzione con rivisitazione giornaliera incluso l'infrarosso termico, definizione di indicatori di stress idrico e stima dell'evapotraspirazione reale della coltura. Calibrazione/Validazione con misure esistenti acquisite da strumentazione (WP4).

*WP3 AERO: progettazione e sviluppo di ambienti a supporto delle riprese da sistemi UAV (Sacco M.)*

- Task 3.1 – Sviluppo di interfacce utente avanzate attraverso ambienti di realtà virtuale o aumentata per esecuzione e controllo di missioni UAV.
- Task 3.2 – Integrazione di informazione dai vari sistemi, compresi i sensori, e presentazione in ambiente virtuale per ottimizzare l'acquisizione e la compressione istantanea ove possibile.
- Task 3.3 – Sviluppo applicativi per supporto alla ri-pianificazione del volo, se necessaria.

▼ **Fig. 3**

Sistema aeromobile a pilotaggio remoto SAPR, comunemente noto come drone, per applicazioni di agricoltura di precisione

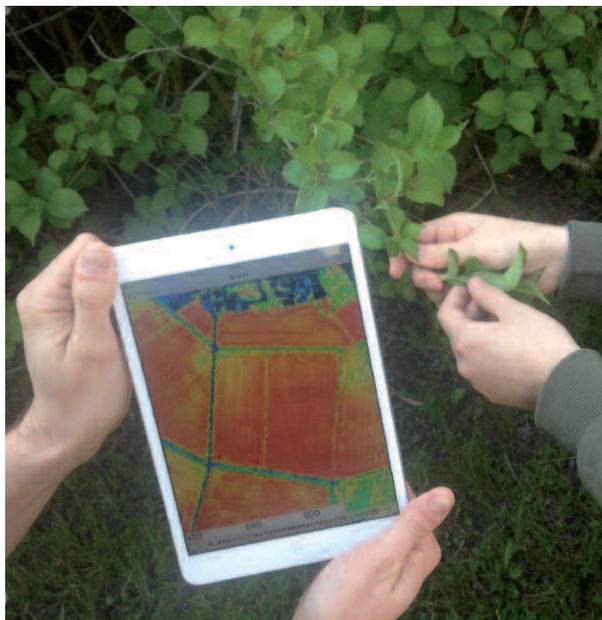


*WP4 IN SITU: sviluppo di sistemi 2.0 per acquisizione dati e interscambio informazioni (Bordogna G.)*

- Task 4.1 – Progettazione e dimostrazione di un'infrastruttura dei dati per la gestione e la condivisione delle misure da sensori (*Sensor Enablement*), delle osservazioni di campo e dei database agronomici esistenti (i.e. SIARL);
- Task 4.2 – Sviluppo di tecnologie *smart* per l'acquisizione di informazioni da osservazioni *in situ*, quali ad esempio tipo di coltura, fenologia;
- Task 4.3 – Sviluppo di strumenti per la restituzione di informazioni specializzate all'utente finale regionale/locale circa situazioni di anomalia di varia natura (es. stress idrico, infestazione).

*WP5 Test delle metodologie sviluppate per il monitoraggio agricolo lombardo (Boschetti M.)*

- Task 5.1 – Definizione delle aree test
- Task 5.2 – Acquisizione tramite tecnologie *smart* di misure e osservazioni sulle aree test
- Task 5.3 – Acquisizione di immagini da UAV sull'area test per dimostrazione della funzionalità e capacità nel monitoraggio agricolo a scala locale e per applicazioni di *precision farming*;
- Task 5.4 – Produzione di mappe delle colture e del loro stato da analisi di osservazioni satellitari con integrazione di dati *in situ*;
- Task 5.5 – Restituzione delle informazioni all'utente finale valutando il contributo dei dati *in situ* e satellitari nel monitoraggio dei sistemi produttivi (scala regionale e locale).



◀ Fig. 4

Utilizzo di tecnologie *smart* per la raccolta di dati in campo a supporto dell'analisi dei dati telerilevati

*WP6 Valutazione dell'impatto delle tecnologie sviluppate sul territorio lombardo (Carrara P.)*

- Task 6.1 – Mappatura dei portatori di interesse regionale coinvolti (rielaborazione dei risultati del WP1, in funzione della valutazione di impatto economica e tecnologica) e definizione della metodologia per l'analisi economica
- Task 6.2 – Valutazione delle ricadute economiche e tecnologiche sulla realtà territoriale regionale (ambiente, impresa e società)

*WP7 Diffusione dei risultati e azioni di capacity building (L'Astorina A.)*

- Task 7.1 – Ideazione e realizzazione di una piattaforma multimediale per la condivisione dello stato del progetto (obiettivi, attività, risultati) tra i partner di progetto.
- Task 7.2 – Ideazione e realizzazione di materiale informativo per il pubblico (brochure, sito web, materiale audiovisivo).
- Task 7.3 – Ideazione di un sistema d'interazione reciproca fra comunità scientifica, decisori politici e organizzazioni di categoria, che coinvolga tutte le parti sulla base dei risultati delle attività del WP1
- Task 7.4 – Organizzazione di eventi rivolti ai soggetti di cui al task 7.3, al mondo dell'educazione e alle regioni estere europee che hanno dichiarato interesse a seguire gli sviluppi del progetto.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	WP 1a	Individuazione dei bisogni degli utenti target e coinvolgimento nel progetto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificazione utenti target nei vari ambiti del progetto (SPACE, AERO, IN SITU);</li> <li>2. Interviste agli utenti target per definire i requisiti (esterni);</li> <li>3. Interazione con i tre ambiti per la definizione dei requisiti interni alla luce dei requisiti esterni identificati.</li> </ol>	Documento di sintesi dei requisiti esterni ed interni del progetto individuati nelle diverse iterazioni dell'analisi
	WP 1b	Definizione dello stato dell'arte nei tre ambiti del progetto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Individuazione delle metodologie da adottare nei tre ambiti (SPACE, AERO, IN SITU) alla luce dell'analisi dei requisiti;</li> <li>2. Analisi dello stato dell'arte; Individuazione degli strumenti tecnologici da utilizzare nel progetto.</li> </ol>	Stato dell'arte negli ambiti del progetto e contributo innovativo che essi, e in particolare il settore SPACE, possono dare all'agricoltura

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	WP 2a	Identificazione delle colture in atto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acquisizione e trattamento dati satellitari alta risoluzione spaziale ottici e radar;</li> <li>2. Individuazione metodologie per il trattamento integrato dati ottici e radar;</li> <li>3. Processamento dati.</li> </ol>	Metodologia per la mappatura precoce della tipologia di coltura da dati satellitari
	WP 2b	Identificazione della fase fenologica e dello stato delle colture	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acquisizione dati satellitari a media risoluzione spaziale e passo giornaliero;</li> <li>2. Individuazione metodologie per estrazione stato colture e fenologia dalle serie temporali;</li> <li>3. Processamento dati.</li> </ol>	Metodologia per il monitoraggio dello stato delle colture e per la mappatura delle fasi fenologiche durante la stagione
	WP 2c	Identificazione stress idrico delle colture e stima evapotraspirazione	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acquisizione dati satellitari a media risoluzione spaziale e passo giornaliero con banda nell'infrarosso termico;</li> <li>2. Analisi delle metodologie e degli indicatori di stress delle colture;</li> <li>3. Sperimentazioni riguardanti la stima della frazione evaporativa.</li> </ol>	Metodologia per il monitoraggio delle condizioni di stress delle colture durante la stagione e per la stima della frazione evaporativa

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP3	WP 3a	Sviluppo interfaccia utente avanzata attraverso ambienti di realtà virtuale o aumentata per esecuzione e controllo volo RPAS/UAV	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analisi dello stato dell'arte interfaccia utente per esecuzione e controllo volo UAV;</li> <li>2. Identificazione delle priorità di miglioramento (requisiti);</li> <li>3. Definizione/progettazione degli elementi dell'interfaccia in 3D per la contestualizzazione spaziale e la valutazione visiva della missione.</li> </ol>	Componente software per la visualizzazione in realtà virtuale dello spazio di volo (rappresentazione traiettorie e vincoli); interfaccia utente per la presentazione sintetica dei dati in tempo reale relativi al volo e alla missione
	WP 3b	Sviluppo di strumenti software a supporto della valutazione qualitativa/quantitativa dei dati raccolti durante la missione	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Individuazione delle informazioni accessibili/rilevanti durante il volo, relative al comportamento del velivolo e all'acquisizione dei dati (da sensori);</li> <li>2. Definizione delle modalità di visualizzazione dei dati acquisiti nell'ambito dell'ambiente 3D.</li> </ol>	Componente software per la presentazione in ambiente 3D dei dati acquisiti dai sensori montati su RPAS/UAV
	WP 3c	Sviluppo applicativi per la ri-pianificazione volo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Valutazione della possibilità di acquisizione in tempo reale dei risultati delle misurazioni;</li> <li>2. Selezione e/o eventuale ri-elaborazione delle informazioni acquisite per visualizzazione in ambiente 3D;</li> <li>3. Supporto alla verifica del raggiungimento degli obiettivi previsti dalla missione;</li> <li>4. Supporto per le modifiche interattive alla missione in ambiente virtuale.</li> </ol>	Componente software di supporto alla verifica del raggiungimento degli obiettivi della missione e modifica interattiva piano di volo

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP4	WP 4a	Progettazione strumenti per la gestione e la condivisione di misure da sensori, osservazioni di campo e database esistenti agronomici	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stato dell'arte database agronomici e meteorologici esistenti;</li> <li>2. Progettazione infrastruttura dei dati (misure sensori-sensorenablement, database agronomici, osservazioni/misure in situ);</li> <li>3. Implementazione e dimostrazione prototipo infrastruttura di dati.</li> </ol>	Progetto e sviluppo di un prototipo di infrastruttura di dati agrometeo che integra sorgenti diverse (database agronomici esistenti, osservazione e misure in situ, mappe tematiche) e li mette a disposizione per la condivisione interoperabile con standard OGC.
	WP 4b	Sviluppo tecnologie <i>smart</i> per l'acquisizione di dati/osservazioni in situ in supporto alle metodologie implementate dall'ambito space	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificazione tipologia di dati/osservazioni già acquisite in situ e di nuove tipologie necessarie per implementazione metodologie proposte da ambito space;</li> <li>2. Progettazione in ambiente multi-modale <i>smart</i> per acquisizione informazioni semistrutturate georiferite da osservazioni <i>in situ</i>.</li> </ol>	Applicazioni <i>smart</i> per l'acquisizione di informazioni e misure di campo da parte di operatori agronomi, ricercatori e cittadini volontari.
	WP 4c	Sviluppo di tecnologie <i>smart</i> per la restituzione di informazioni specializzate agli utenti finali	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificazione delle informazioni utili agli utenti (istituzionali e privati);</li> <li>2. Progettazione di un modello di <i>filtering</i> per la restituzione di informazioni specializzate</li> </ol>	Strumenti che estendono le funzionalità del geoportale di accesso ai dati gestiti dal prototipo dell'infrastruttura per agevolare la stesura di bollettini agrometeo.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP5	WP 5a	Verifica e validazione delle metodologie sviluppate da ambito SPACE del progetto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Scelta aree test per la verifica delle metodologie;</li> <li>2. Acquisizione dati satellitari, misure ed osservazioni;</li> <li>3. Produzione mappe tipologia colture, fenologia, stato delle colture, indicatori di stress idrico, integrando dati in situ;</li> <li>4. Pubblicazione mappe;</li> <li>5. Restituzione agli utenti di informazioni specializzate.</li> </ol>	Valutazione del prototipo di workflow proposto, dei prodotti delle metodologie realizzate nel progetto e loro valutazione.
	WP 5b	Testare le tecnologie UAV	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definizione aree test;</li> <li>2. Definizione sensori;</li> <li>3. Pianificazione acquisizione;</li> <li>4. Acquisizione dati da UAV con l'integrazione applicativi/software prodotti dall'ambito AERO;</li> <li>5. Simulazione della ri-pianificazione del volo.</li> </ol>	Mappe sperimentali dal volo test ed integrazione nell'infrastruttura di dati del progetto. Valutazione dell'efficacia dell'interfaccia utente avanzata a supporto del volo e della missione.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP6	WP 6a	Mappatura dei portatori di interesse coinvolti e definizione della metodologia per l'analisi economica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Individuazione di una metodologia di interazione con i portatori di interesse (questionari e interviste quali/quantitative) individuati nel corso del progetto;</li> <li>2. Analisi dei metodi di valutazione economica a disposizione e scelta di quello maggiormente aderente alle finalità del progetto e individuazione della scala spaziale e settoriale di riferimento.</li> </ol>	Mappa dei portatori di interesse rilevanti per l'analisi economica. Descrizione del metodo adottato con punti di forza e di debolezza.
	WP 6b	Valutazione delle ricadute economiche e tecnologiche sulla realtà territoriale regionale (ambiente, impresa e società)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificazione delle aree di impatto del progetto;</li> <li>2. Applicazione del metodo di analisi economica alla realtà regionale del progetto S4A.</li> </ol>	Indice economico di sintesi.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP7	WP 7a	Favorire lo scambio e la condivisione di documentazione tra i partner di progetto	Ideazione e realizzazione di una piattaforma multimediale	Wiki del progetto per la condivisione di testi ed attività, repository del progetto per la condivisione di documenti e file.
	WP 7b	Aumentare la consapevolezza dell'opinione pubblica sulle attività di ricerca del progetto	Ideazione e realizzazione di materiale informativo per il pubblico (brochure, sito web, materiale multimediale)	Logo e sito Web del Progetto, brochure e altro materiale informativo del progetto, attività editoriale (articoli su riviste del settore e media generalisti su stampa o online)
	WP 7c	Migliorare l'interazione reciproca fra comunità scientifica e portatori di interesse pubblici e privati Aumentare la consapevolezza reciproca fra mondo dell'educazione e della ricerca tramite la comunicazione del progetto	Ideazione di un sistema d'interazione reciproca fra comunità scientifica, decisori politici, organizzazioni di categoria Ideazione e organizzazione di attività informative e formative mirate a condividere attività e risultati del Progetto con il mondo della scuola mediante uso di metodologie partecipative	Anagrafica ragionata dei soggetti vari che hanno contatti o interesse ai processi e ai risultati di S4A e loro coinvolgimento in uno o più eventi finali Incontri in-formativi con alcune scuole e loro coinvolgimento in alcune fasi del progetto

## 2.2 Il partenariato

- **Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA-CNR)** opera nei settori del telerilevamento e del monitoraggio elettromagnetico dell'ambiente per la sorveglianza e la gestione del territorio. IREA svolge il ruolo di coordinamento delle attività del progetto (WP0); si occupa dell'analisi dei requisiti dei potenziali utenti (WP1) e della valutazione degli impatti tecnologici ed economici dell'intervento proposto (WP6); coordina e realizza la fase SPACE mediante lo sviluppo e test di soluzioni per sfruttare dati da satellite per applicazioni agricole (WP2 e WP5), e infine diffusione dei risultati e la realizzazione di interventi di *capacity building* (WP7).
- **Istituto di Tecnologie Industriali ed Automazione (ITIA-CNR)** nasce per rispondere alla necessità del Paese di disporre di un "presidio" scientifico, tecnologico e culturale – per contribuire alla competitività e sostenibilità del manifatturiero – in sintonia con quelli di Paesi avanzati, quali la Germania. Grazie all'esperienza maturata nell'ambito della concezione e ottimizzazione di interfacce immersive e aumentate e dei relativi dispositivi per la fruizione dell'informazione, nonché alla possibilità di valutare l'impatto di esse sull'operatore, realizzerà e coordinerà la fase AERO - Sviluppo di interfacce utente avanzate (WP3).
- **Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali (IDPA-CNR)** svolge attività di ricerca nel settore delle scienze della terra, da un punto di vista multidisciplinare, e dello sviluppo di sistemi informativi flessibili per la rappresentazione e la gestione di informazioni georeferenziate. Si occupa dello svolgimento delle attività della fase IN SITU con la definizione e lo sviluppo di sistemi 2.0 per acquisizione dati e interscambio informazioni anche generate da volontari, a supporto degli attori pubblici e privati del mondo agricolo nella gestione degli interventi in caso di situazioni di criticità (WP4).

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>IREA</b>	<b>ITIA</b>	<b>IDPA</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	210.000,00	153.000,00	48.000,00	411.000,00
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	295.500,00	193.500,00	66.750,00	555.750,00
Spese di formazione	7.500,00	7.500,00	2.251,00	17.251,00
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	3.750,00	15.000,00	1.500,00	20.250,00
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	0,00	15.000,00	0,00	15.000,00
Spese di pubblicizzazione	15.750,00	7.500,00	2.251,00	25.501,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	17.850,00	15.450,00	6.673,00	39.973,00
Spese generali	151.650,00	103.950,00	34.425,00	290.025,00
<b>TOTALE</b>	<b>702.000,00</b>	<b>510.900,00</b>	<b>161.850,00</b>	<b>1.374.750,00</b>

Valori in euro.



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

I ricercatori partecipanti al progetto presenteranno i risultati e le applicazioni implementate in eventi nazionali ed internazionali indirizzate a comunità scientifiche o di utenti interessati, quali Congressi di Associazioni di categoria (ambiente e agricoltura), come pure a Congressi di indirizzo scientifico (osservazione della terra e ICT)

I risultati più significativi saranno pubblicati in riviste scientifiche (peer-reviewed ISI) di elevato valore a livello nazionale ed internazionale.

È in programma la realizzazione di una Sessione Speciale congiunta Space4Agri ASSORPAS dedicata al mondo degli RPAS/UAV (18a Conferenza Nazionale ASITA, Firenze, 14/16 ottobre 2014). Inoltre si intende proporre una sessione specifica sulle tecnologie satellitari a supporto della *food security* e agricoltura per il 2015 IEEE *International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (IGARSS 2015, Milano 26-31 luglio 2015)

Contributi a conferenze 2013-2014:

- Brivio P.A., Boschetti M., Carrara P., Rampini A., L'Astorina A., Sacco M., Bordogna G., 2013. Metodologie aerospaziali di Osservazione della Terra a supporto del settore agricolo in Lombardia. 17° Conf. Naz. ASITA, Riva del Garda 5-7/09/2013, pp. 255-258, ISBN 978-88-903132-8-8.
- Bordogna G., M. Boschetti, G. Candiani, A. Crema, M. Pepe, D. Stroppiana, P. A. Brivio, 2014. Knowledge based fusion of remote sensing time series with heterogeneous spatio-temporal resolution: an application for crop classification and monitoring. 5th Workshop of the EARSeL Special Interest Group on Land Use and Land Cover "Frontiers in Earth Observation for Land System Science" (A joint workshop of the EARSeL SIG LULC and the NASA LCLUC Science Team), Berlin, Germany, 17-18 March, 2014.
- Boschetti M., Antoninetti M., 2014. Earth Observation Technologies to Support Agro-sector in Lombardy: Experiences and Prospective of RL-Space4Agri and FP7-ERMES Projects. SPACE4YOU "Space, a driver for competitiveness and growth", Int. NEREUS Workshop Bari, 27-28/02/2014.

#### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

I prodotti applicativi che saranno sviluppati nel progetto Space4Agri includono pacchetti software quali ad esempio:

- Prototipo di SDI: verrà progettato e implementato un prototipo dimostratore di un'infrastruttura di dati spaziali (SDI) compatibile con gli standard per i servizi Web definiti dall'*Open Geospatial Consortium*. Le informazioni di tipo geografico usate e create dal

progetto, sia da dati satellitari, sia acquisiti in situ da APPS, saranno gestiti ed esposti su Web, in modo da garantire interoperabilità con altri servizi standard di accesso.

- Geoportale per l'accesso e la visualizzazione dei risultati di tipo geografico prodotti dal progetto (e.g. mappe, misure/osservazioni in situ); il geoportale permetterà di visualizzare, interrogare, ed effettuare operazioni di aggregazione spazio-temporale dei dati geografici, in modo da produrre grafici dell'andamento degli indicatori generati nel tempo in regioni di interesse. Tali grafici saranno esportabili in modo da agevolare l'esperto per la redazione di bollettini agrometeorologici.
- Applicazioni di tipo *smart* per la raccolta di dati/osservazioni *in situ* geo-riferiti sulle colture, a supporto dell'implementazione delle metodologie di processamento dei dati satellitari e per la segnalazione di situazioni di anomalia o stress.
- Applicazioni di tipo *smart* per la restituzione di informazioni specializzate agli utenti.
- Software per il supporto alla missione (volo, acquisizione dati e ri-pianificazione) dei sistemi aeromobili RPAS/UAV basato su interfacce avanzate 3D o di realtà aumentata.

## 4 Le ricadute attese sul territorio

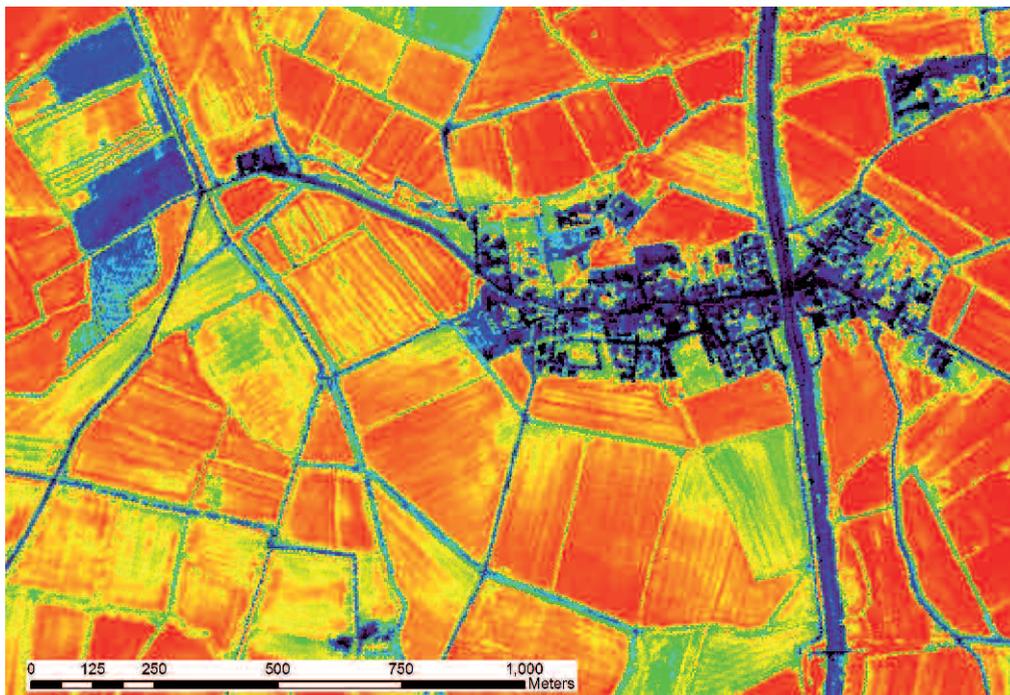
### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

Il Programma di Ricerca avrà un impatto rilevante sul territorio lombardo sia in termini di occupazione diretta (verrà infatti destinato il 57% del costo totale per il personale, 40% del costo totale del progetto) per l'attivazione di contratti per ricercatori e giovani laureati. Inoltre, la metà dei WP di progetto è coordinata da ricercatrici, il che conferma un'attenzione a valorizzare la presenza femminile in posizioni di responsabilità nell'ambito della ricerca scientifica e tecnologica, come viene ormai raccomandato da più sedi istituzionali nazionali ed internazionali.

Considerevoli sono gli effetti positivi attesi nel medio e lungo termine. Da non trascurare, infatti, è il contributo potenziale che il telerilevamento satellitare e da aereo potrà fornire al monitoraggio regionale delle produzioni agricole in caso di criticità climatiche una volta che queste metodologie saranno rese operative e trasferite sul mercato dalle piccole e medie imprese operanti nel cluster aerospaziale lombardo.

#### ▼ Fig. 5

Mappa del vigore delle colture (dal rosso, alto vigore vegetativo, al blu, assenza di copertura vegetale) ottenuto da dati multispettrali telerilevati



I proponenti ritengono che lo sviluppo di metodologie per l'utilizzo dei dati telerilevati e per la gestione, integrazione e divulgazione dell'informazione tramite smart technology, possa avere delle tangibili ricadute sul territorio lombardo, tanto per un migliore e più razionale supporto alla pianificazione e attuazione delle politiche agricole, quanto per la fornitura di nuovi servizi all'agrobusiness rivolta al mercato della consulenza aziendale a supporto delle produzioni agrarie, come nel caso del *precision farming*. Si pensi al contributo che questi sistemi, una volta operativi, possono dare in termini di perdite evitate dovute alla mancata produzione cerealicola e nei casi di impatti sulle colture, come per il mais, di mancati costi di smaltimento, tramite biodigestori o termodistruzione, di enormi quantitativi di raccolti dovuti al problema della intossicazione di Aflatossine.

Vi è poi da evidenziare sia il contesto favorevole dei programmi comunitari e delle missioni ESA Sentinel (dal prossimo anno verrà messo in orbita un sistema articolato di satelliti per l'osservazione della terra alcuni dei quali finalizzati al monitoraggio della vegetazione), sia lo sviluppo tecnologico del settore ICT che presenta un quadro molto promettente per la messa a punto di servizi per l'agricoltura che facciano uso dei dati telerilevati.

Va sottolineato che la politica di full and free access dei nuovi dati delle missioni Sentinel consentirà al settore della ricerca, ma ancor più alle imprese che si presentino pronte per tale sfida, di avere accesso a dati gratuiti e operativi da cui derivare un business di added value product. Studi recenti condotti per conto della Commissione Europea (<http://copernicus.eu/pages-principales/library/study-reports/>) indicano che la disponibilità di dati satellitari impatterà positivamente sulla economia europea: si prevedono 20.000 posti di lavoro creati nel settore spazio e 1,8 miliardi di euro di fatturato prodotto per il settore downstream entro il 2030. Considerando invece la prospettiva aggregata socio-economica ci si attende, per ogni euro speso nel settore spaziale upstream (ovvero infrastrutture spaziali, i.e. satelliti in orbita) un ritorno in termini di benefici per il settore dei servizi a valle quantificabile in 12 euro.

Il progetto, per come è strutturato e per gli argomenti che tratta, avrà rilevanti legami anche con Expo 2015 date le tematiche strettamente connesse e la volontà di creazione di una rete di eccellenza di cui l'evento potrà godere.

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Il progetto si colloca in settori ad elevata specializzazione con potenzialità per il territorio regionale, in quanto favorisce la collaborazione tra imprese e centri di eccellenza per la competitività del sistema economico e produttivo lombardo. In particolare, favorisce il potenziamento dell'accesso ai cosiddetti 'fattori della produzione' della ricerca scientifica e tecnologica massimizzando le ricadute e i vantaggi competitivi per le imprese.

Nel contesto dell'iniziativa GMES4Regions, CNR-IREA ospita, dal luglio 2011, il *Regional Contact Office* GMES della Regione Lombardia con l'obiettivo di sviluppare maggiormente il mercato dei servizi *downstream* da dati di osservazione della terra e di renderli rispondenti alle esigenze reali dell'utenza regionale. IREA, grazie al supporto dello staff del RCO Lombardia potrà

avere accesso alle informazioni riguardanti il portfolio dei servizi/fornitori e di domande/utenti a livello europeo nelle seguenti regioni: Brema, Azzorre, East Midlands, Midi Pyrénées-Aquitaine, Bretagne, Basilicata per il settore agrifood e, quindi, raggiungere anche questi mercati nell'ottica del trasferimento tecnologico inter – regionale.

Riguardo il contributo al rafforzamento dei rapporti istituzionali tra Lombardia e regioni estere del WRF, si desidera sottolineare come all'interno del consorzio del progetto DORIS\_Net, coordinato da IREA, siano presenti ben tre realtà regionali europee appartenenti al WRF: in Spagna la regione di Madrid e di Catalunya, in Germania la regione del Baden Wuerttemberg. Tra queste ultime la Catalunya, insieme alle regioni partner del progetto DORIS\_Net, ha dimostrato interesse verso i risultati del progetto in termini sia di fruizione del materiale informativo che di possibile *testing* della metodologia prodotta (mediante Lettera di Expression of Interest). Si sottolinea come la Spagna rappresenti un'avanguardia di eccellenza in Europa per quanto riguarda la gestione delle crisi idriche soprattutto per l'ambito agro-alimentare, anche grazie a strumenti economici di mercato (assicurazioni, compensazioni, ecc.).

In linea con il recente documento strategico per la ricerca e l'innovazione (Allegato alla DGR IX/4748 del 23/01/2013 – Presa d'atto della comunicazione del Presidente Formigoni avente oggetto: "Stato di attuazione delle politiche regionali a chiusura della IX legislatura - Presentazione del documento strategico per la ricerca e l'innovazione") si desidera richiamare l'attenzione su una delle nuove opportunità di crescita per le economie regionali che è il *Public Procurement* (PP) o appalto pre-commerciale. Sfruttando l'esperienza maturata dalla Lombardia nell'ambito del PP, si valuterà la possibilità di estendere questi modelli di successo anche al settore *downstream* dell'osservazione della terra, grazie anche al ruolo di *leadership* che la Lombardia sta ricoprendo in NEREUS. Sarebbe possibile, infatti, sfruttare in maniera sinergica le applicazioni satellitari e, nel caso della metodologia della presente proposta, l'interfaccia fra tecnologie tipiche del telerilevamento da satellite, da aereo e le *smart technologies 2.0*, per rendere veramente pervasivo questo processo di innovazione tecnologica, soprattutto perché trainata da una reale attenzione alla domanda e all'utente finale.

A supporto di ciò si cita l'Allegato alla DGR IX/4748 del 23/01/2013: "Attraverso la Rete NEREUS, Regione Lombardia, che potrebbe supportare le fasi preliminari del *procurement* pre-commerciale, al fine di orientarlo verso le forme più opportune di interazione tra soggetto pubblico e privato e nello stesso tempo programmare, implementare e monitorare la *Smart Specialization Strategy* regionale, la cui definizione è un pre-requisito fissato dalla CE per il finanziamento di fondi Ricerca e Sviluppo e ICT per la programmazione 2014-2020".

### 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

Il progetto Space4Agri coinvolge una parte del territorio della Regione Lombardia e, in particolare, le zone di pianura maggiormente vocate alla produzione agricola.

L'area di studio del progetto Space4Agri, dove le metodologie sviluppate verranno testate e sperimentate, è naturalmente individuata nella pianura padana lombarda, dove l'agricoltura ha un ruolo fondamentale sia per l'economia regionale che nazionale e dove sono attive 54.333

aziende agricole che rappresentano il 3,3% del totale nazionale, ma con una Superficie Agricola Utilizzata (SAU) pari a 986.853 ettari, che rappresenta il 7,7 % di quella nazionale (ISTAT). Oltre agli impatti e le ricadute sul settore *agrifood* lombardo, il progetto coinvolgerà in modo diretto gli organi istituzionali e gli attori pubblici e privati del territorio regionale che hanno un ruolo nel monitoraggio del settore agricolo. In particolare, si prevede di coinvolgere alcune delle aziende agricole del distretto agricolo delle risaie lomelline, dell'Ente Nazionale Riso (ENR), e dell'unità di ricerca per la maiscoltura del Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura (CRA-MAC, Bergamo). È previsto anche il coinvolgimento di aziende impegnate nel settore delle tecnologie di frontiera dell'aeronautica come i Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (RPAS/UAV).

Il progetto Space4Agri si concentrerà soprattutto su due colture molto diffuse in Lombardia: riso e mais. Il riso è tra le colture maggiormente caratterizzate da specializzazione produttiva. Lombardia e Piemonte producono da sole il 95% circa del riso italiano, con una spiccata concentrazione sulle province di Novara, Vercelli, Pavia e Milano. In Lombardia la dimensione media delle aziende risicole supera i 45 ha, a ulteriore testimonianza dell'elevata specializzazione. Le risaie nel 2007 occupavano circa 100.000 ha, di cui oltre l'80% in provincia di Pavia. La cerealicoltura in Lombardia, secondo le elaborazioni DEPAA dei dati Istat 2007, interessa una superficie di circa 450.000 ettari e una produzione di 3.900.000 tonnellate, pari al 19% della produzione nazionale: è il mais la coltura più diffusa, (circa il 50% della superficie totale investita a cereali) caratterizzata, così come il riso, da specializzazione produttiva e da elevata dimensione media delle aziende.



# SPAZI ESPOSITIVI PER LA RICERCA

Padiglione Italia EXPO 2015

Autore di questo capitolo è:

**Diego Breviario**

Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria (IBBA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo	<b>SPAZI ESPOSITIVI PER LA RICERCA</b> Padiglione Italia EXPO 2015
Logo	
Sito web	<a href="http://">http://</a> (in costruzione)
Parole chiave	<i>EXPO 2015; eccellenze lombarde nella ricerca; clusters tecnologici lombardi; filiera agroalimentare; sostenibilità ambientale</i>
Responsabile scientifico	Francesco Loreto Dipartimento di Scienze Bio-Agroalimentari (DiSBA) Tel. 06 4993 7802 E-mail: francesco.loreto@cnr.it
Data di avvio	25/07/2013
Durata	24 mesi
Costo totale	€ 794.788

## 1 Inquadramento del progetto

### 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

Il progetto "Spazi espositivi per la ricerca-Padiglione Italia EXPO 2015" si inquadra nelle iniziative da realizzare durante la rassegna EXPO2015 "Nutrire il pianeta, energia per la vita" che si terrà a Milano dal Maggio all'Ottobre 2015. I concetti ispiratori devono quindi essere in linea con tematiche legate all'approvvigionamento del cibo, alla sua qualità e sicurezza, al rispetto dell'ambiente, alla tutela della biodiversità, a modi di produzione sostenibile, a produzioni di energia ecocompatibili. È in quest'ottica che il progetto "Spazi espositivi" intende operare, monitorando l'offerta espositiva che proviene dalle eccellenze lombarde nel settore della ricerca, per favorirne la divulgazione con i più adeguati strumenti comunicativi ed espositivi. Per far questo verranno valutati i risultati ottenuti dalle istituzioni di ricerca lombarde nell'ambito dei progetti finanziati dalla Regione Lombardia, quelli in corso nell'ambito dei *cluster* tecnologici regionali e quelli legati alla realizzazione di progetti Europei ed Internazionali di rilievo. A fronte di questo processo valutativo, si procederà alla selezione di quelle offerte formative che risulteranno più ricche ed in linea con i dettami di EXPO 2015. A queste, in un'ottica fortemente legata alla valorizzazione del sistema produttivo lombardo, si aggiungeranno le offerte espositive selezionate da UnionCamere Lombarde. EXPO 2015 è una manifestazione di enorme rilevanza internazionale che farà confluire a Milano milioni di visitatori. È intenzione di questo progetto determinare iniziative tali da dare visibilità alle novità scientifiche e tecnologiche sviluppate in Lombardia e alle realtà imprenditoriali che operano nel settore della ricerca e dell'innovazione.

### 1.2 Obiettivi del progetto

Il progetto intende promuovere e dare visibilità alle eccellenze lombarde nel campo della ricerca sia durante lo svolgimento della manifestazione che, in una logica di continuità, nella fase post EXPO, sfruttando l'opportunità offerta dalla collaborazione tra CNR e Regione Lombardia.

In tal senso il progetto prevede di contribuire all'elaborazione, approfondimento e diffusione di specifici contenuti nell'ambito del Padiglione Italia, nonché di avviare un percorso di rafforzamento e valorizzazione di quanto sperimentato nell'ambito della ricerca e innovazione sui temi agroalimentare e ambientale, con particolare riferimento ai costituenti *cluster* tecnologici lombardi.

Particolare attenzione verrà quindi rivolta a risultati, buone prassi, progetti, processi innovativi di ricerca della filiera agroalimentare e ambientale in relazione al titolo dell'Expo 2015 "Nutrire il pianeta, energia per la vita", grazie al coinvolgimento attivo dei principali soggetti del sistema imprenditoriale, scientifico e della ricerca presenti nel territorio lombardo.

Con questo progetto Regione Lombardia e CNR intendono contribuire al successo dell'esposizione universale facendo sinergia con le altre azioni già programmate e offrendo ai soggetti lombardi un'opportunità di visibilità, di internazionalizzazione e di scambio di conoscenza tra i soggetti e aggregazioni che rappresentano un'eccellenza nel settore della ricerca

presenti sul territorio regionale. Il progetto offre, infatti, un'eccellente opportunità anche per Regione Lombardia e CNR di cogliere e consolidare le interazioni istituzionali che la manifestazione EXPO potrà garantire sia a livello di visibilità che di attrattività per i due enti.

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

Il progetto spazi espositivi è organizzato nelle seguenti attività, riconducibili a diversi *work-package*:

#### 1. Attività preparatorie e avvio fase operativa del progetto (WP1)

- Saranno individuati sistemi interattivi finalizzati a rappresentare, riprodurre e spiegare progetti, programmi o esiti di attività di ricerca di settore, in una logica di *best practices* di innovazione di processo/di prodotto, a partire da quelli collegati ai programmi dell'accordo CNR – Regione Lombardia, fino a quelli connessi ad altri progetti realizzati da imprese e altri soggetti lombardi (quali i *cluster*) che abbiano elevate ricadute e impatto nel settore agro-alimentare e possano contribuire ad apportare valore aggiunto e spunti positivi alla manifestazione. Regione Lombardia in collaborazione con il CNR avvierà una *call for projects* finalizzata a raccogliere progetti e esperienze da parte di tutte le strutture lombarde dedite alla ricerca. Saranno considerati prioritari per la successiva fase di valutazione quei progetti e le relative offerte espositive che emergono da programmi finanziati a livello regionale, nazionale, comunitario, internazionale oppure sponsorizzati da privati. Progetti che vantino collaborazioni con aziende e associazioni che operano sul territorio, che abbiano coperture brevettuali, che dimostrino ricadute applicative ed operative e nascano, possibilmente, da una richiesta del mercato. Le proposte pervenute verranno analizzate dal Comitato scientifico del progetto che le assemblerà per macroaree tematiche nel numero di 3 o 4 con l'obiettivo di dar vita a iniziative espositive da realizzarsi sul territorio, introdotte da 3-4 conferenze internazionali. Nell'ambito di questa fase di attività va anche inserita l'assunzione di un assegnista che affianchi il team di progetto

#### 2. Definizione del programma di interventi (WP2)

- Una volta definite le macroaree tematiche verranno costituiti comitati scientifici *ad hoc* per dare il via all'organizzazione delle attività. Saranno invitati a partecipare relatori scelti tra i maggiori esperti internazionali delle discipline che saranno trattate all'interno di ciascuna macrotematica. Ciascun comitato scientifico avrà, inoltre, il compito di redigere un testo che possa essere discusso come eventuale protocollo di intesa di *best practices* inerenti ognuno degli argomenti trattati. Le macroaree tematiche del progetto spazi espositivi dovranno idealmente integrarsi con la generale programmazione scientifica del padiglione Italia per una migliore promozione internazionale degli attori e territori lombardi e la valutazione di partnership operative future con altri enti pubblici, imprese e organismi di ricerca in particolare lombardi.

### 3. Organizzazione di Eventi (WP3)

- Gli enti e le istituzioni che saranno selezionati e reclutati nel progetto diventeranno protagonisti di 3-4 eventi ospitati e organizzati nel semestre dell'Expo 2015 dal Padiglione Italia, sulla base delle macroaree tematiche individuate durante la fase di monitoraggio e selezione. Gli eventi, nella veste di conferenze internazionali, saranno allestiti con la finalità di promuovere le attività di ricerca ed innovazione lombarde verso i paesi partecipanti e le istituzioni presenti all'Expo, le comunità di business, le rappresentanze di settore nazionali e internazionali, nonché il pubblico generico dei visitatori Expo. Ancorché importanti, le conferenze saranno un primo momento di contatto cui potranno seguire visite *in loco* ai siti di ricerca e produttivi dislocati sul territorio. Saranno infatti concepite iniziative parallele di tipo espositivo esterne ad EXPO.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WPs	WP 1	Attività preparatorie e avvio fase operativa del progetto	Raccolta , analisi, elaborazione delle offerte formative provenienti da eccellenze lombarde nel settore della ricerca	Tabella riassuntiva delle offerte formative elencate in base a criteri predefiniti e concordati con il comitato guida di progetto
	WP 2	Definizione del programma di interventi	Individuazione di 3-4 macroaree tematiche sulle quali organizzare gli eventi espositivi fatta attraverso un programma di audizioni	Definizione delle 3-4 macroaree tematiche che saranno oggetto delle iniziative del progetto e dei diversi partecipanti
	WP 3	Organizzazione di Eventi	Saranno organizzate 3-4 conferenze internazionali con la partecipazione di esperti di rilievo e di importanti gruppi aziendali situati sul territorio lombardo. Le 3-4 conferenze saranno conseguenti alle 3-4 macroaree tematiche selezionate	3-4 conferenze di rilievo internazionale con sigla di protocolli di intesa e visite alle realtà produttive e di ricerca che insistono sul territorio lombardo

## 2.2 Il partenariato

- **Regione Lombardia:**

- Direzione Generale Attività Produttive, Ricerca e Innovazione, Struttura Ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico
- Direzione Generale Presidenza, Unità Organizzativa Rapporti internazionali e raccordo Expo (d.g.r. 3/2013, All. A.III)
- Direzione Generale Agricoltura, Unità Organizzativa Sviluppo di Innovazione, Cooperazione e Valore delle Produzioni

Regione Lombardia fornisce al progetto indicazioni sulle modalità di realizzazione delle iniziative, sostegno nella fase relativa al recupero delle informazioni legate alla realizzazione di progetti di ricerca da essa finanziati e concorre, con suoi rappresentanti, alle fasi di valutazione e selezione delle proposte, nonché all'attuazione del progetto. Finanzia, altresì, un assegno di ricerca da dedicare interamente alla realizzazione del progetto.

- **CNR:**

- Direzione Centrale Supporto alla Programmazione e alle Infrastrutture, Ufficio Programmazione Operativa.

Il progetto sarà attuato dal CNR (responsabile della correttezza amministrativa e contabile, in base alle indicazioni del Comitato guida di indirizzo) attraverso il coinvolgimento dei seguenti soggetti:

- Parco tecnologico Padano in qualità di soggetto collaboratore, in particolare rispetto alle tematiche di predisposizione di contenuti relativi a call per progetti di ricerca europei ed internazionali, start-up innovative nate dal sistema lombardo e progetti di *clustering*, sia a livello locale che internazionale.
- Organismi di ricerca (inseriti nel sistema regionale Questio [www.questio.it](http://www.questio.it))
- Imprese che svolgono attività di ricerca selezionati tramite appositi bandi.
- I soggetti facenti parte dei costituenti *cluster* tecnologici lombardi (imprese e organismi di ricerca).

- **Unioncamere Lombardia:**

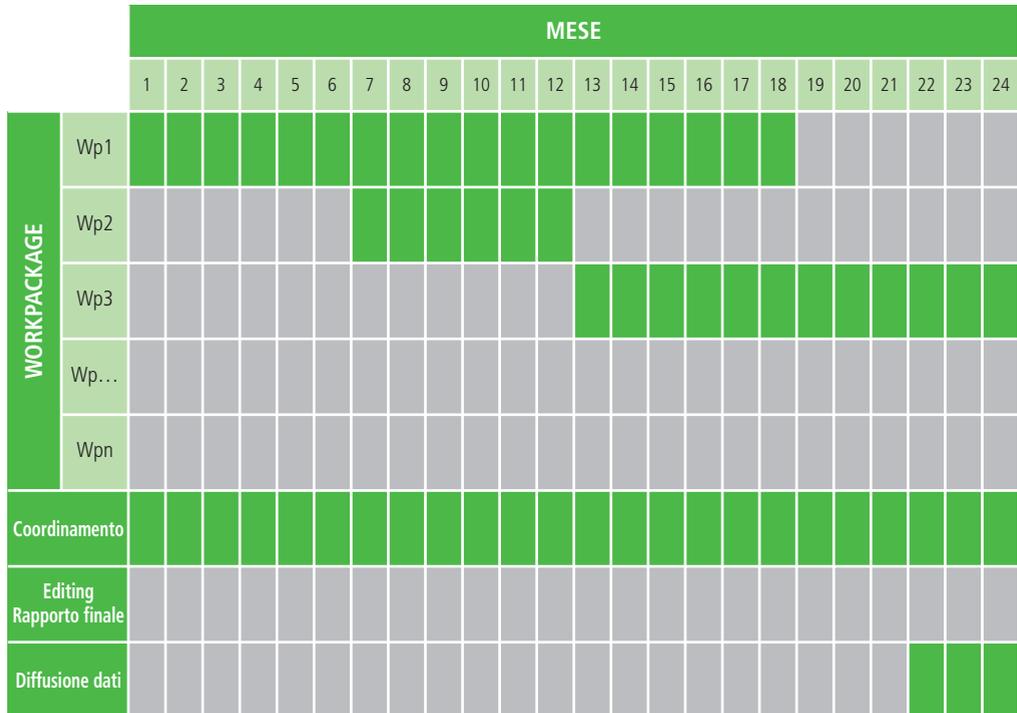
Concorre con suoi rappresentanti alla fase di valutazione e selezione delle proposte e all'attuazione del progetto. Individua tra i suoi affiliati, quelle imprese che meglio di altre conducono attività a contenuto innovativo su temi in linea con Expo.

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>CNR-DiSBA</b>	<b>Reg. Lombardia</b>	<b>UnionCamere</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	160.000,00	—	—	160.000,00
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	—	44.788,00	—	44.788,00
Spese di formazione	—	—	—	—
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	—	—	—	—
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	—	80.000,00	—	80.000,00
Spese di pubblicizzazione	—	50.000,00	225.000,00	275.000,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	52.394,00	97.606,00	—	150.000,00
Spese generali	60.000,00	—	25.000,00	85.000,00
<b>TOTALE</b>	<b>272.394,00</b>	<b>272.394,00</b>	<b>250.000,00</b>	<b>794.788,00</b>

Valori in euro.

## 2.4 Il Gantt di progetto



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

Data la natura del progetto, i prodotti scientifici appartengono quasi esclusivamente alla categoria dei risultati di valore applicativo che sono emersi ed emergono come risultati progettuali.

Sono numerosi e riguardano le tematiche del monitoraggio ambientale; del recupero a fini energetici dei residui agro-zootecnici, della realizzazione di manufatti a partire dagli scarti delle lavorazioni industriali o delle coltivazioni agricole, del monitoraggio della biodiversità ambientale lombarda, della conservazione del germoplasma animale di razze lombarde, della realizzazione di sistemi di gestione delle risorse idriche e di rilevamento dei nitrati nel terreno; sistemi per il controllo e la tracciabilità nella filiere di produzione dell'agroalimentare; sistemi per la diagnosi, il controllo e la predizione delle infezioni che affliggono sia la produzione animale che vegetale; sistemi per prolungare lo stato di conservazione dei prodotti alimentari; sistemi e protocolli per la produzione di alimenti a maggior valore nutrizionale; metodi per la selezione e produzione di alimenti di ridotto impatto allergico e tossico, coltivazioni intensive e miglioramento genetico funzionale a garantire l'approvvigionamento e le scorte alimentari.

#### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

Derivano dai risultati di valore applicativo richiamati al punto 3.1.

La seguente è una lista da non considerarsi esaustiva: programmi di monitoraggio aereo-spaziale delle risorse naturali, agronomiche e dei sistemi pascolivi; bio-incubatori per la produzione di energia a partire da scarti zootecnici o rifiuti solidi urbani; nuove colture industriali a basso impatto ambientale per la produzione di oli e fibre; biolubrificanti, biocarburanti, biopolimeri, pannelli isolanti, idrolizzati proteici, oligomeri, molecole bioattive, materiali adesivi, schiume, stabilizzanti da vinacce, microfilm da seta, composti da lana di scarto; sensori e impianti per la gestione delle risorse idriche; sistemi di monitoraggio dell'inquinamento da nitrati; kit e strumenti diagnostici per la presenza di patogeni negli alimenti; sistemi di rilevamento di patogeni animali; programmi per la predizione dello sviluppo di infezioni delle coltivazioni; additivi stabilizzanti per l'imballaggio dei cibi senza rilascio di sostanze dannose; film poliolefinici a permeabilità modulabile per imballaggio; sistemi integrati di diagnosi per il latte bovino; metodi di DNA *barcode* degli alimenti; metodi di spettroscopia NMR per la tracciabilità metabolica; microsistemi analitici per l'individuazione delle contaminazioni batteriche e virali; marcatori genetici per la selezione delle produzioni animali; formaggi DOP con migliorato valore nutrizionale; banca microrganismi autoctoni dei formaggi caprini; ceppi microbici caratterizzanti le produzioni lattiero-casearie della Lombardia.

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

Il progetto spazi espositivi si cala esclusivamente nella realtà del territorio lombardo mettendo in rilievo attività di ricerca e ricadute applicative che interessano i diversi settori dell'agricoltura, dell'ambiente e dell'industria.

I risultati della ricerca che il progetto intende selezionare e valorizzare sono quelli maggiormente legati alle realtà produttive del territorio nell'ottica di concorrere, grazie all'opportunità provveduta da Expo, ad una loro maggiore competitività basata su un maggior contenuto di innovazione. Tra i settori principali di interesse si individuano quelli della gestione del territorio e delle risorse, delle produzioni sostenibili, della qualità e della sicurezza del cibo e quello della salute umana. Le novità di prodotto o di metodo potranno essere assorbite, perfezionate e lanciate sul mercato da aziende già presenti come pure potranno essere oggetto della formazione di nuove start-up con effetti benefici sull'economia e sull'occupazione, soprattutto giovanile.

Numerose sono le ricadute socio-economiche che possono derivare dalla realizzazione delle attività integrate nel progetto spazi espositivi.

Tra queste: una migliore programmazione e gestione in tempo reale di importanti coltivazioni agricole quali ad esempio il riso; la produzione di energia a ridotto o nullo impatto ambientale, garantita dall'uso dei residui zootecnici e dei rifiuti solidi urbani; un uso a vasto raggio in un'ottica di bioraffineria di coltivazioni industriali a basso impatto ambientale; l'utilizzo in termini biotecnologici degli scarti delle coltivazioni agricole e delle produzioni di lana e seta; una gestione accorta e sostenibile delle risorse idriche del territorio ivi inclusa la risoluzione del problema della contaminazione da nitrati del terreno e della falda; il mappaggio della biodiversità vegetale presente negli agrosistemi alpini; una migliore comprensione della dinamica dei sistemi agro-pastorali per una gestione sostenibile; una maggiore salvaguardia del benessere animale; controlli di qualità e tracciabilità a garanzia delle produzioni agroalimentari; una migliore conservazione del cibo ed una maggior durata della sua shelf-life a garanzia di approvvigionamenti più certi; alimenti funzionali e arricchiti per il loro valore nutrizionale concorrono a migliorare lo stato di salute dei cittadini.

Descrivere il territorio interessato dall'attività progettuale e il modo in cui i risultati dell'attività di ricerca possono determinare a breve, medio e lungo termine vantaggi collettivi (incremento occupazionale, risoluzione problemi, piaghe sociali, igienici e sanitari, risanamento ambienti d'interesse collettivo, ecc.), far nascere nuove realtà economiche o produrre incrementi su indotti economici già presenti.

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Dati il coinvolgimento e la partecipazione al progetto "Spazi espositivi" di istituti di ricerca e aziende che già hanno operato sul fronte del miglioramento tecnologico, numerose sono le possibilità che il progetto contempla di determinare un potenziamento nel numero e nella qualità dei manufatti qui di seguito riportati, con l'ambizione di riuscire a sostenere la produttività ben oltre il termine di EXPO 2015.

Creazione di un'infrastruttura di ricerca multidisciplinare all'avanguardia nel settore della produzione alimentare; offerta e fornitura di servizi ad alto valore aggiunto legati all'innovazione tecnologica, di processo e gestionale nel settore alimentare; creazione di competenze ad alto valore aggiunto; valorizzazione delle infrastrutture di ricerca innovazione già presenti nel territorio; messa in opera di siti dimostrativi di tecnologie presso le *facilities* di ricerca e sperimentazione del lodigiano; tecnologie e servizi per la logistica delle merci deperibili in ottica intermodale e orientato alla *city logistic* (magazzino viaggiante). Sistema multistrato di *packaging* biodegradabile e compostabile abbinato a miscele protettive bioattive.

I settori di applicazione ad oggi indagati: settore carni, frutta e verdura IV e V gamma, caffè, prodotti da forno tipo brioche; Piattaforme tecnologiche per la certificazione genetica di alimenti di origine sia vegetale che animale con la produzione di un DNA *barcode* e di kit diagnostici per l'analisi qualitativa e quantitativa; piattaforma metabolica per la tracciabilità negli alimenti quali vino, miele, concentrati di pomodoro, aceto balsamico; test diagnostici innovativi per il riconoscimento in campo dei ceppi del patogeno *S. aureus*, associabili alle forme di mastite più gravi e maggiormente diffuse, creazione di banche delle risorse genetiche animali; strumenti per la pianificazione e per la valorizzazione economica dei prodotti di origine animale locali; attrezzature ad uso alimentare quali: microsistemi analitici, *lab-on-chips* and *point of care*, per l'individuazione di acidi nucleici e proteine utili alla tracciabilità nelle filiere agroalimentari; miscele starter per la produzione di formaggi; sistemi di gestione e riutilizzo delle risorse idriche per istituzioni, gestori, aziende; programmazione di impianti di digestione anaerobica per valorizzare le biomasse residue; biomasse residue; individuazione e caratterizzazione delle biomasse di scarto nell'ambito del sistema agro-zootecnico lombardo per la realizzazione di nuovi contenitori biodegradabili ad uso vivaistico; materiali per imballaggio alimentare con proprietà diffusionali mirate in base alle caratteristiche dell'alimento da confezionare; additivi polimerici destinati, in modo specifico, a settori di imballaggio con particolari esigenze (e.g. biomedicale) e ad alto valore aggiunto; pannelli autoportanti in lana-canapa senza impiego di leganti aggiunti; eco-compositi a base di poliestere biodegradabile e fibre di canapa o lino; eco-compositi a matrice poliolefinica o poliestere e fibre di lana; utilizzo degli scarti della produzione di riso, di conserve di pomodoro e di vino per la produzione di olio, schiume poliuretatiche, lubrificanti biodegradabili, materiali adesivi (da sieri di latte), oligosaccaridi per produttori di *chemicals* e ausiliari, soprattutto nel settore alimentare e della cosmetica, coltivatori di riso e di pomodoro da industria; Metodologie Aerospaziali Innovative di Osservazione della Terra a supporto del settore agricolo in Lombardia per fornire da satellite informazioni sullo stato delle colture con particolare attenzione agli stress idrici; metodologie di analisi di serie temporali di immagini da satellite per fornire informazioni sulle pratiche in grado

di migliorare la simulazione delle produzioni e della loro variabilità nella modellistica agronomica; tecnologie sensoristiche per l'analisi qualitativa e quantitativa di contaminazione chimica e microbiologica di acque e alimenti di origine sia vegetale che animale; tecnologie per controllo di processo produttivo a basso costo e realtime; tecnologie per la produzione di microincapsulati di interesse nutrizionale e per il *packaging* attivo; definizione, da un lato di contenitori a refrigerazione passiva modulari atti a contenere un singolo pallet e, dall'altro, della rete logistica (dislocazione dei sistemi di ricarica, magazzini per la raccolta dei contenitori, ecc.) e delle procedure d'uso finalizzate a rendere possibile il loro impiego. Recupero di nutrienti da reflui-digestati e sostituzione totale dei fertilizzanti chimici in agricoltura. Riduzione emissioni gas serra e ammoniaca con conseguente riduzione particolato; riduzione nitrati in acque. Riduzione patogeni e odori da reflui. Servizi e prodotti per la certificazione del contenuto di metalli pesanti in alimenti; Introduzione in azienda vinicola di un sistema di contabilità analitica. Produzione di prodotti caseari (yogurt, formaggi molli) innovativi arricchiti di lactobacilli con capacità probiotiche cario protettive e con caratteristiche organolettiche e microbiologiche con effetti positivi sulla salute del consumatore. Sviluppo di sensori per composti volatili, veloci e *low cost* per la sicurezza alimentare. Utilizzo dei microorganismi benefici del suolo come biofertilizzanti e biopesticidi in un quadro di agricoltura resiliente e a basso impatto per l'ambiente e la salute umana.

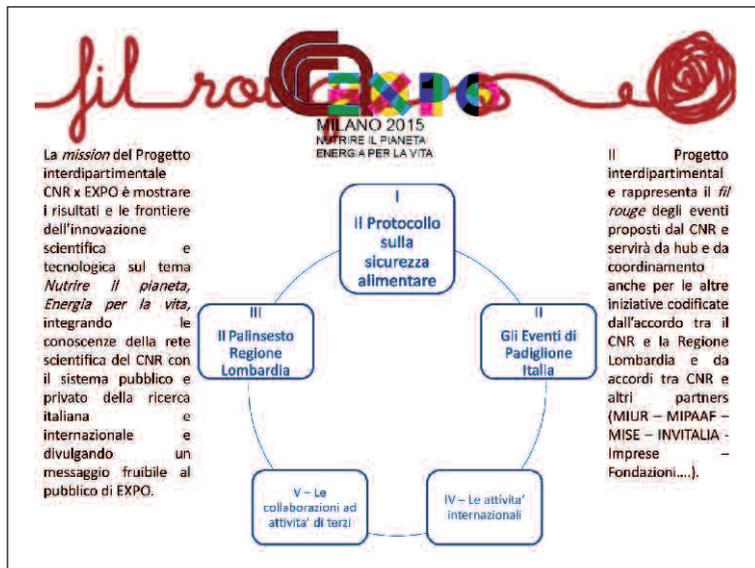
### 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

Il progetto coinvolge le eccellenze della ricerca che operano in varie strutture sparse su tutto il territorio lombardo quali numerosi istituti del CNR con sede prevalente a Milano, il Parco tecnologico padano con sede a Lodi, le università lombarde con sede a Milano, Brescia, Castellanza, e Varese, il Politecnico di Milano l'Istituto zooprofilattico sperimentale di Milano.

Anche la partecipazione delle aziende, associata alle istituzioni di ricerca appena richiamate, è piuttosto fitta e ben distribuita sul territorio, come si può dedurre dalla seguente lista, non definitiva: Consorzio dei formaggi Bitto e Casera Valtellina; Indena spa; Ars ambiente Milano; Eni Milano; Novamont Milano; Acqua e sole srl (PV); Olter sementi (MI); ARAL (Associazione Regionale Allevatori Lombardi); CRA Centro di ricerca per le produzioni lattiero-casearie Lodi; Fondazione Fojanini Sondrio; Comunità Montana Valli del Verbano; Comunità Montana Valganna e Valmarchirolo; Comunità Montana Valcesio; Comunità Montane di Valle Camonica e del Sebino Bresciano; Centro per il Miglioramento Qualitativo del Latte e della Carne Bovina di Brescia; Metropolitana milanese spa; Vitrociset spa; Telecom Italia spa; Omnitech srl; Brianzacque srl; Degremont spa; ETG srl; LAV srl; SIT srl; Sitael spa; Systea spa; Industria Ermoplastica Pavese spa - Bosnasco (PV); Proteco srl - Bosnasco (Pavia); Aop Unolombardia - Associazione Organizzazioni Produttori Ortofrutticoli Lombardia di San Giuliano Milanese; Op Oasi - Organizzazioni Produttori Ortofrutticoli associata a Aop Unolombardia; Optptec spa; Respharma Industriale srl - Trezzo D'Adda (MI); Cosmopharmac srl - Rozzano (MI); Integra srl - Trezzo D'Adda (MI); Intercos spa - Agrate Brianza (MB); Aermatica spa; Domus Chemicals spa - Pedrengo (BG); DiaPro - Sesto San Giovanni; Horta srl; LTC Engineering srl (Merate); Consorzio Casalasco del Pomodoro (CR); Thetysgeco srl; Ipadlab srl; Avantea; Whirpool; Unione degli Industriali della Provincia di Varese; Centrale del Latte di Brescia; Cameo spa; Berlucchi spa; Aziende ortofrutticole Brescia provincia.

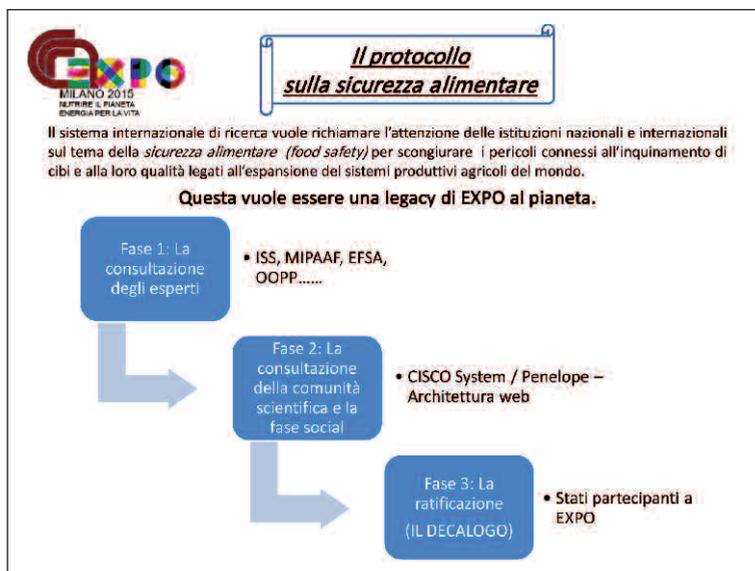
► Fig. 1

EXPO 2015:  
le mission del progetto



► Fig. 2

EXPO 2015:  
le fasi del progetto



► Fig. 3

EXPO 2015:  
gli eventi



► Fig. 4

EXPO 2015:  
le collaborazioni



► Fig. 5

EXPO 2015:  
la comunicazione



# FILAGRO

Strategie innovative e sostenibili  
per la filiera agroalimentare

Autore di questo capitolo è:

**Diego Breviario**

Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria (IBBA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo **FILAGRO**  
Strategie innovative e sostenibili per la filiera agroalimentare

Logo



Sito web <http://www.ibba.cnr.it/files/download/FilAgro-ITA.pdf>

Parole chiave *Sostenibilità delle produzioni, certificazione e tracciabilità, qualità degli alimenti, salvaguardia della biodiversità, tutela dell'ambiente*

Responsabile scientifico Francesco Loreto  
Dipartimento di Scienze Bio-Agroalimentari (DiSBA)  
Tel. 06 4993 7802  
E-mail: francesco.loreto@cnr.it

Data di avvio 25/07/2013

Durata 24 mesi

Costo totale € 2.245.052

# 1 Inquadramento del progetto

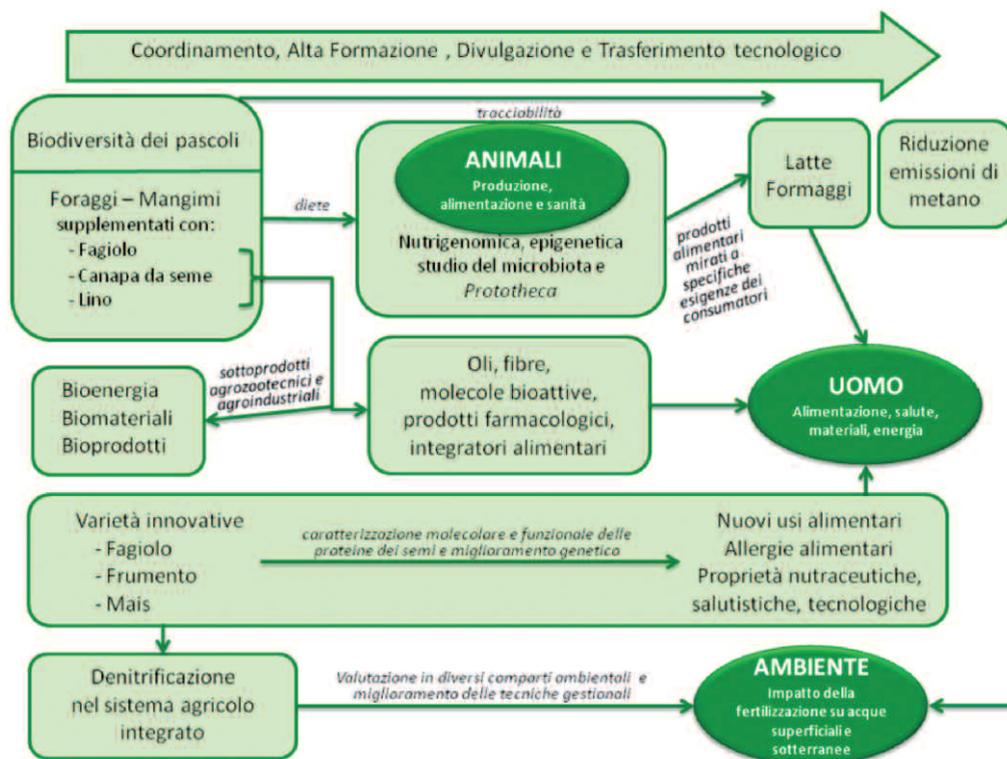
## 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

Il progetto FilAgro, nelle sue diverse articolazioni, risponde in modo efficace alle sfide del nuovo millennio imposte dalle necessità di produrre in modo sostenibile ed efficiente, aumentando la qualità e la sicurezza dei prodotti, il valore tecnologico delle produzioni e diffondendo, al tempo stesso, la cultura e la conoscenza scientifica. Affronta, offrendo soluzioni, temi di diffusa e scottante attualità quali:

1. La sostenibilità delle produzioni agricole attraverso l'introduzione o il recupero di coltivazioni vegetali (lino e canapa) capaci di provvedere una vasta gamma di prodotti di uso industriale (olio e fibre), alimentare (semi con alto contenuto di acidi grassi benefici, farine, panelli proteici, proteine ad elevata digeribilità) e farmacologico (molecole bioattive, antiossidanti) in un sistema di bioraffineria cui si aggiunge la produzione di biomateriali degradabili e quella bio-energetica che conseguono all'utilizzo degli scarti delle coltivazioni e dei sottoprodotti derivati dal settore agro-zootecnico.
2. La tutela delle risorse idriche (processi di denitrificazione), dell'ambiente (emissione di gas serra GHG) e della biodiversità, minacciati dai processi legati alla intensità produttiva di coltivazioni e di allevamenti.
3. La sanità animale per quanto attiene al controllo delle mastiti causate da *Prototheca* spp, patogeno emergente in Lombardia, refrattario al trattamento con antibiotici e per questo con ricadute negative sui bilanci degli allevamenti.
4. La tracciabilità/rintracciabilità delle produzioni lattiero-casearie, per contribuire alla protezione della salute dei consumatori, prevenendo anche pratiche fraudolente e adulterazione dei cibi.
5. Il miglioramento del valore nutraceutico delle produzioni animali, ottenuto attraverso la selezione animale, la somministrazione agli animali di una dieta arricchita con semi oleaginosi e, per quanto riguarda i formaggi, con l'impiego, in caseificazione, di batteri lattici capaci di migliorare le caratteristiche salutistiche.
6. La qualità e salubrità dei semi utilizzati per l'alimentazione umana agendo sullo studio delle proprietà biologiche, nutrizionali e tecnologiche delle loro componenti, finalizzato al miglioramento genetico di legumi e cereali.
7. La formazione scientifica delle future generazioni della nostra regione attraverso l'alta formazione degli insegnanti e lo sviluppo di nuovi strumenti divulgativi. Tutti questi interventi sono poi sostenuti in modo trasversale da attività di formazione e divulgazione tecnologica e scientifica, articolate in modo differenziato per produttori e consumatori. I temi appena elencati, oggetto della proposta di ricerca avanzata con il progetto FilAgro, trovano numerosi e puntuali riferimenti con priorità programmatiche stabilite, in ambito agroalimentare, a livello regionale (Programma regionale di ricerca in campo agricolo e forestale 2013-2015), nazionale (Cluster Agrifood) ed europeo (EXPO 2015, Horizon 2020 e PAC).

▼ Fig. 1

FILAGRO: quadro sinottico degli argomenti e delle attività



## 1.2 Obiettivi del progetto

FilAgro si propone di offrire soluzioni sperimentali e tecnologiche ai principali temi descritti nel contesto di riferimento, con l'obiettivo di ottenere: un uso innovativo, sostenibile e di bioraffineria di colture originalmente votate alla sola produzione di olio e fibra; la valorizzazione ed il recupero, a scopi energetici o manifatturieri, delle biomasse residuali caratteristiche dei sistemi agro-zootecnici; la comprensione dei processi naturali che portano ad una riduzione del carico di azoto per individuare soluzioni gestionali alternative; il monitoraggio e la salvaguardia della biodiversità selvatica e d'alpeggio; la riduzione delle emissioni di metano da parte dei ruminanti; una migliore comprensione della ecologia ruminale; lo sviluppo di sistemi di caratterizzazione, certificazione e tracciabilità alimentare sempre più sofisticati, anche a tutela dei prodotti tipici; il miglioramento del valore nutraceutico, salutistico, nutrizionale e tecnologico dei prodotti per l'alimentazione animale e umana, a difesa del benessere anche in contrasto con lo sviluppo di patologie; lo sviluppo di una società con una cultura scientifica, responsabile e creativa.

FilAgro si propone più compiutamente di determinare le seguenti innovazioni:

- Nell'ambito delle produzioni sostenibili: l'introduzione nel sistema agricolo lombardo della coltivazione di lino e canapa impiegate come specie ad ampio e variegato spettro di utilizzo; l'individuazione di tipi di microorganismi capaci di migliorare la degradazione della parte lignocellulosica di biomassa residuale; la produzione, attraverso colture cellulari, di composti con attività antiossidante. L'uso di genotipi innovativi di fagiolo come alternativa alla soia nella dieta animale.
- Nell'ambito di difesa dell'ambiente: la produzione di dati sulle interazioni ed i legami esistenti tra agricoltura, allevamento e biodiversità selvatica.
- Nell'ambito della tracciabilità alimentare e della nutrigenomica: soluzioni e metodologiche innovative per la certificazione genetica metabolica della filiera dieta-latte.
- Nell'ambito della qualità delle produzioni lattiero-casearie: l'uso di marcatori epigenetici per valutare il legame esistente tra alimentazione, salute e qualità dei prodotti; la produzione di latte e formaggi arricchiti, in molecole di interesse salutistico quali acidi grassi, CLA e folati, la selezione genetica degli animali e l'impiego in caseificazione di ceppi selezionati di batteri lattici.
- Nell'ambito del miglioramento della qualità degli alimenti: la produzione di fagioli biofortificati e/o con elevato valore nutraceutico; l'individuazione delle caratteristiche strutturali che determinano allergenicità delle proteine di mais; la correlazione fra profilo proteico di frumento e qualità tecnologiche delle farine.
- Nell'ambito della formazione e della divulgazione scientifica: stretta collaborazione fra scienziati, strutture di formazione di insegnanti, ed esperti di comunicazione.
- Nell'ambito della sanità animale: diagnosi precoce della prototecosi e ricerca di composti antimitotici capaci di arrestare la crescita di ceppi patogeni di *Prototheca*.

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

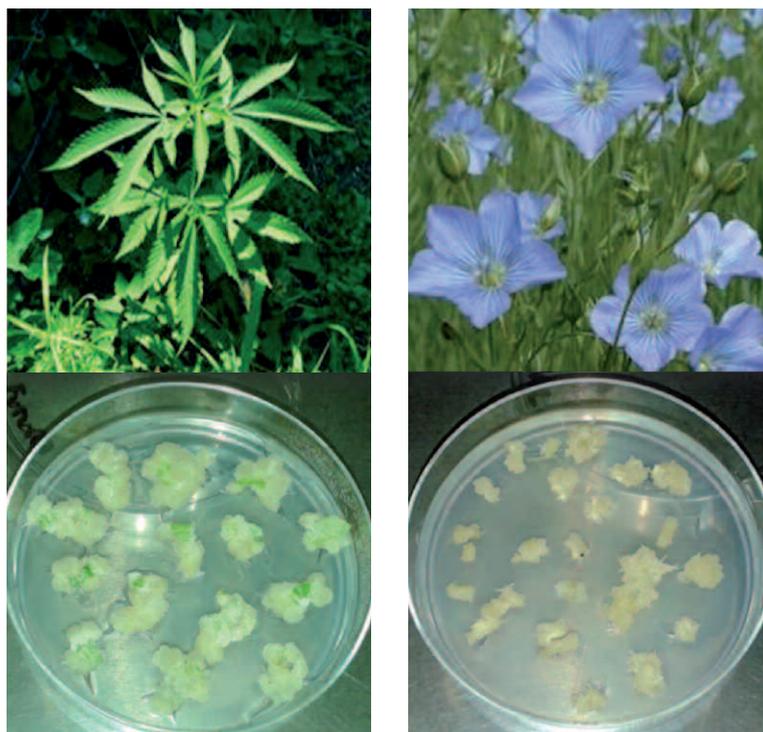
Vengono qui descritti i 14 diversi workpackages raggruppati in cinque distinti **Obiettivi Realizzativi (OR)** per affinità tematica e per chiarezza espositiva.

*OR 1: Coltivazione ed uso sostenibile dei prodotti di origine vegetale*

- **WP 1:** messa a disposizione del seme di lino e canapa, già presente presso l'IBBA, per la preparazione della dieta alimentare delle capre dei gruppi sperimentali descritti nel workpackage 7. Avvio di una nuova moltiplicazione del seme per completare il ciclo di alimentazione. Caratterizzazione biochimica degli oli, farine disoleate e delle principali proteine di riserva di interesse nutrizionale con specifico interesse per la edestina estraibile dai semi di canapa.
- **WP 2:** individuazione e caratterizzazione delle biomasse di scarto nell'ambito del sistema agro-zootecnico lombardo per la valutazione del loro potenziale bioenergetico e la realizzazione di nuovi prodotti biodegradabili.

► **Fig. 2**

OR1: calli ottenuti da espianto fogliare di canapa (sinistra) e lino (destra)



- **WP3** : individuazione di metaboliti primari e secondari di lino e canapa con particolare attenzione ai composti antiossidanti della classe dei fenilpropanoidi (in collaborazione con il gruppo della linea 12); allestimento di colture cellulari *in vitro* e individuazione di elicitori capaci di aumentare la produzione *in vitro* ed in pianta di tali composti.

### OR 2: Salvaguardia di territorio e biodiversità

- **WP 6**: monitoraggio della diversità vegetale, ornitica e artropodica, microbica del suolo (in collaborazione con IPP CNR) in aree d'alpeggio (pascolate e non pascolate) e analisi dell'aroma del latte in funzione della composizione del pascolo. Quest'ultimo punto in collaborazione con il WP 11.
- **WP 13**: valutazione della denitrificazione e della capacità di ritenzione dei nutrienti in aree selezionate sulla base di differenti caratteristiche ambientali (e.g. presenza di fasce riparie e/o macrofite in alveo, caratteristiche del suolo e dei sedimenti, morfologia dei canali).

▼ Fig. 3 OR2

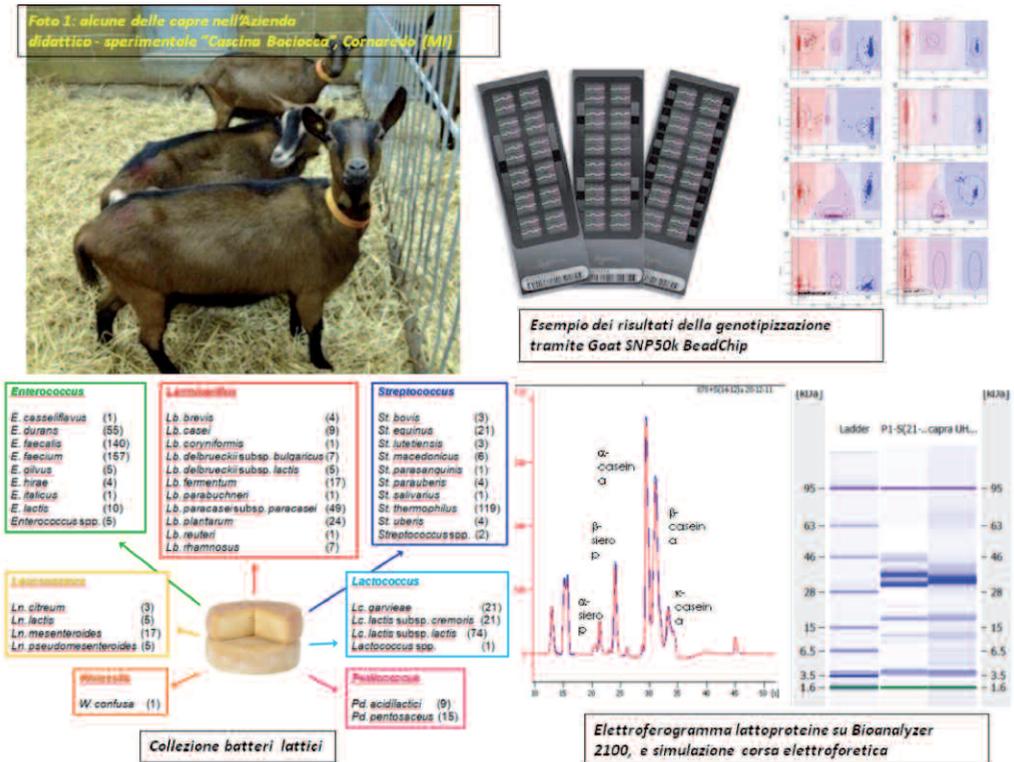


**Aree interessate allo studio sulla biodiversità degli agro-sistemi alpini**

OR 3: Miglioramento della qualità delle produzioni lattiero-casearie lombarde

- **WP 4:** tracciabilità genetica sulla filiera dieta-latte e monitoraggio del variare del profilo proteico del latte proveniente da gruppi sperimentali di capre alimentate con diete diverse. Clonaggio di sequenze dei geni delle alfa- e beta-tubuline di *Prototheca*, funzionale alla identificazione di sequenze utili ad una diagnosi precoce dell'infezione e ad una terapia adeguata per l'inibizione della crescita dell'alga. Quest'ultimo punto in collaborazione con i gruppi dei WP7 e 11.
- **WP 5:** analisi della variazione della metilazione del DNA in capre sottoposte a diversi regimi alimentari per identificare geni/sequenze bersaglio sensibili ad alterazioni epigenetiche indotte dalla dieta.
- **WP 7:** identificazione del ruolo dell'alimentazione nel determinare differenze nella composizione del latte, dovute ad alterazioni del microbiota ruminale e del trascrittoma mammario in conseguenza del diverso regime alimentare applicato ai gruppi sperimentali di capre.
- **WP 11:** esperimenti per la valutazione dell'effetto delle diverse diete alimentari e dell'impiego di batteri lattici selezionati sulle caratteristiche nutraceutiche (CLA, 3, 6, vita-

▼ Fig. 4 OR3



mina B9, colesterolo), microbiologiche e sensoriali di latte e formaggio. Esperimenti sulla crescita di biotipi di *Prototheca* e sul possibile effetto inibitorio di alcuni composti antimitotici, in collaborazione con la linea 4.

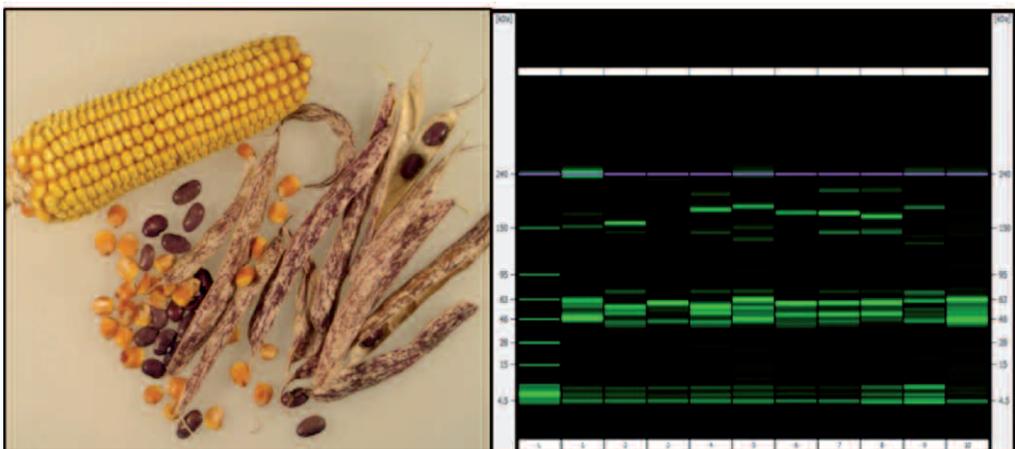
- **WP 12:** caratterizzazione della popolazione di metaboliti primari e secondari di lino e canapa con particolare attenzione ai composti antiossidanti della classe dei fenilpropanoidi, in collaborazione con la linea 3. Attività di caratterizzazione e tracciabilità metabolica sulla filiera dieta-latte/formaggi. Identificazione di metaboliti primari e secondari.

#### OR 4: Qualità degli alimenti di origine vegetale

- **WP 8:** miglioramento genetico del fagiolo per creare nuove combinazioni nutrizionali dei semi; fenotipizzazione nutrizionale; analisi della risposta allo stress ossidativo di colture di cellule umane esposte a estratti dei fagioli allo studio; studio dei meccanismi regolativi preposti alla sintesi e deposizione di componenti nutrizionalmente attive; analisi del valore nutrizionale degli sfarinati su bovine fistolate e direttamente nell'alimentazione di capre in collaborazione con la linea 7.
- **WP 9:** caratterizzazione del profilo proteico di diverse varietà di frumento e caratterizzazione di fattori implicati nell'accumulo di proteine di riserva.
- **WP 10:** individuazione, attraverso studi di modificazione genetica, dei domini proteici delle gamma-zeine che sono determinanti di allergenicità e della formazione di grandi polimeri insolubili.

#### ▼ Fig. 5

OR4: Miglioramento della qualità e salubrità dei semi di cereali e leguminose utilizzati per l'alimentazione umana. Esempio di profilo proteico



*OR 5: Coordinamento, alta formazione, divulgazione e trasferimento tecnologico*

- **Linea 14:** Collaborazione con realtà presenti sul territorio lombardo (musei, scuole, imprese) per lo sviluppo e la trasferibilità delle nuove metodologie e dei loro contenuti idonei per l'insegnamento attraverso strategie innovative di comunicazione fra scienza e cittadini.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	WP 1.1	Valutazione agronomica delle due colture	Allestimento parcelle e semina di canapa e lino in pieno campo in località Cavriana Rilevamento dei dati morfo-produttivi durante l'intero ciclo colturale	Ottenere informazioni sull'adattabilità delle due colture all'ambiente lombardo Valutazione sulla resa in seme per ettaro
	WP 1.2	Valutazione del contenuto in olio e del profilo degli acidi grassi nelle due colture Caratterizzazione delle mucillagini in lino	Analisi del contenuto in olio Analisi del profilo degli acidi grassi mediante HPLC Estrazione ed analisi delle mucillagini mediante HPLC	Ottenere informazioni sul contenuto e sulla qualità dell'olio e confronto con i dati raccolti nelle annate precedenti Ottenere dati sulla quantità e qualità delle mucillagini estratte dai semi di lino
	WP 1.3	Valutazione del contenuto e qualità delle proteine. Valutazione composti antinutrizionali Controllo contenuto in THC durante la fioritura della canapa	Analisi del contenuto proteico totale Analisi della composizione amminoacidica mediante HPLC Analisi del contenuto in composti antinutrizionali quali: inibitori di proteasi, fitati e glicosidi cianogenici Analisi del contenuto in THC nei fiori di canapa mediante HPLC	Ottenere informazioni sulla quantità e qualità delle proteine e sul contenuto in composti antinutrizionali nel seme Confermare che il contenuto in THC sia quello ammesso dalla legge
	WP 1.4	Isolamento dei geni che codificano per le proteine di riserva nei semi di canapa Confronto varietale per il contenuto in proteina di riserva tra diverse varietà	Identificazione, isolamento e sequenziamento dei geni che codificano per le proteine di riserva sia da cDNA che dal DNA genomico. Studio della loro organizzazione nel genoma Valutazione del potere antiossidante delle diverse frazioni proteiche Valutazione del contenuto in edestina ed albumina in diverse varietà di canapa	Informazioni sul numero di geni che codificano per le due proteine di riserva: edestina ed albumina Ottenimento delle sequenze geniche da depositare nella banca delle sequenze Informazioni sul potere ossidante delle due proteine Informazioni sulla variabilità per il contenuto in edestina ed albumina in diverse varietà di canapa

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	WP 2.1	Individuazione delle biomasse del territorio lombardo	Valutazione della dispersione sul territorio, valutazione dell'attuale destinazione e valutazione anche in base alla Normativa che regola l'utilizzo della biomassa a scopo energetico	Individuare biomassa disponibile sul territorio lombardo per la conversione energetica
	WP 2.2	Individuare biomassa target per la conversione energetica	Caratterizzazione delle biomasse target	Analisi chimico-fisiche delle biomasse target
	WP 2.3	Individuare nuovi materiali per un ambiente sostenibile	Valutazione delle caratteristiche tecniche di diverse miscele di materiale di risulta	Prodotti biodegradabili per il settore vivaistico
	WP 2.4	Realizzare prototipi per uso vivaistico con caratteristiche di biodegradabilità	Prove di compatibilità di crescita mediante uso di "indicatori" in ambiente controllato, dei prototipi ottenuti	Prototipi di materiale d'interesse vivaistico, sostenibili dal punto di vista ambientale, energetico ed economico
	WP 2.5	Valorizzazione della biomassa mediante valutazione del potenziale energetico	Test di conversione energetica	Formulazione di diete di alimentazione di impianti di produzione di energia

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP3	WP 3.1	Individuare metaboliti della classe dei fenilpropanoidi in canapa e lino	Estrazione da foglie e semi e analisi del contenuto di metaboliti mediante tecnica <sup>1</sup> HNMR	Identificazione di metaboliti con attività biologica in piante di canapa e lino
	WP 3.2	Messa a punto di colture cellulari di canapa e lino e delle condizioni di elicitazione più idonee alla produzione di composti bioattivi	Preparazione di colture cellulari a partire da espianti fogliari e individuazione di opportuni elicitori	Linee cellulari di canapa e lino ottimizzate per la produzione di composti bioattivi della classe dei fenilpropanoidi
	WP 3.3	Individuare un metodo di analisi degli estratti per valutare la presenza di molecole di interesse	Comparazione tra diversi metodi di dosaggio biochimico per la valutazione degli estratti da colture cellulari	Identificazione di un metodo di screening per valutare i diversi estratti ottenuti dalle colture cellulari
	WP 3.4	Verificare la possibilità di aumentare la concentrazione di fenilpropanoidi in piante di canapa e lino	Test preliminari di elicitazione su piante di canapa e lino cresciute in terra utilizzando le condizioni messe a punto sulle colture <i>in vitro</i>	Condizioni di elicitazione su pianta atte ad indurre un maggiore contenuto di composti bioattivi
	WP 3.5	Studiare la via biosintetica dei fenilpropanoidi in canapa e lino	Saggi enzimatici di attività di alcune proteine coinvolte nella sintesi dei fenilpropanoidi ed eventuale analisi di espressione dei relativi geni	Livelli di attività di enzimi della via di sintesi dei fenilpropanoidi ed eventualmente livelli di espressione dei relativi trascritti

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP4	WP 4.1	Autenticazione mangimi e caratterizzazione foraggi mediante analisi TBP	<p>Analisi genetiche dei mangimi e delle loro singole componenti, mediante CE-TBP.</p> <p>Disegno di sonde per l'analisi quantitativa di lino e canapa nelle diete sulle regioni introniche dei geni delle tubuline beta.</p>	<p>Profili TBP di riferimento delle 2 specie vegetali usate per l'integrazione proteica delle diete sperimentali, lino e canapa e della specie controllo soia</p> <p>Validazione del metodo CE-TBP per la determinazione qualitativa della composizione di diete e mangimi.</p> <p>Determinazione quantitativa di lino e canapa nelle diete</p>
	WP 4.2	Tracciabilità del DNA vegetale e analisi proteica del latte	<p>Disegno e validazione di sonde specifiche per i marcatori plastidici trnL o matK di lino e canapa mediante qPCR (real-time o dPCR)</p> <p>Applicazione del metodo alla ricerca di tali componenti delle diete, nel latte dei gruppi sperimentali di capre</p> <p>Analisi del profilo proteico del latte in funzione della dieta somministrata</p>	<p>Possibilità di tracciare la dieta animale attraverso l'analisi genetica del latte, grazie alla presenza di specifici marcatori del DNA vegetale.</p> <p>Verifica dell'effetto della dieta sulla composizione proteica del latte</p>
	WP 4.3	Isolamento e sequenziamento dei geni di tubulina di <i>Prototheca spp</i>	<p>Disegno di primers utili all'isolamento dei geni di tubulina da <i>Prototheca spp</i></p> <p>Sequenziamento dei geni e deduzione delle relative sequenze proteiche.</p> <p>Analisi <i>in silico</i> della sequenza aminoacidica delle tubuline per l'identificazione di specifici siti target per i diversi composti antimittotici</p>	<p>Identificazione di composti antimittotici efficaci per la lotta alla protozosi ma a bassa tossicità per l'animale</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP5	WP 5.1	Identificare protocolli sperimentali per studiare l'effetto della alimentazione sull'epigenoma animale	Sviluppo e scelta di protocolli adatti per l'analisi della metilazione del DNA di Capra. In particolare saranno considerate diverse strategie di molecolari capaci di essere sia altamente informative (high-throughput) sia di basso impatto sulla salute animale	Protocollo per l'analisi della metilazione dell'DNA nel sistema modello capra
	WP 5.2	Identificare regioni del genoma di capra sensibili ad alterazioni epigenetiche indotte dal regime alimentare	Analisi epigenomica: estrazione del DNA da campioni di sangue, analisi genomica e target specifica della metilazione del DNA	Una correlazione tra il regime alimentare e lo stato epigenetico del genoma di capra
	WP 5.3	Identificare processi biologici/fisiologici che risultano alterabili dal regime alimentare	Studi di associazione tra il regime alimentare e la frequenza di variazione epigenetica. Studi di associazione tra le caratteristiche della variazione epigenetica identificata e specifici processi metabolici/fisiologici	Sviluppo di marcatori epigenetici che siano predittivi dell'effetto dell'alimentazione sulla salute della capra

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP6	WP 6.1	Definire le aree di studio	Valutazione di diversi ambienti per stabilire i siti dove effettuare tale attività. La sperimentazione verrà effettuata nell'ecoregione alpina. In collaborazione con l'ERSAF e altri esperti dei pascoli alpini lombardi si identificheranno le aree di prateria alpina da studiare (aree pascolate e non pascolate), si acquisiranno i dati cartografici e si faranno sopralluoghi anche per identificare i patch all'interno dei quali analizzare la biodiversità. Inoltre si acquisiranno le informazioni relative all'utilizzazione zootecnica (specie, carico UBA, periodi di monticazione) negli ultimi anni	Identificazione di siti idonei alla valutazione dell'effetto del pascolo sulla biodiversità
	WP 6.2	Analizzare gli eventuali cambiamenti di biodiversità tra pascoli alpini pascolati secondo il sistema "tradizionale" e pascoli alpini abbandonati	Si analizzeranno pascoli di circa 40-60 ettari aree "uguali" per orientamento, pedologia, altitudine, pendenza appena sopra il limite del bosco (1700 s.l.m.). verranno analizzate 4 diverse tipologie: pascolo tutt'ora pascolato da capre Orobiche, pascolo abbandonato da 3 anni, abbandonato da 10 anni, abbandonato da più di 20 anni. Per l'analisi della diversità del microbioma del suolo, funghi e batteri, tutti i campioni provenienti dallo stesso plot verranno omogenati ottenendo in definitiva tre replicati per appezzamento che dopo estrazione verranno valutati per la componente microbica, fungina e metazoica tramite analisi metagenomica sul DNA estratto	Definizione dei servizi ambientali legati al pascolamento delle razze locali in ambiente alpino in termini di salvaguardia di biodiversità

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
Wp6	WP 6.3	Caratterizzare i prodotti e i pascoli alpini delle razze locali	Questa attività si svolge in collaborazione con ISPA-CNR. Ad intervalli da definire, per tutta la stagione di pascolo, si raccoglieranno campioni di foraggio che, liofilizzati, verranno trasmessi all'ISPA per le analisi. Contemporaneamente verranno trasmesse all'ISPA le informazioni sulla composizione vegetazionale già utilizzata come indice di biodiversità. Inoltre verranno raccolti e trasmessi all'ISPA campioni di latte contemporanei ai campioni di foraggio	Valorizzazione economica dell'allevamento delle razze locali attraverso prodotti di origine animale legati all'alpeggio, definizione e quantificazione dei servizi eco sistemici
	WP 6.4	Indagine sulla tradizione di monticazione	Dal momento che si ritiene che allevatori anziani possano essere depositari di tradizioni di monticazione in qualche modo legate alla salvaguardia della biodiversità dei pascoli si intende identificare e intervistare un certo numero di allevatori anziani sulle tradizioni di pascolo della famiglia e della zona e interpretarle, ove possibile, con strategie di gestione della biodiversità dei pascoli. La domanda che ci si pone (da proporre ad allevatori vecchi e non ) è se esistono o esistevano pratiche di alpeggio quali la data di monticazione e smonticazione; il carico in alpeggio (composizione della mandria in termini di specie e di n. e tipo di capi per specie anche in funzione del periodo); la scelta alpeggio/versante/area. Inoltre si cercherà di capire se queste pratiche sono indirizzate (coscientemente o non coscientemente) alla conservazione integrità delle biodiversità dell'alpeggio e del panorama; alla modulazione della biodiversità (es. più uccelli di determinata specie) e a servizi ecosistemici (es. controllo valanghe, conservazione suolo)	Identificazione delle tradizioni di monticazione delle razze locali in ambiente alpino legate alla conservazione delle biodiversità dei pascoli

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP7	WP 7.1	Allevamento e gestione degli animali	<p>Allevamento di 18 capre di razza Camosciata, suddivise in 3 gruppi omogenei da un punto di vista genetico e produttivo, di 6 individui ciascuno, alimentate con diete differenti (controllo, semi di lino, canapa).</p> <p>Su questi animali saranno compiuti studi delle variabili alimentari (<i>Feed efficiency</i>) e saranno effettuate misurazioni delle emissioni di metano mediante utilizzo di camere respiratorie</p>	<p>Formulazione di diete appetibili che aumentino il contenuto nutraceutico del latte.</p> <p>Misurazione delle emissioni di metano finalizzate alla riduzione dell'inquinamento ambientale</p>
	WP 7.2	Analisi Nutrigenomica	<p>Caratterizzazione genotipica e fenotipica del latte:</p> <p>Estrazione e quantificazione di RNA da campioni di latte, prelevati a tre differenti stadi della lattazione, per l'analisi trascrittomico.</p> <p>Analisi degli acidi grassi nei campioni di latte prelevati a differenti stadi di lattazione</p>	<p>Caratterizzazione delle sequenze di tutti i trascritti delle cellule somatiche del latte, lista dei geni trascritti in diversi momenti della lattazione e in risposta a diversi regimi alimentari; indicazioni sull'effetto degli alimenti nella modulazione dell'espressione genica; identificazione delle sequenze responsabili delle differenze fenotipiche riscontrate; lista di mutazioni nei trascritti di geni di particolare interesse ed identificazione di quelle potenzialmente responsabili delle differenze fenotipiche non imputabili a differenti livelli di espressione; migliore comprensione su come l'alimentazione interagisca con la modulazione dei geni lipogenici e quali siano gli effetti di questa interazione sul metabolismo lipidico nella mammella e sul profilo acidico del latte</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP7	WP 7.3	Analisi Metagenomica	Campionamento del liquido ruminale tramite sonda esofagea, estrazione del DNA batterico Amplificazione e sequenziamento massivo dei geni <i>16S rRNA</i> e <i>mcrA</i> dei batteri ruminanti	Caratterizzazione del metagenoma ruminale caprino; verifica dell'influenza della genetica animale nell'interazione microbiota-ospite; verifica dell'influenza della dieta nella determinazione della popolazione batterica ruminale; possibilità di fornire agli allevatori e alle industrie mangimistiche informazioni utili a ottimizzare le razioni in accordo con il genotipo degli animali, con conseguente aumento dell'efficienza di utilizzazione alimentare, riduzione dell'inquinamento ambientale e aumento della sostenibilità degli allevamenti zootecnici
	WP 7.4	Analisi bioinformatica dei dati	Identificazione dei geni differenzialmente espressi nei gruppi di animali e dei loro pathway metabolici per individuare quelli maggiormente responsabili delle differenze fenotipiche riscontrate. Analisi delle sequenze ribosomiali batteriche per identificare i pathway metabolici legati ai cluster microbici individuati	Sviluppo di metodologie statistiche <i>ad hoc</i> per l'analisi dei dati e la definizione di una lista di nuovi geni coinvolti nel metabolismo lipidico ottenuti dall'integrazione dei diversi approcci utilizzati da includere efficacemente negli schemi di selezione

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP8	WP 8.1	Produzione di linee di fagiolo con nuove combinazioni nutrizionali dei semi	Miglioramento genetico di fagiolo per creare nuove combinazioni nutrizionali dei semi Reperimento dei terreni e moltiplicazione dei genotipi Incroci e crescita in ambiente controllato (fitotroni) Analisi biochimico-molecolari di supporto al breeding (MAS)	Ottenimento di varietà e/o linee per il pre-breeding migliorate per il profilo nutrizionale e con combinazioni nutrizionali innovative
	WP 8.2	Fenotipizzazione nutrizionale di semi crudi e cotti di genotipi di fagiolo con diverse combinazioni nutrizionali	Fenotipizzazione nutrizionale di semi di genotipi diversi di fagiolo Analisi del potere antiossidante di estratti da semi crudi/cotti o digestati di diversi genotipi di fagiolo (sistema ORAC e CCRBC) Analisi del contenuto di microelementi in semi crudi/cotti o digestati di diversi genotipi di fagiolo Analisi del profilo metabolico (acido fitico, raffinossaccaridi, polifenoli, tannini) di estratti da semi crudi/cotti o digestati di diversi genotipi di fagiolo Analisi del contenuto di proteine bioattive (lectine, inibitore di alfa amilasi, inibitore di tripsina)	Ottenimento di descrittori della qualità nutrizionale, nutraceutica e salutistica dei genotipi di fagiolo prodotti nel corso del progetto
	WP 8.3	Analisi della risposta allo stress ossidativo di colture di cellule umane pretrattate con estratti di semi di genotipi diversi di fagiolo	Allestimento dei sistemi di colture di cellule (Caco2, colture primarie di eritrociti, progenitrici endoteliali) Analisi della risposta allo stress ossidativo di colture di cellule umane pretrattate con estratti di semi di genotipi diversi di fagiolo Analisi biochimico-molecolari degli effetti dello stress ossidativo	Ottenimento di conoscenze e descrittori relativi alla qualità nutraceutica e salutistica dei genotipi di fagiolo prodotti nel corso del progetto

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP8	WP 8.4	Studio dei meccanismi regolativi preposti alla sintesi e deposizione delle componenti nutrizionalmente attive nei semi	<p>Analisi di espressione dei geni per la sintesi e il trasporto dell'acido fitico in diversi organi e stadi di sviluppo di fagioli wt e mutanti <i>lpa-1</i></p> <p>Analisi funzionale delle sequenze regolative dei geni di fagiolo per il trasporto dell'acido fitico (<i>PvMRP1</i> e <i>PvMRP2</i>)</p> <p>Analisi di espressione dei geni per la sintesi e il trasporto dell'acido fitico in semi wt e mutanti <i>stk</i> di <i>Arabidopsis</i> per indagare il ruolo del fattore trascrizionale STK nella regolazione di tali meccanismi</p> <p>Incroci tra il mutante <i>stk</i> e le linee pMRP1::GUS e pMR2::GUS e selezione delle piante omozigoti <i>stk</i> pMRP1::GUS e <i>stk</i> pMR2::GUS</p> <p>Analisi del pattern di espressione del reporter GUS nei semi <i>stk</i> pMRP1::GUS e <i>stk</i> pMR2::GUS</p>	<p>Ottenimento di conoscenze relative ai meccanismi genetico-molecolari e funzionali che presiedono alla determinazione di caratteristiche nutrizionali e morfologiche del seme, più precisamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Profilo di espressione dei geni per la sintesi ed il trasporto dell'acido fitico in fagioli wt e mutanti <i>lpa-1</i>.</li> <li>· Identificazione delle sequenze promotrici dei geni <i>PvMRP1</i> e <i>PvMRP2</i>.</li> <li>· Dettagliate informazioni sull'espressione tissutale dei geni <i>PvMRP1</i> e <i>PvMRP2</i>.</li> <li>· Definizione del ruolo del fattore trascrizionale STK nella regolazione dei geni coinvolti nella sintesi e nel trasporto dell'acido fitico</li> </ul>
	WP 8.5	Analisi del valore nutrizionale di sfarinati di fagiolo in un sistema modello di digestione basato su bovini e direttamente nell'alimentazione di capre	<p>Sperimentazione su 6 bovine fistolate, mediante prova <i>in situ</i> che <i>in vitro</i> (analisi del liquido ruminale)</p> <p>Acquisizione di tutte le informazioni sul valore nutritivo, energetico e proteico dei genotipi di fagiolo testati, scelta del genotipo più promettente e formulazione delle diete per le capre</p> <p>Allevamento animali e analisi di dati</p>	<p>Ottenimento di informazioni relative al valore nutrizionale delle farine di fagiolo, e in particolare di genotipi privi di lectina, e al loro uso potenziale nella formulazione di diete per l'alimentazione di ruminanti</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP9	WP 9.1	Fornire ad aziende sementiere nuovi strumenti per l'innovazione di prodotto, ovvero la selezione di varietà di frumento con elevata qualità tecnologica delle farine	a1 - Messa a punto di un protocollo di analisi del profilo proteico mediante elettroforesi capillare su chip. a2 - Analisi dei profili proteici di diverse varietà di frumento tenero e duro e identificazione delle componenti associate alle caratteristiche tecnologiche delle farine. a3 - Messa a punto di un test di screening su seme singolo	Test di screening su seme singolo per la selezione di linee di frumento tenero e duro con elevata qualità tecnologica delle farine
	WP 9.2	Contribuire alla creazione di un centro di riferimento con competenze specifiche sulle proteine dei semi, a beneficio delle aziende lombarde impegnate nel miglioramento e nella produzione	Caratterizzazione di fattori implicati nell'accumulo delle proteine di riserva: b1 - determinazione del profilo di espressione tessuto/sviluppo specifico di ERp18, tramite la produzione di piante transgeniche di Arabidopsis per l'analisi del suo promotore; b2 - determinazione dell'effetto dell'assenza di ERp18 sullo sviluppo del seme, tramite la produzione di un mutante nullo per ERp18 in Arabidopsis e la sua analisi fenotipica	Nuove conoscenze sui fattori implicati nell'accumulo e assemblaggio delle proteine di riserva del seme

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP10	WP 10.1	Caratterizzazione molecolare delle diverse classi di gamma-zeine in relazione alla loro capacità di formazione del corpo proteico	Costruzione di sequenze di DNA per l'espressione delle proteine in esame Espressione delle proteine in cellule vegetali e determinazione della capacità di formare il corpo proteico	Strumenti innovativi a beneficio delle aziende per lo sviluppo e la selezione di varietà di mais con valore nutrizionale qualitativamente più elevato e ad alta produttività
	WP 10.2	Definizione dello stato fisiologico dei compartimenti del seme in relazione all'accumulo di proteine	Produzione di piante con sensori per la misurazione dei livelli di calcio Espressione di proteine di riserva di mais nelle piante ottenute Determinazione dei livelli di calcio durante l'accumulo delle proteine di mais	Identificazione dei parametri fisiologici importanti per l'accumulo di proteine nel seme

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP11	WP 11.1	Selezione di batteri lattici inibenti batteri patogeni quali <i>Staphylococcus aureus</i> e <i>Listeria monocytogenes</i> produttori di acido linoleico coniugato (CLA), vitamina B9 e riducenti il colesterolo	Screening di oltre 100 ceppi di batteri lattici appartenenti ai generi <i>Enterococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Leuconostoc</i> e <i>Streptococcus</i> della collezione CNR ISPA Milano in relazione alla capacità di influenzare il contenuto di CLA, 3, 6, vitamina B9 e colesterolo in latte. Verifica della capacità inibente <i>L. monocytogenes</i> e <i>S. aureus</i>	Individuazione di ceppi di batteri lattici utilizzabili per la produzione di alimenti arricchiti in CLA e/o vitamina B9 e/o con un ridotto tenore di colesterolo
	WP 11.2	1) Verifica delle attitudini tecnologiche del latte arricchito in acidi grassi insaturi mediante somministrazione agli animali di una dieta addizionata di lino e canapa 2) Verifica dell'efficacia dell'impiego in caseificazione dei batteri lattici selezionati di cui al WP11a sulle caratteristiche funzionali del formaggio	Caseificazioni sperimentali a stracchinello con il latte dei singoli gruppi di capre alimentate con dieta diversa e valutazione strumentale delle caratteristiche strutturali ed aromatiche dei formaggi. Caseificazioni sperimentali a stracchinello utilizzando i batteri lattici selezionati di cui al WP11a e analisi dei formaggi in relazione al contenuto di folati, CLA e colesterolo	Verifica della possibilità di aumentare il contenuto di acidi grassi insaturi nel latte mediante la dieta degli animali senza pregiudicare l'attitudine casearia del latte. Verifica della possibilità di ottenere formaggi con migliorate caratteristiche funzionali con l'impiego di specifici biotipi di batteri lattici
	WP 11.3	Verifica dell'influenza della somministrazione agli animali di una dieta addizionata di lino e canapa sulle caratteristiche aromatiche e nutrizionali (acidi grassi saturi/insaturi, <i>cis/trans</i> , 3, 6, CLA e colesterolo totale) di latte e formaggio	Valutazione del pattern aromatico e del profilo acido dei foraggi impiegati nella sperimentazione, del latte dei singoli animali sottoposti a 3 diverse diete e dei relativi formaggi	Verifica dell'entità del miglioramento delle caratteristiche nutrizionali del latte e del formaggio e nel contempo del mantenimento della sua stabilità all'irraacidimento
	WP 11.4	1) Verificare se l'arricchimento in 1) acidi grassi insaturi conseguente all'inserimento di lino e canapa nella dieta e 2) batteri lattici diversi da quelli dello starter, comportano l'insorgenza di difetti di struttura e/o <i>off-flavour</i> nel formaggio 2) Verifica <i>in vivo</i> delle caratteristiche funzionali dei formaggi sperimentali. Analisi sensoriale dei formaggi sperimentali di cui al punto WP11.b.	Esecuzione di prove <i>in vivo</i> su ratti alimentati con il formaggio risultato possedere le migliori caratteristiche funzionali Verifica del gradimento dei formaggi dalle implementate caratteristiche nutraceutiche	Verifica <i>in vivo</i> della funzionalità di uno dei formaggi messi a punto

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP12	WP 12.1	Tracciabilità metabolica di lattini e formaggi	Analisi per spettroscopia NMR	Caratterizzazione di composti ad elevato valore nutraceutico
	WP 12.2	Caratterizzazione di metaboliti primari e secondari di lino e canapa con particolare attenzione ai composti della via dei fenilpropanoidi	Messa a punto dei metodi estrattivi da tessuti di lino (foglie e culture cellulari <i>in vitro</i> ). Acquisizione di spettri NMR preliminari	Identificazione e caratterizzazione strutturale di metaboliti primari e secondari, con particolare riferimento ai composti appartenenti alla classe dei fenilpropanoidi

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP13	WP 13.1	L'obiettivo generale è volto alla tutela delle risorse idriche attraverso lo studio dei processi bio-geochimici che favoriscono l'attenuazione dei carichi azotati nelle acque superficiali. In particolare gli obiettivi specifici si focalizzano: 1) nella stima della denitrificazione e della capacità di ritenzione dei nutrienti in aree selezionate sulla base di differenti caratteristiche ambientali: e.g. presenza di fasce riparie e/o macrofite in alveo, caratteristiche del suolo e dei sedimenti, morfologia dei canali; 2) nell'individuazione di soluzioni gestionali alternative per sfruttare il potenziale ecosistemico offerto dal reticolo idrografico minore in grado di attenuare il carico di azoto di origine agricola	Le attività prevedono un approccio sperimentale bivalente, volto cioè a indagare due tematiche: 1) il ruolo delle fasce riparie di fontanili e rogge nella rimozione del nitrato e 2) la ritenzione dei nutrienti in-stream. Nel primo caso è necessario attrezzare le aree sperimentali con batterie di piezometri per poter campionare e quindi analizzare le acque sotterranee che attraversano la fascia riparia. Nel secondo caso si effettuano degli esperimenti di "Short-term constant rate additions" che consentono di stimare delle metriche di ritenzione come ad es. l'uptake length che rappresenta la distanza media che una molecola di nutriente può percorrere prima di essere rimossa dalla colonna d'acqua	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Circolazione delle specie azotate nella falda sub-superficiale prospiciente alcuni fontanili diversificati per ampiezza della fascia riparia e caratteristiche pedologiche.</li> <li>2. Circolazione delle specie azotate nelle acque superficiali rappresentate dai fontanili e canali irrigui.</li> <li>3. Valutazione dell'efficienza delle fasce vegetate dei fontanili nell'attenuare le concentrazioni di nitrato.</li> <li>4. Stima dell'efficienza di ritenzione dei nutrienti (azoto e fosforo) in canali irrigui caratterizzati dalla presenza/assenza di vegetazione in alveo</li> </ol>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP14	WP 14.1	Coordinamento	Attività di coordinamento del progetto Relazioni e rendicontazioni Organizzazioni di meeting del progetto Divulgazione e pubblicizzazione esterna	Relazioni Riunioni interne Contatti con Regione Lombardia e CNR Contatti con istituzioni e aziende interessate al progetto
	WP 14.2	Nuove strategie e strumenti di insegnamento nelle scuole medie riguardo biologia delle piante, agricoltura e salute umana	Formulazione di attività tematiche teorico/sperimentali da attuare nelle classi delle scuole medie superiori Corso di formazione di insegnanti di scienze delle scuole medie superiori	Divulgazione delle scienze botaniche e agrarie nelle scuole Aggiornamento professionale e culturale degli insegnanti
	WP 14.3	Divulgazione della conoscenza	Ideazione e realizzazione di iniziative per il "Fascination of Plants Day" 2014 e 2015 Consulenza per lo sviluppo di prodotti multimediali per la divulgazione nell'ambito di EXPO 2015	Incremento dell'alfabetizzazione scientifica della popolazione generale Dialogo fra scienziati e popolazione generale
	WP 14.4	Trasferire i dati della ricerca	Per ogni macro argomento del progetto, si fa una ricerca presso le associazioni industriali per individuazione delle aziende di settore e si organizzano tavole rotonde interattive	Creazione di un network con le aziende lombarde

## 2.2 Il partenariato

- **Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria (IBBA-CNR)** afferente al Dipartimento di Scienze Bio-Agroalimentari svolge attività di ricerca, di valorizzazione e trasferimento tecnologico e di formazione in svariati settori scientifici che includono la genomica vegetale, animale e microbica; la fisiologia vegetale; lo studio della struttura biologico-riproduttiva, genetica e dell'evoluzione di popolazioni di animali domestici; lo sviluppo di tecnologie e biotecnologie di interesse agrario e industriale; sistemi informativi per la ricerca in agricoltura. In particolare IBBA metterà a disposizione del progetto FilAgro il suo bagaglio di conoscenze maturate nell'ambito della biologia, della biotecnologia e della genetica vegetale ed animale.
- **Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (ISPA-CNR)** afferente al Dipartimento di Scienze Bio-Agroalimentari opera nel settore della ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico per il miglioramento della qualità e della sicurezza dei prodotti agroalimentari. Metterà a disposizione del progetto conoscenze maturate nella selezione, caratterizzazione ed uso di microrganismi responsabili della trasformazione degli alimenti; nella caratterizzazione di formaggi tradizionali e DOP; nella realizzazione di alimenti con migliorate caratteristiche igienico-sanitarie, nutrizionali, funzionali ed organolettiche.
- **Istituto di Ricerche sulle Acque (IRSA-CNR)** afferente al Dipartimento Terra e Ambiente, svolge attività di ricerca nei settori della gestione e protezione delle risorse idriche e nello sviluppo di metodologie e tecnologie per la potabilizzazione e il trattamento delle acque di scarico. L'IRSA metterà a disposizione del progetto le sue competenze sui problemi delle acque con particolare riferimento al monitoraggio del processo di nitrificazione dei terreni.
- **Istituto per lo Studio delle Macromolecole (ISMAC-CNR)** afferente ai Dipartimenti "Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali", "Scienze Biomediche" e "Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti", svolge attività di ricerca nel campo della Scienza dei Polimeri. Metterà a disposizione del progetto le sue competenze in spettroscopia NMR e analisi statistica multivariata per la caratterizzazione dei metaboliti destinati ad uso farmacologico piuttosto che usati come marcatori di tracciabilità alimentare
- **Istituto di Biofisica (IBF-CNR)** afferente al Dipartimento Scienze Fisiche e Tecnologia della Materia (DSFTM) vanta competenze nei settori della fisiologia molecolare, della genetica e biologia del seme e di caratterizzazione biochimica di proteine, che saranno messe a disposizione del progetto FilAgro.

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>IBBA-CNR</b>	<b>ISPA-CNR</b>	<b>IRSA-CNR</b>	<b>ISMAC-CNR</b>	<b>IBF-CNR</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	485.100,00	91.000,00	44.400,00	30.650,00	18.000,00	669.150,00
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	451.550,00	102.000,00	34.800,00	23.000,00	23.000,00	634.350,00
Spese di formazione	4.100,00	—	—	—	—	4.100,00
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	42.441,00	8.000,00	—	—	—	50.441,00
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	51.501,00	19.360,00	—	—	—	70.861,00
Spese di pubblicizzazione	19.045,00	1.000,00	1.000,00	1.800,00	1.000,00	23.845,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	290.401,00	30.000,00	44.100,00	30.655,00	6.300,00	401.456,00
Spese generali	280.854,00	57.900,00	23.700,00	16.095,00	12.300,00	390.849,00
<b>TOTALE</b>	<b>1.624.992,00</b>	<b>309.260,00</b>	<b>148.000,00</b>	<b>102.200,00</b>	<b>60.600,00</b>	<b>2.245.052,00</b>

Valori in euro.



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

Lo svolgimento delle attività inerenti il Progetto FilAgro determinerà la produzione di un certo numero di articoli scientifici ISI e non ISI pubblicati su riviste nazionali ed internazionali selezionate per specificità di settore, nonché contributi in forma di atti di convegno che saranno presentati in Congressi nazionali ed Internazionali individuati a seconda delle diverse tematiche di ricerca affrontate nel progetto. A questa produzione scientifica si aggiungeranno forme di divulgazione realizzate tramite presentazioni frontali tenute in corsi post universitari, durante le lezioni di divulgazione scientifica previste con l'alta formazione e, a livello locale, attraverso incontri con le organizzazioni regionali degli allevatori e con i soggetti della filiera agro-alimentare interessati.

I risultati di valore applicativo previsti dal progetto riguarderanno protocolli per miglioramenti nella conversione energetica ottenuta dall'utilizzo degli scarti delle produzioni agro-zootecniche, protocolli per la produzione di proteine ad alto valore biologico e digeribilità e di metaboliti antiossidanti in colture cellulari, servizi di tipizzazione genetica delle diete alimentari provvedute agli animali da latte, protocolli e sistemi per la tracciabilità diagnostica in latte di proteine, DNA e metaboliti, marcatori epi-genetici da impiegare come sistema diagnostico per valutare l'effetto del regime alimentare sulla salute degli animali, strumenti per la pianificazione e per la valorizzazione economica dei prodotti di origine animale locali, terapie di contenimento e di abbattimento della crescita della *Prototheca*, strumenti per lo sviluppo di varietà di mais ipoallergeniche e protocolli diagnostici nel campo dell'allergologia alimentare, test di screening su seme singolo per la selezione di linee di frumento con elevata qualità tecnologica delle farine, stime della potenziale rimozione di azoto in funzione delle caratteristiche dei canali irrigui con proposte di pratiche gestionali, network per la trasferibilità dei risultati alle aziende, formazione di insegnanti di scuola media superiore per tematiche d'insegnamento di scienze relative ad agricoltura e alimentazione. Nuovi strumenti per la divulgazione scientifica nell'ambito delle tematiche EXPO 2015.

Un brevetto di metodo inerente lo sviluppo di un kit diagnostico potrebbe sortire dagli studi condotti sui geni delle tubuline di *Prototheca*.

#### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

Tra i prodotti più squisitamente applicativi che saranno ottenuti con le attività messe in essere dal progetto FilAgro si indicano:

La messa a disposizione degli agricoltori di due colture, lino e canapa, testate e selezionate per le loro capacità di fornire diversi prodotti quali mangimi, fibra, semi, olio e proteine con ridotti input chimici ed energetici. Materiali biodegradabili per la pacciamatura e l'invasamento.

Un sistema di colture cellulari di canapa e lino idoneo alla produzione di molecole bioattive eventualmente trasferibile ad un impianto/bioreattore pilota

Metodi analitici per l'analisi della composizione dei mangimi, protocolli per la rintracciabilità della dieta a partire nel latte, Protocolli diagnostici ad alta sensibilità e specificità per le mastiti da *Prototheca*; farmaci contro la prototecososi.

Marcatori molecolari per il monitoraggio della salute animale e, di conseguenza, della qualità dei prodotti destinati all'alimentazione umana; strumenti per la valorizzazione economica dei prodotti di origine animale (formaggio, carne) legati all'alpeggio delle razze locali.

Marcatori genetici da utilizzare per nuovi obiettivi di selezione nel settore delle produzioni animali e relativi strumenti utili alla produzione di latte e formaggi a maggiore valore nutraceutico e salutistico. Produzione e commercializzazione di nuove varietà e linee innovative per il pre-breeding di fagiolo; produzione di integratori alimentari.

Protocollo di analisi del profilo proteico di varietà di frumento mediante elettroforesi capillare su chip e metodo di screening su seme singolo.

Ceppi di batteri lattici da impiegare in caseificazione per ottenere prodotti con migliori caratteristiche funzionali. Formulazione di dieta animale addizionata di lino e canapa in grado di conseguire precisi miglioramenti nelle caratteristiche nutraceutiche del latte.

Marcatori metabolici per la tracciabilità nella filiera lattiero-casearia. Formulazione di proposte strategiche per una gestione del reticolo idrografico minore che consenta di massimizzare il loro potenziale di autodepurazione. Nuove strategie e strumenti d'insegnamento nelle scuole medie riguardo biologia delle piante, agricoltura e salute umana. Sensibilizzazione dell'opinione pubblica sulle seguenti tematiche: biologia vegetale, nutrizione, salute. Prodotti multimediali per la divulgazione di tematiche nell'ambito di EXPO2015 - Filmato CNR-DiSBA sulle attività divulgative dell'Istituto di Biologia e Biotecnologia Agraria riguardanti l'importanza delle piante nella vita sulla terra.

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

Ricordato che il progetto FilAgro offre una opportunità di lavoro e di formazione a 14 diversi giovani ricercatori assunti prevalentemente come assegnisti, molte e di rilievo sono le ricadute socio-economiche che si prevede possano essere determinate dal buon esito delle attività di ricerca da questo messe in atto. Esse sono :

- 1) Il ritorno della canapa e del lino come piante coltivate sul nostro territorio, che potrebbe favorire la nascita di una nuova filiera capace di coinvolgere diversi settori: agricolo alimentare, zootecnico, farmacologico, automobilistico ed edile, mediante l'utilizzo di tutte le parti della pianta, dai semi alla fibra. L'ottimizzazione della produzione di molecole bioattive ottenuta da colture cellulari apre la strada al loro utilizzo come nutraceutici e/o additivi alimentari utili per la salute umana. I diversi utilizzi delle coltivazioni di lino e canapa potrebbero comportare anche un aumento dell'occupazione giovanile, soprattutto nel settore agricolo. L'affermazione di queste coltivazioni determinerebbe il recupero di terreni marginali e la riduzione dell'import di farine ad alto contenuto di proteina per l'industria mangimistica.
- 2) L'utilizzo degli scarti agrozootecnici per la produzione di materiale biodegradabile e di bioenergia che rappresenta una valida soluzione ai problemi di una crescita sostenibile e a ridotto impatto ambientale.
- 3) La possibilità di controllo della corrispondenza tra la composizione dei mangimi e quella dichiarata che determinerebbe un regime di maggiore qualità e sicurezza alimentare e di commercio leale, dando garanzie ai produttori di latte e carne e, in ultimo, al consumatore.
- 4) Un kit per la diagnosi precoce delle infezioni di *Prototheca* unitamente a trattamenti farmacologici *ad hoc* che determinerebbe l'eradicazione delle mastiti causate da questa alga patogena.
- 5) L'allevamento della capra da latte, in passato limitato principalmente alle aree marginali, che sta subendo una profonda trasformazione sul territorio nazionale, compreso quello lombardo, interessando nuove realtà di allevamento intensivo. Questo cambiamento è dovuto ad una maggiore richiesta di prodotti lattiero-caseari di origine caprina che sono percepiti dai consumatori come più salubri e genuini e, allo stesso tempo, una valida alternativa ai prodotti di origine vaccina. In questo contesto, l'attività di ricerca proposta all'interno del progetto FilAgro mira a fornire, nel medio/lungo termine, nuovi strumenti diagnostici che possono essere di supporto ad un settore agro-alimentare in forte espansione.
- 6) L'utilizzo di nuove strategie per migliorare la sicurezza e la sostenibilità lungo tutta la filiera lattiero-casearia, che può ampliare/sviluppare il settore della diagnostica di laboratorio dedicata al settore zootecnico/agro-alimentare sia da un punto di vista tec-

nologico (nuovi kit di analisi, nuovi approcci sperimentali, strumentazione dedicate), sia da un punto di vista occupazionale (nuove competenze lavorative).

- 7) La valorizzazione economica dei prodotti di origine animale (formaggio, carne) legati all'alpeggio delle razze locali e la quantificazione dei servizi eco sistemici delle razze locali, che avranno un importante impatto socio economico in quanto contribuiranno alla sostenibilità dell'allevamento delle razze locali nell'ambiente alpino della regione Lombardia. Inoltre, tra i servizi eco sistemici è compresa anche la conservazione "estetica" del paesaggio, fondamentale per il turismo e quindi per l'indotto che crea per gli allevatori che avranno possibilità di commercializzare *in loco* i loro prodotti. Tutti questi fattori potranno contribuire al mantenimento dell'allevamento delle razze locali con le conseguenti ricadute sociali.
- 8) La regione Lombardia ha una forte tradizione nell'allevamento caprino e nella produzione di prodotti tradizionali legati ad un mercato locale particolarmente dinamico ed attento alle esigenze di qualità, salubrità e rispetto delle tradizioni gastronomiche. I prodotti applicativi potranno costituire uno strumento innovativo di valorizzazione della filiera produttiva dei prodotti zootecnici della Lombardia e un potente strumento di marketing competitivo in un settore in cui il modesto valore economico degli animali, la stagionalità delle produzioni e la polverizzazione delle imprese e della filiera hanno costituito finora un forte impedimento.
- 9) È atteso che la produzione di nuove varietà di fagiolo, migliorate per il profilo nutrizionale/nutraceutico e salutistico, abbia ricadute sulle aziende che utilizzano fagioli tra le quali ditte sementiere, aziende per la produzione di integratori alimentari, aziende per la produzione di prodotti inscatolati e/o per il consumo fresco/surgelato. Molte di queste ditte sono localizzate nel Nord Italia. È atteso che nuove aree agricole del Piemonte e della Lombardia vengano coinvolte nella coltivazione di queste nuove varietà.
- 10) Aziende sementiere e breeder potranno beneficiare di un metodo di screening rapido ed efficace per la selezione di varietà di frumento con elevate caratteristiche tecnologiche delle farine. Le conoscenze acquisite contribuiranno alla creazione di un centro di riferimento regionale/nazionale con competenze specifiche sulla biosintesi delle proteine dei semi, a beneficio delle aziende impegnate nel miglioramento e nella produzione.
- 11) La possibilità di disporre di ceppi con specifica attività nutraceutica, che rappresenta per le aziende del settore lattiero caseario lombardo un elemento di primaria importanza. Disporre di latte con caratteristiche di interesse nutraceutico significa, per le aziende del settore caprino, poter formulare nuovi prodotti a maggior valore aggiunto.
- 12) Lo studio sulle dinamiche dei processi di nitrificazione dei terreni, che determinerà l'avvio di un regime di protezione delle risorse idriche dall'inquinamento derivante dalle attività agricole a beneficio e salvaguardia dell'ambiente.
- 13) Giovani imprenditori possono avvalersi dei dati scaturiti dal progetto FilAgro ed attivare start up. Il personale assunto con il progetto può entrare in contatto con potenziali datori di lavoro.
- 14) L'istruzione e la cultura sono il fondamento per sviluppare attività produttive ad alto valore aggiunto, valorizzare risorse umane e attrarre giovani talenti. Un incremento dell'alfabetizzazione scientifica della popolazione generale favorisce il dialogo con gli scienziati.

- 15) Aggiornamento scientifico e didattico di insegnanti di scienze delle scuole medie; implementazione del ruolo dei musei del territorio lombardo nella formazione degli insegnanti; miglioramento dell'istruzione scientifica degli studenti di scuola media riguardo biologia delle piante, agricoltura e salute umana.

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Per sue caratteristiche e natura intrinseca a tutte le attività che hanno un prevalente sfondo biologico, il progetto FilAgro determinerà un notevole numero di ricadute applicative, come già illustrato, ma il miglioramento della dotazione tecnologica territoriale sarà quasi esclusivamente ad appannaggio dei sistemi di certificazione e tracciabilità che verranno sviluppati e che potranno dare origine ad utili servizi innovativi, aperti agli operatori della filiera lattiero-casearia lombarda.

A questo riguardo, un core business potrebbe essere rappresentato dalla piattaforma di analisi dei mangimi animali che, impostata concettualmente grazie ai risultati ottenuti nel corso delle attività condotte nel primo accordo quadro tra CNR e Regione Lombardia, è in corso di sviluppo nell'ambito del progetto Europeo Feedcode del 7° programma quadro e in FilAgro viene applicata all'analisi dei mangimi provveduti alle capre. Si tratta di una piattaforma innovativa per concetto e per applicazione che, collocata a Milano, può fungere da servizio centralizzato per quelle aziende del territorio che operano sulla filiera lattiero-casearia in quanto produttori o utilizzatori di mangimi. Di fatto, questo sta già accadendo nei confronti del consorzio del formaggio Bitto e Casera della Valtellina che invia a Milano-IBBA i mangimi che acquista sulla base delle necessità alimentari dettate dal disciplinare di produzione come pure nei confronti di un certo numero di stalle collocate sul territorio lombardo che contribuiscono alla produzione di latte destinato al Consorzio del Parmigiano Reggiano. Su questo core business si può utilmente innestare l'uso della spettroscopia NMR per l'analisi dei metaboliti, sempre in un'ottica di servizio di certificazione agroalimentare aperto al territorio. Grazie ai risultati del progetto FilAgro, potrebbero aggiungersi al campionario di analisi provveduto agli operatori del lattiero caseario e non solo, l'analisi del profilo proteico delle varietà di frumento condotta con uno strumento attualmente in dotazione IBBA-CNR Milano e quella d'uso dei marcatori epigenetici. Gli strumenti molecolari sviluppati nel presente progetto saranno, quindi, utili e subito applicabili per la valorizzazione della filiera produttiva caprina lombarda. Saranno, inoltre, fornite agli allevatori nuove diete che potranno determinare un miglioramento delle fermentazioni ruminali e del metabolismo azotato e, di conseguenza, una diminuzione della produzione di metano.

Gli strumenti di analisi e certificazione appena indicati potranno essere acquisiti da strutture del territorio che vogliono a loro volta avvantaggiarsi nell'uso di queste nuove tecniche diagnostiche essendone facilitate grazie agli studi preliminari e ai protocolli di utilizzo che sono in via di elaborazione.

Anche se non proprio definibili come dotazione tecnologica, vale qui la pena di sottolineare che il progetto FilAgro prevede anche la realizzazione di Prodotti multimediali per la divulgazione di tematiche nell'ambito di EXPO 2015.

### 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

In materia di filiera lattiero-casearia, di grande rilevanza per la Regione Lombardia, il progetto FilAgro coinvolge tutti gli allevamenti e i trasformatori di latte di capra della Regione che ammontano a circa 15.000 unità (*fonte: Anagrafe Nazionale Zootecnica Ovicaprina anno 2012*). Va però rilevato che poiché il sistema caprino è sviluppato come modello per quello vaccino, quest'ultime produzioni vengono pure ad essere interessate aumentando grandemente l'impatto territoriale del progetto. FilAgro già prevede tra l'altro il diretto coinvolgimento di un caseificio che trasforma latte caprino. I risultati ottenuti sono di interesse di tutto il comparto lattiero-caseario italiano e delle aziende produttrici di fermenti, alcune delle quali hanno sede in Lombardia. Sempre legato alla filiera lattiero casearia è il servizio di certificazione dei mangimi provveduto, per ora, a produttori del mantovano e al consorzio del formaggio Bitto e Casera della Valtellina. In materia di studio della biodiversità territoriale legata alle attività di pascolo, le seguenti zone sono ad oggi considerate di interesse: 1-A: Pedroria (Alpi Orobie versante valtellinese, altezza di Morbegno) Alpeggio abbandonato da circa 20 anni, con obiettivo di riportarlo a pascolo nei prossimi anni. 1-B: Alpe Piazza (Alpi Orobie versante valtellinese, altezza di Morbegno) Alpeggio oggi utilizzato 2-A: Val Tartano (Alpi Orobie versante valtellinese, altezza Morbegno, più verso Sondrio) Alpeggio abbandonato da circa 15 anni. 2-B: Val Tartano (Alpi Orobie versante valtellinese, altezza Morbegno, più verso Sondrio) Alpeggio oggi utilizzato. In materia di recupero di coltivazioni storiche come lino e canapa, la copertura territoriale riguarderà quelle aziende agricole interessate a diversificare le produzioni agricole, eventualmente anche interessate a trovare nuove fonti proteiche a basso costo che possano sostituire la soia e quindi ridurre l'importazione. In materia di produzione di bioenergia e materiali biodegradabili tutto il territorio regionale e nazionale ne è interessato con particolare coinvolgimento di quei comuni già dotati di impianti di produzione di biogas e quelli con particolare vocazione per il settore vivaistico. In materia di miglioramento della qualità del coltivazioni prevalentemente destinate al consumo umano si tratta di aziende sementiere dislocate su tutto il territorio lombardo, una delle quali (Indena Milano) interessata alla valorizzazione delle nuove varietà di fagiolo per la produzione di derivati naturali. Nell'ambito dello sviluppo di prodotti multimediali per la divulgazione scientifica, sono infine interessate aziende esperte in comunicazione e aziende produttrici di strumenti multimediali (Codemachine, Milano).

# CARE-G

Una piattaforma di servizi per la cura della salute  
e la qualità della vita del cittadino anziano

Hanno collaborato alla stesura del capitolo i seguenti Autori:

**Isabella Castiglioni**

Istituto di Bioimmagini e Fisiologia Molecolare (IBFM)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Pasquale Anthony Della Rosa**

Istituto di Bioimmagini e Fisiologia Molecolare (IBFM)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Paolo Marraccini**

Istituto di Fisiologia Clinica (IFC)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Anna Rampini**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (IREA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Gloria Bordogna**

Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali (IDPA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo	<b>CARE-G</b> Una piattaforma di servizi per la cura della salute e la qualità della vita del cittadino anziano
Logo	
Sito web	<a href="http://www.careg.it">http://www.careg.it</a>
Parole chiave	<i>Invecchiamento attivo, smart community, care giver, telemedicina, inclusione sociale</i>
Responsabile scientifico	Isabella Castiglioni Dipartimento di Scienze Biomediche (DSB) Istituto di Biommagini e Fisiologia Molecolare (IBFM) Tel. 02 2171 7511 Fax 02 2171 7558 E-mail: <a href="mailto:isabella.castiglioni@ibfm.cnr.it">isabella.castiglioni@ibfm.cnr.it</a>
Data di avvio	25/07/2013
Durata	24 mesi
Costo totale	€ 1.221.746,00

## 1 Inquadramento del progetto

### 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

L'accesso del cittadino anziano a beni e servizi indirizzati alla protezione e cura della sua salute e alla inclusione sociale e ambientale rappresenta, oggi più che mai, un valore essenziale per la stima complessiva del livello di qualità di una comunità. L'analisi dei dati Italiani dell'indagine europea su *Salute, Invecchiamento e Pensioni* (meglio nota come *SHARE - Survey of Health, Ageing, and Retirement in Europe*; <http://www.share-project.org/>), effettuata nell'ambito di una ricerca sulle disuguaglianze in Italia, mostra che, tra gli anziani, i poveri hanno una probabilità inferiore di ricevere aiuti di cura rispetto agli anziani non poveri. Tuttavia, non si registrano differenze tra gli anziani, poveri e non, nell'ammontare medio di aiuti economici. Le reti degli anziani poveri sono di natura prevalentemente familiare: l'84% degli aiuti di cura e l'82% degli aiuti finanziari ricevuti proviene da familiari, rispetto al 76% e al 40% per gli anziani non poveri. In particolare, gli aiuti ai poveri provengono quasi esclusivamente dai figli, mentre le reti dei non poveri sono assai più differenziate sia dentro che fuori la famiglia, potendosi avvalere di collaboratori familiari, badanti o personale infermieristico privato. Ne consegue che le reti familiari degli anziani poveri in Italia, se da un lato sono in grado di fornire un ammontare di aiuto pari o superiore a quello delle reti dei non poveri, non escludono completamente i rischi di isolamento sociale degli anziani. Infatti, l'assenza o la scarsa articolazione di una rete sociale e urbana adeguata alle necessità dell'anziano rappresenta un fattore di rischio di isolamento per una comunità che spesso, ad un disagio economico, associa una grande necessità di sostegno morale e di relazione. Inoltre, la ricerca mette in luce che le politiche di sostegno ai poveri che sottolineano troppo fortemente gli obblighi morali e gli impegni assistenziali dei familiari, rischiano sia di accrescere le disuguaglianze nel livello di inclusione sociale degli individui, sia di sovraccaricare reti familiari già in tensione.

In realtà, alcuni fattori che influenzano lo stato di salute dell'anziano possono essere gestibili ed anche modificabili dall'anziano stesso attraverso l'adozione di comportamenti appropriati, qualora egli conservi uno stato di autonomia; altri fattori possono essere tenuti sotto controllo in modo non invasivo attraverso opportuni monitoraggi che possono aiutare e migliorare e ottimizzare gli interventi assistenziali sia dei familiari sia del personale sanitario, ricorrendo alla consulenza del medico solo nei casi di reale necessità. Affinché ciò sia possibile è necessario, tuttavia, consentire all'anziano e/o a chi lo assiste, qualora l'anziano non ne abbia più la capacità, di acquisire la consapevolezza necessaria per influenzare il proprio comportamento e, quindi, di migliorare la qualità della propria vita. A tal fine è necessario abilitare il cittadino anziano (e/o i suoi care-giver) a divenire concretamente parte attiva e collaborativa in grado di intervenire in modo diretto e consapevole sul comportamento proprio e altrui e di migliorare la qualità della propria vita e di quella degli altri (*citizen empowerment*); ciò è possibile grazie a: a) l'acquisizione di informative circa programmi nutrizionali/ambientali/sportivi, utili a indirizzarlo verso uno stile di vita sano ed equilibrato in una ottica di prevenzione primordiale (evitare lo sviluppo di fattore di rischio) e primaria (controllare i fattori di rischio prima della presentazione di eventi clinici); b) l'acquisizione, nel tempo e nel suo spazio-ambiente, delle informazioni utili a tracciare il suo stato

di salute, da cui estrapolare fattori di rischio o parametri di attenzione e il suo stato di mobilità e di relazione sociale, da cui ricavare dati geo-spaziali utili sia al monitoraggio remoto della persona, sia per l'individuazione d'interventi che includano una collocazione sul territorio e sul sociale, sia per la definizione di politiche per una ottimale distribuzione geografica di servizi per la comunità anziana locale (es. uffici postali, farmacie),

A tal fine la soluzione ipotizzata dal presente progetto è quella di realizzare e sperimentare un innovativo modello di intervento socio sanitario per la comunità degli anziani, in modo particolare per quelli poveri. In quest'ottica il progetto adotterà una metodologia di sviluppo del sistema di tipo prototipale per attivare rapidamente una sperimentazione sul campo con l'intenzione di estendere progressivamente il numero di utenti abilitati, gli sperimentatori e le funzionalità. Al fine di facilitare la realizzazione di questo modello, useremo le tecnologie ICT proprie di *Future Internet* che comprendono: dispositivi a sensori (biomedicali ed ambientali per il monitoraggio e la valutazione dello stato di salute e di benessere di un soggetto nell'ambiente in cui agisce), tecnologie per la rappresentazione geospaziale (per un approccio che permettere la collocazione degli anziani sul territorio, per ottimizzare gli eventuali interventi e anche per fornire le informazioni necessarie per la pianificazione delle infrastrutture e dei servizi per la comunità degli anziani), servizi verticali (per il monitoraggio, la sicurezza, il supporto all'intervento diagnostico, terapeutico e riabilitativo, relativamente al cittadino ed anche per la governance del sistema sociale/sanitario/ambientale).

Una componente importante dell'infrastruttura proposta è la presenza di servizi per l'integrazione di procedure per il supporto alle decisioni degli operatori nella raccolta dei dati, anche clinici, attraverso la loro mappatura, in un sistema integrato dotato di funzioni di analisi dati che ne permettono l'elaborazione a supporto dell'interpretazione, fornendo una base di conoscenza bibliografica per il confronto con casi pregressi che definiscono la normalità e l'anomalia, nella fase di scelta di un intervento, suggerendo procedure e controlli standardizzati dipendenti dal contesto anche geografico dell'anziano, individuando risorse disponibili e strutture sanitarie vicine alla sua abitazione.

## 1.2 Obiettivi del progetto

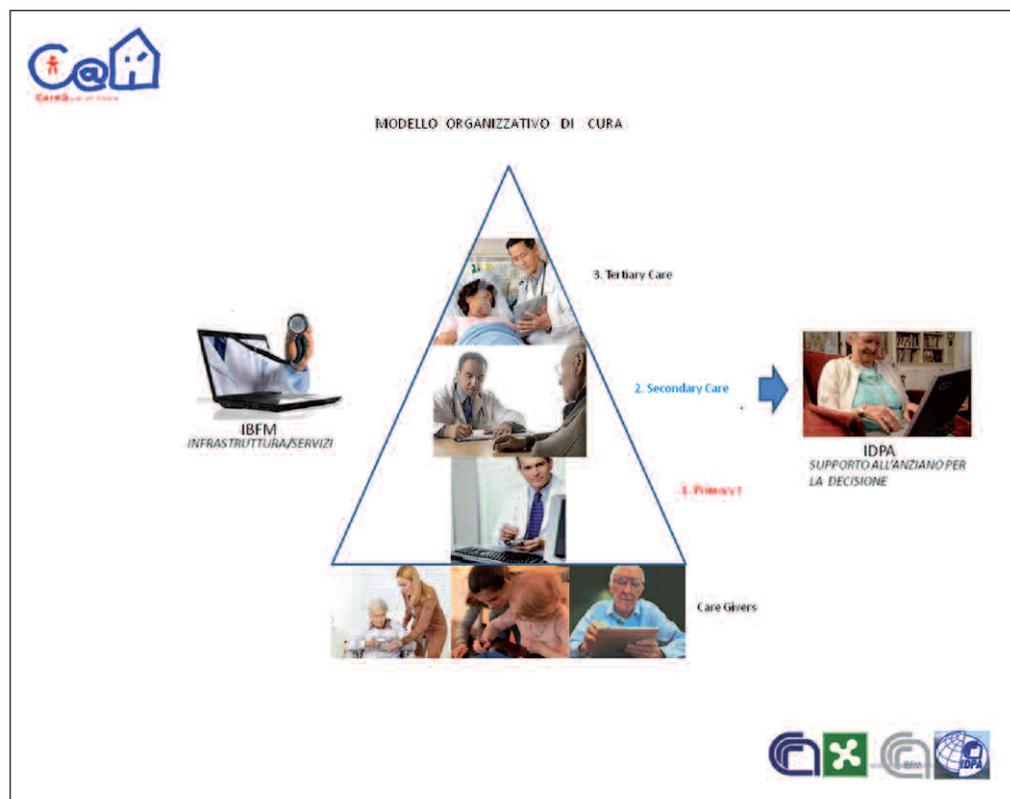
Obiettivo principale del progetto è quello di realizzare una piattaforma di servizi per la cura della salute e la qualità della vita dell'anziano che si basi su una infrastruttura di dati e applicazioni: a) a basso costo; b) a larga diffusione e trasferibilità; c) che aiuti il cittadino anziano, ed eventualmente chi se ne prende cura, ad adottare comportamenti proattivi verso i propri problemi socio-sanitari e ad assumere atteggiamenti che portino ad avere uno stile di vita tale da limitare il bisogno dell'intervento socio-sanitario pubblico o privato.

Ciò sarà possibile attraverso l'impiego di una infrastruttura dotata di programmi di informazione relativi ad uno stile di vita opportuno per l'anziano (dieta, attività fisica, attività relazionale etc.), sistemi di raccolta e gestione di dati socio sanitari e ambientali del singolo anziano, comprendente dispositivi per la raccolta di parametri clinici fisici, quaderni digitali di salute per l'annotazione di parametri neuro cognitivi/comportamentali e di risposta ad esercizi fisici programmati,

sistemi di analisi del rischio clinico personalizzati che includono sistemi di gestione di piani di cura clinici e di programmi di stile di vita (dieta, attività fisica, attività mentale, attività relazionale, etc...). Tali dati verranno integrati, interpretati e collocati sul territorio lombardo al fine di mappare il contesto socio-sanitario ed ambientale della comunità anziana; in tal modo si potranno avere le basi conoscitive tali da indirizzare le scelte verso la realizzazione di strutture architettoniche più idonee al contesto socio-sanitario ed urbano della comunità anziana.

Una tale infrastruttura, collegata agli uffici sanitari di primo livello (medici di medicina generale del Servizio Sanitario Regionale), rende possibile un monitoraggio di parametri indicativi dello stato di salute, così da attivare l'attenzione e l'intervento del personale sanitario e medico in modo funzionale rispetto alle professionalità necessarie. L'obiettivo sarà dunque di migliorare efficacia, sicurezza e appropriatezza degli interventi. Risultati attesi da un tale servizio sono una maggiore autonomia dell'anziano che, eventualmente con il supporto del care-giver, mantiene un buon livello di autosufficienza nella gestione del suo stato di salute. Il progetto si articola in 3 obiettivi generali che includono diverse attività specifiche.

▼ Fig. 1 Modello organizzativo di assistenza e cura della piattaforma di servizi CARE-G



*OG1. Messa a punto della piattaforma di servizi*

- A1.1 Analisi dei requisiti del sistema organizzativo-informativo: definizione delle informazioni da monitorare e delle procedure di care-given
- A1.2 Definizione di una strategia per la diffusione, sperimentazione valutazione dei servizi
- A2.1 Progettazione dello schema concettuale della base di dati eterogenei e delle funzionalità dell'infrastruttura per la loro gestione (accesso, reperimento, visualizzazione, elaborazione di dati eterogenei) e implementazione
- A2.2 Design delle interfacce grafiche
- A2.3 Preparazione dei contenuti informativi
- A3.1 Progettazione del sistema di supporto alle decisioni per guidare l'attività dei care-giver e sua implementazione e integrazione nell'ambito dell'infrastruttura
- A3.2 Implementazione della soluzione tecnologica individuata; sviluppo e implementazione delle applicazioni

*OG2. Sperimentazione della piattaforma di servizi su un quartiere della città di Milano*

- A4. Test del sistema su dei casi d'uso e applicazioni
- A5. Sperimentazione, valutazione dei servizi

*OG3. Diffusione dei risultati*

- A6. Diffusione dei risultati

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

#### *WP1 Messa a punto della piattaforma di servizi*

- **A1.1 Analisi dei requisiti del sistema organizzativo-informativo: definizione delle informazioni da monitorare e delle procedure di care-given.** L'analisi dei requisiti è finalizzata all'identificazione: 1) degli stakeholders del servizio di care-given e dei loro diversi ruoli specificati da casi d'uso del sistema; 2) delle informazioni che dovranno essere raccolte e gestite. Tale fase sarà documentata utilizzando un linguaggio formale per la documentazione di processi e funzionale alla successiva fase di progettazione dell'architettura del sistema. Questa attività definisce il modello del sistema formale di un sistema organizzativo-informativo dal punto di vista dei requisiti.
- **A1.2 Definizione di una strategia per la diffusione, sperimentazione, valutazione dei servizi.** Questa attività sarà orientata alla programmazione di attività volte alla diffusione dell'iniziativa di progetto, al disegno del piano di sperimentazione dei servizi proposti e di un manuale per la customizzazione del sistema organizzativo-informativo proposto. Tale programmazione terrà necessariamente in conto le esigenze di particolari aree territoriali.
- **A2.1 Progettazione dello schema concettuale della base di dati eterogenei e delle funzionalità dell'infrastruttura, per la loro gestione (accesso, reperimento, visualizzazione, elaborazione di dati eterogenei) e implementazione.** L'obiettivo di questa attività è la progettazione dell'infrastruttura per la gestione delle informazioni georeferenziate. Ciò sarà effettuato definendo lo schema concettuale della base di dati eterogenei che l'infrastruttura dovrà gestire; la vista strutturale, con l'individuazione dei componenti del sistema e delle loro interrelazioni; la vista dinamica del sistema, in termini di processi che il sistema dovrà eseguire. Tale fase sarà seguita dalla scelta degli strumenti di sviluppo e delle soluzioni tecnologiche di base (open source) su cui fondare l'implementazione dell'infrastruttura. Questa attività definisce il modello del sistema formale di un sistema organizzativo-informativo dal punto di vista informativo, funzionale, tecnologico.
- **A2.2 Design delle interfacce grafiche.** L'obiettivo di questa attività è la definizione delle interfacce grafiche da implementare nel portale per rendere fruibile in modo statico o dinamico (anche interattivo) i contenuti ed i servizi proposti. A tal fine si terrà in forte considerazione la necessità di realizzare interfacce semplici e chiare, dotate di testi e immagini idonee alle esigenze di utenti particolari, quali gli anziani. In modo particolare saranno considerati tutti gli impedimenti dovuti ad una possibile degradazione delle capacità fisico/mentali dell'anziano, tenendo presente la loro grande variabilità.
- **A2.3 Preparazione dei contenuti informativi.** L'obiettivo di questa attività è la preparazione dei contenuti informativi da pubblicare nel portale, relativi ai programmi di prevenzione e cura della salute, da destinare agli anziani (o ai loro care-giver) fruitori del

- servizio CARE-G. Si fa riferimento per esempio a informazioni relative a regime alimentare e ad attività di esercizio fisico idonee all'anziano (sia *indoor* che *outdoor*), e a esercizi psico cognitivi specifici per l'anziano. Inoltre si segnaleranno una serie di strutture ed iniziative idonee ad eventi sociali per la comunità di utenti, ai quali verrà anche messo a disposizione un ambiente virtuale di "Smart Communities" per attività di social networking.
- **A3.1 Progettazione del sistema di supporto alle decisioni per guidare l'attività dei care-giver e sua implementazione e integrazione nell'ambito dell'infrastruttura.** L'obiettivo di questa attività è la definizione delle funzionalità del sistema di supporto alle decisioni dei care-giver integrato nell'ambito dell'infrastruttura. Tale strumento visualizzerà in forma di diagrammi di flusso interattivi le procedure standardizzate da suggerire ai care-giver per affrontare vari tipi di emergenza, come definiti nell'analisi dei requisiti. Le risorse a cui attingere per far fronte alle varie situazioni saranno contestualizzate rispetto al domicilio dell'anziano e tenendo conto della dimensione temporale delle emergenze. Tale fase sarà seguita dalla scelta degli strumenti di sviluppo di diagrammi attivi (open source) su cui fondare l'implementazione del modulo.
  - **A3.2 Implementazione della soluzione tecnologica individuata; sviluppo e implementazione delle applicazioni.** Questa attività sarà dedicata allo sviluppo e alla implementazione tecnica delle applicazioni, dei contenuti e delle interfacce grafiche della piattaforma web CARE-G. Il server per la gestione del database, delle applicazioni e dei dati sarà conservato presso l'IBFM. Particolare rilievo in questa attività è il ruolo del IFC, responsabile della definizione di criteri di privacy e protezione dei dati da utilizzare per la gestione dei dati della infrastruttura.

#### *WP2 Sperimentazione della piattaforma di servizi*

- **A4. Test del sistema su dei casi d'uso e applicazioni.** L'obiettivo è la valutazione del corretto funzionamento del sistema implementato. Saranno selezionati dei casi d'uso rappresentativi di specifiche applicazioni e utilizzati per effettuare dei test di utilizzo dell'infrastruttura con i seguenti obiettivi: valutazione del corretto funzionamento delle procedure implementate; valutazione dell'efficienza di esecuzione delle varie funzioni coinvolte nei casi d'uso
- **A5. Sperimentazione e valutazione dei servizi.** L'obiettivo è la valutazione del sistema dal punto di vista dell'utente. Saranno selezionate delle applicazioni rappresentative e dei casi d'uso relativi; sarà selezionato un insieme di utenti potenziali stakeholder che utilizzeranno l'infrastruttura per effettuare i casi d'uso identificati; sarà valutata la praticità d'uso dell'interfaccia dell'infrastruttura e l'efficacia dello strumento per effettuare i casi d'uso. A tale scopo saranno individuate metriche opportune per misurare il soddisfacimento dei vari test e per produrre una valutazione globale dei casi d'uso.

*WP3 Diffusione dei risultati*

- **A6. Diffusione dei risultati.** Gli obiettivi delle attività di diffusione sono: 1) comunicare i risultati del Progetto di ricerca agli stakeholder rilevanti; 2) formare potenziali utenti della piattaforma; 3) promuovere la piattaforma CARE-G ed i suoi benefici alla comunità medica, alle istituzioni pubbliche (comuni, centri sociali, ASL) e alla comunità degli anziani e dei loro familiari. La diffusione dei risultati avverrà mediante locandine informative spedite tramite posta a presidi del territorio lombardo selezionati sulla base dei dati di geolocalizzazione. Una ulteriore e simile attività di disseminazione verrà effettuata sui presidi di pronto soccorso del territorio lombardo, sulla base di criteri simili. In parallelo, i ricercatori partecipanti al progetto presenteranno i risultati e le applicazioni implementate in eventi scientifici nazionali ed internazionali che si rivolgono a comunità scientifiche di interesse.

*WP4 Gestione del progetto*

- **A7. Gestione del progetto.** Questa attività sarà focalizzata al raggiungimento degli obiettivi del progetto con la qualità attesa, e nei tempi e costi (risorse) previsti. Obiettivo ulteriore sarà l'ottimizzazione delle allocazioni di risorse disponibili e la loro integrazione necessaria a raggiungere gli obiettivi definiti. Queste sfide verranno gestite da un Management Board costituito dai Responsabili di Attività (5). Altre attività riguarderanno il coordinamento dei processi; la misurazione dello stato di avanzamento di progetto (attraverso indicatori e metriche specifiche); l'analisi dei risultati ottenuti sulla base dei fatti e delle informazioni raccolte; le comunicazioni relative ai partner. Per questa attività verranno organizzati incontri periodici (anche a distanza) per la condivisione di contenuti, decisioni e risultati.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	WP 1.1	Analizzare e definire i requisiti per il modello formale del sistema organizzativo informativo e le strategie per la diffusione, sperimentazione valutazione dei servizi	A1.1 – Analisi dei requisiti del sistema organizzativo-informativo: definizione delle informazioni da monitorare e delle procedure di care-giver A1.2 – Definizione di una strategia per la diffusione, sperimentazione, valutazione dei servizi	A.1.1 – Elenco delle informazioni da monitorare e procedure d'uso dei servizi per i care giver A.1.2 – Piano per la diffusione dei servizi proposti Piano per la sperimentazione dei servizi Procedure e parametri di performance per la valutazione dei servizi
	WP 1.2	Analizzare e definire le funzioni e le tecnologie del modello formale del sistema organizzativo-informativo	A2.1 – Progettazione dello schema concettuale della base di dati eterogenei e delle funzionalità dell'infrastruttura per la loro gestione A2.2 – Design delle interfacce grafiche A2.3 – Preparazione dei contenuti informativi	A2.1 – Definizione della soluzione tecnologica A2.2 – Sito web per l'accesso ai servizi e la navigazione da parte dei diversi utenti: care giver e medici A2.3 – Contenuti informativi da pubblicare nel portale
	WP 1.3	Analizzare e definire i contenuti del portale, implementare la soluzione tecnologica individuata, implementare sul portale e sui dispositivi mobili i servizi per i diversi utenti	A3.1 – Progettazione del sistema di supporto alle decisioni per guidare l'attività dei care-giver e sua implementazione e integrazione nell'ambito dell'infrastruttura A3.2 – Implementazione della soluzione tecnologica individuata; sviluppo e implementazione delle applicazioni	A3.1 – Messa a disposizione di un servizio di supporto alla decisione per gli utenti care giver A3.2 – Messa a disposizione dei servizi per i diversi utenti (care giver e medici)

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	WP 2	Valutazione dei servizi dal punto di vista degli utenti	A4. – Test del sistema su dei casi d’uso e applicazioni A5. – Sperimentazione e valutazione dei servizi	A4. – Report sulle performance tecniche di funzionamento e sull’efficienza della piattaforma dei servizi A5. – Questionari di soddisfazione da parte di un numero rappresentativo di utenti e per i diversi tipi di utenti

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP3	WP 3	Comunicare i risultati del Progetto di ricerca agli stakeholder rilevanti; Formare potenziali utenti della piattaforma; Promuovere la piattaforma ed i suoi benefici alla Comunità medica, alle Istituzioni Pubbliche (Comuni, Centri Sociali, ASL) e alla comunità degli anziani e dei loro care giver	A6. Diffusione dei risultati	Partecipazione a conferenze ed eventi di rilievo scientifico che presentano il progetto e i servizi Richieste di utenza da parte di diverse tipologie di utenti Aumento del numero di utenti

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP4	WP 4	Raggiungere gli obiettivi del progetto con la qualità attesa e nei tempi e costi (risorse) previsti. Ottimizzare le risorse disponibili per raggiungere gli obiettivi definiti	A7. Gestione del progetto	Report sugli stati di avanzamento di progetto (attraverso indicatori e metriche specifiche) Rapporto finale di progetto

## 2.2 Il partenariato

- **Istituto di Bioimmagini e Fisiologia Molecolare (IBFM-CNR)**

Caratteristica identificativa dell'IBFM, principalmente ma non esclusivamente, è lo studio funzionale dello stato di salute e di patologia, indagato a livello molecolare, d'organo e d'organismo umano *in toto*. L'IBFM ha sede principale a Segrate (MI) dove sono presenti competenze scientifiche e tecnologiche multidisciplinari complementari in grado di far interagire facilmente e di integrare in modo completo conoscenze cliniche e tecnologie abilitanti quali ICT, volte alla messa a punto di applicazioni e servizi per il monitoraggio, la diagnosi e l'indirizzamento alla terapia del paziente. L'istituto è attivo sui temi del FSE (Fascicolo Sanitario Elettronico) nei suoi vari aspetti modellistico, economico, sociale, e nella messa a punto di infrastrutture per la fruizione di servizi clinici (vedi ad esempio [www.inlab.ibfm.cnr.it](http://www.inlab.ibfm.cnr.it), sezione "Services"). È attivo a livello internazionale in consorzi per attività di R&D in ambito medico con il progetto 7FP-INFRA attualmente attivo (DECIDE), il progetto nazionale bandiera (INTEROMICS) e partecipa alle Infrastrutture di Ricerca IMINet (Italian Molecular Imaging Network, RoadMap Italiana Infrastrutture di Ricerca), SysBioNet (RoadMap Italiana Infrastrutture di Ricerca), Joint Research Unit "RI-BIG: Research Infrastructure-Biomedical Italian Group". I ricercatori dell'IBFM hanno, inoltre, consolidati rapporti di collaborazione con numerose istituzioni cliniche e di ricerca e con imprese nel settore dei servizi alla salute.

- **Istituto di Fisiologia Clinica (IFC-CNR)**

La sezione di Milano di IFC-CNR è parte dell'Istituto di Fisiologia Clinica (IFC) di Pisa che è il più grande istituto biomedico del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) ([www.ifc.cnr.it](http://www.ifc.cnr.it)). IFC ha sedi operative anche a Lecce, Massa, Roma e Siena. L'interesse primario è rappresentato dalle malattie cardiovascolari, con integrazioni e ramificazioni sulle relazioni (in fisiologia e in malattia) tra cuore e polmone, cuore e metabolismo, cuore e ambiente, cuore e cervello, cuore e cancro. L'approccio inter-, multi- e trans-disciplinare di IFC costituisce il terreno di coltura dell'innovazione, centrato sulla malattia e basato sull'integrazione di saperi. IFC è oggi costituito da 501 unità di personale, di cui 181 a tempo indeterminato, 19 a tempo determinato, 30 CTER a tempo determinato, 54 assegnisti, 35 contratti d'opera, 18 ricercatori associati, 42 dottorandi, 101 ricercatori convenzionati, 37 unità in formazione.

Le motivazioni poste alla base della partecipazione di IFC al presente progetto di ricerca risiedono nella missione stessa dell'Istituto: l'"Innovazione Finalizzata alla Cura". La prevenzione e la protezione della salute della comunità sono, nella visione di IFC, parte integrante della cura. L'interesse primario è rappresentato dalle malattie cardiovascolari, tra le più frequenti nella popolazione anziana, con integrazioni e ramificazioni sulle relazioni (in fisiologia e in malattia) tra cuore e polmone, cuore e metabolismo, cuore e cervello, cuore e ambiente, cuore e cancro; ma l'IFC ha esperienza clinica anche in altre patologie dell'invecchiamento. In IFC, Fisiologia Clinica, Biomedicina, Epidemiologia, Tecnoscienze sono le principali aree di conoscenza che convergono, da prospettive diverse e comple-

mentari, su tre principali argomenti di interesse (aterosclerosi; scompenso cardiopolmonare; rischio cardiovascolare; ambiente e salute). Questo approccio multidisciplinare, che tende a evitare la frammentazione culturale, come richiede lo standard qualitativo della ricerca scientifica e tecnologica, è perfettamente in linea con l'approccio di integrazione di prevenzione e cura proposto nel presente progetto. L'IFC parteciperà al Progetto di ricerca, in particolare curando gli aspetti di informazione clinica proposti, di protezione e privacy dei dati e di appropriatezza dei programmi di prevenzione, monitoraggio e terapia.

- **Istituto di Tecnologie Biomediche (ITB-CNR)**

L'ITB ha sede principale a Segrate (MI) ed include circa 45 ricercatori a tempo indeterminato. Nell'ambito del presente progetto l'ITB partecipa in particolare con le competenze del laboratorio di "Metabolomica e Proteomica", laboratorio orientato allo sviluppo ed applicazione di tecnologie per la biomedicina; in particolare, nella caratterizzazione di principi attivi negli estratti vegetali e nei cibi utili per la salute e nello studio di componenti nutrizionali utili in diverse malattie. I settori di studio sono molto ampi e riguardano principalmente malattie cardiovascolari-polmonari, neurodegenerative, metaboliche e tumorali. Le competenze dell'ITB potranno essere usate in particolare in relazione sia all'aspetto nutrizionale di correlazione tra tipologie di alimentazione e diffusione/prevenzione di malattie legate all'invecchiamento, sia agli aspetti molecolari di descrizione dei profili molecolari (principalmente proteomico e metabolomico) al fine di porre le basi per la caratterizzazione di marcatori di cibi e di stati di salute/malattia. L'ITB ha, inoltre, già a disposizione "profili molecolari" da campioni di urine, sangue, grasso e periombelicali di soggetti volontari e soggetti malati, oltre che la biodisponibilità di alcuni principi attivi (ad esempio polifenoli) che potranno essere utilizzati ed integrati nell'ambito del presente progetto.

- **Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico (IREA-CNR)**

L'IREA svolge ricerca nei settori del telerilevamento e del monitoraggio elettromagnetico dell'ambiente per la sorveglianza e la gestione del territorio, la sicurezza e la valutazione dei rischi. Le attività di ricerca si incentrano sullo studio di metodologie per l'acquisizione, l'elaborazione, la fusione e l'interpretazione di dati ottenuti da sensori di tipo elettromagnetico operanti da satellite, aereo e *in situ*, e la diffusione delle informazioni estratte. Attività di ricerca condotte di recente operano a supporto della regione Lombardia nell'ambito del progetto NEREUS (Network of European Regions Using Space Technologies), con l'obiettivo di esplorare i benefici dell'uso delle tecnologie spaziali a beneficio dei cittadini, come previsto in Horizon 2020. In quest'ambito risultano di particolare importanza le attività riguardanti le tecniche di rappresentazione e gestione integrata di dati eterogenei, con particolare attenzione alle problematiche legate agli aspetti multidimensionali, connessi a spazio, scala, frequenza, tempo e sorgente.

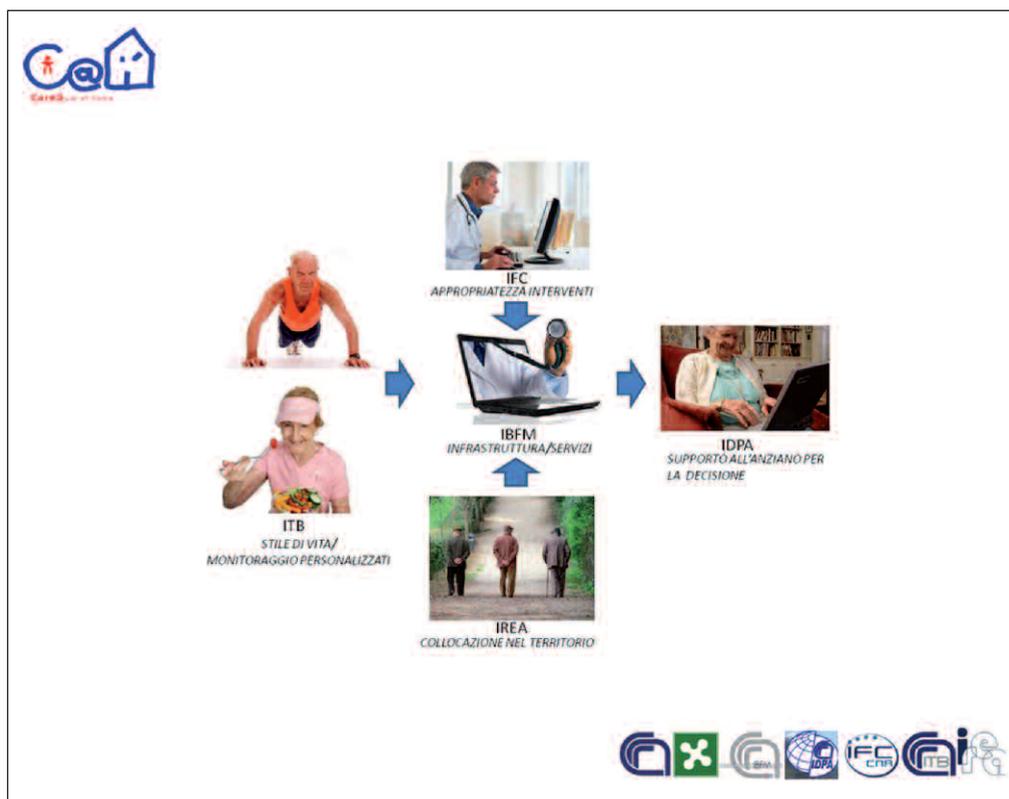
Di particolare importanza per il presente Progetto di ricerca saranno le competenze e le esperienze di IREA per gli aspetti legati alla collocazione geografica dei soggetti anziani monitorati e alla implementazione di infrastrutture di dati spaziali (SDI), ovvero infra-

strutture per la gestione di dati che hanno un riferimento geografico, nonché le conoscenze maturate nello sviluppo di sistemi VGI (Volunteer Geographic Information) per la collezione, condivisione e integrazione di informazioni provenienti da sorgenti eterogenee che rappresentano comunità virtuali quali possono essere le comunità degli anziani stessi e/o dei loro *care giver*.

- **Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali (IDPA-CNR)**

L'IDPA ha come base delle sue ricerche la necessità avvertita dall'uomo di comprendere il "cambiamento globale" dell'ambiente e del clima, a diverse scale spaziali, i suoi effetti sul territorio, la sua evoluzione nel tempo e i possibili "rimedi". Negli ultimi anni è, infatti, cresciuta la consapevolezza che le variazioni ambientali, legate alla naturale dinamica del pianeta, ma anche influenzate, se non determinate, dal comportamento umano, incidano in modo sensibile sugli assetti socio economici e, non da ultimo, sulla salute e sicurezza dei cittadini.

▼ Fig. 2 Tematiche, competenze e ruoli chiave del progetto CARE-G



L'IDPA ha sede a Venezia, una unità operativa a Milano e un'altra unità operativa a Padova. L'Unità organizzativa di Milano ha sedi distaccate presso il POINT (Polo Tecnologico) di Dalmine e presso l'Università Statale di Milano e di Milano Bicocca; conta 21 dipendenti di ruolo, oltre a personale a tempo determinato, assegnisti di ricerca, borsisti, dottorandi e associati universitari. Attività rilevante per il Progetto di ricerca proposto riguarda lo sviluppo di sistemi informativi flessibili per la rappresentazione e gestione di informazioni georeferenziate e di sistemi di supporto alle decisioni per far fronte ad eventi o emergenze ambientali.

In particolare, nell'ambito del progetto di ricerca industriale e di sviluppo sperimentale nei settori strategici di Regione Lombardia e del MIUR (Decreto n. 7128, 29-07-2011, Priorità di intervento n. 7.2: Resilienza delle infrastrutture critiche e gestione delle emergenze denominato "Strumenti Informatici per lo Studio e Il Trattamento di Emergenze Ambientali, Tecnologiche e Infrastrutturali" - SISTEMATI) l'unità ha sviluppato un sistema prototipale per assistere gli operatori preposti alla gestione degli interventi sul territorio nei casi di pre-allerta e di emergenza ambientale con procedure di supporto alle decisioni. Tale sistema applica un modello passivo di supporto alle decisioni visualizzando un diagramma di stato degli interventi da effettuare sul territorio, in linea con la normativa vigente in materia di emergenze ambientali. Il sistema è integrato in un'infrastruttura per la gestione di informazioni georeferenziate che permette di controllare lo stato degli interventi e dell'ambiente accedendo a informazioni autorevoli, generate sia dagli enti autorizzati, sia da informazioni volontarie spontaneamente segnalate dai cittadini testimoni di anomalie o criticità sul territorio che necessitano interventi. Tale esperienza, opportunamente traslata nel contesto del Progetto di ricerca, consentirà la definizione e lo sviluppo di un sistema di supporto alle decisioni che supporterà il cittadino anziano, o il suo caregiver, nella gestione della tutela o della cura della sua salute.

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>IBFM</b>	<b>IFC</b>	<b>ITB</b>	<b>IREA</b>	<b>IDPA</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	110.250,00	92.400,00	92.400,00	37.100,00	30.100,00	362.250,00
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	147.000,00	123.200,00	123.200,00	53.900,00	38.780,00	486.080,00
Spese di formazione	3.499,97	2.933,20	2.933,16	1.694,00	3.388,00	14.448,33
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	7.000,03	5.866,75	55.866,75	0,00	1.694,00	20.427,53
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Spese di pubblicizzazione	1.575,00	1.320,05	1.320,05	1.694,00	1.694,00	7.603,10
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	21.000,01	17.600,07	17.600,07	3.388,00	6.776,00	66.364,15
Spese generali	77.175,01	64.680,07	64.680,00	27.300,00	20.663,89	254.498,89
<b>TOTALE</b>	<b>367.500,01</b>	<b>308.000,07</b>	<b>308.000,03</b>	<b>125.076,00</b>	<b>103.095,89</b>	<b>1.221.746,00</b>

Valori in euro.



## 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

Le pubblicazioni relative al progetto saranno indirizzate a riviste internazionali peer reviewed, prevalentemente articoli ISI, e presentate in congressi scientifici di elevato valore, all'interno delle comunità scientifiche di riferimento che trattano i temi di interesse del progetto, dalle soluzioni tecnologicamente innovative per lo sviluppo di nuovi prodotti e servizi per la tutela della salute e la cura dell'anziano (ad esempio algoritmi computazionali e metodi matematici a supporto della diagnosi medica) a temi più specificamente legati allo screening neuropsicologico per la valutazione dei disturbi cognitivi legati alla neurodegenerazione o a danni cerebrali (tra le riviste considerate: *Neuropsychologia*, *Archivio di Neuropsicologia clinica*).

Appare chiaro che i test informatizzati implementati nel progetto hanno un importante valore applicativo in quanto potranno rappresentare una parte essenziale del setting clinico nel prossimo futuro. La valutazione computerizzata delle funzioni cognitive può infatti fornire numerosi vantaggi rispetto ai test carta e matita, in molte condizioni neurologiche. Uno dei principali vantaggi è la possibilità di gestire più test, o lo stesso test più volte, in una quantità limitata di tempo. A questo scopo, la validità ecologica dei nuovi servizi sarà testata, in confronto alla loro esecuzione più standard, mediante PC per stabilire la quantità di "vicinanza" alla modalità di erogazione clinica più convenzionale.

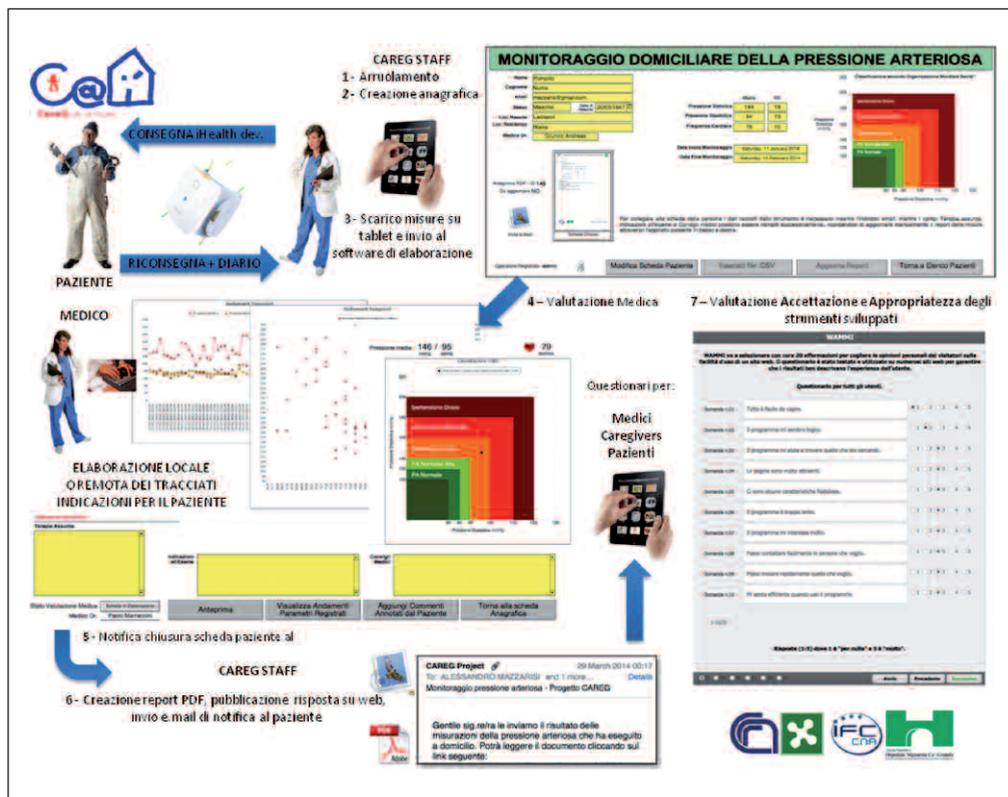
### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

I prodotti applicativi attesi dalle attività di progetto riguardano:

- 1) Un applicativo software open access fruibile su dispositivi mobili per lo screening neurocognitivo dei soggetti anziani a rischio;
- 2) Uno strumento per il monitoraggio remoto di parametri cardiocircolatori dei soggetti anziani a rischio;
- 3) Un prototipo di infrastruttura Pilota nazionale per l'erogazione di e-service per la prevenzione, monitoraggio, diagnosi e indirizzamento alla terapia dei soggetti anziani

Ulteriori servizi sono quelli di prevenzione basati su programmi nutrizionali/di attività fisica/allenamento cognitivo, interventi diagnostici, indirizzamenti a terapie o modificazioni di terapie in corso, basati su criteri di appropriatezza dei percorsi diagnostici e di cura, oltre a quelli per la raccolta e gestione di bilanci di salute, di guida all'esecuzione del percorso di cura, di accesso intelligente alle reti sociali, di educazione a distanza.

Il risultato è una piattaforma di servizi che, attraverso l'acquisizione e l'integrazione di dati che influenzano la salute del cittadino assistito e la sua mobilità e inclusione sociale, potranno consentire la generazione di azioni appropriate di intervento/miglioramento sociosanitario e ambientale, declinando così il paradigma della smart community per l'anziano nelle diverse città e

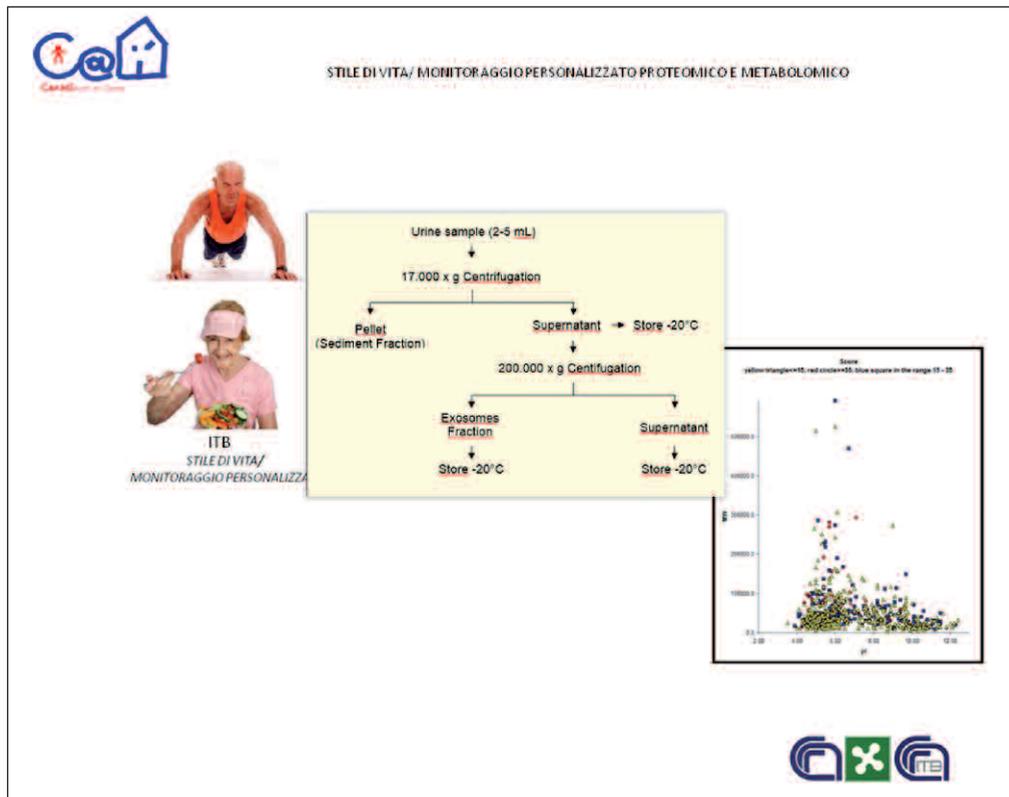


▲ Fig. 3

Servizio personalizzato di monitoraggio della pressione arteriosa offerto ai cittadini anziani nella piattaforma di servizi CARE-G

comuni della Lombardia, grazie al modello modulare, basato sull'integrazione intelligente di servizi innovativi, realizzati attraverso differenti reti di accesso ad informazioni e dati di tipo sociale/sanitario/ambientale.

Una società adeguata ai bisogni degli anziani rappresenta, potenzialmente, una società in cui vivere è più piacevole per tutti. Considerando le esigenze delle persone anziane, si assicura un'elevata attenzione per tutte le diverse componenti della società: famiglie e bambini, ma anche altre fasce d'età. Il sistema proposto potrà essere più in generale adottato per migliorare la qualità di vita della comunità delle smart city o degli smart village, così come per sostenere l'inclusione sociale e ambientale di categorie a rischio (per esempio le persone diversamente abili); potrà inoltre essere facilmente trasferito in altri contesti, attraverso l'accesso a nuovi servizi assistenziali diretti alla soluzione di problemi specifici, e utilizzato per approcci innovativi di medicina e cura "personalizzata", rivolte a specifiche categorie di pazienti (per esempio nell'ambito delle patologie croniche).



▲ Fig. 4

Servizio personalizzato di monitoraggio proteomico e metabolomico delle urine offerto ai cittadini anziani nella piattaforma di servizi CARE-G

Tali prodotti e servizi potranno rappresentare e sostenere forme innovative di domiciliarità e modalità tecnico-organizzative finalizzate a consentire l'integrazione socio-sanitaria e ambientale degli anziani. Potranno contribuire a migliorare la qualità dell'assistenza sanitaria e consentire la fruibilità di cure, servizi di diagnosi e consulenza medica a distanza, oltre al costante monitoraggio di parametri vitali, al fine di ridurre il rischio d'insorgenza di complicazioni in persone a rischio o affette da patologie tipiche dell'invecchiamento. I servizi realizzati offriranno potenzialità di grande rilevanza, soprattutto in termini di accresciuta equità nell'accesso a servizi socio-sanitari in territori remoti, grazie al decentramento e alla flessibilità dell'offerta la cui erogazione viene resa possibile grazie a nuove forme di domiciliarità.

I servizi proposti, più in generale, potranno trovare applicazione nelle smart city and community d'Europa, grazie alla scalabilità dei modelli di infrastruttura che li integrano e alla interoperabilità delle soluzioni tecnologiche realizzate.

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

L'attività progettuale avrà un forte impatto sul territorio Lombardo in termini di occupazione diretta. Verranno infatti attivati 8 nuovi contratti di ricerca per nuovo personale CNR che verrà formato su tematiche innovative, acquisendo competenze multidisciplinari impiegabili in ambiti strategici nel panorama nazionale ed Europeo come le Smart City e la Smart Community. Rientreranno nel progetto anche iniziative di formazione e informazione, sia per diffondere tra i giovani l'interesse verso le tecnologie e le applicazioni proposte, sia per far crescere professionalità di alto livello in istituti all'avanguardia.

▼ **Fig. 5** Servizio personalizzato di segnalazione e localizzazione delle strutture di assistenza sanitaria, assistenza e aggregazione sociale e culturale e di altri servizi locali utili al cittadino anziano offerti nella piattaforma di servizi CARE-G



Il progetto ha durata biennale e si proietta dunque su Expo 2015. Tecnologia, alimentazione e benessere, i temi su cui si concentra Expo 2015, pur essendo *“sempre l'uomo al centro del progetto tecnologico di Expo Milano 2015”*, sono anche i temi di fondo del presente Progetto di ricerca. Tra gli scopi del progetto, vi è quello di contribuire ad Expo 2015 con un prototipo applicativo molto vicino ai reali bisogni di una vasta comunità di cittadini (quella degli anziani) che consenta di valorizzare le opportunità che saranno offerte dall'Expo 2015 in particolare in accordo con il CNR.

Il progetto di ricerca si colloca in settori ad elevata specializzazione con potenzialità per il territorio regionale lombardo, favorendo la collaborazione tra imprese e centri di competenza per la competitività del sistema economico e produttivo lombardo. In particolare favorisce il potenziamento verso l'accesso ai cosiddetti *“fattori della produzione”*, della ricerca scientifica e tecnologica, massimizzando le ricadute e i vantaggi competitivi per le imprese. L'interesse del sistema imprenditoriale al presente progetto è manifestato concretamente dalle Lettere di Supporto allegate al progetto. In particolare, hanno manifestato il loro interesse numerose imprese appartenenti al cluster tecnologico lombardo *“Tecnologie per Smart Community”*, e questo valorizza in modo ulteriore la sinergia del presente Progetto rispetto al cluster regionale, oltre ad Asso-knowledge, il cui ruolo primario, nell'ambito di Confindustria S.I.T., è quello di rappresentare le imprese italiane produttrici di servizi di *education*, oltre a rappresentare anche le imprese che offrono tali servizi nei settori della Ricerca e sviluppo e delle Risorse umane.

Inoltre l'integrazione delle tecnologie proposte a supporto dei modelli organizzativi dei dati raccolti e delle applicazioni implementate, sono temi di ricerca e sviluppo che possono migliorare la sostenibilità finanziaria del sistema socio sanitario ed anche favorire un mercato sia per industrie, nei settori tecnologici interessati (ICT, sensoristica, ambiente, telemedicina) che di servizi a valore aggiunto per il cittadino. Il progetto rappresenta un modo concreto di coinvolgere la ricerca nella crescita del territorio puntando a rendere competitive le imprese in alcuni settori tecnologici emergenti.

In un territorio come la Regione Lombardia questo progetto permetterà facilmente un miglioramento della vita del singolo cittadino anziano, con una migliore inclusione sociale, un accesso più razionale e appropriato alle strutture assistenziali e un risparmio della spesa sanitaria, ma anche delle famiglie (minore ricorso ad assistenze private e poco qualificate). Ci si attende inoltre una diminuzione delle complicità dovute a stili di vita non consoni con le eventuali patologie, un impegno sempre minore dei care-giver e dei familiari. Non ultimo i risultati attesi del progetto favoriranno la diffusione di modelli di gestione socio-sanitari e di innovazione tecnologica che, per l'ottimo rapporto costi/benefici potranno creare un interessante mercato per l'industria lombarda, sia quella tecnologia che quella legata i servizi per il cittadino.

Gli obiettivi che il progetto di ricerca proposto intende perseguire sono inoltre coerenti con le indicazioni della Strategia UE2020 e, quindi, ci si attendono ricadute del progetto anche sul territorio Europeo. In particolare, nel quadro della priorità d'intervento programmatiche *“Invecchiamento attivo e in buona salute”*, il progetto di ricerca promuove interventi volti allo sviluppo di approcci innovativi per migliorare la qualità di vita a fronte dell'invecchiamento demografico, (i) aiuta le persone a rimanere attive anche in età avanzata anche attraverso lo sfruttamento del progresso tecnologico, implementando applicazioni pratiche innovative per la vita quotidiana dei

cittadini; (ii) promuove forme di prevenzione e promozione della salute e l'utilizzo delle tecnologie dell'informazione per affrontare il declino funzionale e le patologie croniche connesse all'invecchiamento; (iii) favorisce l'assistenza sanitaria integrata per gli anziani, anche a domicilio, e l'autogestione delle cure mediche promuovendo nuove soluzioni innovative per la tutela della salute a lungo termine; (iv) incoraggia uno stile di vita indipendente e attivo per gli anziani grazie anche a prodotti, dispositivi e servizi innovativi e personalizzati. Il progetto di ricerca è, inoltre, pienamente coerente con l'Obiettivo "Una piattaforma europea contro la povertà e l'esclusione sociale".

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Il progetto produrrà un miglioramento della dotazione tecnologica del territorio attraverso un potenziamento ed integrazione di alcune infrastrutture esistenti presso gli istituti del CNR coinvolti (quali infrastrutture ICT per la fruizione di e-service diagnostici e di indirizzamento alle terapie, laboratori di analisi proteomiche e metabolomiche personalizzate, sistemi di georeferenziazione) e attraverso lo sviluppo di nuova strumentazione scientifica ad opera di alcuni degli stessi Istituti (ad esempio applicazioni ICT fruibili su dispositivi mobili, sistemi di monitoraggio clinico remoti). In particolare, verrà realizzata e resa disponibile, ad utenti certificati ed autorizzati, una piattaforma di servizi intelligenti ed integrati per mezzo di differenti reti di accesso, senza soluzione di continuità, che spaziano dalla prevenzione e cura della salute, monitoraggio remoto dello stato di salute, al miglioramento dell'accesso territoriale a strutture e servizi di assistenza, al miglioramento dell'inclusione sociale. Tale infrastruttura declina il paradigma della "smart community" dell'anziano in quanto realizza una visione olistica delle problematiche e delle soluzioni che ruotano intorno all'anziano stesso e alle sue esigenze.

Proprio con l'obiettivo di migliorare la dotazione tecnologica territoriale in una ottica condivisa con gli stakeholder istituzionali del territorio, il Progetto di ricerca proposto è stato disegnato in modo coerente con le priorità programmatiche regionali sul potenziamento delle infrastrutture regionali attraverso la partecipazione ed aggregazione a cluster tecnologici regionali. Gli Istituti del CNR coinvolti nel Progetto di ricerca sono infatti tutti e 5 gli Istituti dell'aggregazione lombarda riconosciuta idonea e costituitesi nel Cluster Tecnologico Regionale Lombardo delle Tecnologie per le Smart Community (Decreto Direttoriale MIUR 257/Ric del 30 maggio 2012 e smi - Avviso per lo sviluppo e potenziamento di Cluster Tecnologici Nazionali). Questa importante azione sinergica manifesta l'impegno e le motivazioni che hanno portato i 5 Istituti CNR a proporre il Progetto di Ricerca: prima fra tutte la volontà a compiere azione concreta ed integrata per la valorizzazione del Cluster Tecnologico Lombardo Tecnologie per le Smart Community, in piena coerenza con il Piano di sviluppo strategico e con le strategie di riferimento della regione Lombardia (con particolare riguardo al potenziamento delle infrastrutture, al supporto all'internazionalizzazione in armonia con la strategia regionale e con le tematiche corrispondenti all'Agenda Digitale Europea e al programma Horizon 2020, alla promozione delle attività progettuali e d'investimento del cluster). In particolare, il progetto di ricerca proposto si

pone nell'ottica di consolidare sul territorio lombardo il processo di *smart specialisation*, con la finalità di accrescere la competitività e attrattività del cluster lombardo anche a livello internazionale e fare sinergia e addizionalità con le azioni messe in campo dal governo e dall'Unione Europea.

### 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

La copertura territoriale prevista dal progetto nei primi due anni di sperimentazione prevede due comuni: 1) quello di Milano, in particolare il quartiere di residenza dei cittadini di età superiore ai 55 anni assistiti dalla Asl Città di Milano; 2) quello di Segrate, per quanto riguarda l'erogazione dei servizi attraverso i presidi di cura primaria (ambulatori specialistici dell'Ospedale San Raffaele) e secondaria (unità funzionale di Neuro – riabilitazione dell'Ospedale San Raffaele). In realtà la copertura territoriale di questi presidi di cura primaria e secondaria dell'Ospedale San Raffaele è molto più ampia, comprendendo pazienti che provengono da ogni parte d'Italia e anche dall'estero.

# MbMM

## Metodologie di base per l'innovazione nella diagnosi e nella terapia di Malattie Multifattoriali

Hanno collaborato alla stesura del capitolo i seguenti Autori:

**Maria Carla Gilardi**

Istituto di Bioimmagini e Fisiologia Molecolare (IBFM)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Giuseppe Di Grigoli**

Istituto di Bioimmagini e Fisiologia Molecolare (IBFM)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Paolo Marracini**

Istituto di Fisiologia Clinica (IFC)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Giuseppe Biamonti**

Istituto di Genetica Molecolare (IGM)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Carlo Sala**

Istituto di Neuroscienze (IN)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Paolo Vezzoni**

Istituto di Ricerca Genetica e Biomedica (IRGB)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Luigi Zecca**

Istituto di Tecnologie Biomediche (ITB)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

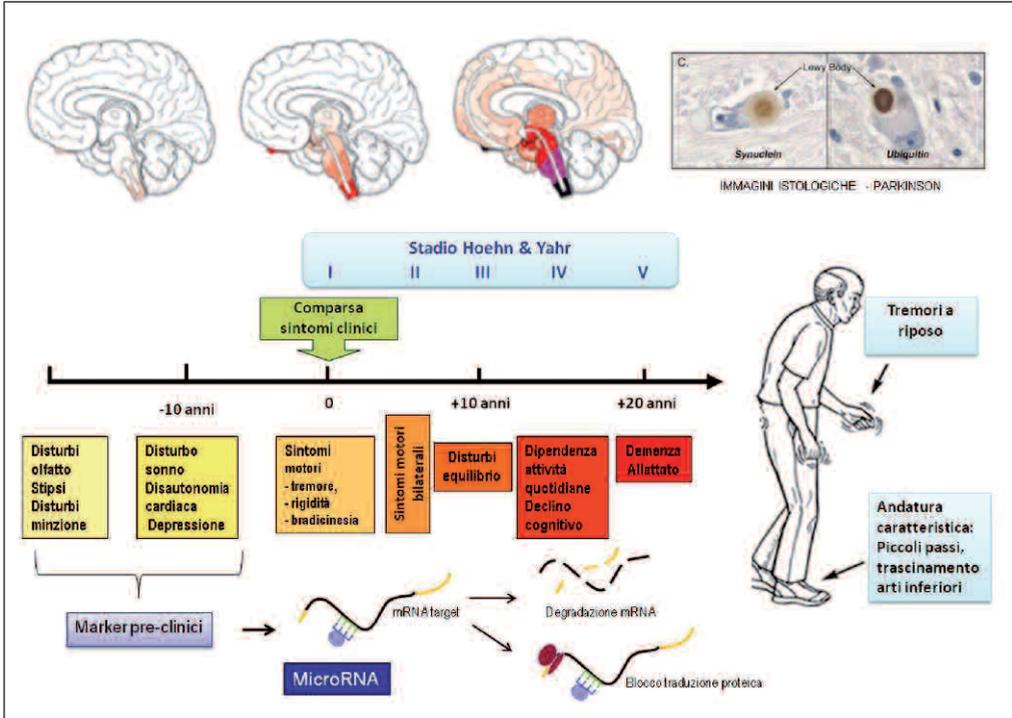
Titolo	<b>MbMM</b> Metodologie di base per l'innovazione nella diagnosi e nella terapia di Malattie Multifattoriali
Logo	
Sito web	<a href="http://www.igm.cnr.it/mbmm">http://www.igm.cnr.it/mbmm</a>
Parole chiave	<i>Malattia di Parkinson, Medicina Rigenerativa, Modelli Animali, Cellule Staminali, Imaging</i>
Responsabile scientifico	Maria Carla Gilardi Dipartimento di Scienze Biomediche (DSB) Istituto di Bioimmagini e Fisiologia Molecolare (IBFM) Tel. 02 2171 7514 Fax 02 2171 7558 E-mail: <a href="mailto:mariacarla.gilardi@ibfm.cnr.it">mariacarla.gilardi@ibfm.cnr.it</a>
Data di avvio	25/07/2013
Durata	24 mesi
Costo totale	€ 1.950.000

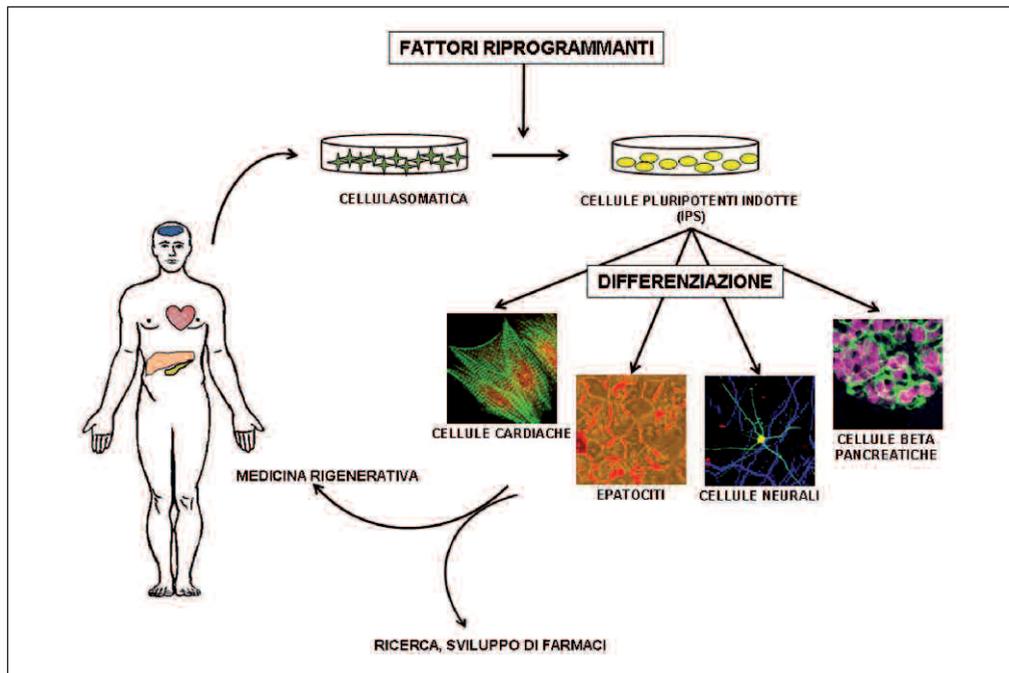
# 1 Inquadramento del progetto

## 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

Il presente progetto si inserisce nel contesto di metodologie di base avanzate per lo studio di meccanismi molecolari e cellulari di patologia. L'intento è di promuovere una visione innovativa per lo studio delle malattie multifattoriali e le relative strategie diagnostiche e terapeutiche, attraverso l'unione delle diverse competenze degli Istituti CNR con sede operativa in Lombardia afferenti al Dipartimento di Scienze Biomediche. Obiettivo primario del progetto è di proporre una piattaforma di metodologie di base che permetta un approccio integrato allo studio delle malattie multifattoriali, unendo i risultati e le conoscenze su tali patologie ottenute con le diverse metodologie. Nell'ambito del progetto verranno sviluppate le metodologie di competenza di ciascun Istituto e verranno sviluppati due protocolli/modelli di studio integrato rivolti alla Malattia di Parkinson (Parkinson Disease, PD) e alla Medicina Rigenerativa (MR), rispettivamente. L'approccio di integrazione di molte metodologie, applicato in questo progetto ai due modelli di PD e MR, potrà essere trasferibile allo studio di altre patologie e strategie terapeutiche. La malattia di Parkinson, dopo la malattia di Alzheimer è la malattia neurodegenerativa più frequente e nella cui patogenesi sono coinvolti fattori ambientali e genetici. Nel PD il 15% dei casi ha una storia familiare e in questi casi

▼ Fig. 1 Malattia di Parkinson: schema di progressione della malattia





▲ **Fig. 2** Medicina Rigenerativa: schema dell'approccio delle cellule riprogrammate (iPS). Le cellule prelevate dal paziente vengono riportate allo stadio embrionale e forzate successivamente a differenziarsi nelle cellule di vari tessuti che possono poi essere reincolate nel paziente stesso

sono state identificate oltre 10 mutazioni geniche. Evidenze sperimentali hanno dimostrato che i geni legati al PD di tipo famigliare svolgono un ruolo critico nella funzionalità delle sinapsi striatali contribuendo alla patogenesi della malattia e all'insorgenza della sintomatologia. Durante l'invecchiamento nei neuroni si accumulano organelli contenenti neuromelanine, lipofuscine ed altre particolari proteine che, rilasciate dai neuroni degenerati, causano un'intensa microgliosi. L'indagine del meccanismo di attivazione della microglia è fondamentale per comprendere il processo di progressione della malattia di Parkinson, lo sviluppo di adeguati modelli per lo studio della malattia stessa e la valutazione di nuovi farmaci anti Parkinson. In quest'ottica si comprende l'interesse per sviluppare metodi semplici non invasivi, poco costosi che consentano in fase precoce l'inquadramento diagnostico e la rivelazione iniziale del danno d'organo, almeno nelle popolazioni a maggiore rischio ambientale o genetico. La Medicina Rigenerativa (MR) rappresenta un approccio innovativo alla cura delle malattie degenerative, superando le criticità dei trapianti di organi e tessuti, legate soprattutto alla disponibilità di donatori e al problema del rigetto. Le cellule staminali, di cui le iPS rappresentano il prodotto di ultima generazione, hanno il potenziale di superare entrambe queste difficoltà. Tuttavia, come è accaduto per i primi tentativi di terapia genica, il loro utilizzo va inizialmente testato su malattie che presentano meno difficoltà al loro impiego. Tra queste vi sono le malattie del sistema ematopoietico, in cui le cellule sono più facilmente manipolabili e non necessitano di una struttura tridimensionale.

## 1.2 Obiettivi del progetto

Obiettivo principale e finalità generale del progetto di ricerca è creare una piattaforma integrata di Metodologie e competenze di base da applicare allo studio delle Malattie Multifattoriali (piattaforma MbMM) e allo sviluppo di strategie diagnostiche e terapeutiche. La creazione di tale piattaforma trova naturale giustificazione nelle competenze multidisciplinari degli Istituti CNR coinvolti che rappresentano pienamente il Dipartimento di Scienze Biomediche in Lombardia.

### *Studio della Malattia di Parkinson*

- Obiettivo è la caratterizzazione della malattia di Parkinson, attraverso lo sviluppo e studio di modelli *in vitro* e *in vivo* di malattia. L'invecchiamento è il principale fattore di rischio del PD ed è quindi necessario caratterizzare le neuromelanine, i lipidi e le proteine native e modificate che si accumulano negli organelli neuronali durante l'invecchiamento. Infatti, questi composti vengono rilasciati dai neuroni che degenerano e potrebbero causare morte di altri neuroni inducendo un'attivazione cronica della microglia. Queste molecole dovranno essere studiate per valutare la loro capacità di alimentare processi neuroinfiammatori e neurodegenerativi cronici che contribuiscono alla progressione della malattia. Si indagheranno inoltre altri meccanismi intracellulari in cui queste molecole di tipo antigenico possono essere presentate sulla membrana neuronale con conseguente attacco di linfociti citotossici e morte neuronale. Lo stress ossidativo è un fattore di vulnerabilità neuronale presente in diverse malattie neurodegenerative che tende ad aumentare durante l'invecchiamento e che, tramite una cascata di eventi, porta alla neurodegenerazione. Verranno analizzati i pathway molecolari coinvolti nella formazione dello stress ossidativo e le conseguenze che l'accumulo di specie reattive dell'ossigeno (ROS) hanno sulla stabilità del genoma mitocondriale. Modelli animali di PD verranno inoltre caratterizzati mediante tecniche di imaging *in vivo* PET al fine di monitorare la progressione di malattia attraverso radiofarmaci specifici per la neurodegenerazione/neuroinfiammazione.

### *Medicina Rigenerativa*

- Nella sezione relativa alla Medicina Rigenerativa, gli obiettivi del progetto sono:
  - 1) lo sviluppo e la caratterizzazione di cellule iPS per applicazioni di medicina rigenerativa in particolare in ambito ematologico e cardiologico.
  - 2) la comprensione a livello molecolare di alcuni specifici eventi responsabili e/o associati ai fenomeni di riprogrammazione e di differenziamento cellulari necessari per la generazione di cellule riprogrammate, differenziate e funzionali.

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

#### *Studio della malattia di Parkinson*

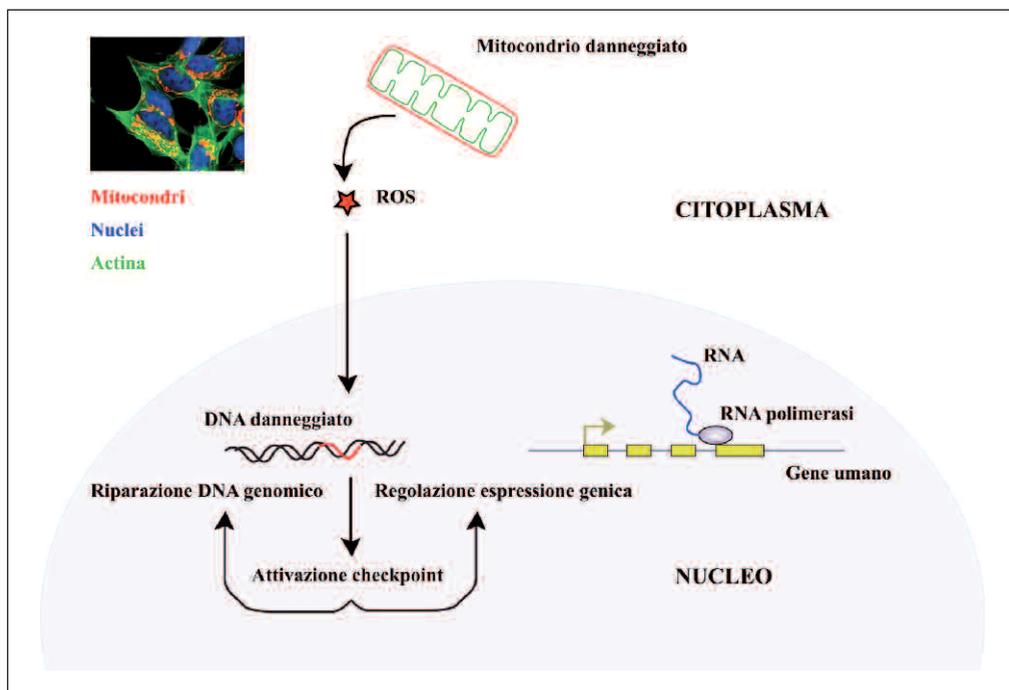
- **WP1. Meccanismi molecolari del PD (ITB)**

Si isoleranno gli organelli neuronali contenenti neuromelanine e lipofuscine per effettuare una separazione delle molecole lipidiche, proteiche e delle neuromelanine sia in forma nativa che modificata, caratterizzandole mediante LC-MS, NMR, XAS, IR e analisi degli elementi. La localizzazione sarà studiata mediante Immunomicroscopia elettronica e con Western blot sulle aree cerebrali umane colpite nel PD. Con indagini strutturali strumentali e in silico si cercheranno i siti specifici di legame con i recettori della microglia. Queste molecole isolate dai neuroni che tipicamente degenerano durante il PD verranno utilizzate per sviluppare modelli di PD in colture cellulari e nell'animale.

- **WP2. Effetti dello stress ossidativo (IGM)**

Verranno caratterizzate le interazioni proteina-proteina e, in particolare, le cascate di segnale che coinvolgono proteine associate alla malattia del Parkinson tra cui Parkin, Pink1, Park5, Park7, LRRK2, FBX07, per identificare il loro coinvolgimento sia nel metabolismo dei mi-

▼ Fig. 3 Schema di danno mitocondriale e riparazione del DNA



tocondri, principali produttori di ROS, che nel controllo del ciclo cellulare. Verrà valutato l'effetto di ROS intracellulare sulla stabilità del genoma e sulle modificazioni epigenetiche.

- **WP3. Modelli *in vitro* ed *in vivo* (IN)**

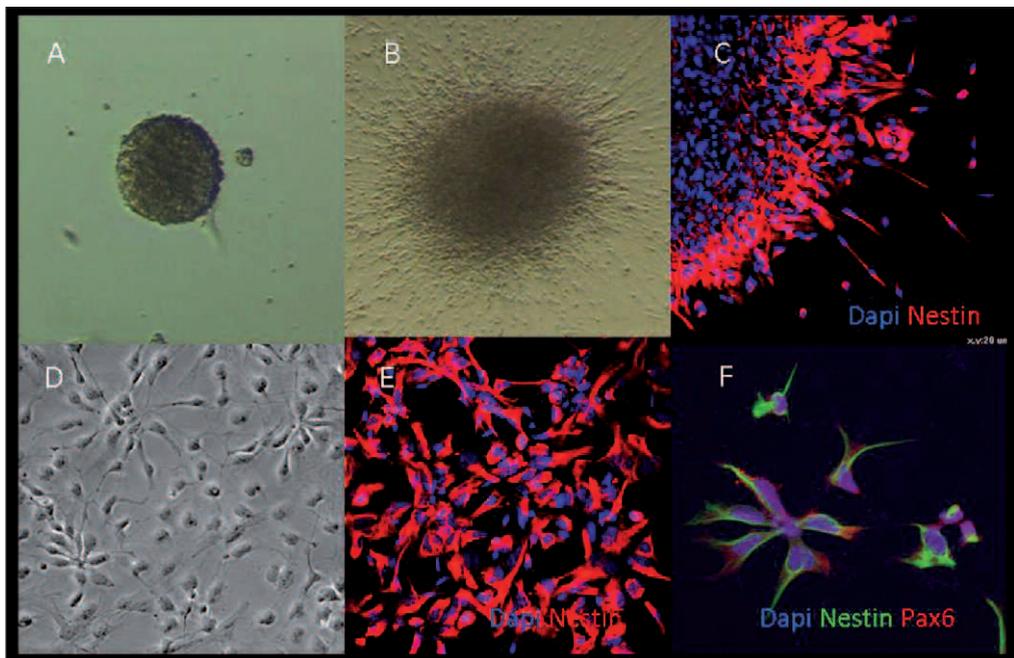
Si svilupperanno modelli *in vitro* ed *in vivo* di PD familiare attraverso la generazione di cellule iPS da fibroblasti di pazienti con mutazioni nei geni PARK2 e LRRK2. Cellule iPS verranno inoltre ottenute da pazienti sani di età paragonabile ai pazienti PD e saranno indotte verso un destino neuronale dopaminergico. Inoltre verranno analizzate le alterazioni delle cascate di segnale associate alle mutazioni in collaborazione con l'Unità IGM (WP2) ed il coinvolgimento delle microvescicole rilasciate dagli astrociti in modelli *in vivo* di PD.

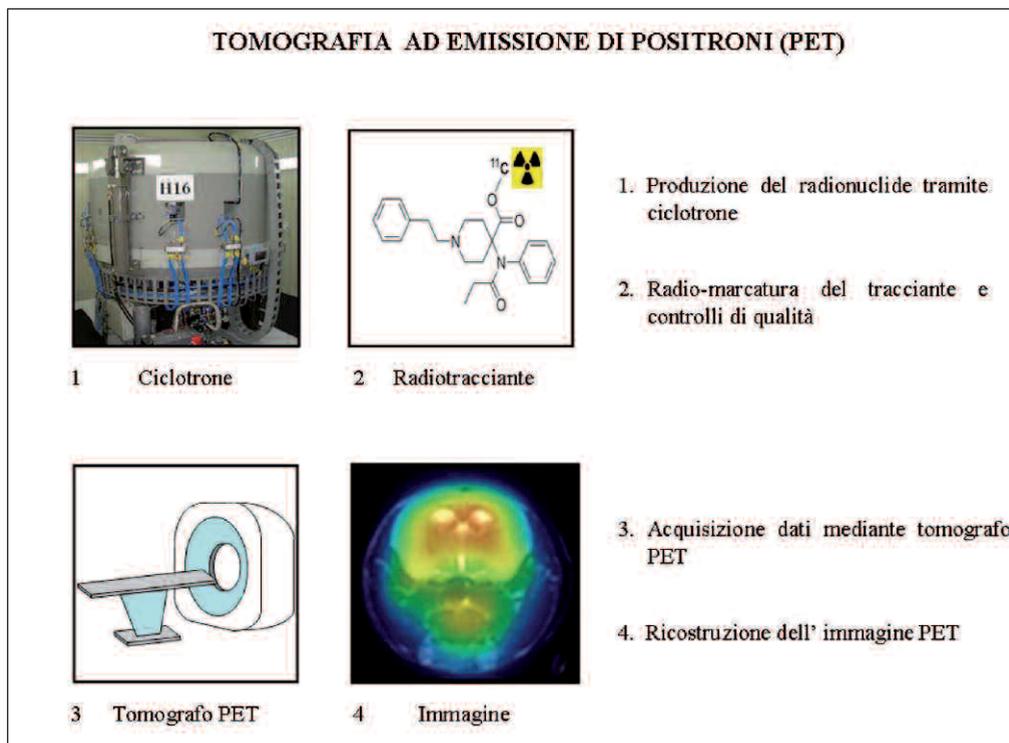
- **WP4. Imaging *in vivo* ed *ex vivo* PET (IBFM)**

L'attività del laboratorio di imaging preclinico dell'IBFM si concentrerà sullo studio di modelli animali di PD, sviluppati presso le Unità In e ITB (WP3) mediante tecniche di imaging PET *in vivo* ed *ex vivo*. In particolare, la neurodegenerazione verrà studiata con il tracciante [11C]FeCIT, ligando specifico per il trasportatore della dopamina (DAT). La neuroinfiammazione cerebrale verrà monitorata mediante l'uso di traccianti quali [11C]PK11195 e [18F]VC701, specifici per i TSPOs (Translocator Proteins), marker dell'attivazione microgliale. Cambiamenti nel metabolismo glucidico conseguenti alla neurodegenerazione verranno studiati con il tracciante [18F]FDG.

▼ **Fig. 4**

Precursori neuronali (D) ottenuti da cellule umane iPS durante i vari passaggi di purificazione da corpi embrioidi (A) a rosette (B) e colorati con marcatori specifici come Nestina e Pax6 (C, E, F)





▲ Fig. 5 Tomografia ad Emissione di Positroni: schema della metodica

- **WP5. Studi epidemiologici e *massive sequencing* (ITB)**

Sarà condotto uno studio su una coorte di popolazione, seguita per vent'anni e attualmente in età avanzata. La coorte sarà rivalutata al fine di individuare casi di malattia di Parkinson, malattia di Alzheimer e tumori, il rischio di occorrenza di queste malattie sarà valutato in relazione alle variabili rilevate all'arruolamento. Tecniche di elaborazione statistica verranno applicate contrastando variazioni delle regioni codificanti nei soggetti che hanno sviluppato malattie neurodegenerative o patologie neoplastiche in età avanzata a partire dai 65 anni.

- **WP6. Marker preclinici di PD (IFC)**

Saranno selezionati pazienti affetti da PD idiopatico conclamato, soggetti con disturbo idiopatico del sonno REM, condizione identificata in letteratura come fase prodromica del PD, e soggetti sani di controllo. Si procederà alla individuazione di specifici profili di miRNA nel plasma, potenziali target per la caratterizzazione preclinica del PD e alla valutazione di mediatori circolanti di stress ossidativo e risposta infiammatoria, come marcatori dell'iniziale danno d'organo. Si procederà inoltre alla valutazione della disautonomia cardiovascolare e della disfunzione endoteliale ed olfattiva, riportate in letteratura come alterazioni funzionali prodromiche o precoci di PD.

*Medicina rigenerativa*

- **WP7. Generazione, caratterizzazione e correzione di cellule iPS (IRGB)**

L'attività prevederà la generazione di cellule iPS da fibroblasti di pazienti affetti da patologie rare come l'osteopetrosi e da altre malattie selezionate. Successivamente i cloni selezionati verranno corretti mediante l'utilizzo di nuove metodologie basate sulle nucleasi TALEN e sul trasferimento di cromosomi batterici (BAC) e umani. Alternativamente o in combinazione, possono venir utilizzati BAC contenenti l'intero gene mutato che consente di correggere il difetto sia attraverso ricombinazione omologa che attraverso inserzione in un sito genomico non rischioso.

- **WP8. Differenziazione dei cloni iPS corretti verso la linea ematopoietica o cardiologica (IRGB)**

Le cellule ottenute verranno indirizzate verso il differenziamento in senso ematologico o cardiologico. Verranno prodotte cellule staminali ematopoietiche geneticamente modificate in grado di ricostituire le cellule adulte del midollo osseo. Verranno anche effettuate analisi funzionali sulle cellule ottenute dal processo differenziativo. Inoltre, queste verranno seminate su un terreno semisolido ricco di nutrienti e citochine che supportano la crescita delle cellule ematopoietiche della linea mieloide ed eritroide e analizzate per la formazione di diversi tipi di colonie.

- **WP9. Studio di eventi molecolari legati alla riprogrammazione e alla differenziazione (IGM)**

Verranno indagati alcuni eventi molecolari che accompagnano il differenziamento cellulare delle iPS (in collaborazione con l'Unità IRGB), con particolare attenzione al fenomeno dello splicing alternativo che si è rivelato coinvolto in questo processo. Verrà esplorata inoltre la rilevanza dei fattori di regolazione dello splicing nei programmi di differenziamento cellulare per identificare nuovi possibili strumenti per migliorare la manipolazione di cellule iPS. Schema riassuntivo dei WP (elencare sinteticamente gli obiettivi, le attività e i risultati attesi per ogni WP)

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1 - PD1	WP 1a	<p>Isolamento degli organelli neuronali contenenti neuromelanina e degli organelli contenenti lipofuscine (due tipi di organelli subcellulari che si accumulano nei neuroni durante l'invecchiamento cerebrale). Questi organelli verranno isolati da diverse aree cerebrali, in particolar modo da quelle che degenerano selettivamente nel PD.</p>	Isolamento di organelli da tessuti cerebrali umani	L'isolamento e la successiva caratterizzazione di questi organelli neuronali tipici dell'invecchiamento può permetterci di comprendere i meccanismi cellulari che portano alla loro formazione, svelandone il ruolo all'interno del neurone e ipotizzando gli effetti di questo accumulo sulla vulnerabilità neuronale
	WP 1b	<p>Caratterizzazione delle molecole lipidiche, proteiche e delle neuromelanine (mediante LC-MS, NMR, XAS, IR, immunomicroscopia elettronica, western blot, etc) che si accumulano all'interno dei suddetti organelli subcellulari</p>	Caratterizzazione degli organelli neuronali e identificazione di molecole attive nella neurogenesi	<p>Identificazione dei pathways lipidici e proteici che portano alla formazione degli organelli neuronali tipici dell'invecchiamento. Identificazione dei meccanismi che cronicizzano il danno neuronale tipico del PD, individuando proteine e molecole di vario tipo che possono essere in grado di scatenare i processi di neuroinfiammazione e di morte neuronale</p>
	WP 1c	<p>Poiché la disponibilità di molecole isolate dal cervello umano è abbastanza limitata, verranno inoltre progettate e sintetizzate molecole attive in grado di indurre la neuroinfiammazione e neurodegenerazione nei modelli di PD</p>	Progettazione e sviluppo di molecole in grado di indurre neurodegenerazione da utilizzare nei modelli di PD	<p>Utilizzo di molecole/composti isolate dai neuroni e degli analoghi di sintesi per lo sviluppo di modelli <i>in vitro</i> ed <i>in vivo</i> del PD (in collaborazione con l'attività WP3 - IN): tali modelli potranno essere utilizzati per testare nuovi farmaci in grado di rallentare i processi neuroinfiammatori e neurodegenerativi del PD.</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2 - PD2	WP 2a	Isolamento e caratterizzazione di nuove interazioni proteina-proteina coinvolte nel pathway mitofagico e nelle risposte cellulari allo stress ossidativo e rimozione di ROS	Interazione tra proteine implicate nella malattia di Parkinson	Identificazione dei pathway molecolari coinvolti nella neurodegenerazione e pianificazione di possibili approcci di recupero dei difetti cellulari
	WP 2b	Caratterizzazione di linee cellulari stabilizzate da pazienti con Parkinson sporadico o familiare e di ibridi cellulari di pazienti affetti da Parkinson sporadico (Cybrids) Valutazione della struttura e funzione dei mitocondri e dei ROS. Valutazione dell'integrità del genoma mediante analisi dei checkpoint indotti da danno al DNA. Valutazione dei livelli di espressione ad analisi di modificazioni post traduzionali delle polimerasi riparative e di loro fattori accessori in cellule in risposta a stress ossidativo	Effetto di ROS intracellulare sulla stabilità del genoma e metabolismo mitocondriale	Modelli cellulari per lo studio della malattia e protocolli Identificazione di marcatori bio-molecolari per lo studio del metabolismo mitocondriale. Identificazione di fattori coinvolti nella risposta a danno ossidativo al DNA in modelli cellulari della malattia di Parkinson. Identificazione di nuovi marcatori prognostici della malattia di Parkinson

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP3 - PD3	WP 3a	Sviluppo di modelli <i>in vitro</i> umani per lo studio dei meccanismi patogenetici di PD	Programmazione a cellule iPS di fibroblasti da pazienti PD e controlli	Fibroblasti riprogrammati a cellule iPS da pazienti PD e controlli
	WP 3b	Sviluppo di protocolli di differenziamento a neuroni dopaminergici da cellule iPS umane	Differenziamento a neuroni dopaminergici di cellule iPS	Produzione di neuroni dopaminergici differenziati da cellule iPS ottenute da pazienti PD e controlli
	WP 3c	Studio dei difetti funzionali in neuroni ottenuti da cellule iPS di pazienti PD e controlli	Analisi funzionale dei neuroni dopaminergici derivati da iPS	Caratterizzazione dei difetti funzionali di neuroni dopaminergici ottenuti dal differenziamento di cellule iPS di pazienti PD e controlli
	WP 3d	Studio dei difetti funzionali e dei meccanismi di neurodegenerazione in modelli murini di PD	Caratterizzazione funzionale di modelli genetici murini di PD	Caratterizzazione dei difetti funzionali di neuroni dopaminergici e del meccanismo di neurodegenerazione in modelli genetici murini di PD
	WP 3e	Studio del ruolo dell'attivazione microgliale nei meccanismi di neurodegenerazione di neuroni dopaminergici	Caratterizzazione dell'attivazione microgliale in modelli <i>in vitro</i> ed <i>in vivo</i> di PD	Identificazione di possibili pathways di attivazione microgliale indotta da molecole in grado di indurre neurodegenerazione (sviluppate in WP1c)

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP4 - PD4	WP 4a	Sviluppo e/o implementazione dei metodi di sintesi e marcatura dei radiofarmaci e di analisi dei dati PET	Calibrazioni PET, produzione e QC dei radiofarmaci. Analisi delle immagini PET	Produzione dei radiofarmaci descritti con standard di qualità della normativa vigente. Sviluppo di algoritmi/metodi di analisi delle immagini ottenute
	WP 4b	Studio dei processi di neuroinfiammazione e neurodegenerazione in modelli animali di Parkinson sviluppati dai partner MbMM tramite imaging PET	Studio longitudinale di modelli animali di Parkinson mediante tecniche di imaging <i>in vivo</i> (PET) ed <i>ex vivo</i> (autoradiografia, biodistribuzione)	Identificazione dei marcatori di neuroinfiammazione e neurodegenerazione utili al monitoraggio della patologia
	WP 4c	Confronto dei dati derivanti dalle tecniche di imaging con quelli ottenuti dalle analisi genetiche	Analisi dati ed integrazione	Identificazione dei marcatori di malattia <i>in vivo</i> e possibili correlazioni con i profili genetici

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP5 - PD5	WP 5a	Identificazione dei soggetti da sottoporre ad analisi	Analisi epidemiologica e campionamento della coorte; selezione dei soggetti affetti	Coorte di soggetti con diagnosi clinica
	WP 5b	Caratterizzazione molecolare dei pazienti a livello delle regioni codificanti del DNA	Cattura esoni, analisi di sequenziamento massivo, analisi bioinformatica	Genotipo delle regioni codificanti di ciascun paziente
	WP 5c	Correlazione Genotipo/Fenotipo	Analisi statistica delle caratteristiche genotipo/fenotipo	Fattori genetici di predisposizione alla patologia

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP6 - PD6	WP 6a	<p>Predisporre un protocollo clinico che includa elementi utili a definire la ricerca in tutte le fasi di attività e nelle responsabilità operative.</p> <p>Predisporre un database clinico per la raccolta dei dati</p>	Stesura protocollo, CE; database clinico	<p>Protocollo clinico: ottenere l'approvazione da parte del Comitato Etico dell'ospedale</p> <p>Database: ottenere soluzioni funzionali che permettono la raccolta e la verifica dei dati, la gestione dei documenti e la condivisione delle informazioni in modo semplice e preciso</p> <p>Il protocollo è stato presentato al Comitato Etico di Niguarda ed approvato in data 30-12-2013. È stato individuato il data-set e progettato, realizzato e verificato da 3 ricercatori indipendenti il DataBase per la raccolta dei dati clinici, strumentali e bioumoral</p>
	WP 6b	Esplorare nuovi potenziali marcatori diagnostici e prognostici di PD in pazienti con PD prodromico e accertato	Arruolamento pazienti ed esecuzione determinazioni di laboratorio. Verifiche intermedie e integrazione	Descrizione di profili specifici di miRNA e di alterazioni a carico del sistema olfattivo e autonomo cardiovascolare in PD conclamato e prodromico
	WP 6c	Correlare i dati biologici (genetici e biochimici) con la funzione olfattiva, la disautonomia cardiovascolare, i disturbi del sonno e la disfunzione endoteliale	Analisi dati e integrazione	Identificazione i clusters di marcatori utili alla diagnosi precoce di malattia

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP7 - MR1	WP 2	Produzione di cellule riprogrammate da individui normali e pazienti affetti da varie malattie genetiche	Generazione, caratterizzazione e correzione di cellule iPS	Linee cellulari stabili da utilizzare per studi di terapia cellulare

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP8 - MR2	WP 3	Cellule differenziate <i>in vitro</i> a partire da cellule riprogrammate	Differenziazione dei cloni iPS corretti verso la linea ematopoietica o cardiologica	Osteoclasti derivati da cellule riprogrammate murine come modello per studi nell'uomo

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP9 - MR3	WP 4	Definizione del ruolo di fattori di splicing nel mantenimento dello stato pluripotente Analisi di profili di splicing di trascritti per fattori di splicing in protocolli di differenziamento Messa a punto di protocolli di differenziamento che coinvolgano la differente espressione di fattori di splicing	Studio di eventi molecolari legati alla riprogrammazione e alla differenziazione	Dati molecolari sull'espressione di isoforme di fattori di splicing in relazione al differenziamento Caratterizzazione del ruolo di fattori di splicing in eventi di differenziamento Sviluppo di protocolli di differenziamento tramite manipolazione di fattori di splicing

## 2.2 Il partenariato

- **Istituto di Bioimmagini e Fisiologia Molecolare (IBFM-CNR)**  
Caratterizzazione dei modelli della malattia di Parkinson tramite imaging PET *in vivo* ed *ex vivo*.
- **Istituto di Fisiologia Clinica (IFC-CNR)**  
Studio dei marker preclinici e dell'iniziale danno d'organo ed individuazione di eventuali cluster di miRNAs caratteristici di PD.
- **Istituto di Genetica Molecolare (IGM-CNR)**  
Studio dei meccanismi molecolari dell'invecchiamento cerebrale e della neurodegenerazione. Coinvolgimento dello splicing alternativo nel differenziamento e riprogrammazione delle iPS nell'ambito della Medicina Rigenerativa.
- **Istituto di Neuroscienze (IN-CNR)**  
Sviluppo di modelli della malattia di Parkinson *in vitro* e *in vivo*.
- **Istituto di Ricerca Genetica e Biomedica (IRGB-CNR)**  
Produzione e caratterizzazione di cellule iPS nell'ambito della Medicina Rigenerativa.
- **Istituto di Tecnologie Biomediche (ITB-CNR)**  
Studi *Whole exome sequencing* e studi epidemiologici su soggetti normali e pazienti. Studio dei meccanismi molecolari dell'invecchiamento cerebrale e della neurodegenerazione.  
Sviluppo di modelli della malattia di Parkinson *in vitro* e *in vivo* (in collaborazione con l'IN).

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>IBFM</b>	<b>IFC</b>	<b>IGM</b>	<b>IN</b>	<b>IRGB</b>	<b>ITB</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	102.375,00	39.000,00	102.375,00	102.375,00	102.375,00	117.000,00	565.500,00
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	136.500,00	78.000,00	119.437,50	91.880,00	119.437,50	130.000,00	675.255,00
Spese di formazione	0,00	1.815,00	2.925,00	0,00	2.925,00	0,00	7.665,00
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Spese di pubblicizzazione	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	30.712,51	41.085,00	49.968,80	88.718,50	49.968,80	68.900,00	329.353,61
Spese generali	71.662,50	35.100,00	66.543,75	58.276,50	62.543,70	74.100,02	372.226,39
<b>TOTALE</b>	<b>341.250,01</b>	<b>195.000,00</b>	<b>341.250,05</b>	<b>341.250,00</b>	<b>341.249,92</b>	<b>390.000,02</b>	<b>1.950.000,00</b>

Valori in euro.



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

I prodotti scientifici attesi sono pubblicazioni scientifiche quali articoli pubblicati su riviste peer reviewed, abstract presentati a convegni inerenti le tematiche del progetto (presenti negli atti congressuali) e rapporti semestrali sulle attività svolte.

Si intende dare massima visibilità ai risultati attraverso un piano di disseminazione (pubblicazioni, workshop, brochure e sito internet), affinché possano diventare occasione per creare nuove sinergie, non solo all'interno del mondo della ricerca ma anche con il sistema sanitario e le imprese, e creare competitività.

Il valore applicativo dei risultati scientifici conseguiti è rappresentato dall'integrazione delle metodologie usate per lo studio delle malattie multifattoriali.

Nell'ambito dello studio della malattia di Parkinson si cercherà di individuare marker per la diagnosi preclinica di malattia: fondamentale sarà l'individuazione di eventuali cluster di miRNAs caratteristici di PD e lo studio di indicatori di stress ossidativo per valutare la presenza di danno d'organo preclinico.

Nel settore della medicina Rigenerativa, verranno ottenute linee cellulari e protocolli specifici per la correzione di difetti genetici mediante tecnologia CRISPR e trasferimento cromosomico.

#### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

Principale prodotto applicativo che la piattaforma MbMM si propone di raggiungere è il modello di integrazione tra le metodologie proposte dal progetto per lo studio della malattia di Parkinson e nell'ambito della Medicina Rigenerativa. Il progetto ha lo scopo, infatti, di creare una piattaforma di risorse scientifiche e tecnologiche ed un modello di integrazione potenzialmente applicabile a qualsiasi ambito di studio. La piattaforma potrà in futuro essere disponibile per la comunità scientifica, sanitaria ed industriale, secondo modelli di ricerca e service tipo *open access*.

In generale i prodotti ottenuti sono prodotti di ricerca.

Inoltre nell'ambito del progetto Parkinson è stato prodotto un DataBase WEB-based che raccoglie le informazioni cliniche dei pazienti reclutati. IL Data Base ha la potenzialità, una volta concluso il progetto, di poter continuare a essere popolato con altri casi clinici prodotti da terzi con lo scopo di costruire un sistema di supporto diagnostico per la diagnosi precoce di PD.

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

#### *Occupazione e formazione*

Il progetto prevede nel suo complesso l'assunzione di giovani ricercatori con contratti a tempo determinato. Il progetto prevede anche il coinvolgimento di giovani ricercatori già operanti all'interno degli Istituti CNR. Ciascun Istituto provvederà alla formazione dei giovani ricercatori operanti presso l'Istituto. Al fine di facilitare la diffusione e la condivisione delle conoscenze che si svilupperanno durante le attività del Progetto tra i giovani ricercatori, verrà organizzato un Corso sulle metodologie di base proposte che prevede una parte di lezioni teoriche sui principi delle metodologie e una parte pratica in cui i giovani ricercatori verranno distribuiti nei laboratori degli Istituti CNR per partecipare a sessioni sperimentali. Con questo Corso, si intende trasmettere ai giovani ricercatori l'approccio di studio multidisciplinare che caratterizza il Progetto.

#### *Creazione di network di eccellenza*

La Piattaforma MbMM rappresenta di per sé un network di eccellenza sul territorio regionale, coinvolgendo diversi Istituti del CNR, ciascuno con riconosciuta eccellenza nella metodologia proposta. La creazione di un gruppo di lavoro multicentrico apre la strada a nuovi scenari in grado di riconfermare l'eccellenza raggiunta ed acquisire nuove competenze e credibilità internazionale.

Le collaborazioni scientifiche di ciascun Istituto garantiscono una estensione della rete a livello regionale, nazionale e internazionale. A titolo di esempio:

- la dimensione regionale del network è garantita dalle collaborazioni in atto con le principali Università lombarde (Università Statale di Milano, Università di Milano Bicocca, Università di Pavia) e con importanti strutture sanitarie quali IRCCS Humanitas, IRCCS Ospedale San Raffaele, AO Niguarda, AO San Gerardo di Monza, Ospedale San Matteo di Pavia, e AO Spedali Civili di Brescia, oltre che dalla adesione al Cluster Regionale Scienze della Vita.
- la dimensione nazionale del network è garantita dalla articolazione degli Istituti sul territorio nazionale (intra-CNR), dalla adesione del CNR al Cluster Tecnologico Nazionale Scienze della Vita, dalla partecipazione a infrastrutture nazionali di ricerca e da numerose collaborazioni scientifiche.
- la dimensione internazionale è garantita da numerose collaborazioni scientifiche internazionali e dalla partecipazione a reti ed infrastrutture di ricerca internazionali.

### *Ricadute sul sistema sanitario e sul sistema imprenditoriale*

La piattaforma MbMM connette laboratori di ricerca e metodologie di potenziale interesse del Servizio Sanitario e dell'industria farmaceutica, biotecnologica, biomedicale. Verranno messe a punto e proposte al Servizio Sanitario e al mondo imprenditoriale modalità di utilizzo delle metodologie attraverso collaborazioni scientifiche o attività di servizio. La metodologia di lavoro implementata con la Piattaforma MbMM applicata nel progetto a Malattia di Parkinson e Medicina Rigenerativa, potrà essere trasferita ad altre patologie.

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Il Progetto si propone la creazione di una piattaforma integrata di metodologie e competenze di base da applicare allo studio delle malattie multifattoriali e allo sviluppo di strategie diagnostiche e terapeutiche.

All'interno del Progetto MbMM non è prevista l'acquisizione di nuova strumentazione. Tuttavia, la creazione della piattaforma permette l'integrazione e l'uso sinergico delle attrezzature disponibili presso gli Istituti CNR e di interesse per il Progetto.

In particolare, l'IBFM dispone di tutta l'attrezzatura necessaria per la stabulazione, la manipolazione e la cura dei piccoli animali da laboratorio; dispone di un tomografo PET/SPET per piccoli animali, di un PhosphorImager, di un gamma-counter e di HPLC per la validazione dei radiofarmaci nei modelli animali.

L'IN dispone di tutta l'attrezzatura necessaria per la produzione e la caratterizzazione di modelli *in vitro*, cellule iPS, ed *in vivo*, topi geneticamente modificati, di PD; dispone di attrezzature, incluse cappe sterili, ultracentrifughe e microscopi confocali, per l'analisi biochimica e morfologica dei modelli di PD.

L'IGM dispone di strumentazione adeguata per culture cellulari, per l'analisi del ciclo cellulare (*cell sorter*), per l'analisi della distribuzione sub-cellulare di proteine (microscopia ottica), per la purificazione di proteine ed analisi biochimiche (phosphorImager typhoon, HPCL e FPLC, 2D gel analysis), analisi di espressione genica (Real time PCR), per l'analisi bio-informatica (cluster IBM ad alte prestazioni).

L'IFC dispone dell'attrezzatura necessaria all'esecuzione di test clinici funzionali di routine (ECG) e di ricerca (reattività vascolare, test olfattivi). Il laboratorio di biochimica clinica è dotato di strumentazione (HPLC, lettori a piastre, sistemi elettroforetici e di western-blot) per la quantificazione di piccole molecole circolanti e di proteine e di sistemi per la RealTime-PCR. IFC è dotato inoltre di una piattaforma di Next Generation Sequencing (MiSeq Sequencer-Illumina) che consente un nuovo e potente approccio, per lo screening e la quantificazione di un numero elevato di trascritti nei campioni biologici.

L'IRGB ha a disposizione tutta l'attrezzatura necessaria per la caratterizzazione di cellule staminali, incluso FACS, microscopi confocali e strumento *two photons*, oltre ad uno stabulario SPF.

L'ITB partecipa al progetto utilizzando diverse tecnologie e strumentazioni.

Il laboratorio di *Aging and Neurodegeneration* dispone di una ultracentrifuga preparativa e di centrifughe ad alte prestazioni, microtomo/criostato, di un sistema di microscopia ottica/fluorescenza e di un sistema per la microdissezione laser. Dispone inoltre di piccola/media strumentazione per l'analisi di proteine, lipidi e neurotrasmettitori (SDS-PAGE elettroforesi, TLC e HPLC). Altre attrezzature, non presenti nel laboratorio di *Aging and Neurodegeneration*, ma che verranno utilizzate a vario titolo (collaborazione e/o servizio) per lo svolgimento dell'attività progettuale, sono le seguenti: spettrometro di massa LC-MS ad alta risoluzione, sistema NMR e IR, microscopio elettronico a trasmissione.

Il laboratorio di Analisi Genomica è attrezzato con 4 diversi sistemi di sequenziamento di ultima generazione e con tutte le dotazioni strumentali di contorno oltre ai sistemi di analisi computazionale dei dati di sequenza generati.

Il Progetto prevede di mettere a punto e di proporre al Servizio Sanitario e al mondo imprenditoriale le modalità di utilizzo delle metodologie MbMM attraverso collaborazioni scientifiche o attività di servizio.

### 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

Il Progetto MbMM interessa le Province di Milano e Pavia, sedi degli Istituti CNR coinvolti. Prevede inoltre il coinvolgimento delle seguenti Aziende Sanitarie: IRCCS Humanitas, IRCCS Ospedale San Raffaele, AO Niguarda, AO San Gerardo di Monza, Ospedale San Matteo di Pavia.

Proponendo un sistema di integrazione di metodologie di base per lo studio di malattie multifattoriali, gli esiti del progetto avranno una copertura territoriale ampia a livello regionale ed extra-regionale.

# RSPPTeCH

Ricerca e sviluppo di prodotti e piattaforme tecnologiche  
per la competitività dell'industria lombarda

Autore di questo capitolo è:

**Ida Biunno**

Istituto di Ricerca Genetica e Biomedica (IRGB)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo	<b>RSPPTeCH</b> Ricerca e sviluppo di prodotti e piattaforme tecnologiche per la competitività dell'industria Lombardia
Logo	
Sito web	<a href="http://">http://</a> (in costruzione)
Parole chiave	<i>Piattaforme tecnologiche, Nanotecnologie, Nanomedicina, Cellule staminali, Tossicità farmacologica</i>
Responsabile scientifico	Alessandro Ponti Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali (DSCTM) Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari (ISTM) Tel. 02 5031 4280 / 02 5099 5621 Email: <a href="mailto:alessandro.ponti@istm.cnr.it">alessandro.ponti@istm.cnr.it</a>
Data di avvio	25/07/2013
Durata	24 mesi
Costo totale	€ 1.751.828,00

# 1 Inquadramento del progetto

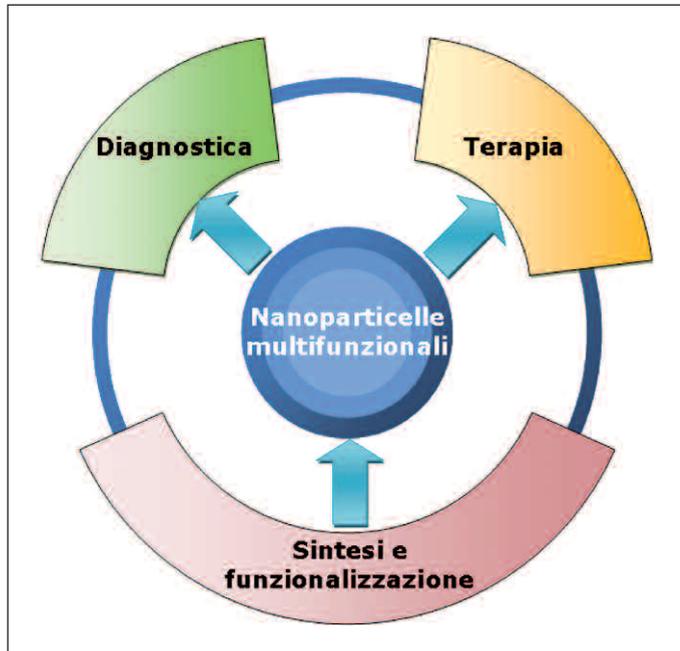
## 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

La lotta contro malattie come il cancro, le malattie cardiovascolari, le malattie neurodegenerative e le malattie infettive è ad oggi una sfida di estrema importanza per l'incidenza sociale di queste malattie e un'impresa di grande difficoltà perché queste patologie sono complesse da comprendere e combattere. Esse hanno un enorme impatto negativo sia sul paziente che sulla società intera e mettono a dura prova i sistemi previdenziali e assicurativi.

La nanomedicina, cioè l'applicazione delle nanotecnologie in ambito medico, ha il potenziale per fornire i mezzi per combattere molte di queste malattie e per rendere, al medesimo tempo, l'assistenza sanitaria migliore, più efficiente e meno costosa. Diverse aree mediche possono beneficiare dei vantaggi che la nanotecnologia può offrire. Un'applicazione assai promettente della nanomedicina è la nanodiagnostica che ha l'obiettivo di individuare la malattia nella fase più precoce possibile e idealmente di rilevare la singola cella malata per curarla o eliminarla. Questo duplice scopo (individuazione + cura) ci porta alla più complessa realizzazione della nanomedicina, cioè i sistemi nanoteranostici, nanosistemi multifunzionali, in grado di svolgere sia la funzione diagnostica che quella terapeutica permettendo così una diagnosi precoce, un efficiente trattamento anche multiterapeutico (p. es. farmaco + ipertermia) e la possibilità di monitorare il decorso della malattia e l'efficacia della terapia.

### ► Fig. 1

Schema delle interrelazioni funzionali di nanosistemi per la nanomedicina nel progetto RSPPTech



L'unità ISTM ha l'obiettivo di sviluppare una piattaforma tecnologica per la preparazione di nanosistemi multifunzionali diagnostici o teranostici basati su nanoparticelle inorganiche. Questi sistemi a scala nanometrica sono estremamente promettenti nel campo biomedico perché possono riunire molteplici funzionalità diagnostico-terapeutiche in un oggetto di dimensioni sub-cellulari. Rimangono irrisolti una serie di problemi che hanno finora impedito una effettiva e proficua applicazione clinica di questi nanosistemi. Tra i principali indichiamo la insufficiente stabilità contro l'aggregazione, la troppo veloce clearance (RES, escrezione), la mancanza di un efficace targeting attivo.

L'unità IRGB ha l'obiettivo di sviluppare un primo prototipo nazionale di una piattaforma tecnologica di servizio in grado di certificare, conservare, tracciare e distribuire a livello globale linee cellulari pluripotenti iPS adatte per lo screening, lo sviluppo e la validazione di farmaci paziente-specifici. Le cellule iPS sono cellule pluripotenti, in grado di differenziarsi in tutti i tipi cellulari del corpo umano, derivate da una cellula somatica e non da un embrione. Questo rende possibile ottenere linee cellulari pluripotenti da qualsiasi individuo che si possono quindi definire "personalizzate". Il concetto di personalizzazione porta a due vantaggi fondamentali: 1. La mancanza di reazioni di rigetto nel caso in cui queste cellule dovessero essere utilizzate a scopo terapeutico, dal momento che originano dallo paziente stesso. 2. La possibilità di ottenere cellule anche da pazienti affetti da malattie la cui origine ha una forte componente genetica, permettendo così di replicare in vitro l'evoluzione della malattia. Questo secondo aspetto è particolarmente promettente dal punto di vista applicativo-tecnologico perché è alla base della possibilità di sviluppare farmaci testandoli su linee cellulari derivate da pazienti affetti dalle malattie target. Le cellule iPS consentono, infatti, di riprodurre in vitro le fasi iniziali della malattia che, nel paziente, passano inosservate perché prive di sintomi. La possibilità di osservare a livello cellulare e molecolare l'insorgere della malattia rende possibile l'identificazione dei bersagli farmacologici più precoci e per questo più preziosi.

## 1.2 Obiettivi del progetto

Lo sviluppo della piattaforma tecnologica per nanodiagnostica e nanoteranostica condotto dall'unità ISTM sarà focalizzato sulla produzione di nanosistemi stabili costituiti da una nanoparticella inorganica (anche multicomponente) funzionalizzata alla superficie con molecole organiche bio-attive. La piattaforma tecnologica sarà in grado di produrre nanosistemi multifunzionali *on demand* in cui ogni componente assolve a una o più precise funzioni. I limiti operativi che saranno superati e le metodologie poste in atto sono come segue.

- Stabilizzazione del sistema *in vivo*: migliore ancoraggio del ligando protettivo in termini di forza e numero dei legami ligando- nanoparticella inorganica; ottimizzazione delle repulsioni steriche ed elettrostatiche
- Efficacia del targeting attivo: molecole bio-attive (RGD, Trastuzumab Fab) legata covalentemente alla superficie delle nanoparticelle in maniera controllata; sinergia col punto precedente in termini di riduzione della clearance (RES e renale)

- Multidiagnostica: utilizzo di nanoparticelle eterostrutturate con core ferritico ottimizzato per risonanza magnetica MRI decorato con shell o isole di oro per tomografia a raggi X CT
- Teranostica: utilizzo di una molecola di targeting attivo come RGD in compresenza di un farmaco citotossico; utilizzo di una molecola come Trastuzumab Fab che svolge sia la funzione di targeting attivo che la funzione terapeutica perché modifica la proliferazione cellulare delle cellule cancerose bersaglio.

L'unità IRGB si propone di colmare il gap esistente tra il processo di generazione delle linee da pazienti e il loro futuro impiego in ambito industriale farmaceutico al fine di ottenere prodotti codificati e certificati. Nel mezzo è necessario creare una piattaforma industriale di servizio che soddisfi tutte quelle esigenze indispensabili per trasferire l'uso delle iPS dai laboratori accademici che le generano alle applicazioni per l'industria farmaceutica. Le esigenze principali di una piattaforma del genere sono:

- la costituzione di una raccolta di linee iPS incontaminate e di recente derivazione per permettere la verifica accurata e indipendente dei dati di ricerca e la loro sostenibilità;
- la disponibilità di linee cellulari caratterizzate per le loro proprietà di pluripotenza e differenziativa ed ottenute da fonti controllate
- la possibilità di amplificare ogni linea di interesse in una scala compatibile con le esigenze di sperimentazione farmacologica riducendo, nel contempo, a livelli minimi il grado di variabilità dei singoli lotti
- la determinazione della sicurezza delle cellule derivate, della loro stabilità e differenziazione con l'utilizzo estensivo della tecnologia Next Generation Sequencing SOLiD associata ad analisi di bioinformatica.
- la convalida del prodotto biologico dal punto di vista del controllo qualità e della sua successiva distribuzione;
- la possibilità di poter disporre di un database documentato e accessibile a cui poter risalire per tracciare con sicurezza le caratteristiche e l'origine di ciascuna linea;
- la garanzia che ogni linea sia in grado di soddisfare anche le più severe esigenze normative

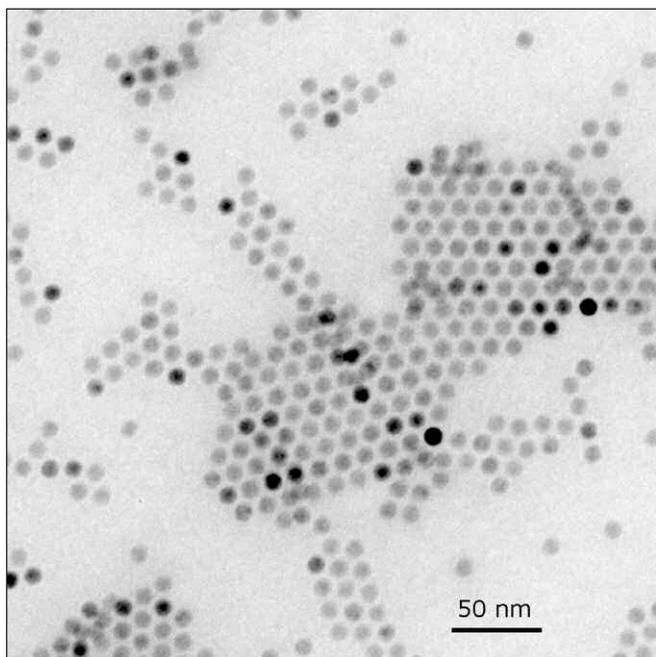
## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

- **WP 1. Progettazione e sintesi di nanosistemi**

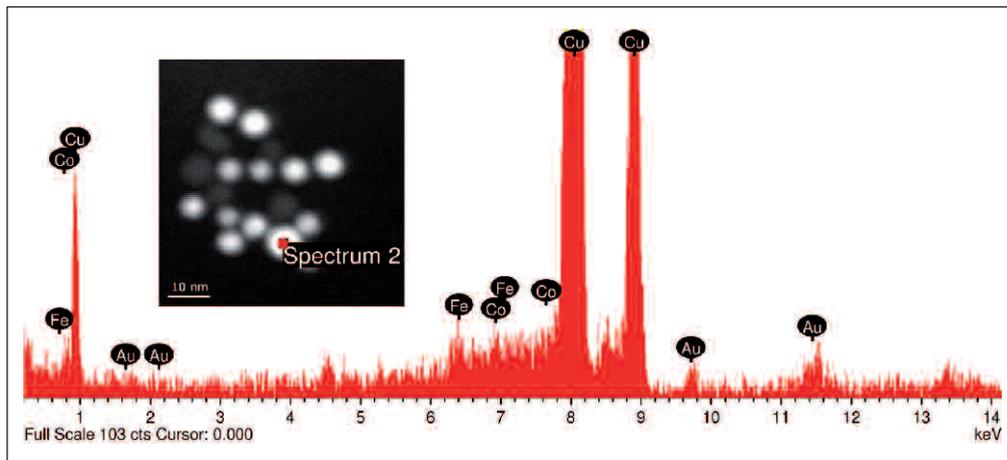
In questo WP si svilupperà una piattaforma tecnologica per la sintesi di nanosistemi costituiti da nanoparticelle di natura inorganica coniugate a molecole attive *on demand* mediante linker ottimizzati utilizzando un approccio *grafting-to*. Verranno anche realizzati esempi di nanosistemi (multi-)diagnostici con lenta clearance *in vivo*. I nanosistemi saranno esemplificativi delle potenzialità della piattaforma tecnologica, ma progettati col fine della diretta applicabilità a rilevanti patologie quali polmonite e varie tipologie di cancro. Questa piattaforma tecnologica sarà in grado di realizzare nanosistemi stabili *in vivo*, rilevabili con una o più metodologie di imaging diagnostico, terapeutici attivi e dotati di targeting attivo verso il bersaglio diagnostico-terapeutico. Le attività progettuali per lo sviluppo della piattaforma e la realizzazione dei nanosistemi e le risorse necessarie sono come segue.

- A. Individuazione di *small molecules* bio-attive mediante screening della letteratura. Risorse: database di letteratura scientifica (Reaxsys, SciFinder, ISI WoK, PubMed, etc).
- B. Sintesi e caratterizzazione delle molecole bio-attive ed eventualmente di piccole librerie di composti analoghi; studio della loro efficacia e del loro target cellulare, utilizzando anche informazioni di tipo modellistico. Risorse: piattaforme di sintesi organica (anche parallele); NMR, HPLC; centro di calcolo scientifico.



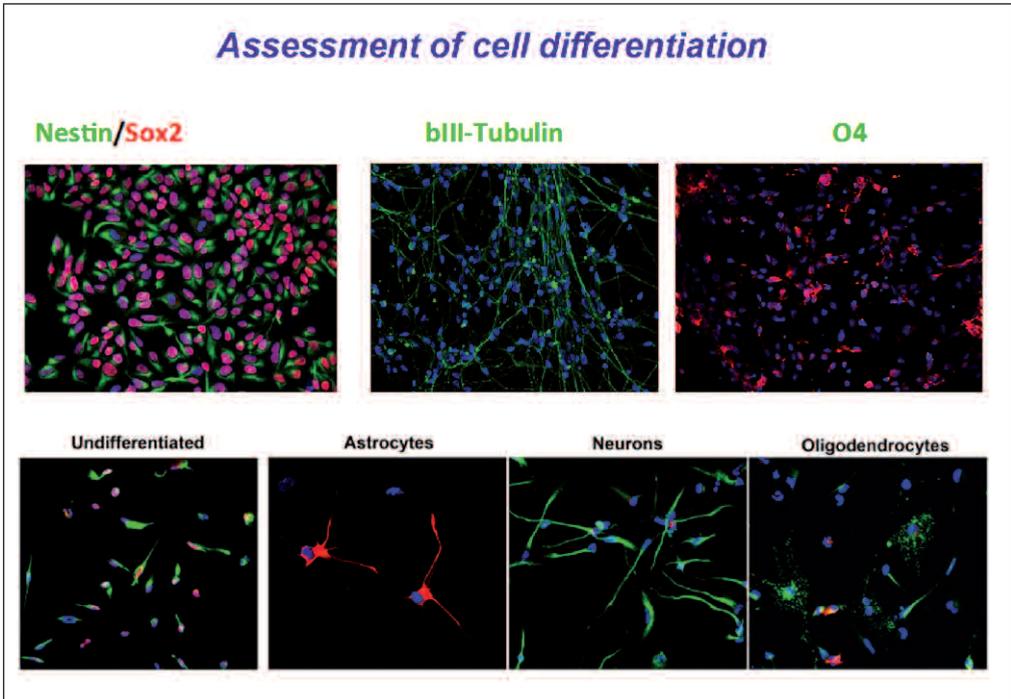
◀ Fig. 2

Immagine TEM di nanoparticelle di magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) monodisperse (diametro  $10.9 \pm 0.6$  nm) ricoperte con un legante zwitterionico che le protegge efficacemente dall'aggregazione in mezzi acquosi.

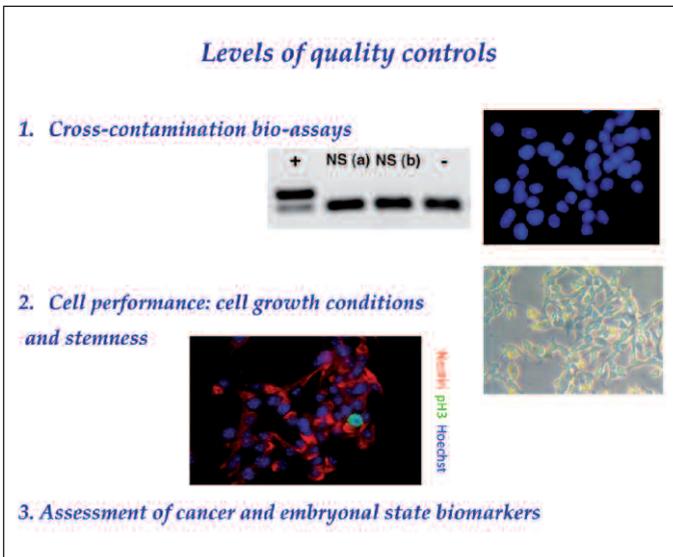


▲ **Fig. 3** Nanoparticelle eterostrutturate di cobaltoferrite ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) decorate con oro (Au). Nel riquadro è mostrata un'immagine STEM delle nanoparticelle con indicato (in rosso) il punto in cui è stato registrato lo spettro EDX (pure in rosso) che mostra la compresenza di cobalto (Co), ferro (Fe) e oro (Au). Gli intense segnale del rame (Cu) sono dovuti al portacampioni

- C. Sintesi con metodi solvotermici e caratterizzazione di nanoparticelle inorganiche monodisperse anche eterostrutturate (Au,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , ferriti). Risorse: piattaforma di sintesi di nanoparticelle; TEM, STEM, FTIR, UV-Vis.
  - D. Sintesi e caratterizzazione del linker per l'aggancio alla molecola attiva ad un'estremità ed alla NP all'altra estremità. Risorse: piattaforme di sintesi organica (anche parallele); NMR, HPLC.
  - E. Coniugazione del linker alla molecola bio-attiva in maniera tale da non compromettere l'attività (cfr. punto B.). Caratterizzazione dei coniugati. Risorse: piattaforme di sintesi organica (anche parallele); NMR, HPLC.
  - F. Sintesi del nanosistema mediante aggancio del coniugato linker-molecola attiva sulla superficie delle NP inorganiche e sua caratterizzazione. Risorse: piattaforma di purificazione di nanoparticelle; TEM, STEM, FTIR, UV-Vis, ICP-OES, NMR.
- **WP 2A. Derivazione di linee cellulari e loro caratterizzazione di primo livello**  
Le linee cellulari iPS derivate da fibroblasti primari umani (donatori sani e patologici) espanse e sottoposte a diversi livelli di controllo qualità:
    - autenticazione e identificazione delle linee mediante analisi di microsatelliti (STR);
    - saggi di contaminazione da micoplasma e virus;
    - saggi di stabilità cromosomica mediante cariotipizzazione tramite bandeggio Q/G; analisi temomeri e telomerasi mediante l'espressione della human telomerase reverse transcriptase (hTERT), la determinazione dell'attività telomerasica (TRAP assay) e la valutazione lunghezza dei telomeri mediante telomere restriction fragment (TRF);
    - saggi di proliferazione: il tempo di duplicazione e la durata delle diverse fasi del ciclo cellulare;



▲ **Fig. 4** Caratterizzazione e differenziamento della linea cellulare AF22 neuralizzate. Immunopositività per Nestina e SOX-2 (cellule indifferenziate), bIII Tubulina (differenziamento neuronale) e O4 (differenziamento) in oligodentrocita



◀ **Fig. 5**

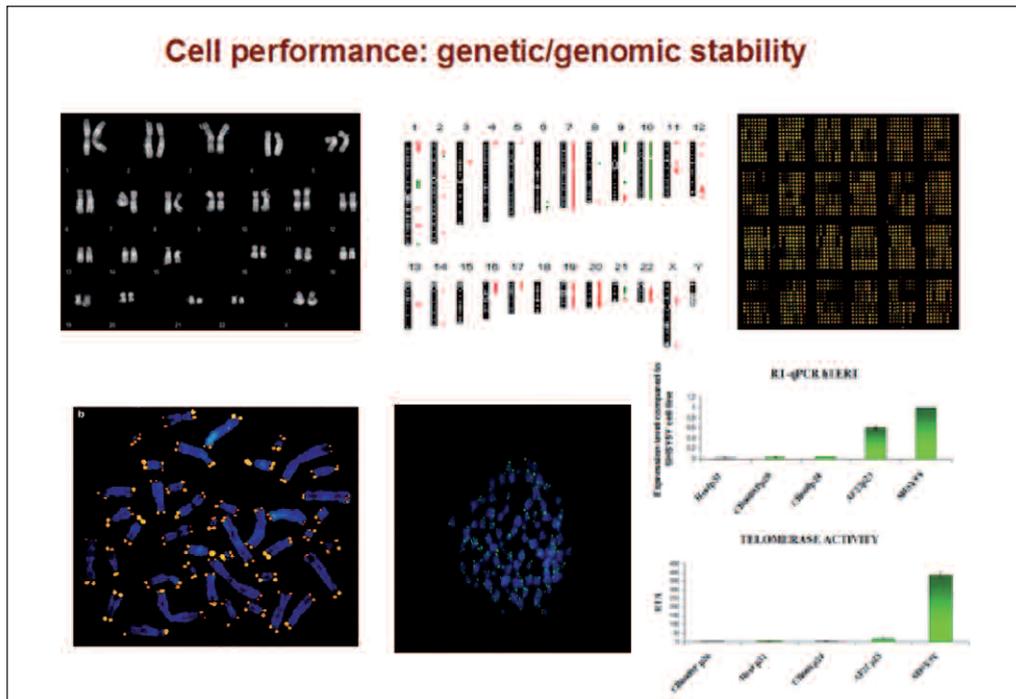
Controllo qualità delle cellule AF22:

1. Cross-contaminazione da patogeni (micoplasma);
2. Valutazione condizione di crescita e mantenimento dello stato di staminalità;
3. Valutazione presenza di biomarcatori tumorali ed embrionali

- presenza di marker diagnostici di sofferenza cellulare: positività per marker apoptotici e/o di alterata attività lisosomiale e autofagica.
- capacità differenziativa sia delle cellule di controllo che quelle patologiche e saggi di pluripotenza mediante marcatori specifici;
- **WP 2B. Caratterizzazione di secondo livello: stabilità cromosomica**  
La cariotipizzazione mediante Q/G banding è in grado di identificare solo alterazioni genomiche o cromosomiche di diverse megabasi, le microalterazioni verranno analizzate mediante Comparative Genomic Hybridization array (aCGH) in grado di individuare piccole variazioni cromosomiche (CNVs)
- **WP 2C. Caratterizzazione di terzo livello: epigenomica**  
Analisi dello stato di metilazione del DNA estratto dalle diverse linee utilizzando un set limitato di marker genici scelti dai diversi pathways essenziali della biologia della cellula staminali. Saranno prese in considerazione: geni di pluripotenza (Nanog and Sox2); nella trasmissione di segnali intra/extra cellulari (Notch1, Numb, and Wnt1); divisione simmetrica, asimmetrica e segmentazione (Smad2, Notch 1 and 2); differenziamento in ectoderma, endoderma e mesoderma e differenziamento (Sox9 and Gata6).

### ▼ Fig. 6

Valutazione dettagliata della stabilità genomica delle cellule iPS AF22: Cariotipo, array CGH che descrive perdita e acquisto bande cromosomiche, analisi dei telomeri, attività telomerica e telomerasi



		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	A	Individuazione di molecole bio-attive	Screening della letteratura e dei database di letteratura scientifica (Reaxsys, SciFinder, ISI WoK, PubMed, etc)	Individuazione di una o più molecole bio-attive
	B	Sintesi delle molecole bio-attive e informazioni sulla modalità di azione	Sintesi delle molecole bio-attive; studio della loro efficacia e del loro target cellulare, utilizzando anche informazioni di tipo modellistico	Una o più molecole bio-attive
	C	Preparazione delle nanoparticelle inorganiche su cui sono basati i nanosistemi	Sintesi di nanoparticelle inorganiche monodisperse anche eterostrutturate (ossido di ferro, ferriti, oro) con metodi solvotermici e loro caratterizzazione	Una o più nanoparticelle inorganiche (anche eterostrutturata) con almeno una funzione diagnostica
	D	Sintesi del linker	Sintesi dei PEG eterobifunzionali come linker per l'aggancio alla molecola attiva ad un'estremità ed alla nanoparticella all'altra estremità e loro caratterizzazione	Uno o più linker PEG-ilati per l'aggancio della molecola bio-attiva alla nanoparticella inorganica
	E	Coniugazione del linker alla molecola bio-attiva	Coniugazione del linker alla molecola bio-attiva in maniera covalente ma tale da non comprometterne l'attività (cfr. attività B.) e caratterizzazione dei coniugati	Uno o più coniugati linker-molecola bio-attiva
	F	Sintesi dei nanosistemi	Sintesi dei nanosistemi mediante aggancio <i>grafting-to</i> del coniugato linker-molecola attiva sulla superficie delle nanoparticelle inorganiche e loro caratterizzazione	Uno o più nanosistemi (multi)diagnostici

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	A	Derivazione e caratterizzazione delle linee cellulari iPS	analisi di microsatelliti (STR) contaminazione da micoplasma e virus saggi di proliferazione saggi di sofferenza cellulare saggi di pluripotenza e differenziamento	Derivazione e caratterizzazione di sei linee di iPS neuronali e tre linee riprogrammate mediante transdifferenziamento cellulare Controllo di qualità di primo livello di tutte le cellule
	B	Caratterizzazione di secondo livello: stabilità cromosomica	Cariotipizzazione Comparative Genomic Hybridization array (aCGH)	Analisi dettagliato delle alterazioni genomiche delle nove linee derivate
	C	Caratterizzazione di terzo livello: epigenomica	Ideazione e realizzazione di iniziative per il "Fascination of Plants Day" 2014 e 2015 Consulenza per lo sviluppo di prodotti multimediali per la divulgazione nell'ambito di EXPO 2015	Incremento dell'alfabetizzazione scientifica della popolazione generale Dialogo fra scienziati e popolazione generale

## 2.2 Il partenariato

- **Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari (ISTM-CNR).** È stato fondato nel settembre 2000 ed afferisce al Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali. L'attività svolta presso l'ISTM copre tutti i settori più rilevanti delle scienze chimiche: dal modeling teorico e sperimentale, alla progettazione, sintesi e caratterizzazione di molecole e nanosistemi funzionali e allo sviluppo di nuove tecnologie per la chimica, la scienza dei materiali, e la salvaguardia del patrimonio culturale. ISTM promuove e partecipa a numerosi progetti di ricerca che hanno ottenuto finanziamenti sia pubblici (progetti regionali, PRIN, FIRB, accordi bilaterali di cooperazione scientifica, network di eccellenza, progetti europei) che privati (Fondazione CARIPLO, contratti con industrie). Le competenze riguardanti progettazione, sintesi e caratterizzazione di molecole e nanosistemi funzionali caratterizzano il coinvolgimento dell'Istituto nella realizzazione di piattaforme tecnologiche per la sintesi di nanosistemi teranostici complessi basati su nanocristalli inorganici (anche eterostrutturati) ricoperti di molecole organiche funzionalizzanti e bio-attive. ISTM possiede, inoltre, un ampio parco strumentale che copre le tecniche della chimica analitica classica ma è soprattutto caratterizzato dalla piattaforma di nanocaratterizzazione necessaria per lo sviluppo razionale di nanosistemi.
- **Istituto di Ricerca Genetica e Biomedica (IRGB-CNR).** È costituito dalla sua sede principale in Sardegna e da una Unità Operativa di Supporto a Milano (UOS-IRGB) che è la parte coinvolta nel progetto RSPPTTECH. Le principali competenze della UOS-IRGB di Milano sono genetica delle malattie monogeniche e poligeniche e l'utilizzo della tecnologie di riprogrammazione di cellule somatiche umane (iPS) per la medicina rigenerativa. Ricercatori della UOS-IRGB partecipano a numerosi progetti di ricerca (EC, FIRB, metadistretto-Lombardia, PRIN) e hanno ottenuto finanziamenti specifici per gli studi sulle cellule staminali partecipando ad un network di eccellenza europeo sulle cellule pluripotenti murine e umane neuronali. Il coinvolgimento della UOS-IRGB nel progetto RSPPTTECH consiste nella realizzazione di una piattaforma per la derivazione, la caratterizzazione e il bancaggio di cellule staminali pluripotenti umane. Utilizzerà vettori di riprogrammazione-transdifferenziazione privi di tossicità e biologicamente inerti in collaborazione con ISTM che, con la sua piattaforma, svilupperà nanoparticelle utili nel tracciare il destino, *in vitro* ed *in vivo*, delle cellule staminali oltre che utilizzare le stesse come trasportatori intracellulari.

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>ISTM</b>	<b>UOS_IRGB</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	191.325,00	334.223,40	525.548,40
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	200.000,00	278.519,50	478.519,50
Spese di formazione	0,00	0,00	0,00
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	0,00	0,00	0,00
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	89.285,00	164.940,25	254.225,26
Spese di pubblicizzazione	6.377,00	0,00	6.377,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	33.365,00	152.571,97	185.936,97
Spese generali	117.398,00	183.822,87	301.220,87
<b>TOTALE</b>	<b>637.750,00</b>	<b>1.114.078,00</b>	<b>1.751.828,00</b>

Valori in euro.



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

I prodotti scientifici attesi dell'attività progettuale sono:

1. Pubblicazioni, nel rispetto della proprietà intellettuale generata, su riviste scientifiche ISI con referee internazionali e su riviste di settore nazionali e divulgative (non ISI).
2. Presentazioni a convegni nazionali ed internazionali, nel rispetto della proprietà intellettuale generata, dei risultati derivanti dalle attività scientifiche progettuali nonché delle piattaforme tecnologiche e del loro utilizzo.
3. Costituzione di un sito web specifico delle caratteristiche e delle modalità di utilizzo delle piattaforme originate dal presente progetto allo scopo di creare una community di soggetti, anche esterni al partenariato, interessati alla tematica.
4. Svolgimento di attività di formazione per il personale appartenente a soggetti interessati all'utilizzo delle piattaforme tecnologiche sviluppate.
5. Organizzazione di un workshop finale autonomo o all'interno di eventi tematici internazionali per la presentazione dei risultati ottenuti.
6. Sviluppo di corsi e seminari sui temi trattati, anche all'interno di programmi formativi già in essere quali scuole di dottorato e specializzazione, per sfruttare le competenze in seno ai partner nonché la consolidata attività formativa degli organismi di ricerca coinvolti. Al fine di incentivare ulteriormente la diffusione della conoscenza acquisita, le attività formative saranno aperte anche a partecipanti esterni (Imprese e Università con cui i partner intrattengono rapporti di collaborazione).

Le occasioni di disseminazione descritte saranno anche occasione per sottolineare il ruolo che l'ente finanziatore avrà nello sviluppo del Progetto, anche per la sua capacità di promuovere iniziative volte alla cura degli aspetti trasversali connessi al raggiungimento dei risultati previsti. In tale ottica tutte le iniziative promozionali e divulgative saranno votate anche a sottolineare il ruolo della Regione e del CNR.

### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

1. Piattaforma tecnologica multidisciplinare per la sintesi di nanosistemi diagnostici/teranostici *on demand* costituiti da nanoparticelle di natura inorganica coniugate a molecole attive mediante linker ottimizzati utilizzando un approccio *grafting-to*. La piattaforma tecnologica realizza nanosistemi stabili *in vivo*, rilevabili con una o più metodologie di imaging diagnostico, terapeuticamente attivi e dotati di targeting attivo verso il bersaglio diagnostico-terapeutico.
2. Nanosistemi medicali con lunga clearance *in vivo*. (I) Nanosistema multidiagnostico con lunga clearance *in vivo* costituito da nanoparticelle core-shell ferrite@oro stabilizzate con HS-PEG-OMe. Funzionalità diagnostiche: 1) agente di contrasto per risonanza magnetica MRI (core magnetico ferritico); 2) agente di contrasto per tomografia a raggi X CT (shell di oro). (II) Nanosistema diagnostico dotato di targeting attivo costituito da nanoparticelle eterostrutturate (core magnetico ferritico decorato da isole di oro) funzionalizzate con HS-PEG-RGD. Il residuo peptidomimetico contenente la sequenza RGD esplica la funzione di targeting attivo verso le integrine, recettori di trans membrana coinvolti nell'angiogenesi, progressione e metastasi tumorale; (III) Nanosistema diagnostico/teranostico dotato di targeting attivo costituito da nanoparticelle magnetiche di ferrite funzionalizzate con un derivato PEG-ilato del frammento Fab dell'anticorpo monoclonale Trastuzumab. Quest'ultimo dona al nanosistema la funzionalità di targeting attivo verso l'antigene che è il recettore HER2 sovraespresso in tumori al seno e adenocarcinomi dello stomaco o della giunzione gastro-esofagea. Il Trastuzumab Fab esplica anche funzione terapeutica perché modifica la proliferazione cellulare delle cellule bersaglio.
3. Prototipo sperimentale di piattaforma tecnologica di avanguardia, per le iPS, che possa facilmente inserirsi ad alto livello nel processo evolutivo dell'industria farmaceutica attualmente in corso in campo europeo e globale. Si svilupperanno i seguenti servizi: acquisizione, caratterizzazione, controlli di qualità, crioconservazione e distribuzione di linee pluripotenti umane in aggiunta a nuovi prodotti e servizi richiesti dal mercato farmaceutico in ambito Nazionale, Europeo e Internazionale.

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

Le attività di ricerca e sviluppo del progetto RSPPTTECH sono di carattere e interesse trasversale afferendo a una vasta area tuttora presidiata validamente da una consistente industria italiana, e in particolare lombarda, operante in questi settori. Le attività del presente progetto si collocano nella grande area di interesse scientifico, tecnologico ed economico rappresentata dai settori chimico, farmaceutico e biotecnologico con rilevanti interessi trasversali nei settori identificati nel bando della Regione Lombardia a cui il progetto afferisce. Come segnalato nei recenti documenti programmatici della Regione Lombardia, è necessario porre in essere strategie di integrazione tra il sistema ricerca e il sistema produttivo, mettendo a punto un modello di sviluppo che promuova programmi di ricerca, il trasferimento degli esiti della ricerca alle imprese e la formazione del capitale umano impegnato nell'intero processo. In particolare il presente progetto si pone come obiettivo di porre a disposizione di ricercatori pubblici e di aziende private una serie di tecnologie e servizi non altrimenti disponibili in modo coordinato e strutturato in Lombardia e in Italia e di rappresentare un punto di riferimento per la collaborazione con industrie high-tech dei settori indicati sia a livello nazionale che internazionale. Importante risulta la prevista collaborazione con il progetto JRU-OPENSREEN-IT promosso e coordinato con 18 centri europei dalla UE.

Le attività previste saranno sviluppate da due tra i più grandi istituti CNR operanti a Milano e aventi particolari competenze e importanti esperienze pregresse nella collaborazione pubblico-privato. Esse tendono a qualificarsi nell'area dello sviluppo di nuovi prodotti, processi e servizi, particolarmente nei seguenti settori:

- (i) Progettazione e sintesi di nanosistemi costituiti da nanoparticelle di natura inorganica coniugate a molecole attive per applicazioni mediche.
- (ii) Sviluppo di nuovi metodi di produzione, caratterizzazione e conservazione di cellule utili allo studio dell'attività e della tossicità di farmaci.

Il progetto si propone non solo di sviluppare attività di ricerca avanzata in questi settori attraverso la diretta collaborazione con PMI lombarde, proseguendo nella collaborazione tra CNR e Regione Lombardia finanziata nell'ambito del primo "Accordo Quadro tra Regione Lombardia e CNR" ma anche di sviluppare e mettere a disposizione di un vasto arco di settori produttivi, in particolare PMI, una serie di piattaforme tecnologiche non facilmente accessibili nei settori nanotecnologico, chimico, biotecnologico e farmaceutico nazionale e lombardo. Come è noto, la crescita innovativa e la competitività sul piano internazionale dipendono dai sistemi di infrastrutture flessibili e modulabili che ogni territorio è in grado di mettere a disposizione degli operatori del settore per supportare e valorizzare i punti di forza del tessuto socioeconomico e minimizzare le limitazioni e debolezze. Il progetto presentato intende fornire un contributo significativo in que-

sta direzione e si inquadra, come accennato, nell'ambito delle priorità di ricerca della Regione Lombardia perseguite con l'istituzione di Distretti industriali e di Cluster Tecnologici.

La convergenza di approcci scientifici e tecnologici di alto livello rende la piattaforma tecnologica di avanguardia per le iPS sviluppata nel progetto RSPPTTECH una piattaforma unica e quindi competitiva nel panorama internazionale e che può facilmente inserirsi ad alto livello nel processo evolutivo dell'industria farmaceutica attualmente in corso in campo europeo e globale. L'impatto potenziale dei risultati positivi del progetto sarebbe molto rilevante, perché permetterebbe alle aziende biotech e farmaceutiche Lombarde di potersi approvvigionare localmente dei prodotti e servizi sviluppati dal progetto senza dover importare gli stessi prodotti dall'estero (probabilmente con costi superiori) e permetterebbe alle stesse aziende di accorciare il loro *time-to-market* realizzando eventualmente anche delle sinergie significative in questo settore.

I risultati di questo progetto potrebbero essere un'ottima opportunità per altre aziende biotech del settore e ad altri centri Universitari di entrare in questo mercato innovativo in grande espansione, per la produzione di linee cellulari iPS paziente-specifiche. Il valore del mercato di screening nel 2007 è stato stimato a 10 MLD \$ ed in crescita del 14.4 % con una proiezione sui ricavi di 25.65 MLD \$ nel 2014. Il processo di *drug discovery* si collocava all'epoca del report su una curva di crescita molto ripida sia rispetto al numero di composti e target da sottoporre a screening che per la richiesta di aumento della complessità nelle procedure di test. Il potenziale di mercato di questa piattaforma risiede anche nella tendenza delle industrie farmaceutiche non solo ad esternalizzare progetti ma anche a stabilire alleanze strategiche con strutture proprietarie di piattaforme tecnologiche e partecipare nelle ultime fasi del loro sviluppo. Ad oggi, non ci sono aziende sul territorio Lombardo specializzate nella acquisizione, caratterizzazione, controllo di qualità, crioconservazione e distribuzione di linee cellulari iPS altamente standardizzate per essere utilizzate dalle aziende farmaceutiche per screening di farmaci o test tossicologici. Attualmente, le linee cellulari iPS vengono prodotte da diversi laboratori di ricerca universitari, ma nessuno di questi laboratori ha la capacità di poter produrre linee cellulari iPS di alta qualità e standardizzate per essere utilizzate dalle industrie farmaceutiche Italiane ed Estere in quantità sufficienti per studi significativi.

Da un punto di vista socio-economico locale e per sottolineare l'importanza strategica degli obiettivi perseguiti dal presente progetto, si segnala che in Italia la presenza dell'industria chimico-farmaceutica è fortemente concentrata in cinque Regioni (Lombardia, Lazio, Toscana, Emilia Romagna, Veneto) che da sole determinano quasi il 90% dell'occupazione totale di questo settore. La Lombardia con 172 imprese e 304 stabilimenti (quasi il 90% dei quali ha sede in provincia di Milano) è la prima regione in Italia per numerosità degli addetti, per spese in R&S e per numerosità degli studi clinici (2032, il 58,5% del totale – Milano è la prima provincia italiana per numerosità degli studi clinici). Il contributo del settore farmaceutico allo sviluppo della Lombardia può essere riassunto dai seguenti dati: oltre 34.000 occupati (46,3%) di cui circa 2.800 in R&S e 375 milioni di euro in investimenti per R&S.

Dai dati sopra riportati si evince come l'industria chimico-farmaceutica abbia un peso rilevante per l'industria lombarda per quanto riguarda l'occupazione totale e un'importanza anche maggiore per valore aggiunto, investimenti, R&S. Anche il settore delle nanoscienze e dei nano materiali è particolarmente presente nella Regione Lombardia e oggetto di una pluralità di progetti di finanziamento e sostegno da parte della nostra Regione e delle Fondazioni bancarie.

In Lombardia hanno sede 31 Centri di Ricerca aziendali, oltre il 40% di quelli dichiarati dalle Aziende associate alle indagini di Farmindustria. Inoltre vi ha sede il 33% delle 222 imprese biotecnologiche presenti in Italia (Dati Blossom Associati-Assobiotec), con un fatturato specifico di circa 1,8 miliardi di euro nel 2006 e circa 10.000 occupati, 40% del settore biotecnologico.

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Il piano finanziario del progetto RSPPTech non prevede l'acquisto di nuova strumentazione o nuove infrastrutture e, in questo senso, non incrementerà la dotazione tecnologica territoriale. Tuttavia, quest'ultima sarà sicuramente potenziata per via dello svolgimento delle attività progettuali da parte degli Istituti CNR, dell'assegnazione e del compimento dei Contratti di Ricerca con le PMI operanti in Lombardia presso il Polo Scientifico "Dulbecco" di Via Fantoli 16/15, Milano e dell'assunzione e formazione di Personale di ricerca con contratto o assegno a tempo determinato. Infatti, data la compresenza degli Istituti CNR e delle PMI nella medesima sede, viene data la possibilità di un'effettiva condivisione delle risorse infrastrutturali e strumentali anche al di là delle obbligazioni derivanti dai Contratti di Ricerca. Ciò di fatto amplia enormemente il parco strumentale a disposizione degli attori del presente progetto per tutta la durata dello stesso e porta benefici, non solo dal punto di vista dell'efficacia e ampiezza della ricerca scientifica progettuale, ma anche dal punto di vista della formazione del Personale di Ricerca a tempo determinato che ha la possibilità di apprendere *hands-on* le varie metodologie strumentali sotto la guida di personale specializzato e di lunga esperienza. Questa rete di condivisione delle risorse infrastrutturali e strumentali permarrà anche dopo la conclusione dell'attività progettuale in corso rendendo così permanente l'ampliamento "efficace" della dotazione tecnologica sia degli Istituti CNR che delle PMI coinvolte sia per quanto riguarda l'attività scientifica futura che per l'attività di formulazione di proposte progettuali condivise e di fund raising in generale.

## 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

Gli istituti CNR ISTM e IRGB (UOS Milano) operano presso il Polo Scientifico "Dulbecco" di Via Fantoli 16/15, Milano e qui condividono competenze, infrastrutture, strumentazioni e programmi con un complesso di PMI collocate nella stessa sede. Le PMI che parteciperanno al presente progetto saranno finanziate attraverso specifici contratti nell'ambito massimo del 20% dei costi previsti dal presente bando e porranno a disposizione degli Istituti CNR specifiche competenze, infrastrutture e strumentazioni di particolare impatto, unicità, costo. Le PMI che partecipano al presente progetto sono state riconosciute come "Infrastruttura di interesse europeo" nell'ambito del programma "JRU-OPENSCREEN.IT" e sono rappresentate da:

1. CISI srl: è una società consortile a responsabilità limitata, senza finalità di lucro, che ha come soci UniMi (25%), il C.N.R. (24%), il Consorzio Italtotech (25%) e la Fondazione

Dulbecco (26%). Gli enti pubblici partecipano a CISI srl per fornire il supporto scientifico e la guida programmatica alle attività di ricerca applicata e contribuiscono a generare opportunità per nuovi progetti fornendo anche una possibilità di utilizzo per i risultati della ricerca, secondo i propri fini istituzionali. CISI srl opera nei settori Sintesi Organica e Chimica Analitica e Bioanalitica.

2. Integrated Systems Engineering srl (ISENET) è una microimpresa tecnologicamente all'avanguardia nelle attività di ricerca nel settore della biologia cellulare e molecolare. Opera su due tematiche fondamentali: (i) *Cell Banking*: raccolta, bancaggio e distribuzione di cellule staminali iPS per Drug Screening; (ii) sviluppo di strumentazione nel settore di *Tissue e Cell Microarray* utilizzati per studi di ricerca dei tumori e/o supporto alle diagnosi dei centri di anatomia patologica ospedalieri. In questo progetto fornisce supporto e servizio al UOS-IRGB per la piattaforma di genomica, epigenomica e biobanking.
3. Bioker srl, una azienda innovativa operante a Milano, nella stessa sede di Via Fantoli 16/15, in Sardegna e in Campania, attiva nella ricerca e sviluppo di proteine ricombinanti e biosimilari. In questo progetto Bioker fornirà all'unità ISTM i frammenti Fab per la funzionalizzazione di nanoparticelle e testerà *in vitro* i nanositsemi funzionali.
4. Fornirà un indispensabile supporto con i suoi laboratori Multimedica IRCCS, un Istituto riconosciuto e sotto la vigilanza del Ministero della Salute che porrà a disposizione infrastrutture, competenze e strumentazioni.

# SUSCHEM LOMBARDIA

Ricerca e sviluppo di prodotti e piattaforme tecnologiche  
per la competitività dell'industria lombarda

Hanno collaborato alla stesura del capitolo i seguenti Autori:

**Laura Boggioni**

Istituto per lo Studio delle Macromolecole (ISMAC)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Daniela Monti**

Istituto di Chimica del Riconoscimento Molecolare (ICRM)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Nicoletta Ravasio**

Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari (ISTM)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo	<b>SUSCHEM LOMBARDIA</b> Prodotto e processi chimici sostenibili per l'industria lombarda
Logo	
Sito web	<a href="http://">http://</a> (in costruzione)
Parole chiave	<i>Processi chimici sostenibili, fonti rinnovabili, biopolimeri, processi multi-enzimatici</i>
Responsabile scientifico	Laura Boggioni Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali (DSCTM) Istituto per lo Studio delle Macromolecole (ISMALC) Tel. 02 2369 9748 E-mail: <a href="mailto:boggioni@ismac.cnr.it">boggioni@ismac.cnr.it</a>
Data di avvio	25/07/2013
Durata	24 mesi
Costo totale	€ 1.469.302,00

# 1 Inquadramento del progetto

## 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

Il progetto SusChem Lombardia si propone di sviluppare **prodotti e processi chimici innovativi e sostenibili** di interesse per **l'industria chimica lombarda**, a partire **da fonti rinnovabili di seconda e terza generazione**. Il progetto si inserisce quindi nello scenario di sviluppo della **chimica verde**, definita come "lo sviluppo di tecnologie di trasformazione di biomasse di seconda e terza generazione (biomasse 'sostenibili non food') in energia e chimica verde".

L'introduzione di nuove tecnologie nell'industria, in particolare nella PMI, rappresenta una delle strade che anche l'Unione Europea incoraggia nell'ambito del programma Horizon 2020 al fine di conservare o guadagnare un significativo vantaggio competitivo rispetto agli altri mercati. Le soluzioni proposte per sviluppare prodotti e processi chimici innovativi e sostenibili sono:

- 1) **Sviluppo di processi sostenibili che prevedano l'uso di catalizzatori eterogenei o enzimatici** in reazioni chiave utilizzate in sintesi organica (ad esempio amminazione, epossidazione e addizione ad epossidi) adatti a preparare un pool di intermedi da utilizzare per l'ottenimento di prodotti diversificati di interesse sia per la chimica specialistica che per quella dei polimeri.
- 2) **Sviluppo di processi e prodotti ecocompatibili che introducano l'acqua come solvente di reazione**. L'acqua è un mezzo di reazione molto attraente, ecologico, non tossico e non infiammabile, relativamente poco costoso e con elevata capacità termica. La polimerizzazione delle olefine con catalisi Ziegler-Natta in emulsione acquosa è a tutt'oggi poco studiata e rappresenta una delle sfide più impegnative della ricerca sui polimeri.
- 3) **Sviluppo di processi multi-enzimatici e chemo-enzimatici innovativi**. La sostenibilità di un processo chimico può dipendere largamente dal numero di passaggi sintetici e di purificazione degli intermedi di reazione. Per rendere i processi di interesse maggiormente competitivi, si studierà l'accoppiamento di diversi passaggi di reazione in sistemi *one-pot* e a cascata.
- 4) **Sviluppo della sintesi di polimeri da monomeri da fonti rinnovabili**. Per preservare le risorse fossili alle future generazioni e ridurre l'inquinamento è di grandissimo interesse industriale la ricerca verso polimeri e materiali *environmentally friendly*. L'uso di monomeri da fonti rinnovabili è considerata un'alternativa "green" nella scienza dei polimeri.
- 5) **Sviluppo di processi innovativi per la modifica selettiva di polimeri naturali e non**. Polimeri naturali da fonti rinnovabili possono essere selettivamente modificati dagli enzimi per aumentarne la solubilità in acqua oppure in modo da generare gruppi reattivi (p. es., aldeidi, carbossili) successivamente funzionalizzabili. Inoltre, polimeri naturali modificati da fonti rinnovabili (p. es., idrossietilcellulose) o polimeri sintetici (p. es., poli-acrilati) possono essere sottoposti a derivatizzazione con molecole con proprietà biocide, per conferire proprietà antimicrobiche ed aumentarne la biostabilità. Il progetto SusChem Lombardia si pone l'obiettivo fondamentale di rispondere con efficacia e coerenza alla

politica regionale e comunitaria di elevamento delle conoscenze destinate all'incremento della competitività del sistema produttivo nell'ambito della chimica verde. Il concetto di Chimica Sostenibile riguarda un'area di innovazione volta a preservare le risorse e a promuovere lo sviluppo nell'industria chimica di processi che prevengano emissioni significative e l'eccessivo consumo di energia e materiali. L'obiettivo è quindi quello di sviluppare nuovi processi che usino reagenti meno pericolosi e generino prodotti di elevata qualità dal punto di vista ambientale, producendo pochi o nessuno scarto, preferibilmente utilizzando materie prime da fonte rinnovabile. Uno degli strumenti più potenti a disposizione dei chimici per raggiungere un obiettivo tanto ambizioso è la catalisi e proprio il ruolo dei processi catalitici nella riduzione del fattore ambientale E (kg di scarto per kg di prodotto) nelle sintesi organiche è valso il Premio Nobel per la Chimica a R. Heck, E. Negishi e A. Suzuki nel 2010.

Un altro pilastro della chimica verde è costituito dalle biotecnologie industriali, cosiddette *white technology*, ovvero dallo sfruttamento dei processi biocatalizzati e fermentativi. Gli enzimi sono, infatti, facilmente ottenibili da fonti naturali e sono biocompatibili per definizione; operano in condizioni molto blande, di solito in acqua ed a temperatura ambiente, con notevole risparmio energetico e possono essere facilmente recuperati e riciclati.

Il progetto SusChem Lombardia si propone di rafforzare una rete di competenze e di metterle a disposizione dell'innovazione tecnologica in due settori fondamentali del tessuto industriale lombardo: quello della produzione di farmaci generici e di materiali polimerici, termoplastici ed elastomerici, soprattutto per packaging e pneumatici. Il primo settore trarrebbe un vantaggio competitivo dall'introduzione di metodologie di sintesi pulite in un settore dove è scaduta la protezione brevettuale, il secondo dalla produzione di materiali nuovi derivati da fonte rinnovabile. È inoltre opportuno rilevare come il settore dei bio-materiali sia ritenuto dalla CE come uno dei più adatti alla creazione di nuovi posti di lavoro (The Lead Market Initiative for Bio-based Products, Final Report, nov.2011).

Nello specifico SusChem Lombardia si propone di :

1. Produrre ed ottimizzare biocatalizzatori
2. Preparare sintoni chirali mediante processi catalitici innovativi
3. Preparare monomeri da molecole piattaforma provenienti da fonte rinnovabile
4. Sintetizzare nuovi catalizzatori mono e bimetallici a base di metalli *late* con chelanti di tipo anionico per la (co)polimerizzazione di olefine in ambiente acquoso
5. Utilizzare monomeri di origine naturale per la produzione di polimeri biocompatibili e/o biodegradabili.

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

Il Progetto è strutturato in numerose fasi interdipendenti (WP), così descritte:

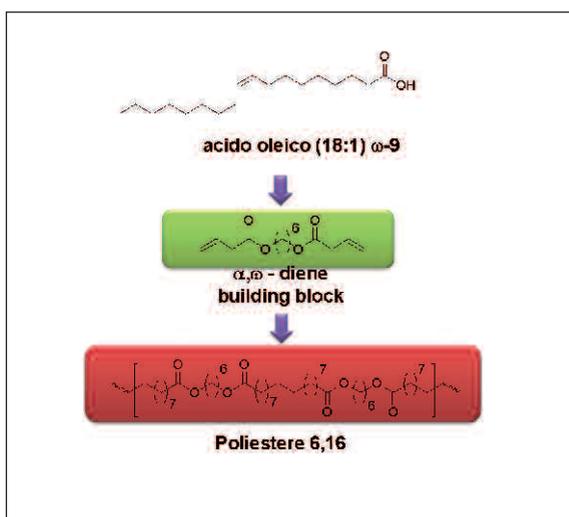
#### WP1. Produzione ed ottimizzazione dei biocatalizzatori

- 1a) *Produzione di enzimi ricombinanti.* Produzione di attività enzimatiche in forma ricombinante in sistemi di espressione eterologhi a partire dalle corrispondenti sequenze geniche.
- 1b) *Miglioramento degli enzimi ricombinanti.* Studio con metodi computazionali di reazioni biocatalizzate selezionate al fine di migliorare le performance enzimatiche.

#### WP2. Preparazione di sintoni chirali mediante processi catalitici innovativi

- 2a) *Preparazione di sintoni chirali con tecnologie biocatalitiche.* Utilizzo di attività transaminasiche ed epossido idrolasiche prodotte nel WP1 per la sintesi asimmetrica di ammine primarie da chetoni e la risoluzione cinetica di epossidi a dare dioli otticamente arricchiti.
- 2b) *Preparazione di sintoni chirali con catalizzatori supportati.* Studio di catalizzatori organici/metallorganici coniugati a nanoparticelle magnetiche, da utilizzare in reazioni stereoselettive di aminazione, epossidazione e addizione ad epossidi.

► **Fig. 1** Struttura tridimensionale di una nuova epossido idrolasi enantioselettiva utilizzabile per la preparazione di sintoni chirali





◀ **Fig. 2** Analisi della specificità di substrato di nuove epossido idrolasi nella sintesi di dioli otticamente arricchiti

#### WP3. Preparazione di molecole piattaforma

- 3a) *Preparazione di ammidi da acidi ed ammine.* Studio della preparazione di ammidi da acido succinico ed ammoniaca mediante catalizzatori solidi acidi.
- 3b) *Riduzione di ammidi ad ammine.* Studio della riduzione delle ammidi ottenute nel WP3a a diammine con catalizzatori solidi a base di metalli non nobili supportati in condizioni di idrogenazione.
- 3c) *Preparazione diretta di ammine da acidi ed ammine.* Messa a punto in unico stadio delle due reazioni studiate nei WP3a e 3b utilizzando catalizzatori bifunzionali in grado di promuovere sia la reazione di condensazione che quella di riduzione.
- 3d) *Preparazione di oli ad alto contenuto di acido oleico per reazioni di tipo ADMET.* Ottimizzazione, con catalizzatori solidi a base di rame, della reazione di idrogenazione selettiva di oli vegetali non-food per la preparazione di oli ad altissimo contenuto di acido oleico da utilizzare per reazioni di tipo ADMET descritte nel WP6a.
- 3e) *Epossidazione selettiva di monomeri dienici.* Epossidazione selettiva a monoepossidi di monomeri con catena di lunghezza variabile contenenti due doppi legami catalizzatori eterogenei.

#### WP 4. Reazioni catalizzate da sistemi multi-enzimatici e chemo-enzimatici

- 4a) *Processi multienzimatici.* Studio di sistemi *one-pot* o a cascata comprendenti diversi biocatalizzatori, per la generazione *in situ* dei substrati e la rimozione dei prodotti secondari.
- 4b) *Reazioni a cascata chemo-enzimatiche.* Preparazione di ammine mediante *i)* approccio combinato di catalizzatori solidi di deidrogenazione ed enzimi per la Risoluzione Cinetica Dinamica (DKR) di ammine. Nell'ipotesi di successo di questa reazione si

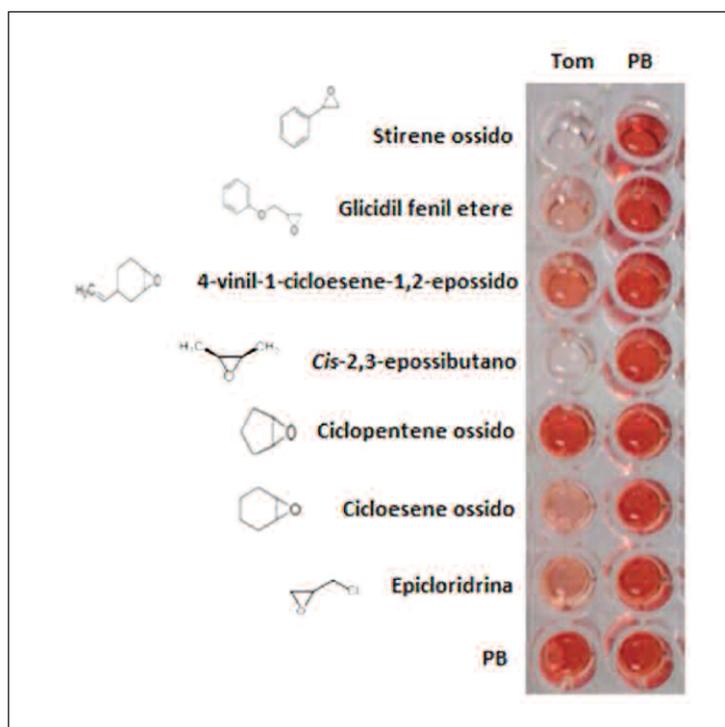
proseguirà con uno *ii*) studio della possibilità di preparare ammine chirali attraverso il processo a cascata *one-pot* di aminazione riduttiva-DKR.  
Preparazione di dioli chirali abbinando l'utilizzo di catalizzatori di epossidazione eterogenei (a base di Ti, Nb, Fe o Cu) con l'uso di enzimi per la reazione di apertura degli epossidi.

*WP 5. Nuovi catalizzatori a base di nickel e palladio con leganti chelanti di tipo anionico per la (co)polimerizzazione di olefine in ambiente acquoso*

- 5a) *Sintesi di nuovi catalizzatori mono e bimetallici a base di nickel e palladio con chelanti di tipo anionico per la (co)polimerizzazione di olefine in ambiente acquoso.*
- 5b) *Polimerizzazione catalitica in emulsione acquosa.* I nuovi catalizzatori saranno studiati nella omopolimerizzazione e copolimerizzazione di olefine,  $\alpha$ -olefine, cicloolefine, e monomeri vinilici polari in fase acquosa per la sintesi di lattici polimerici.
- 5c) *Modelling e caratterizzazione dei catalizzatori e dei polimeri.* Caratterizzazione strutturale e cristallografica dei catalizzatori e microstrutturale, molecolare e termica dei polimeri sintetici.

► **Fig. 3**

Schema di conversione dell'acido oleico nel poliestere 6,1



*WP 6. Utilizzo di monomeri di origine naturale per la produzione di polimeri biocompatibili e/o biodegradabili*

- 6a) *Sintesi di polimeri da unità monomeriche da fonti rinnovabili.* Sintesi di dieni come *building block* per produzione di poliesteri mediante polimerizzazione ADMET.
- 6b) *Sintesi di polimeri da unità monomeriche piattaforma.* Polimerizzazione dei monomeri sintetizzati nel WP3 mediante l'utilizzo della tecnologia a microonde.
- 6c) *Caratterizzazione dei polimeri sintetizzati nei WP6a e 6b con tecniche NMR, GPC e DSC.*

*WP 7. Modifica selettiva di polimeri naturali e non*

- 7a) *Modifica di polimeri a base diolefinica.* Studio della reazione di epossidazione con catalisi eterogenea di polimeri contenenti doppi legami in catena per introdurre gruppi funzionali.
- 7b) *Modifica biocatalitica di polimeri.* Modifica biocatalizzata di polimeri naturali da fonti rinnovabili per aumentarne la solubilità in acqua e/o introdurre gruppi reattivi, successivamente funzionalizzabili con gruppi acilici o acrilici e funzionalizzazione con molecole con proprietà biocide.
- 7c) *Caratterizzazione molecolare, reologica e termica* dei polimeri modificati.

*WP 8. Coordinamento e gestione del Progetto di Ricerca*

- 8a) Organizzazione di incontri periodici tra i responsabili delle singole attività e valutazione dei risultati parziali mediante rapporti tecnici.
- 8b) Monitoraggio dei livelli di efficacia e di efficienza.
- 8c) Valutazione delle criticità ed eventuale intervento attraverso azioni correttive per poter garantire il raggiungimento dei risultati previsti.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	WP 1a	Produzione di enzimi ricombinanti	Produzione di attività enzimatiche di interesse per le applicazioni descritte nelle fasi successive (WP2, 4 e 7) in forma ricombinante in sistemi di espressione eterologhi?, ad esempio in <i>Escherichia coli</i> , a partire dalle corrispondenti sequenze geniche e purificate	Produzione ed ottimizzazione dei biocatalizzatori
	WP 1b	Miglioramento degli enzimi ricombinanti	Studio di reazioni biocatalizzate selezionate con metodi computazionali al fine di migliorare le performance enzimatiche mediante progettazione di varianti specificamente modificate, che verranno quindi prodotte mediante mutagenesi sito-diretta	Produzione ed ottimizzazione dei biocatalizzatori

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	WP 2a	Preparazione di sintoni chirali con tecnologie biocatalitiche	Utilizzo delle attività transaminasiche ed epossido idrolasiche prodotte nel WP1 per la sintesi asimmetrica di ammine primarie da chetoni e la risoluzione cinetica di epossidi a dare dioli otticamente arricchiti. Rese e selettività delle reazioni saranno valutate mediante analisi HPLC e GC, eventualmente su fase chirale, i prodotti ottenuti saranno caratterizzati mediante analisi NMR e di massa	Preparazione di sintoni chirali mediante processi catalitici innovativi
	WP 2b	Preparazione di sintoni chirali con catalizzatori supportati	Studio di catalizzatori organici/metallorganici coniugati a nanoparticelle magnetiche. Questi sistemi catalitici sono facilmente recuperabili dall'ambiente di reazione e quindi riciclabili. La componente organica del catalizzatore, da ancorare alla nanoparticella, sarà scelta in analogia con strutture già note di catalizzatori impiegati in fase omogenea. I sistemi catalitici e i prodotti verranno completamente caratterizzati (NMR, massa, TEM, FTIR, UV-Vis, ICP-OES, HPLC). La determinazione della configurazione assoluta dei prodotti o degli eventuali nuovi catalizzatori stereoselettivi verrà effettuata tramite XRD	Preparazione di sintoni chirali mediante processi catalitici innovativi

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP3	WP 3a	Preparazione di ammidi da acidi ed ammine	Studio della preparazione di ammidi da acido succinico ed ammoniaca mediante l'utilizzo di catalizzatori solidi acidi che consentano protocolli semplici privi di additivi o disidratanti	Preparazione di polimeri da molecole piattaforma
	WP 3b	Riduzione di ammidi ad ammine	Studio della riduzione delle ammidi ottenute nel wp3a alle corrispondenti diammine mediante l'utilizzo di catalizzatori solidi a base di metalli non nobili supportati in condizioni di idrogenazione	Preparazione di polimeri da molecole piattaforma
	WP 3c	Preparazione diretta di ammine da acidi ed ammine	Messa a punto delle due reazioni studiate nei wp3a e wp3b in unico stadio, utilizzando catalizzatori bifunzionali in grado di promuovere sia la reazione di condensazione che quella di riduzione	Preparazione di polimeri da molecole piattaforma
	WP 3d	Preparazione di acido alto oleico per reazioni ADMET	Ottimizzazione con catalizzatori solidi a base di rame della reazione di idrogenazione selettiva di oli vegetali non-food per la preparazione di acido altissimo-oleico da utilizzare per reazioni di tipo ADMET descritte nel wp6a	Preparazione di polimeri da molecole piattaforma
	WP 3e	Epossidazione selettiva di monomeri dienici	Epossidazione selettiva a monoepossidi di monomeri a catena di lunghezza variabile contenenti due doppi legami mediante catalizzatori eterogeni a base di Ti, Nb, Fe o W.	Preparazione di polimeri da molecole piattaforma

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP4	WP 4a	Processi multi-enzimatici	Studio di sistemi <i>one-pot</i> o a cascata comprendenti diversi biocatalizzatori, ad esempio deidrogenasi e transaminasi per la generazione in situ dei substrati e la rimozione dei prodotti secondari	Reazioni catalizzate da sistemi multi-enzimatici e chemo-enzimatici
	WP 4b	Reazioni a cascata chemo-enzimatiche	Preparazione di ammine mediante: 1. approccio combinato di catalizzatori solidi di deidrogenazione ed enzimi per la Risoluzione Cinetica Dinamica (DKR) di ammine. Nell'ipotesi di successo di questa reazione: 2. studio della possibilità di preparare ammine chirali attraverso il processo a cascata <i>one-pot</i> amminazione riduttiva-DKR. Preparazione di dioli chirali abbinando l'utilizzo di catalizzatori di epossidazione eterogenei (a base di Ti, Nb, Fe o Cu) con l'uso di enzimi per la reazione di apertura degli epossidi	Reazioni catalizzate da sistemi multi-enzimatici e chemo-enzimatici

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP5	WP 5a	Sintesi di nuovi catalizzatori	Sintesi di nuovi catalizzatori mono e bimetallici a base di nickel e palladio con chelanti di tipo anionico per la (co)polimerizzazione di olefine in ambiente acquoso	Nuovi catalizzatori a base di nickel e palladio con leganti chelanti di tipo anionico per la (co) polimerizzazione di olefine in ambiente acquoso
	WP 5b	Polimerizzazione catalitica in emulsione acquosa	Utilizzo dei catalizzatori preparati nel wp5a nella omo e (co)polimerizzazione di olefine, olefine, cicloolefine, e monomeri vinilici polari in fase acquosa per la sintesi di lattici polimerici	Nuovi catalizzatori a base di nickel e palladio con leganti chelanti di tipo anionico per la (co)polimerizzazione di olefine in ambiente acquoso
	WP 5c	Modeling e caratterizzazione dei catalizzatori e dei polimeri	Caratterizzazione strutturale e cristallografica dei catalizzatori e microstrutturale, molecolare e termica dei polimeri sintetici	Nuovi catalizzatori a base di nickel e palladio con leganti chelanti di tipo anionico per la (co)polimerizzazione di olefine in ambiente acquoso

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP6	WP 6a	Sintesi di polimeri da unità monomeriche da fonti rinnovabili	Sintesi di a,w-dieni come <i>building block</i> per produzione di poliesteri mediante polimerizzazione <i>acyclic diene metathesis polymerization</i> (ADMET)	Utilizzo di monomeri di origine naturale per la produzione di polimeri biocompatibili e/o biodegradabili
	WP 6b	Sintesi di polimeri da unità monomeriche piattaforma	I monomeri sintetizzate nel wp3 saranno polimerizzati mediante processi sostenibili che prevedono l'utilizzo della tecnologia a microonde	Utilizzo di monomeri di origine naturale per la produzione di polimeri biocompatibili e/o biodegradabili
	WP 6c	Caratterizzazione dei polimeri sintetizzati nei wp6a e wp6b	Caratterizzazione dei polimeri sintetizzati nel wp6a e wp6b mediante uso di Nuclear Magnetic Resonance, Gel Permeation Chromatography e Differential Scanning Calorimetry	Utilizzo di monomeri di origine naturale per la produzione di polimeri biocompatibili e/o biodegradabili

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP7	WP 7a	Modifica di polimeri a base dielef-nica	Studio della reazione di epossida-zione con catalisi eterogenea (si-stemi a base di Ti, Nb, V e W) su polimeri sintetizzati presso ISMAC in maniera tale da funzionalizzare direttamente strutture aventi doppi legami in catena per introdurre gruppi funzionali	Modifica selettiva di polimeri natu-rali e non
	WP 7b	Modifica biocatalitica di polimeri	Modifica biocatalizzata di polimeri naturali da fonti rinnovabili (es. cel-lulose, emicellulose, amidi, xantani) al fine di aumentarne la solubilità in acqua e/o introdurre gruppi reattivi (es. aldeidi, carbossili), successiva-mente funzionalizzabili con gruppi acilici o acrilici. Funzionalizzazione di polimeri natu-rali modificati o polimeri sintetici con molecole con proprietà biocide	Modifica selettiva di polimeri natu-rali e non
	WP 7c	Caratterizzazione molecolare, reolo-gica e termica	Caratterizzazione molecolare, reolo-gica e termica dei polimeri modifi-cati mediante spettrometro NMR, cromatografo GPCV con viscosime-tro e rifrattometro, difrattometro a raggi X (WAXD) e spettrometro SAXS, analisi termica DSC, TGA	Modifica selettiva di polimeri natu-rali e non

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP8	WP 8a	Gestione del progetto	Organizzazione di incontri periodici tra i responsabili delle singole attività e nella valutazione dei risultati parziali mediante rapporti tecnici che consentiranno un monitoraggio delle singole attività in tempi utili per accertare ogni possibile inconveniente	Coordinamento e gestione del Progetto di Ricerca
	WP 8b	Gestione del progetto	Monitoraggio dei livelli di efficacia e di efficienza (raggiungimento dei risultati scientifici e loro diffusione, rilevazione del rapporto tra i mezzi e le risorse impiegate e i risultati raggiunti)	Coordinamento e gestione del Progetto di Ricerca
	WP 8c	Gestione del progetto	Valutazione delle criticità ed eventuale intervento attraverso azioni correttive per poter garantire il raggiungimento dei risultati previsti.	Coordinamento e gestione del Progetto di Ricerca

## 2.2 Il partenariato

I partner del progetto sono tre istituti milanesi del Consiglio Nazionale delle Ricerche afferenti al Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali:

- **Istituto per lo Studio delle Macromolecole (ISMAC-CNR).** È internazionalmente riconosciuto per la sua attività di ricerca nel campo della Scienza dei Polimeri ed è attualmente uno dei centri di eccellenza scientifica italiani nel settore delle Scienze e Tecnologie Macromolecolari. Per le sue competenze ISMAC contribuisce alla realizzazione dei WP5, 6 riguardanti rispettivamente la polimerizzazione di monomeri da fonti rinnovabili e lo sviluppo delle polimerizzazioni in fase acquosa e in modo complementare a ISTM e ICRM alla realizzazione del WP7 riguardante la modifica dei polimeri. In particolare, il coinvolgimento di ISMAC in questo progetto è fortemente motivato dall'interesse per la ricerca nell'ambito della chimica sostenibile e alla produzione di materiali polimerici *environmentally friendly*.
- **Istituto di Chimica del Riconoscimento Molecolare (ICRM-CNR).** L'attività dell'ICRM riguarda la chimica del riconoscimento molecolare che può essere definita come un'area multidisciplinare che studia i principi e le forze che regolano la biospecificità ed il bioriconoscimento a livello molecolare, coinvolgendo competenze di chimica organica, bioorganica e computazionale, biochimica e biotecnologia. Il coinvolgimento dell'ICRM in questo progetto è motivato dall'interesse per la ricerca nell'ambito delle Biotecnologie Industriali che coinvolgono l'impiego di metodologie chimiche e biotecnologiche per la produzione di composti di interesse chimico-farmaceutico, alimentare, ambientale e biomedico. Le seguenti competenze potranno essere indirizzate alle finalità del progetto per la realizzazione dei WP1 e WP2a e in modo complementare a ISTM e ISMAC alla realizzazione del WP7.
- **Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari (ISTM-CNR).** L'attività dell'ISTM riguarda il modelling teorico e sperimentale di sistemi molecolari e nanostrutturati, nella progettazione, sintesi e caratterizzazione di molecole funzionali e lo sviluppo e applicazione di nuove tecnologie alla chimica, alla scienza dei materiali, all'informatica, alle telecomunicazioni e alla salvaguardia del patrimonio culturale. Il coinvolgimento dell'ISTM in questo progetto consiste nella sintesi di ammine attraverso amminazione riduttiva di chetoni, nella epossidazione selettiva su catalizzatori eterogenei supportati e nell'utilizzo di materie prime da fonti rinnovabili quali oli vegetali non food e in particolare alla realizzazione dei WP2b, 3 e 4b che riguardano la sintesi di ammine ed epossidi sia in forma racemica che chirale e soprattutto da materie prime rinnovabili e in modo complementare a ISMAC e ICRM al WP7a riguardante la modifica dei polimeri.

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>ISMAC</b>	<b>ICRM</b>	<b>ISTM</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	126.000,00	173.930,00	121.000,00	420.930,00
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	161.000,00	188.070,00	188.000,00	537.070,00
Spese di formazione	4.000,00	6292,00	4.000,00	14.292,00
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	0,00	4.235,00	0,00	4.235,00
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	0,00	0,00	0,00	0,00
Spese di pubblicizzazione	2.420,00	3.388,00	2.420,00	8.228,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	65.246,83	95.253,00	36.647,17	197.147,00
Spese generali	86.100,00	108.600,00	92.700,00	287.400,00
<b>TOTALE</b>	<b>444.766,83</b>	<b>579.768,00</b>	<b>444.767,17</b>	<b>1.469.302,00</b>

Valori in euro.



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

I prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale consisteranno nella:

- A) Pubblicazione dei risultati su riviste scientifiche internazionali e presentazione dei risultati a Congressi Nazionali ed Internazionali.
- B) Diffusione dei risultati ottenuti mediante i siti web dei partner partecipanti al progetto stesso (ISTM, ICRM, ISMAC) e di altri siti del settore quali l'Associazione Italiana Macromolecole, ecc....
- C) Apertura di un sito web *ad hoc* dedicato, che possa essere consultato per tutta la durata del progetto stesso e in continuo aggiornamento seguendo le fasi individuate per il piano dei lavori biennale.
- D) Organizzazione di un workshop conclusivo sull'oggetto della ricerca che coinvolgerà i ricercatori provenienti sia dal mondo accademico sia dall'Industria.

#### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

Descrivere i prodotti applicativi attesi (software, strumenti, prototipi, assetti sperimentali) e loro possibili applicazioni future

I prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale sono costituiti dai prodotti e dai processi chimici innovativi e sostenibili basati sulla catalisi omogenea, eterogenea ed enzimatica, in grado di fornire prodotti di interesse per l'industria chimica lombarda del settore della chimica, farmaceutica, cosmetica e degli additivi e dei materiali polimerici per packaging e pneumatici.

Il successo di questi prodotti è legato non solo alla qualità del prodotto stesso, ma soprattutto alla sostenibilità del processo con cui viene preparato e alla rinnovabilità delle materie prime di partenza.

La valorizzazione della sostenibilità dei processi chimici si otterrà:

- i) utilizzando molecole piattaforma provenienti da biomasse non food;
- ii) limitando il numero dei passaggi sintetici e di purificazione degli intermedi e utilizzando blande condizioni di reazione (sistemi di reazione *one-pot* a cascata);
- iii) utilizzando acqua come solvente di reazione, per esempio per le reazioni biocatalizzate e per la sintesi di poliolefine sotto forma di lattici.

In particolare i prodotti applicativi attesi consistono nella:

1. Produzione ed ottimizzazione dei **biocatalizzatori**
2. Preparazione di **intoni chirali** mediante processi catalitici innovativi
3. Preparazione di **monomeri da molecole piattaforma provenienti da fonte rinnovabile**
4. Sintesi di **nuovi catalizzatori** mono e bimetallici a base di metalli *late* con chelanti di tipo anionico per la (co)polimerizzazione di olefine in ambiente acquoso
5. **Polimeri biocompatibili e/o biodegradabili** da monomeri di origine naturale
6. **Modifica di polimeri sintetici e naturali** per introdurre nuove proprietà funzionali

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

Si prevede che il progetto SusChem Lombardia avrà una notevole ricaduta sul tessuto industriale lombardo.

Va ricordato, infatti, che Regione Lombardia è la terza regione europea chimica per numero di addetti e la prima per numero di unità locali (inclusa la farmaceutica) e conta sul proprio territorio 1297 industrie chimiche sulle 4150 di tutto il territorio nazionale, con un numero di addetti pari al 40,3% del totale italiano ed un indice di specializzazione degli stessi pari a 1,7 (definito come il rapporto tra la quota di addetti chimici su quelli dell'industria manifatturiera) (fonte Federchimica - stima basata su dati ISTAT aggiornati al 2012). Inoltre al 2010 si contavano 72.080 addetti chimici (pari allo 0.73% della popolazione ed al 4.2% degli addetti chimici UE27).

In particolare, la Lombardia produce più di un terzo dei farmaci generici API prodotti in Italia (fonte Assogenerici) che a sua volta è al primo posto tra i paesi dell'Europa occidentale in questo settore, cui corrisponde un fattore di esportazione pari all'87% e per il quale è particolarmente accesa la competizione con India e Cina. L'introduzione di processi a ridotto o nullo impatto ambientale e che comportino un ridotto numero di stadi costituirebbe un significativo elemento di innovazione per la sintesi di API, molecole per le quali sono scadute le protezioni brevettuali. L'assenza di metalli del gruppo del platino dalla sintesi costituirebbe inoltre una facilitazione per l'approvazione delle molecole da parte dell'Emea.

È ipotizzabile che il progetto produrrà una notevole ricaduta anche nel settore dei cosmetici, del personal care, della produzione e commercializzazione di enzimi per uso industriale, di additivi e materiali polimerici ad esempio per imballaggio (packaging) e pneumatici. In questi segmenti è sempre più forte la richiesta di materiali derivati da fonte rinnovabile e in particolare biodegradabili.

Nello specifico le ricadute previste riguarderanno:

- lo sviluppo di tecniche catalitiche innovative per la preparazione di *building block* di interesse per l'industria farmaceutica e degli intermedi sintetici;
- lo sviluppo di materiali performanti per applicazioni finali ad elevato valore aggiunto;
- il *know-how* di processi catalitici di "nuova generazione" per mantenere la leadership della Regione Lombardia in Italia e in Europa nel settore chimico;
- la formazione di figure professionali capaci di interagire tra diverse culture e discipline (chimica, fisica, biologia e chimica farmaceutica);
- la formazione di giovani ricercatori sensibilizzati alle problematiche ambientali dell'industria chimica;
- la formazione di nuove figure professionali capaci di trasferire conoscenze tra i settori della ricerca ed il mondo produttivo;
- la costituzione di un Centro di Eccellenza in grado di mettere a disposizione del tessuto imprenditoriale lombardo (industria chimica, cosmetica e farmaceutica) le competenze acquisite.

SusChem Lombardia contribuirà al potenziamento dei rapporti istituzionali tra Regione Lombardia e Paesi/Regioni estere del WRF (<http://www.worldregionsforum.org/content/regions>). Infatti gli istituti proponenti hanno relazioni con gruppi di ricerca altamente qualificati in alcune delle regioni appartenenti al World Regions Forum.

Specificamente:

ISMAC ha relazioni con:

- Prof. Stefan Mecking dell'Università di Costanza (Baden Wutterburg-Germania) Progetto Aqua 17163 (EN-18) finanziato sul "Fondo per la promozione di Accordi Istituzionali RL,
- Prof. Rolf Mulhaupt dell'Università di Friburgo (Baden Wutterburg-Germania) partner del progetto europeo NANOHYBRID (Designed Nanostructured Hybrid Polymers: Polymerisation Catalysis and Tecton Assembly) FP6 Project: NMP3- CT-2005-516972 coordinato da ISMAC,
- Prof. Jérôme Clavier Università du Québec a Montréal (Québec-Canada) (vedi lettera d'interesse allegata)

ICRM ha collaborazioni con:

- Prof. Pere Clapés dell'Istituto di Chimica Avanzata della Catalogna (Barcellona, Spagna) (vedi lettera d'interesse allegata),
- Prof. Alexander M. Klibanov dell'Istituto di Tecnologia del Massachusetts (MIT) (Massachusetts, U.S.A.) (vedi lettera d'interesse allegata).

Inoltre ISTM e ISMAC sono stati partner del Network of Excellence europeo IDECAT (Integrated Design of Catalytic Nanomaterials for a Sustainable Production NMP3-CT-2005-011730).

ISTM attualmente è parte di ERIC (European Research Institute of Catalysis).

ICRM e ISTM partecipano alla COST Action CM0903 UbioChem "Utilization of biomass for sustainable fuels and chemicals"

ICRM ha coordinato la COST Action CM0701 Cascat "Cascade Chemoenzymatic processes. New synergies between chemistry and biochemistry".

**SusChem Lombardia** contribuirà alla promozione delle eccellenze in ambito Expo 2015. L'importanza della Chimica Verde risulta chiara da un documento elaborato da Federchimica (Chimica ed Expo 2015), dove si afferma che la Chimica avrà un ruolo centrale nello sviluppo di infrastrutture ed opere edili, nel restauro e nel trovare soluzioni sempre più sostenibili in termini di protezione ambientale, sicurezza, alimentazione ed efficienza energetica. A titolo di esempio è nota l'importanza delle materie plastiche e degli adesivi per l'isolamento delle abitazioni (il 50% dei consumi mondiali di energia viene utilizzato per riscaldare o raffreddare le abitazioni); delle materie plastiche nell'imballaggio di prodotti alimentari e non e in film per l'agricoltura.

Infine, il progetto **SusChem Lombardia** ha permesso il conferimento di 13-15 nuovi contratti (assegni di ricerca o contratti a tempo determinato) e quindi il coinvolgimento di giovani lau-

reati in tematiche inerenti la chimica verde, la loro specializzazione in tecnologie pulite sia attraverso l'attività nell'ambito del progetto che attraverso la frequentazione di scuole e seminari su argomenti specifici.

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Il progetto Suschem Lombardia non prevede l'acquisizione di nuove infrastrutture e strumentazione scientifica.

## 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

Il progetto SusChem avrà una notevole ricaduta anche nel settore dei cosmetici, del personal care, della produzione e commercializzazione di enzimi per uso industriale, di additivi e materiali polimerici ad esempio per imballaggio (packaging) e pneumatici.

Numerose industrie localizzate nell'area lombarda hanno dimostrato il loro interesse al progetto.

Esse sono:

- Domus Chemicals SpA di Pedrengo (BG), azienda leader per la produzione di detergenti, additivi per materie plastiche e per la cosmetica, lubrificanti;
- DiPharma Francis Srl di Baranzate (MI) leader a livello europeo in principi attivi farmaceutici;
- BiCT S.r.L di Bagnolo Cremasco (CR), azienda attiva nella produzione e commercializzazione di enzimi per applicazioni industriali;
- Lab R&D-NRM di INTERCOS SpA di Agrate Brianza (MB) uno dei principali operatori a livello mondiale nella creazione, sviluppo e produzione di prodotti make up (rossetti, ombretti, mascara, fondotinta, ciprie, matite per occhi e labbra) per i principali player dell'industria cosmetica a livello internazionale;
- ITP di Bosnasco (PV), una PMI lombarda leader nella produzione di film poliolefinici per imballaggio alimentare ed industriale;
- Pirelli Labs Milano, Pirelli Labs raccoglie le competenze di ricerca avanzata e di innovazione del gruppo Pirelli e partecipa a numerosi progetti di ricerca. Pirelli è il quinto operatore mondiale in termini di fatturato nel mercato degli pneumatici;
- Versalis SpA di S. Donato M.se (MI), leader mondiale nella produzione di prodotti polimerici, termoplastici ed elastomerici, capofila di uno dei quattro progetti del cluster tecnologico nazionale di Chimica Verde;
- Laboratorio Alchemia di Milano, dedicato alla produzione di principi attivi di alta qualità e intermedi per l'industria farmaceutica;
- Cluster Lombardo di Chimica Verde.



# TECNOLOGIE E MATERIALI PER L'UTILIZZO EFFICIENTE DELL'ENERGIA SOLARE

Hanno collaborato alla stesura del capitolo i seguenti Autori:

**Gianluca Galzerano**

Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Silvia Pietralunga**

Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Maria Cecilia Pasini**

Istituto per lo Studio delle Macromolecole (ISMAC)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Vladimiro Dal Santo**

Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari (ISTM)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Gianluca Galzerano**

Istituto per l'Energetica e le Interfasi (IENI)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo **TECNOLOGIE E MATERIALI  
PER L'UTILIZZO EFFICIENTE DELL'ENERGIA SOLARE**

Logo



Sito web <http://> (in costruzione)

Parole chiave *Energia solare; Fotovoltaico; Materiali per l'energia; Conversione solare idrogeno; Stoccaggio idrogeno*

Responsabile scientifico Gianluca Galzerano  
Dipartimento di Scienze Fisiche e Tecnologie della Materia (DSFTM)  
Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN)  
Tel. 06 4993 2426  
E-mail: [progetti.dsftm@cnr.it](mailto:progetti.dsftm@cnr.it)

Data di avvio 25/07/2013

Durata 24 mesi

Costo totale € 2.385.011,99

# 1 Inquadramento del progetto

## 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

Il Progetto vuole contribuire a proporre risposte sostenibili alle crescenti richieste di fabbisogno energetico, mediante uno sfruttamento efficiente dell'energia solare e, a tale fine, propone un sistema integrante la generazione di energia elettrica per effetto fotovoltaico con la produzione fotoelettrocatalitica di idrogeno, abbinata all'uso dello stesso idrogeno come vettore di immagazzinamento dell'energia prodotta. Fra le fonti di energia solare il fotovoltaico occupa un ruolo preminente. Il principale ostacolo alla sua diffusione è, però, attualmente rappresentato dall'alto costo di produzione dell'energia che, combinato con i livelli di efficienza, non lo rendono competitivo. Per la sua auto-sostenibilità economica è essenziale ridurre il costo unitario dell'energia prodotta. A tale fine il Progetto propone un duplice approccio di sviluppo di soluzioni fotovoltaiche di terza generazione, impieganti meccanismi di gestione dei fotoni solari incidenti e innovativi materiali organici. Lo sviluppo e l'impiego di tecnologie fotoniche quali effetti non lineari di conversione di lunghezza d'onda e l'indirizzamento della luce mediante nanostrutture contribuiscono nel Progetto alle attività miranti ad ottimizzare l'efficienza di conversione. Entrambi gli approcci quindi puntano al raggiungimento della competitività economica per la soluzione fotovoltaica.

La natura invece non continua della generazione fotovoltaica, inevitabilmente connessa con le condizioni di irraggiamento solare, rappresenta uno dei principali problemi per il suo sfruttamento su larga scala e per l'integrazione degli impianti fotovoltaici nella rete elettrica. È sempre più necessaria la conversione dell'energia solare in un vettore energetico facilmente immagazzinabile e riconvertibile in energia elettrica *on demand*. La soluzione attuale è basata sulla filiera di conversione di energia solare in energia elettrica (con dispositivi fotovoltaici), la conversione di energia elettrica in idrogeno (con elettrolizzatori), il suo stoccaggio e riconversione in corrente elettrica con celle a combustibile. La conversione diretta dell'energia solare in idrogeno tramite fotocatalizzatori è una soluzione più compatta ed elegante. Il Progetto svilupperà materiali e dispositivi (fotoelettrodi) con buone efficienze, a base di componenti largamente disponibili, a costi contenuti e di bassa tossicità. L'utilizzo di tecnologie abilitanti basate su nanotecnologie e sullo sviluppo di micro/nanoarchitetture "semplici" permetterà l'ottenimento di materiali e sistemi attivi in luce solare in grado di utilizzare in modo efficiente anche la parte visibile. Un'altra criticità è l'immagazzinamento efficiente dell'idrogeno (il DOE ha abbassato dal 9 al 7,5% il target di densità volumetrica per il 2015!). Il Progetto si prefigge l'ottimizzazione dei materiali per migliorare le proprietà di assorbimento-desorbimento, aprendo così la via allo sviluppo di sistemi efficienti e stabili.

## 1.2 Obiettivi del progetto

Il progetto ha come obiettivo lo sviluppo di nuove tecnologie e nuovi materiali per lo sfruttamento efficiente dell'energia solare attraverso la realizzazione di celle fotovoltaiche con mag-

giore efficienza e minore costo di produzione rispetto a quelle attualmente disponibili, in combinazione con l'utilizzo dell'idrogeno come vettore energetico per un efficiente immagazzinamento dell'energia prodotta. È questa, infatti, la svolta cruciale per rendere tale sorgente di energia rinnovabile pienamente competitiva in termini di costi e occupazione del territorio rispetto a quelle che utilizzano combustibili fossili.

In particolare, nei due anni della sua durata, il progetto si propone i seguenti obiettivi:

- Dimostrare sperimentalmente la possibilità di modificare il silicio delle celle mediante nano-strutturazione e drogaggio superficiale in modo da ottenere efficienze di conversione maggiori del 22% e un costo di materiale mantenuto entro livelli tali che, qualora impiegato e integrato in pannelli fotovoltaici a bassa concentrazione, risulti economicamente competitivo con il silicio non modificato; attualmente il costo del silicio impatta sul costo dei pannelli per circa 85 €/m<sup>2</sup>;
- Dimostrare sperimentalmente la possibilità di migliorare l'efficienza di celle solari organiche mediante la realizzazione di materiali e architetture di dispositivi innovativi adatti alla scalabilità industriale.
- Sviluppo di foto catalizzatori per la produzione di idrogeno attivi in luce solare a base di composti di ossidi semiconduttori nano strutturati
- Ingegnerizzazione di fotoelettrodi per la produzione di idrogeno attivi in luce solare e alimentazione elettrica da pannelli fotovoltaici a base di composti di film nano strutturati di ossidi semiconduttori
- Sviluppo di materiali e componenti ottimizzati per l'assorbimento/desorbimento di H<sub>2</sub> in forma di idruro metallico.

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

Per il raggiungimento degli obiettivi del progetto sono stati individuati una serie di sviluppi chiave (Work Package - WP) che saranno implementati durante lo svolgimento del progetto. Qui di seguito è invece riportato il dettaglio delle attività proposte nei singoli WP.

*WP 1. Coordinamento e gestione del progetto (Responsabile: Gianluca Galzerano IFN-CNR)*

- Partecipanti: IFN, IBF, IENI, ISTM, ISMAC, IFP, IDASC
- Obiettivi: Coordinare le attività di ricerca fra i vari partner e enti partecipanti e favorire l'interazione e lo scambio di informazioni; gestire i costi e le tempistiche del progetto.

*WP 2. Fotovoltaico inorganico (Responsabile: Silvia Maria Pietralunga IFN-CNR)*

- Partecipanti: IFN, ISMAC, ISTM, IFP
- Obiettivi: sviluppo di nuove tecnologie e nuovi materiali per lo sfruttamento efficiente dell'energia solare attraverso la realizzazione di celle fotovoltaiche inorganiche con maggiore efficienza e integrazione con pannelli a concentrazione statica. Le attività previste si articoleranno nei seguenti task:
  - Task 2.1 - Crescita e caratterizzazione di materiali
  - Task 2.2 - Tecnologie per l'incremento dell'efficienza di conversione
  - Task 2.3 - Concentratori convenzionali e Luminescenti
  - Task 2.4 - Fabbricazione e caratterizzazione di celle fotovoltaiche
  - Task 2.5 - Integrazione delle celle con pannelli a concentrazione statica

*WP 3. Fotovoltaico organico e ibrido (Responsabile: Mariacecilia Pasini ISMAC-CNR)*

- Partecipanti: ISMAC, ISTM, IFN, IENI, IBF, IDASC
- Obiettivo: dimostrare sperimentalmente la possibilità di migliorare l'efficienza di celle solari organiche mediante la realizzazione di materiali e architetture di dispositivi innovativi adatti alla scalabilità industriale per ottenere energia a basso costo, ecologicamente sostenibile, con materiali totalmente riciclabili. Le attività previste si articoleranno nei seguenti task:
  - Task 3.1 - Materiali per celle fotovoltaiche a film sottile
  - Task 3.2 - Materiali per celle a colorante DSSC
  - Task 3.3 - Caratterizzazione e modellizzazione dei materiali attivi
  - Task 3.4 - Fabbricazione e caratterizzazione di dispositivi a film sottile
  - Task 3.5 - Fabbricazione e caratterizzazione di dispositivi DSSC

*WP 4. Materiali e tecnologie per la conversione diretta di energia solare in idrogeno (Responsabile: Vladimiro Dal Santo ISTM-CNR)*

- Partecipanti: ISTM, ISMAC, IENI, IFN, IFP
- Obiettivi: sviluppo di nuovi materiali compositi con prestazioni elevate per la conversione diretta (fotocatalitica) dell'energia solare in idrogeno, ingegnerizzazione di fotoelettrodi per la conversione fotoelettrochimica. Caratterizzazione approfondita dei materiali e fotoelettrodi. Le attività previste si articoleranno nei seguenti task:
  - Task 4.1 - Sviluppo materiali per fotocatalisi
  - Task 4.2 - Ingegnerizzazione fotoelettrodi
  - Task 4.3 - Verifica funzionale/caratterizzazione fotoelettrochimica
  - Task 4.4 - Caratterizzazione fotofisica dei materiali
  - Task 4.5 - Caratterizzazione morfologico, strutturale

*WP 5 - Materiali e tecnologie per l'assorbimento/desorbimento di H<sub>2</sub> (Responsabile: Ausonio Tuissi CNR IENI Lecco)*

- Partecipanti: IENI; ISTM, IFP, ISMAC
- Obiettivi: Sviluppo di materiali e componenti finalizzati all'utilizzo dell'idrogeno quale vettore per lo stoccaggio di energia mediante idruri metallici e polimeri organici. In particolare i) ottimizzare le caratteristiche di assorbimento/desorbimento di H<sub>2</sub> di composti a base Ti, Zr o e altri sistemi intermetallici. ii) Testare le reali potenzialità dei polimeri a base ciclo-olefinica come materiale adsorbente di idrogeno; iii) sviluppare soluzioni per il controllo termico dei processi di stoccaggio con dispositivi termoelettriche.
  - Task 5.1 - Sintesi di materiali metallici e polimerici per l'immagazzinamento di H<sub>2</sub>
  - Task 5.2 - Realizzazione di componenti per l'immagazzinamento di H<sub>2</sub>
  - Task 5.3 - Caratterizzazione dei materiali e componenti prodotti per l'immagazzinamento di H<sub>2</sub>

*WP 6. Disseminazione dei risultati e impatto sul territorio (Responsabile: Gianluca Galzerano IFN-CNR)*

- Partecipanti: IFN (9 m/u), IBF (6), IENI (6), ISTM (6), ISMAC (6), IFP (6), IDASC (6)
- Obiettivi: Valorizzare i risultati della ricerca mediante: pubblicazioni su riviste scientifiche di settore, partecipazione a congressi Internazionali e Nazionali, deposito di brevetti al fine di coprire adeguatamente la proprietà intellettuale sviluppata durante il progetto. Le attività previste in questo WP si articoleranno nei seguenti task:
  - Task 6.1 - Pubblicazione, brevetti, partecipazione a congressi
  - Task 6.2 - Organizzazione di scuole e workshop
  - Task 6.3 - Collaborazione con aziende/enti sul territorio Lombardo
  - Task 6.4 - Partecipazione a bandi progettuali per cofinanziamento
  - Schema riassuntivo dei WP (elencare sinteticamente gli obiettivi, le attività e i risultati attesi per ogni WP)

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	WP 1a	<p>Coordinare le attività di ricerca fra i vari partner e enti partecipanti e favorire l'interazione e lo scambio di informazioni; gestire i costi e le tempistiche del progetto</p>	<p>Coordinamento delle attività di ricerca dei singoli gruppi e laboratori in modo da favorire lo scambio di informazioni e di specifiche tecniche al fine di focalizzare le attività sul raggiungimento degli obiettivi e ridurre le criticità. Inoltre nelle attività di questo WP è prevista la preparazione di tutti i documenti relativi alla rendicontazione ed alla revisione periodica dello stato del progetto.</p>	<p>Documentazione per la rendicontazione e revisione periodica del progetto</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	WP 2a	<p>Crescita di semiconduttori inorganici per il fotovoltaico Caratterizzazione morfologica, strutturale e funzionale dei materiali</p>	<p><i>Crescita e caratterizzazione di materiali.</i> Crescita di materiali in ausilio al Silicio cristallino di cui sono fatte le celle, per migliorare la resa energetica delle stesse. Caratterizzazioni tramite microscopia elettronica, diffrazioni di raggi X, spettroscopia ottica ed elettronica e caratterizzazioni elettriche, delle proprietà dei materiali</p>	<p>Crescite di leghe a base di Silicio, per favorire la formazione di contatti a bassa resistenza e migliorare l'efficienza quantica esterna delle celle</p>
	WP 2b	<p>Migliorare l'assorbimento della luce solare da parte delle celle, per incrementare la resa fotovoltaica.</p>	<p><i>Tecnologie per l'incremento dell'efficienza di conversione</i> - Studio di nanostrutture per l'incremento dell'efficienza di conversione. - Micro-nano strutturazione superficiale dei materiali mediante impulsi laser al femtosecondo in atmosfera controllata e plasma indotto da RF a 13.56 MHz in miscele di Ar/H<sub>2</sub></p>	<p>Sviluppo di geometrie di lavorazione superficiale del silicio di cella, per ridurre la riflessione e favorire l'assorbimento della luce solare, specialmente in regime infrarosso</p>

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	WP 2c	Realizzare strati planari luminescenti, da porre sulla faccia superiore del pannello solare, che incrementino la resa delle celle mediante la generazione di 'colori' ad alta resa fotovoltaica	<i>Concentratori convenzionali e Luminescenti</i> - Sviluppo di materiali organici ed ibridi altamente luminescenti e fotostabili anche capaci di nano-organizzarsi per promuovere processi FRET (Förster-Resonance Energy Transfer) controllati - Sviluppo di rivestimenti antiriflesso a base organica con tecniche di nanoorganizzazione <i>self assembly</i> - Sviluppo di concentratori solari luminescenti in grado di convertire l'energia solare nella zona spettrale di massima efficienza della cella	Realizzazione di film luminescenti da integrare nei pannelli solari, per una migliore resa energetica
	WP 2d	Integrare le soluzioni tecnologiche sviluppate nel corso del Progetto e dimostrarne l'utilità per migliorare la resa energetica delle celle solari in Silicio cristallino	<i>Fabbricazione e caratterizzazione di celle fotovoltaiche</i> - Realizzazioni di prototipi di celle fotovoltaiche ad elevata efficienza - Caratterizzazione dell'efficienza fotovoltaica	Verifica della realizzazione di celle in Silicio cristallino ad elevata efficienza, da impiegarsi in accoppiamento con pannelli solari stazionari a bassa concentrazione
	WP 2e	Realizzare un dimostratore di pannello solare a bassa concentrazione (G=5), stazionario, che impieghi celle solari in Silicio ad alta efficienza e permetta di produrre energia per effetto FV a costi economicamente sostenibili.	<i>Integrazione delle celle con pannelli a concentrazione statica</i> - Progettazione meccanica, termica ed elettrica di pannelli a concentrazione statica; - Realizzazione di un prototipo di pannello a concentrazione statica e sua caratterizzazione funzionale in campo	Ottimizzazione del progetto del pannello e realizzazione di un prototipo di pannello ottimizzato

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP3	WP 3a	Sviluppo di materiali organici per celle fotovoltaiche a film sottile	Sviluppo materiali organici semiconduttori oligo/polimerici o molecolari accettori(n) o donatori(p) con alta capacità di assorbimento della radiazione solare. Sviluppo di multistrati organizzati costituiti da nanocristalli inorganici alternati a sistemi chelanti policoniugati con opportuni livelli elettronici Sviluppo di polimeri coniugati solubili in acqua/alcol per l'ottimizzazione delle interfacce attive	Materiali organici a semiconduttori e strutture multistrato con elevata efficienza di conversione
	WP 3b	Sviluppo di materiali a colorante per celle fotovoltaiche	Sviluppo di coloranti non metallici push-pull coniugati e di sistemi Metallo-Porfirinici con sostituenti anti-aggreganti Sviluppo polielettroliti gelificanti per celle a <i>quasi-solid-state</i> Sviluppo di fotoanodi di ossidi metallici semiconduttori	Sviluppo di coloranti organici per celle fotovoltaiche ad elevata efficienza di conversione
	WP 3c	Caratterizzazione e modellizzazione dei materiali attivi	Caratterizzazione elettronica, ottica ed elettrochimica coordinata con lo studio morfologico e strutturale dei materiali attivi Studio di sistemi fotovoltaici naturali ad alta efficienza come modelli per lo sviluppo di nuovi materiali biomimetici Studio della fotogenerazione di carica di materiali foto attivi mediante tecniche di spettroscopia ultraveloci	Caratterizzazione dei materiali per celle fotovoltaiche organiche. Studio dei processi fotochimici ultraveloci con elevata risoluzione temporale
	WP 3d	Fabbricazione e caratterizzazione di dispositivi a film sottile	Ottimizzazione dello strato fotoattivo e dell'architettura del dispositivo in celle a film sottile Caratterizzazione fotovoltaica	Realizzazione di prototipi di celle fotovoltaiche a film sottile
	WP 3e	Fabbricazione e caratterizzazione di dispositivi DSSC	Integrazione dei fotoanodi innovativi in celle DSSC, Efficienza quantica esterna, test e confronto con celle di benchmark Spettroscopia d'impedenza e voltammetria ciclica su celle DSSC e <i>transient photovoltage decay</i>	Realizzazione di prototipi di dispositivi a DSSC

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP4	WP 4a	Sviluppo di fotocatalizzatori composti semiconduttori inorganici/nanoparticelle metalliche. Sviluppo di fotocatalizzatori composti semiconduttori inorganici/molecole foto-attive. Preparazione di templanti per l'ingegnerizzazione dei fotoelettrodi	Preparazione di semiconduttori inorganici e di composti con nanoparticelle metalliche ad effetto di risonanza plasmonica, studio dei meccanismi di trasferimento energetico NP/semiconduttore. Progettazione, sintesi e caratterizzazione strutturale di coloranti organici metal-free da impiegare come fotosensibilizzatori di semiconduttori inorganici. Preparazione di opali inversi di ossidi sol-gel a partire da opali polimerici rimuovibili a diversa porosità	Fotocatalizzatori attivi in luce visibile basati su tecnologie di <i>band gap engineering</i> , trasferimento energetico <i>PRET</i> e <i>hot e<sup>-</sup> transfer</i> . Preparazione di composti organici di tipo push-pull con struttura D
	WP 4b	Ingegnerizzazione di fotoelettrodi basati sui materiali sviluppati nel task 4.1 tramite nano strutturazione, nanoarchitetture ad effetto plasmonico ad ampio assorbimento, composti ibridi semiconduttore inorganico e molecole foto attive.	Preparazione di fotoelettrodi a base di semiconduttori inorganici nanostrutturati e sviluppo di elettrodi composti (strati interfacciali, elettrocatalizzatori, dopanti, etc.). Sviluppo e integrazione nei fotoelettrodi di nanostrutture metalliche ordinate e non con effetto <i>SPR</i> . Ottimizzazione del template rimuovibile (silice) massimizzazione del grado di ordine, compatibilizzazione con substrato.	Fotoelettrodi composti ottimizzati attivi in luce visibile per l'evoluzione di idrogeno e ossigeno da scissione fotoelettrochimica dell'acqua. Preparazione di templanti modello su substrato conduttivo per la sintesi di fotoelettrodi a micro/nano struttura controllata
	WP 4c	Verifica funzionale e caratterizzazione foto elettrochimica con tecniche IPCE, cronoamperometriche, analisi SEM ed EDS della morfologia e della composizione superficiale dei materiali	Messa a punto di una cella foto elettrochimica per caratterizzazione elettrochimica (IPCE, cronoamperometria). Caratterizzazione funzionale dei fotoelettrodi con tecniche IPCE e cronoamperometriche	Correlazioni tra struttura, morfologia e composizione dei fotoelettrodi e loro prestazioni funzionali

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP4	WP 4d	Caratterizzazione fotofisica dei materiali (studio delle dinamiche temporali con tecniche <i>ultrafast pump-probe</i> ; valutazione dell'efficienza di fotogenerazione di cariche nei compositi/ibridi)	Caratterizzazione, con tecniche <i>ultrafast pump-probe</i> , delle dinamiche temporali delle cariche foto generate in semiconduttori tal quali e compositi con nano particelle e/o fotosensibilizzatori organici	Misurare l'efficienza di generazione di carica e di ricombinazione. Nel caso dei materiali compositi è interessante studiare possibili trasferimenti di carica o di energia tra i vari componenti
	WP 4e	Caratterizzazione morfologico, strutturale approfondita a livello micro e nanometrico per derivare relazioni proprietà/struttura per una progettazione razionale dei sistemi	Caratterizzazione morfologica e strutturale dei semiconduttori inorganici (in particolare ematite) con tecniche SEM, HRTEM, AFM, XRD, XAS, etc. Studio dei percorsi preferenziali di trasporto di cariche attraverso misure tipo <i>conductive AFM</i> (misure locali di curve I/V e mappatura di corrente in funzione del potenziale applicato)	Correlazione tra proprietà elettroniche locali (trasporto di cariche, potenziale di superficie) e corrispondente morfologia con risoluzione nanometrica, in particolare con la distribuzione delle <i>ultimate morphological features</i> che caratterizzano il semiconduttore quali strutture lamellari e loro orientazione all'interno dello strato

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP5	WP 5a	Sviluppo di materiali finalizzati all'utilizzo dell'idrogeno quale vettore per lo stoccaggio di energia mediante idruri metallici e polimeri organici	Sintesi di leghe, composti intermetallici (in particolare a base Ti o Zr), targets ed elettrodi metallici per processi di deposizione e catalisi: produzione di leghe attraverso processi fusori non contaminanti Sintesi di composti metallici, cellulari, a porosità controllata, mediante <i>Self-propagating high-temperature synthesis</i> (SHS) e/o sintesi di leghe mediante metallurgia delle polveri Sintesi di polimeri a base ciclo-olefinica con struttura e morfologia controllata come host organici per l'idrogeno	Materiali metallici e polimerici per l'immagazzinamento di H <sub>2</sub>
	WP 5b	Sviluppo di componenti finalizzati all'utilizzo dell'idrogeno quale vettore per lo stoccaggio di energia mediante idruri metallici e polimeri organici	Sviluppo di componenti metallici mediante processi di lavorazione meccanica, o di deformazione plastica a caldo o a freddo Realizzazione di coating metallici nanostrutturati mediante tecnologia di deposizione a plasma sputtering o magnetron sputtering Sviluppo di soluzioni integranti dispositivi termoelettrici per il controllo termico per i processi di immagazzinamento e rilascio di H <sub>2</sub>	Componenti per l'immagazzinamento di H <sub>2</sub>
	WP 5c	Caratterizzazione dei materiali e componenti prodotti per l'immagazzinamento	Caratterizzazione del materiale e componenti metallici prodotti mediante SEM,EDS,TGDTA, XRay Caratterizzazione dei coating mediante XPS, SIMS, AFM Prove funzionali di assorbimento/desorbimento H <sub>2</sub> ; apparato TPD	Ottimizzazione delle caratteristiche di assorbimento/desorbimento di H <sub>2</sub> di composti a base Ti, Zr e di altri sistemi intermetallici; ii) Testare le reali potenzialità dei polimeri a base ciclo-olefinica come materiale adsorbente di idrogeno; iii) Nuove soluzioni per il controllo termico dei processi di stoccaggio con dispositivi termoelettriche

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP6	WP 6a	Valorizzare i risultati della ricerca mediante: pubblicazioni su riviste scientifiche di settore, partecipazione a congressi internazionali e nazionali, deposito di brevetti al fine di coprire adeguatamente la proprietà intellettuale sviluppata durante il progetto	Valorizzare i risultati della ricerca mediante: pubblicazioni su riviste scientifiche di settore, partecipazione a congressi internazionali e nazionali, deposito di brevetti al fine di coprire adeguatamente la proprietà intellettuale sviluppata durante il progetto	Pubblicazioni scientifiche, deposito di brevetti, partecipazione a congressi
	WP 6b	Formazione del personale su tematiche relative all'energia solare con particolare riferimento al fotovoltaico e all'idrogeno	Formazione del personale su tematiche relative all'energia solare con particolare riferimento al fotovoltaico e all'idrogeno	Organizzazione di scuole e workshop
	WP 6c	Potenziamento della collaborazione con le aziende/enti sul territorio lombardo per la finalizzazione dei prototipi della ricerca	Potenziamento della collaborazione con le aziende/enti sul territorio lombardo per la finalizzazione dei prototipi della ricerca	Collaborazione con aziende/enti sul territorio lombardo
	WP 6d	Partecipazione ad aggregazioni (cluster e distretti) tecnologiche internazionali, nazionali e regionali e coordinamento per la partecipazione a bandi progettuali per il cofinanziamento del progetto	Partecipazione ad aggregazioni (cluster e distretti) tecnologiche internazionali, nazionali e regionali e coordinamento per la partecipazione a bandi progettuali per il cofinanziamento del progetto	Partecipazione a bandi progettuali per cofinanziamento

## 2.2 Il partenariato

- **Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN-CNR).** Afferisce al Dipartimento Scienze Fisiche e Tecnologie della Materia, ha la sede principale a Milano (presso il Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano) e quattro unità organizzative di supporto a Bari, Padova, Roma e Trento più due sedi di lavoro distaccate presso l'Università degli Studi di Como e di Roma Tre. L'IFN-Milano svolge attività di ricerca nelle seguenti principali aree tematiche: dispositivi per fotonica, optoelettronica ed elettronica; sorgenti laser; nuovi materiali e tecniche di caratterizzazione; nanotecnologie, micro e nano fabbricazioni; fotonica ultrabreve dall'infrarosso ai raggi X. Con specifico riferimento al presente progetto le competenze dell'IFN sono: micro-nano lavorazione superficiale del silicio (di materiali) con impulsi a femtosecondi (*black silicon*); caratterizzazione di materiali semiconduttori organici e inorganici, metallici (morfologica, chimica, ottica, spettroscopica con particolare riferimento alla risoluzione temporale); studio di micro-nano-strutture plasmoniche per il fotovoltaico; crescita di semiconduttori inorganici; fabbricazione di dispositivi fotonici.
- **Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari (ISTM-CNR).** Afferente al Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali, ha la sede principale a Milano (presso il Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Milano) e due sedi a Padova e Perugia. L'ISTM-Milano svolge attività di ricerca nelle seguenti principali aree tematiche: materiali nanostrutturati per applicazioni catalitiche, foto catalitiche, magnetiche, materiali e molecole per il fotovoltaico organico; modellazione di nano sistemi. Con specifico riferimento al presente progetto le competenze di ISTM sono: sviluppo di materiali semiconduttori inorganici (*black TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, etc.*) per la produzione fotocatalitica di idrogeno attivi in luce solare; caratterizzazione morfologica, strutturale e composizionale di nanomateriali, tecnologie abilitanti per la sintesi di materiali (metalli, ossidi, composti, etc.) nanostrutturati (nanoparticelle, filmsnanostrutturati, nanoarchitetture, etc.); sintesi di coloranti organici e organometallici per celle fotovoltaiche DSSC, sintesi di molecole non polimeriche per celle solari organiche, sintesi di molecole organiche e complessi lantanoidei luminescenti e fotostabili.
- **Istituto per lo Studio delle Macromolecole (ISMAC-CNR).** Afferisce al Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali, ha sede a Milano e due Sezioni a Biella e Genova. Presso ISMAC si svolge ricerca su catalisi di polimerizzazione, sintesi di polimeri, modelling, studio struttura-proprietà di materiali polimerici, applicazioni di macromolecole sia sintetiche che naturali e fibre tessili. ISMAC si occupa dello sviluppo di materiali organici e ibridi per l'applicazione in dispositivi organici elettronici e optoelettronici. Le principali aree tematiche sono: design e sintesi di sistemi coniugati con proprietà elettriche, elettroniche (lineari e non lineari) e ottiche; organizzazione supramolecolare; caratterizzazione spettroscopica, strutturale e spettroscopie di foto eccitazione, assemblaggio e caratterizzazione di prototipi di dispositivi. Con specifico riferimento al presente progetto le competenze ISMAC riguardano: sviluppo di materiali per celle solari organiche,

nano organizzazione di strati fotoattivi organici e ibridi, di  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$ , sviluppo di poliolefine per assorbimento di  $\text{H}_2$ , caratterizzazione morfologica e strutturale, assemblaggio e test di celle solari organiche a film sottile, sintesi di cromofori organici, complessi lanthanidei e polimeri luminescenti per lo sviluppo di concentratori solari.

- **Istituto per l'Energetica e le Interfasi (IENI-CNR).** Lo IENI è caratterizzato da un'elevata interdisciplinarietà dovuta alle molteplici competenze chimiche, fisiche ed ingegneristiche principalmente rivolte alla scienza e tecnologia dei materiali. Presso le unità dislocate in Regione Lombardia (Lecco, Milano e Pavia) operano oltre 50 unità di personale che contribuiscono, insieme all'unità di Genova e alla sede di Padova, a un totale di 120 persone fra dipendenti CNR, universitari associati, assegnisti e giovani in formazione. L'attività scientifica si colloca nell'ambito del Dipartimento di Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti e si basa su consolidate competenze nei seguenti settori: Materiali e processi per l'energetica; Materiali e processi per l'elettrochimica; Materiali inorganici e metallici; Superfici e interfasi; Diagnostica. In questo progetto le UOS di Lecco e di Milano saranno particolarmente impegnate: i) nello sviluppo di materiali e componenti per l'assorbimento/rilascio di  $\text{H}_2$ ; ii) tecnologie e diagnostica relative ai processi di fotoelettrocatalisi; iii) sviluppo di soluzioni per l'incremento dell'efficienza energetica dei processi di conversione attraverso l'impiego di materiali termoelettrici.
- **Istituto di Biofisica (IBF-CNR).** Afferisce al Dipartimento Scienze Fisiche e Tecnologia della Materia (DSFTM). La sede principale è a Genova ed ha quattro unità organizzative di supporto (UOS) a Trento, Milano, Pisa e Palermo. IBF-Milano ha sede presso il Dipartimento di Bioscienze dell'Università degli Studi e, oltre a personale CNR, coinvolge personale universitario associato. Si svolgono ricerche nelle seguenti aree tematiche: fotosintesi, canali di membrana, sviluppo florale, ATPasi della membrana plasmatica, studi strutturali di proteine finalizzate all'individuazione di composti attivi come agenti anticancro ed antivirali. Con specifico riferimento a questo progetto, le competenze di IBF-Milano sono: caratterizzazione spettroscopica e funzionale di sistemi di fotoconversione naturali, purificazione di complessi fotosintetici in forma funzionale, modellizzazione microscopica dei processi di harvesting, trasferimento di energia in cluster di cromofori ed analisi dei meccanismi molecolari del trasporto di elettroni in *redox chain*.
- **Istituto di Fisica del Plasma (IFP-CNR).** Afferisce al Dipartimento di Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti del CNR. La principale attività teorica e sperimentale dell'IFP riguarda i metodi di riscaldamento di plasmi fusionistici. Inoltre, l'IFP vanta una lunga esperienza maturata nel campo di ricerca della modificazione delle superfici dei materiali e della deposizione di coating funzionali mediante le tecnologie di *Plasma sputtering* e *Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition*. I coating depositati trovano applicazione in diverse aree tematiche, ad esempio nella sensoristica per radiazioni e particelle, nella diagnostica ottica e nel campo dei materiali compositi operativi in ambienti ostili. Le superfici dei materiali trattati via plasma sono analizzate in IFP con tecniche di

caratterizzazione superficiale (XPS, SIMS, AES, AFM). Nel campo dello storage dell'idrogeno, l'IFP ha maturato esperienza partecipando a progetti europei per lo sviluppo di leghe getter per l'immagazzinamento del trizio, ed il suo recupero da acqua triziata, quale parte del ciclo combustibile dei futuri reattori a fusione, con esperienza *hands on* sulla manipolazione del Trizio. In riferimento al presente progetto le attività dell'IFP verteranno su: nano strutturazione del silicio mediante plasma, deposizione mediante plasma di coating di metalli con proprietà di storage di H<sub>2</sub>, sviluppo di materiali semiconduttori inorganici depositati via plasma e caratterizzazione morfologica, strutturale e composizionale dei coating.

- **Il Laboratorio SENSOR dell'Istituto Nazionale di Ottica (INO-CNR).** Afferente al Dipartimento di Scienze Fisiche e Tecnologie della Materia ha sede a Brescia. Il Laboratorio SENSOR svolge attività di ricerca nelle seguenti principali aree tematiche: materiali nanostrutturati per sensoristica, naso elettronico, fotovoltaico ibrido, termoelettrici e *field emission*. Con specifico riferimento al presente progetto le competenze di SENSOR sono: sviluppo di ossidi metallici semiconduttori (TiO<sub>2</sub> e ZnO in forma di nanoparticelle, nanofili monocristallini, strutture gerarchiche autoassemblate, etc.) da utilizzarsi come fotoanodi in celle eccitoniche; caratterizzazione morfologica, strutturale e composizionale di nanomateriali, tecnologie abilitanti per la sintesi di materiali (metalli, ossidi, compositi, etc.) nanostrutturati (nanoparticelle, filmsnanostrutturati, nanoarchitetture, etc.); assemblaggio e caratterizzazione funzionale ed elettrochimica di celle fotovoltaiche DSSC.

## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

Voci di spesa	IFN	ISTM	ISMAC	IENI	IBF	IFB	INO	TOTALE
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	169.200,00	132.900,00	146.399,00	120.000,00	36.000,00	60.000,00	45.600,00	710.099,00
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	212.000,00	200.000,00	183.900,00	168.000,00	44.000,00	86.700,00	55.734,00	950.334,00
Spese di formazione	4.000,00	5.000,00	4.356,00	3.500,00	1.964,00	2.300,00	0,00	21.120,00
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	0,00	0,00	20.999,55	4.840,00	0,00	0,00	0,00	25.839,55
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	15.000,00	0,00	0,00	2.420,00	0,00	0,00	5.066,00	22.486,00
Spese di pubblicizzazione	3.000,00	1.000,00	2.904,00	3.024,00	968,00	0,00	1.600,00	12.496,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	46.440,00	9.891,00	30.341,00	24.200,00	13.068,00	6.990,00	13.600,00	144.530,00
Spese generali	114.360,00	99.870,00	99.067,00	86.400,00	24.000,00	44.010,00	30.400,00	498.107,44
<b>TOTALE</b>	<b>564.000,00</b>	<b>448.661,00</b>	<b>487.966,99</b>	<b>412.384,00</b>	<b>120.000,00</b>	<b>200.000,00</b>	<b>152.000,00</b>	<b>2.385.011,99</b>

Valori in euro.



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

I risultati principali attesi dalla realizzazione del programma di ricerca sono basati sullo sviluppo materiali e dispositivi per uno sfruttamento più efficiente dell'energia solare.

La valorizzazione dei risultati della ricerca sarà quindi principalmente ottenuta mediante:

- i) pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali di settore (a titolo di esempio, *Advanced Materials*, *Macromolecules*, *Chemistry of Materials*, *Journal of Materials Chemistry* o *Physical Review B*, *Optics Letters*, *Optics Express*, ecc.);
- ii) partecipazione a congressi Internazionali e Nazionali;
- iii) deposito di brevetti al fine di coprire adeguatamente la proprietà intellettuale sviluppata durante il progetto.

#### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

I risultati principali attesi dalla realizzazione del programma di ricerca sono basati sullo sviluppo di materiali e dispositivi per uno sfruttamento più efficiente dell'energia solare. In particolare possiamo riassumere tre "obiettivi" principali:

1. realizzazione di celle fotovoltaiche inorganiche ed organiche con maggiore efficienza e minore costo di produzione;
2. produzione d'idrogeno attraverso la sintesi di nuovi fotocatalizzatori;
3. utilizzo dell'idrogeno come vettore energetico per un efficiente immagazzinamento dell'energia prodotta.

I principali risultati applicativi attesi sono quindi:

- i) Nuovi materiali e dispositivi per il fotovoltaico
- ii) Nuovi materiali e componenti per l'assorbimento e il deassorbimento dell' $H_2$
- iii) Nuove tecnologie per la sintesi dei materiali
- iv) Prototipi di pannelli solari basati su semiconduttori inorganici
- v) Realizzazione di prototipi di celle fotovoltaiche organiche a film sottile

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

Il progetto ha un forte potenziale per conseguire progressi nella conoscenza scientifica di nuovi materiali per il fotovoltaico e per la produzione e stoccaggio d'idrogeno attraverso la combinazione di idee innovative e metodi sperimentali all'avanguardia. Questi studi fondamentali saranno applicati al settore strategico tecnologico di celle solari organiche ed inorganiche con l'obiettivo finale di rendere le prime più efficienti e quindi più vicine ad una commercializzazione e di aumentare per le seconde non solo l'efficienza, ma anche l'integrazione con pannelli a concentrazione statica. Nel medio e lungo termine, questo progetto mira a contribuire significativamente agli sforzi internazionali sullo sviluppo della tecnologia delle energie rinnovabili, i cui benefici vanno dalla generazione di energia ecocompatibili per l'industria alla promozione dell'occupazione.

Inoltre, il successo del progetto ha un'importanza strategica per lo sviluppo economico della Regione Lombardia inserendosi all'interno degli impegni presi nel Piano di Azione sul clima 2020 dell'UE. La Commissione Europea ha infatti adottato un importante pacchetto di proposte che darà attuazione agli impegni assunti dal Consiglio europeo in materia di lotta ai cambiamenti climatici e promozione delle energie rinnovabili. Per quanto riguarda le Priorità Programmatiche Regionali il presente progetto prevede di promuovere la valorizzazione del capitale umano attraverso l'interazione tra professionalità diverse e complementari. Infatti, la proposta rete scientifico-tecnologica è costituita da sette Istituti del CNR che rappresenta una significativa massa critica di ricercatori con esperienze complementari capaci, pertanto, di sviluppare una ricerca complessa sperimentando tutti i possibili approcci sostenibili, nonché lo scambio e la diffusione di competenze e informazioni. La proposta progettuale è quindi coerente con la strategia generale della Regione: "coniugare le azioni per l'innovazione e la competitività del sistema economico con lo sviluppo del capitale umano all'interno di un contesto economico avanzato". Durante lo svolgimento del progetto sarà possibile assumere e formare giovani laureati in tematiche inerenti le energie rinnovabili (13 assegni di ricerca biennali, 5 assunzioni a tempo determinato: 4 ricercatori e 1 tecnico). La scelta di personale relativamente giovane nella gestione del progetto garantisce la necessaria linea di continuità per il futuro, non solo in previsione dell'EXPO2015, ma anche per quanto riguarda HORIZON 2020. L'elevato numero di personale femminile coinvolto nel Team di ricerca lo pone come realtà italiana all'avanguardia anche per quanto riguarda le priorità programmatiche dell'Unione Europea nel settore dell'occupazione al femminile.

Inoltre, il progetto comporta come immediata ricaduta la creazione di un network lombardo di eccellenza per lo sfruttamento più efficiente dell'energia, costituito dai sette Istituti del CNR, appartenenti a tre distinti Dipartimenti del CNR e con sedi operative in quattro differenti province della Lombardia, dal mondo imprenditoriale lombardo e nazionale e da importanti network europei come ERIC (vedi lettera di *endorsement*). In particolare, per quanto riguarda le ricadute del progetto sul sistema imprenditoriale lombardo, nazionale ed europeo, sono già varie le manifestazioni di interesse ricevute: Fondazione CIFE, network ERIC, ADTECH Italia, FAST, H2Nitidor, Hydro2Power, NEWEN,

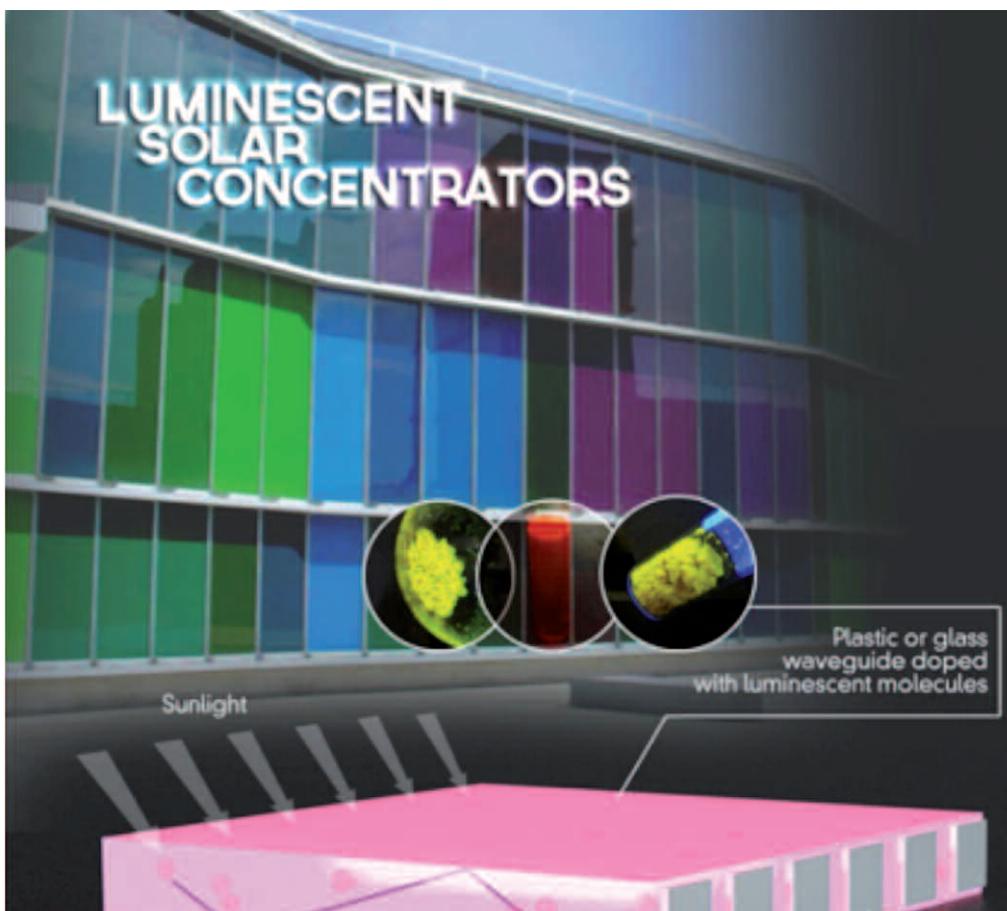
RSE, Saes Getters, SIAD, SOL, POLO SOLARE Roma). Il network comporterà un rafforzamento della posizione degli enti di ricerca lombardi nell'ambito della realtà scientifica nazionale e europea.

Gli obiettivi del progetto sono in linea con le attività prioritarie del Cluster tecnologico nazionale sull'energia nonché con quelle del costituendo Cluster lombardo per l'efficienza e la sostenibilità energetica.

Infine, il progetto contribuirà alla promozione delle eccellenze in ambito Expo 2015. In particolare, si segnala come le finalità del presente progetto siano in linea con il tema scelto per l'Expo 2015, "Nutrire il Pianeta, Energia per la Vita", che pone particolare attenzione allo sviluppo sostenibile dell'uomo. L'importanza della sfruttamento più efficiente dell'energia solare avrà quindi un ruolo centrale nello sviluppo futuro di infrastrutture ed opere edili, sempre più sostenibili in termini di protezione ambientale ed efficienza energetica.

▼ Fig. 1

Rendering dell'impiego di concentratori planari luminescenti per pannelli FV integrati su facciate di edifici





▲ Fig. 2

Inseguitore solare programmabile utilizzato per la caratterizzazione dei pannelli a concentrazione

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Sebbene il progetto non preveda una acquisizione diretta di nuova strumentazione e la realizzazione di infrastrutture tecnologiche, il grado di innovazione della ricerca proposta è, di per sé, un presupposto per l'avanzamento delle conoscenze nel settore dei materiali innovativi per lo sfruttamento efficiente dell'energia solare.

Il progetto consentirà, infatti, di creare una rete di Istituti CNR Lombardi sull'efficienza e la sostenibilità energetica, con un indubbio rafforzamento delle dotazione tecnologica del CNR, mettendo a sistema la dotazione strumentale di ogni singolo istituto del CNR. Inoltre, il coinvolgimento delle principali aziende lombarde nel settore del fotovoltaico e dell'idrogeno consentirà un efficace trasferimento tecnologico delle competenze inerenti lo sviluppo di nuovi materiali e di nuove tecnologie migliorando la dotazione tecnologica del territorio lombardo.

### 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

Il presente progetto si colloca all'interno delle attività programmatiche nazionali e, in particolare, di quelle della Regione Lombardia nell'ambito del cluster Regionale ENERGIA e in quello del Distretto di alta tecnologia e settore strategico ENERGIA, FONTI RINNOVABILI E ASSIMILATE. Le tematiche di ricerca proposte nel progetto sono, infatti, riconducibili alle tecnologie legate alla produzione distribuita e all'accumulo energetico mediante lo sfruttamento efficiente dell'energia solare. In particolare, saranno sviluppati componenti, sottosistemi e sistemi innovativi per la produzione di energia sostenibile e a basso contenuto di CO<sub>2</sub>, al suo relativo utilizzo e stoccaggio secondo il concetto di *smart grid*.

L'ampia sinergia tra gli istituti e le imprese operanti nel territorio lombardo in questi settori strategici rafforzerà il ruolo della Regione Lombardia in ambito delle energie da fonti rinnovabili e porrà, inoltre, le basi per la *Smart Specialisation Strategy* supportata dalla Piattaforma Europea per l'Innovazione, a cui la regione Lombardia ha già aderito e richiamata in Horizon 2020.

In particolare, il progetto coinvolge sette Istituti del CNR (con sede in Milano, Lecco, Brescia, Como) e 10 aziende lombarde attive nel settore delle energie rinnovabili (manifestazione di interesse).



# SUSBIOREM

**Nuovi approcci e metodologie per un biorisanamento  
efficace e sostenibile di acque sotterranee contaminate  
da idrocarburi clorurati**

Hanno collaborato alla stesura del capitolo i seguenti Autori:

**Federico Aulenta**

Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Marina Mingazzini**

Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Maria Teresa Palumbo**

Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Giulia Poma**

Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Andrea Ponzoni**

Istituto Nazionale di Ottica (INO)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Simona Rossetti**

Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Mauro Majone**

Dipartimento di Chimica  
Università di Roma "Sapienza"

**Gianni Tartari**

Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA)  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Titolo	<b>SUSBIOREM</b> Nuovi approcci e metodologie per un biorisanamento efficace e sostenibile di acque sotterranee contaminate da idrocarburi clorurati
Logo	
Sito web	<a href="http://">http://</a> (in costruzione)
Parole chiave	<i>Biorisanamento, solventi clorurati, acque sotterranee, processi bioelettrochimici, sensori di gas</i>
Responsabile scientifico	Gianni Tartari Dipartimento di Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente (DTA) Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) Tel.: 039 2169 4203 Fax: 039 2004 692 E-mail: tartari@irsa.cnr.it
Data di avvio	25/07/2013
Durata	24 mesi
Costo totale	€ 968.780

# 1 Inquadramento del progetto

## 1.1 Contesto di riferimento e limiti da superare

Gli idrocarburi clorurati alifatici (CAHs), composti altamente tossici e sospetti cancerogeni, sono stati per anni impiegati come solventi e sgrassanti industriali e, a seguito di pratiche di impiego, utilizzo e smaltimento impropri, tali composti sono divenuti frequenti inquinanti di suoli, acque superficiali ed acque sotterranee. La contaminazione da CAHs è particolarmente diffusa e rilevante nella Regione Lombardia a causa dell'elevato impatto che le molteplici realtà industriali hanno sul territorio. Il biorisanamento è una tecnologia che consente di trattare efficacemente, con costi contenuti, acquiferi contaminati da solventi clorurati. Le strategie di biorisanamento si basano sulla conoscenza delle popolazioni microbiche, della loro distribuzione spaziale, delle loro attività metaboliche e delle relative capacità a rispondere ai cambiamenti delle condizioni ambientali. Sfortunatamente molte di queste informazioni non sono immediatamente disponibili e l'applicazione del processo di biorisanamento è spesso empirica. Gli idrocarburi alifatici ad alto grado di clorurazione, come tetracloroetilene (PCE), tricloroetilene (TCE), 1,1,2-tricloroetano (1,1,2-TCA), sono trasformati in condizioni anaerobiche, mediante un processo noto come de-clorazione riduttiva (RD), in composti a più basso grado di clorurazione o non-clorurati attraverso una "respirazione" biologica ad opera di microrganismi specializzati, in condizioni strettamente anaerobiche. Nel caso del PCE la trasformazione avviene mediante la formazione in sequenza di TCE, cis-dicloroetilene (cis-DCE), vinilcloruro (VC) e, nell'ultimo stadio, di etilene (ETH) ed etano (ETA). Ad oggi le strategie di biorisanamento *in situ* di acquiferi contaminati da solventi clorurati, si basano sull'iniezione di substrati organici (acidi grassi volatili, alcoli, carboidrati) che forniscono gli elettroni e l'idrogeno necessari a sostenere l'attività di degradazione dei microrganismi de-cloranti. Questo approccio talvolta presenta alcuni problemi, ad esempio:

- 1) la mancanza di strumenti necessari per il controllo dell'attività dei batteri de-cloranti, che limita l'affidabilità del processo;
- 2) la competizione per la fonte di carbonio o per l'idrogeno tra i batteri de-cloranti e altri microrganismi, che ha un impatto negativo sulle prestazioni e sui costi del processo;
- 3) l'accumulo nel sottosuolo dei prodotti di fermentazione e metaboliti secondari.

Tutto ciò ha determinato, negli anni, un generale scetticismo da parte di amministrazioni locali nei confronti di interventi di biorisanamento, che ha lasciato spazio a tecnologie alternative (quali ad esempio il *Pump & Treat*) molto più onerose che non determinano la distruzione dei contaminanti e non preservano l'acqua di falda per possibili usi in quanto l'acqua trattata diventa un rifiuto da scaricare.

## 1.2 Obiettivi del progetto

Il presente progetto di ricerca intende sviluppare e verificare su campo nuovi approcci e metodologie per una più robusta, affidabile e sostenibile applicazione di interventi di biorisanamento di falde contaminate da idrocarburi clorurati. A tal fine il progetto, che si sviluppa attraverso una collaborazione tra l'Istituto di Ricerca sulle Acque (UOS di Brugherio, MB) e l'Istituto Nazionale di Ottica (UOS SENSOR di Brescia, BS), è articolato in 4 attività di ricerca (Workpackages, WPs) strettamente interconnesse:

- **WP1:** Sviluppo e dimostrazione su campo di un nuovo processo di biorisanamento elettrochimicamente assistito;
- **WP2:** Sviluppo e applicazione su campo di metodi biomolecolari per la valutazione speditiva del potenziale di biorisanamento di idrocarburi clorurati;
- **WP3:** Messa a punto ed applicazione su campo di test eco-tossicologici per una valutazione integrale dell'efficacia di processi di biorisanamento;
- **WP4:** Sviluppo di sensori per la determinazione "in campo" di idrocarburi clorurati.

L'obiettivo del **WP1** è quello di sviluppare e testare su campo un nuovo processo bioelettrochimico per il trattamento di acque contaminate da CAHs, che non richiede l'immissione in falda di substrati organici (o ossigeno) per stimolare la dechlorazione riduttiva (o ossidativa) di idrocarburi clorurati. Il processo si basa sull'impiego di elettrodi costituiti da materiali granulari e conduttivi, come donatori di elettroni nella dechlorazione riduttiva di idrocarburi alto-clorurati o come accettori di elettroni nella dechlorazione ossidativa di composti basso-clorurati.

L'obiettivo del **WP2** è quello di applicare tecniche di biologia molecolare quali l'ibridazione fluorescente *in situ* (FISH e CARD-FISH) e la quantificazione di geni funzionali mediante PCR quantitativa (qPCR/RTqPCR) per definire la composizione, struttura ed attività delle biomasse dechloranti sia sospese che in forma aggregata (biofilm) presenti in un sito contaminato da CAHs.

L'obiettivo del **WP3** è la messa a punto di test eco-tossicologici che consentano di valutare l'efficacia dell'intervento di biorisanamento non soltanto in termini di rimozione dei contaminanti parentali ma anche attraverso la verifica dell'effettiva riduzione della tossicità dell'acqua a valle del trattamento. Inoltre, l'effetto tossico integrato della risposta ecotossicologica fornisce indicazioni sulle possibili interferenze, anche di tipo sinergico, legate alla contemporanea presenza, in acque naturali, di diverse tipologie di contaminanti in traccia.

L'obiettivo del **WP4** è lo sviluppo di un nuovo strumento di *sensing*, basato sulla tecnologia del Naso Elettronico (NE), che permetta di determinare in tempo reale, in modo quali/quantitativo, la concentrazione di idrocarburi clorurati o altri marcatori senza la necessità di estrarre e raccogliere l'acqua e senza dover ricorrere a lunghe e costose analisi di laboratorio.

## 2 Il progetto

### 2.1 Descrizione dettagliata del progetto

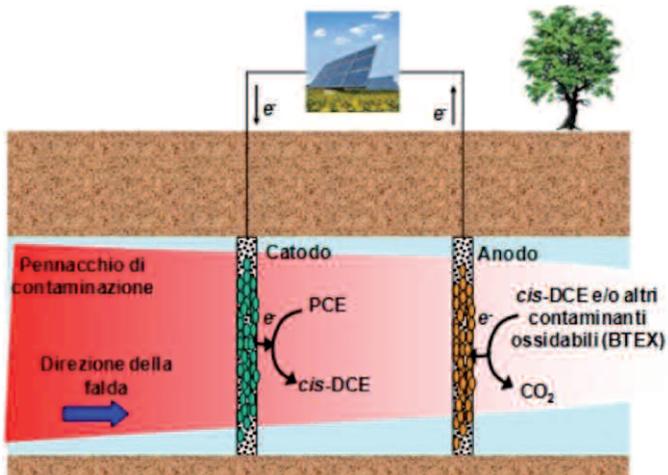
Tutte e quattro le attività descritte in precedenza (WP 1-4) verranno svolte presso i laboratori degli Istituti CNR proponenti, presso un sito contaminato da solventi clorurati in Regione Lombardia. L'applicazione "su campo" dei nuovi approcci tecnologici e metodologie proposte sarà di cruciale importanza al fine di verificarne la robustezza e l'affidabilità in condizioni altamente rappresentative. Uno dei siti contaminati da idrocarburi clorurati presso i quali sarà condotta l'attività di campo è il sito della ex-Chimica Bianchi, situato in Rho (MI). Tutte le attività di campo si svolgeranno in stretta collaborazione e sotto il controllo della Direzione Generale Ambiente, Energia e Reti, U.O. Tutela Ambientale, nonché delle altre autorità localmente competenti (es. Comune di Rho). Più in dettaglio gli specifici interventi previsti per ogni Tema di ricerca sono riportati di seguito.

#### WP1.

- Attività 1.1 – Identificazione di fattori critici nello scale-up del processo bioelettrochimico e progettazione del test dimostrativo su sito reale. Particolare attenzione sarà posta all'identificazione della configurazione dei reattori, materiali elettrodi e condizioni operative.
- Attività 1.2 – Realizzazione ed esecuzione dei test di campo, con particolare riferimento alla stabilità, robustezza ed efficienza del processo in funzione delle condizioni di esercizio. I principali parametri operativi che verranno esplorati includono: potenziale elettrodo applicato, condizioni fluidodinamiche. Raccolta ed elaborazione dei dati di campo (distribuzione dei contaminanti e sottoprodotti di degradazione; composizione microbica, potenza elettrica consumata; destino dei componenti inorganici presenti nella falda e di eventuali co-contaminanti).
- Attività 1.3 – Modellazione matematica avanzata del processo di risanamento proposto ed analisi tecnico-economica.

#### WP2.

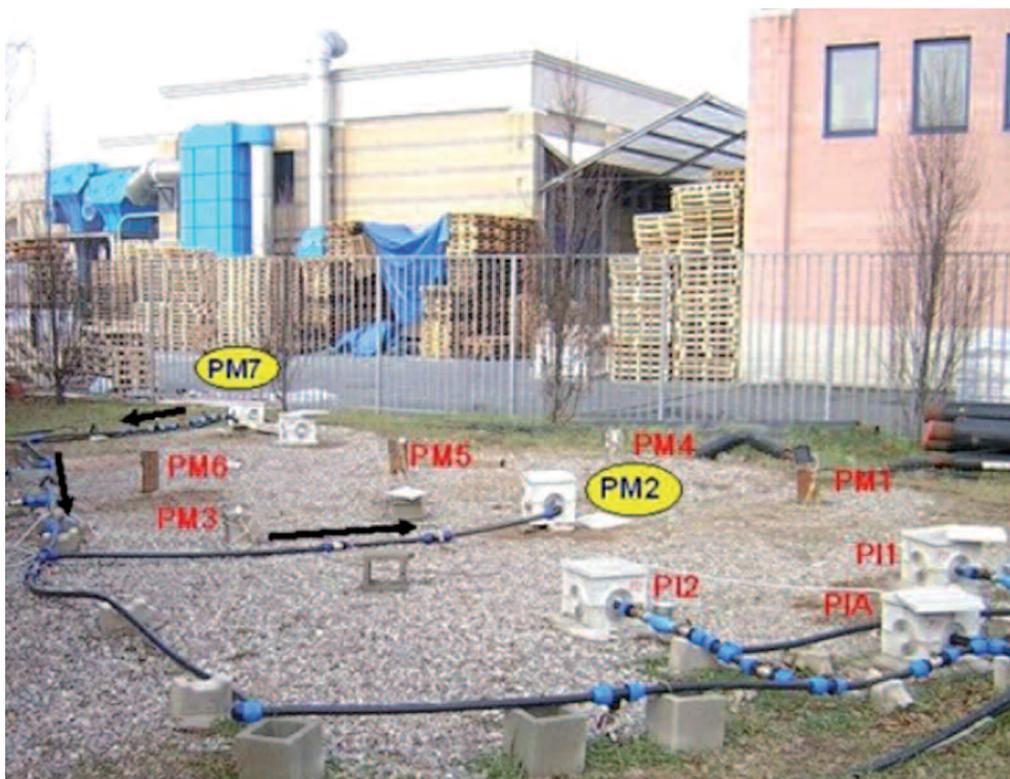
- Attività 2.1 – Implementazione degli attuali strumenti di biomonitoraggio già ampiamente applicati e testati in scala di campo mediante l'introduzione di parametri strettamente associati all'attività di dechlorazione riduttiva (RD). In particolare verrà ottimizzato il rilevamento *in situ* di geni catabolici con metodologie di qPCR/RT-qPCR e Gene-FISH.
- Attività 2.2 – Definizione della struttura e della dinamica delle popolazioni dechloranti, coinvolte nel processo bioelettrochimico di risanamento (attività 1.2), sia in forma dispersa che come biofilm adeso agli elettrodi. Particolare attenzione sarà indirizzata alla validazione di nuovi biomarker ed alla correlazione fra RD e attività di degradazione delle popolazioni dechloranti.

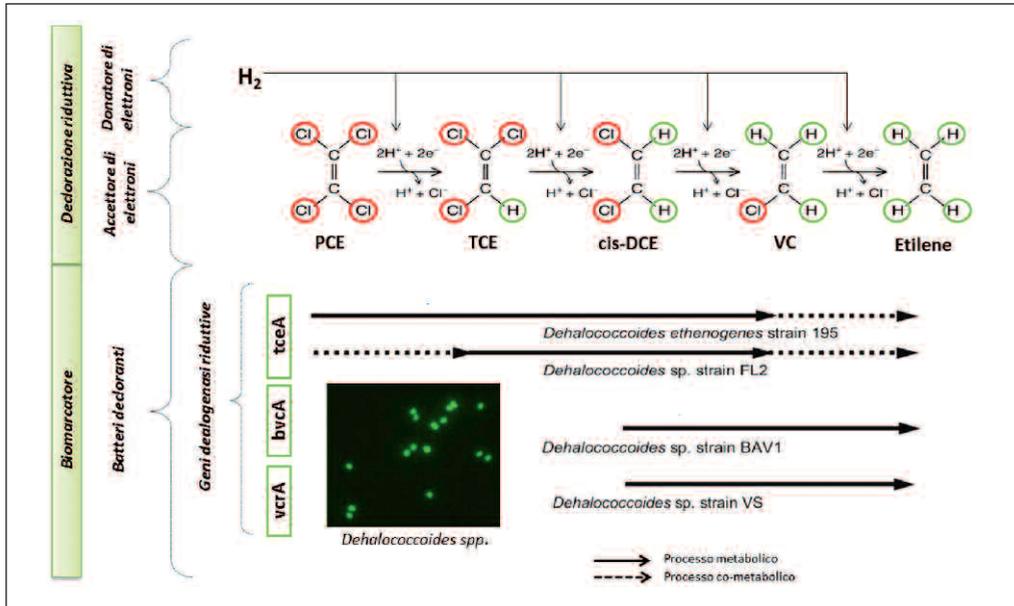


◀ Fig. 1

WP1a: Schema del processo bioelettrochimico di degradazione dei contaminati clorurati nella falda

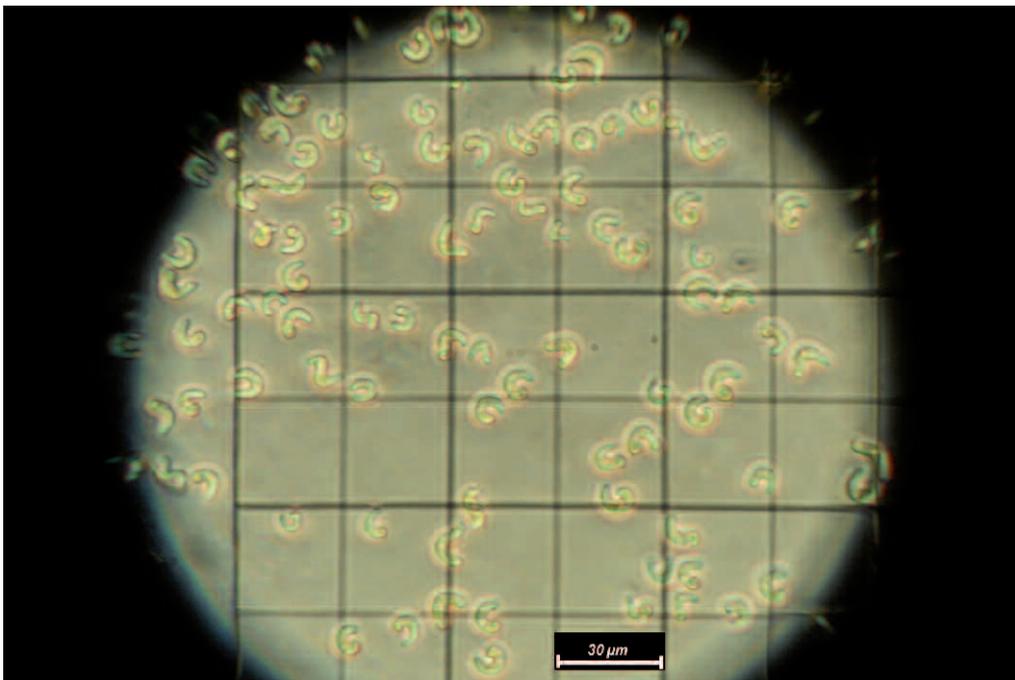
▼ Fig. 2 WP1b: Area attrezzata per le prove sperimentali SusBioRem





▲ Fig. 3 WP2: Microrganismi coinvolti nella dechlorazione riduttiva dei solventi clorurati

▼ Fig. 4 WP3: Organismo test *Pseudokirchneriella subcapitata* utilizzata per l'ecotossicologia algale



## WP3.

- Attività 3.1 – Messa a punto della procedura eco-tossicologica con l'alga *Pseudokirchneriella subcapitata*, confrontando tecniche e tempi di esposizione differenti, in modo da ottimizzare le strutture sperimentali, garantendo sufficiente sensibilità di risposta. A tal fine saranno allestiti in laboratorio test di crescita algale, misurata in sistemi sperimentali a diverso grado di limitazione dello scambio gassoso, quale requisito raccomandato per l'esposizione degli organismi test a composti volatili.
- Attività 3.2 – Adozione della tecnica sperimentale selezionata per verificarne il grado di sensibilità ai composti tossici di interesse. A tal fine saranno utilizzati composti-modello selezionati in base al diverso grado di clorurazione, come TCE e PCE, possibilmente identificati dalle attività parallelamente condotte nell'ambito del WP1. Particolare cura sarà dedicata alla valutazione della sensibilità dei diversi end-point tossicologici misurati integrando i diversi tempi di esposizione.
- Attività 3.3 – Al fine di valutare l'efficacia dei processi di biorisanamento saranno infine condotti test algali sulle soluzioni monte-valle trattamento, per la verifica della effettiva riduzione della tossicità (TR) e/o di possibili interferenze, legate alla contemporanea presenza, in acque naturali, di diverse tipologie di contaminanti.

## WP4.

- Attività 4.1 – Sintesi e caratterizzazione chimico-fisica di sensori a base di nano-cristalli di ossidi metallici (MOX). I MOX verranno preparati secondo processi di evaporazione-condensazione (EC) basati su meccanismi di crescita VLS (vapore liquido solido) e VS (vapore solido).
- Attività 4.2 – Caratterizzazione delle prestazioni dei sensori sviluppati nell'Attività 4.1 nei confronti dei singoli marcatori chimici presenti nell'acqua di falda. Saranno studiate le relazioni tra i parametri di sintesi dei materiali MOX che costituiscono i sensori e le loro prestazioni nei confronti dei composti volatili (CAHs). Sui materiali più promettenti verranno eseguite misure a lungo termine per determinare stabilità e riproducibilità della risposta ed i possibili effetti di avvelenamento dovuti ad un'esposizione prolungata alle specie target.
- Attività 4.3 – Il prototipo del NE del progetto saranno basati sui sensori più performanti sviluppati nelle attività 4.1 e 4.2. Durante questa fase saranno condotte prove, sia in laboratorio che su campo, utilizzando acqua di falda reale proveniente dal sito contaminato di Rho. Si valuterà anche la possibilità di impiegare il NE per monitorare in tempo reale la prestazione del processo bioelettrochimico di risanamento.

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP1	WP 1.1	Analisi dei fattori critici nello scale-up del processo bioelettrochimico e progettazione del test dimostrativo su sito reale	Esecuzione test bioelettrochimici in scala di laboratorio in presenza di soluzioni sintetiche e acqua di falda reale	Identificazione condizioni di lavoro ottimali
	WP 1.2	Realizzazione ed esecuzione del test di campo	Raccolta dei dati di campo quali distribuzione dei contaminanti e sottoprodotti di degradazione; composizione microbica, potenza elettrica consumata; destino dei componenti inorganici presenti nella falda e di eventuali co-contaminanti	Valutazione della prestazione del processo bioelettrochimico sulla scala di campo
	WP 1.3	Modellazione matematica e analisi tecnico-economica	Elaborazione dei dati del test di campo	Benchmarking del processo bioelettrochimico

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP2	WP 2.1	Sviluppo di nuovi metodi biomolecolari per l'analisi di geni funzionali coinvolti nelle varie fasi del processo di dechlorazione riduttiva di contaminanti clorurati	Design e produzione di sonde geniche mediante PCR ed esecuzione di saggi di ibridazione <i>in situ</i>	Identificazione di ceppi dechloranti con diverse capacità metaboliche
	WP 2.2	Validazione di metodologie avanzate di biomonitoraggio ambientale	Studio comparativo GeneFISH e metodi tradizionali per la quantificazione e la stima di attività di popolazioni microbiche dechloranti	Valutazione dell'efficacia delle metodologie biomolecolari per l'analisi di acqua di falda
	WP 2.3	Caratterizzazione microbiologica delle biomasse dechloranti coinvolte nel processo bioelettrochimico	Saggi biomolecolari applicati ai sistemi bioelettrochimici in scala di laboratorio e a test dimostrativi su campo	Struttura, composizione ed attività di biofilm microbici dechloranti

		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP3	WP 3.1	Valutazione e selezione della struttura sperimentale idonea per il test eco tossicologico con alga per sostanze volatili	Selezione dell'alga-test e mantenimento in colture di laboratorio; conduzione di test di crescita in condizioni sperimentali a diverso grado di limitazione di scambio gassoso	Disponibilità in continuo di cellule algali per le pre-colture test in fase esponenziale; messa a punto della procedura sperimentale del test di crescita
	WP 3.2	Verifica della sensibilità di risposta del test di tossicità di composti-mo-dello clorurati	Conduzione di test di tossicità su composti a diverso grado di clorurazione; confronto della sensibilità di risposta di diversi end-point tossicologici ai composti di interesse	Idoneità della procedura selezionata, sia dal punto di vista operativo, sia di elaborazione dei dati tossicologici
	WP 3.3	Verifica dell'efficacia dei processi di biorisanamento da composti clorurati	Conduzione di test di tossicità su soluzioni monte-valle trattamento bioelettrochimico	Stima dell'efficacia del trattamento mediante misura di Toxicity Reduction (TR)

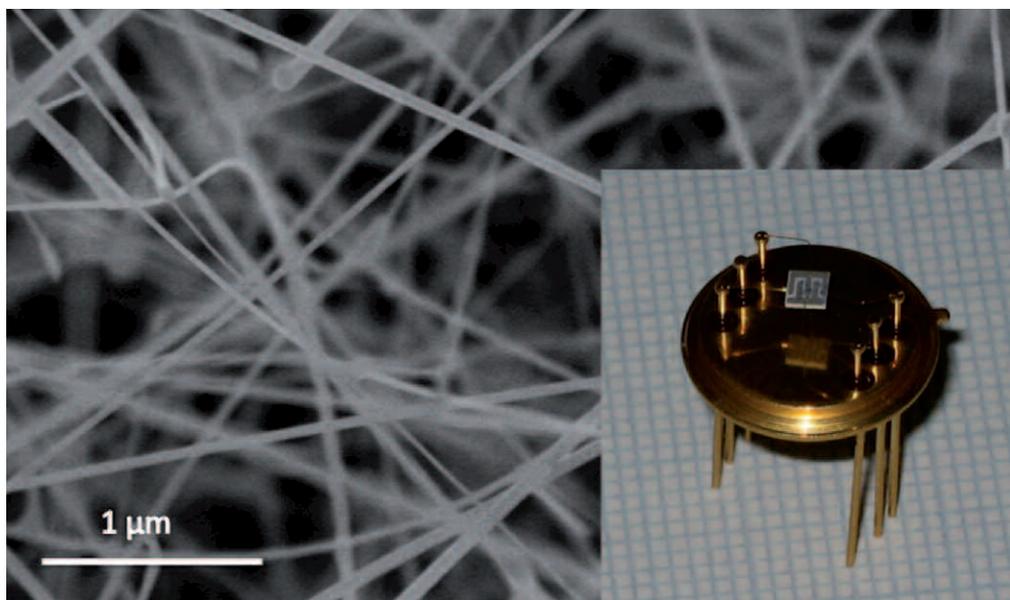
		OBIETTIVO	ATTIVITÀ	RISULTATO ATTESO
WP4	WP 4.1	Preparazione di prototipi di sensori conduttometrici a base di ossidi metallici nanostrutturati	Sintesi di ossidi metallici nano strutturati con morfologia e struttura controllate su scala micro- e nanometrica	Realizzazione di un set di sensori prototipali da caratterizzare/calibrare
	WP 4.2	Identificazione delle prestazioni dei sensori e selezione dei sensori più promettenti	Caratterizzazione ( <i>lab test</i> ) dei sensori prototipali nei confronti dei composti target e possibili composti interferenti	Realizzazione di un database di prestazioni dei sensori, es: curve di calibrazione, limite di rivelabilità, tempi di risposta. Identificazione dei sensori da utilizzare nel prototipo di naso elettronico (NE)
	WP 4.3	Caratterizzazione e test del prototipo di NE	<i>Lab test</i> e <i>field test</i> con il prototipo di NE	Caratterizzazione delle prestazioni del prototipo di NE per monitorare l'inquinamento delle acque da composti clorurati alifatici

## 2.2 Il partenariato

- **Istituto di Ricerca Sulle Acque (IRSA-CNR)** è responsabile delle seguenti attività:
  - **WP1:** Sviluppo e dimostrazione su campo di un nuovo processo di biorisanamento elettrochimicamente assistito (Dr. Federico Aulenta; Prof. Mauro Majone)
  - **WP2:** Sviluppo e applicazione su campo di metodi biomolecolari per la valutazione speditiva del potenziale di biorisanamento di idrocarburi clorurati (Dott.ssa Simona Rossetti)
  - **WP3:** Messa a punto ed applicazione su campo di test eco-tossicologici per una valutazione integrale dell'efficacia di processi di biorisanamento (Dott.ssa Marina Mingazzini)
  - **Coordinamento e gestione** (Dr. Gianni Tartari)
  - **Divulgazione/trasferimento** (Dr. Gianni Tartari)
  - **Formazione** (Dr. Gianni Tartari)
- **Istituto Nazionale di Ottica (INO-CNR):**
  - **WP4:** Sviluppo di sensori per la determinazione "in campo" di idrocarburi clorurati (Dr. Andrea Ponzoni)

### ▼ Fig. 5

WP4: Immagine acquisita al microscopio elettronico di una matassa di nanofili di ossido di stagno ( $\text{SnO}_2$ ) utilizzata per fabbricare sensori di gas. Insetto: prototipo di sensore di gas utilizzato per la rivelazione di solventi clorurati



## 2.3 Sintesi delle necessità finanziarie del progetto per voci di costo e soggetto beneficiario

<b>Voci di spesa</b>	<b>IRSA</b>	<b>INO</b>	<b>TOTALE</b>
Personale di ruolo con contratto a tempo indeterminato	153.253,00	137.381,00	290.634,00
Personale di ruolo con contratto a tempo determinato o per nuovi contratti/assunzioni	187.309,00	167.910,00	355.219,00
Spese di formazione	0,00	0,00	0,00
Strumentazione ed attrezzature di nuova acquisizione	0,00	0,00	0,00
Ricerca contrattuale, competenze tecniche e brevetti, servizi di consulenza e servizi equivalenti	26.000,00	10.000,00	36.000,00
Spese di pubblicizzazione	2.000,00	2.500,00	4.500,00
Altri costi di esercizio direttamente imputabili all'attività di ricerca	40.113,00	48.558,00	88.671,00
Spese generali	102.169,00	91.587,00	193.756,00
<b>TOTALE</b>	<b>510.844,00</b>	<b>457.936,00</b>	<b>968.780,00</b>

Valori in euro.



### 3 I prodotti attesi dall'attività progettuale

#### 3.1 Prodotti scientifici attesi dall'attività progettuale

Si prevede che i risultati del progetto possano essere pubblicati come articoli in riviste scientifiche (ISI e/o non ISI) a diffusione nazionale e internazionale, come articoli in atti di convegno, abstract, ecc.

In aggiunta, è prevista la pubblicazione di una monografia in italiano. Tale documento avrà la forma di "linea guida", da utilizzarsi da parte dei funzionari della Regione Lombardia nello svolgimento dei compiti istituzionali, e conterrà non solo i risultati della ricerca ma anche procedure e protocolli standardizzati per l'indagine e la valutazione di fattibilità di processi di biorisanamento *in situ*, ivi inclusa la valutazione della applicabilità dei processi e metodi studiati in termini tecnici, economici e normativi. Le forme di distribuzione di tale monografia saranno concordate con la Regione (esempio sul sito web della Regione stessa).

#### 3.2 Prodotti applicativi attesi dall'attività progettuale

- Nuovo processo bioelettrochimico di risanamento ambientale;
- Prototipo di nuovo sensore per idrocarburi clorurati;
- Biomarker per la valutazione speditiva del potenziale di biorisanamento;
- Protocolli per test eco-tossicologici.

## 4 Le ricadute attese sul territorio

### 4.1 Ricadute socio-economiche attese dall'attività progettuale e il territorio interessato

L'impatto del presente progetto è immediatamente e strettamente correlato alla ubiquitaria presenza degli idrocarburi clorurati nelle acque sotterranee del territorio lombardo, fenomeno già noto alle amministrazioni locali a partire dalla metà degli anni '80. Ad esempio, un recente studio condotto nell'ambito di una convezione tra IRSA e Provincia di Milano (progetto QUALFALDA II) ha messo in evidenza come tali inquinanti siano presenti in modo estremamente diffuso nella prima falda della Provincia di Milano, con un valor medio di concentrazione (media calcolata su tutte le determinazioni effettuate) che supera i 2000 µg/L, con un picco che, proprio nel sito dell'ex-Chimica Bianchi (Rho, MI), raggiunge valori superiori a 150000 µg/L. La contaminazione, che interessa larga parte della Provincia, copre la Città di Milano, i Comuni subito a Nord/Nord-Ovest di Milano, la zona a Sud-Ovest alla città e alcuni Comuni delle Provincia di Monza.

In considerazione di ciò, i risultati del presente progetto di ricerca potranno avere implicazioni dirette sia di carattere economico sia di carattere sanitario sul territorio. In effetti, il risanamento di siti contaminanti è una delle più importanti emergenze ambientali, sia in Italia (ed in particolare nella Regione Lombardia a causa delle pressione antropiche significative esercitate sul territorio dalle varie realtà industriali) che in Europa. Il documento preparatorio alla prossima Direttiva Europea sulla "Protezione del Suolo" (Proposta COM2006/232) stima che 3.5 milioni di siti potenzialmente contaminanti dovranno essere individuati e caratterizzati in Europa, con un costo di circa 240 milioni di € per almeno 25 anni. La Proposta stima che circa 500.000 siti contaminati dovranno poi essere effettivamente risanati. In particolare, la necessità di bonifica dell'acqua sotterranee contaminata ha un impatto rilevante sul territorio, non solo dal punto di vista ambientale ma anche da quello economico. Lo stato dell'arte registra una netta prevalenza di interventi basati sul cosiddetto approccio *Pump and Treat* (P&T), consistente nello sbarramento idraulico della falda, nel trattamento depurativo delle acque emunte e nello scarico finale delle acque depurate in un corpo idrico generalmente diverso da quello di provenienza. Tale approccio, pur se efficace sotto il profilo tecnico, non sempre appare tale sotto i profili della sostenibilità ambientale ed economica. Infatti, la risorsa, una volta decontaminata, non viene restituita al suo uso originario o potenziale e inoltre le aree risultano interessate da interventi complessi e protratti nel tempo che ne ostacolano usi presenti e futuri. Alcuni dati di costo sono desumibili a livello nazionale da uno studio condotto da ENEA e Sapienza Università di Roma sui costi delle opere di Messa in Sicurezza di Emergenza mediante sbarramento idraulico e fisico in circa un terzo dei Siti di Interesse Nazionale, senza includere i megasiti come Porto Marghera. Dai dati di progetto si è calcolato un costo di realizzazione di circa 536 milioni di euro, di cui il 59% per le opere di sbarramento e il 41% per impianti di trattamento dedicati alla depurazione delle acque prelevate. Tale ingente investimento avviene a fronte di una stima di circa 45 milioni m<sup>3</sup> di acque da prelevare e trattare per anno (il che corrisponde al consumo idrico di una città di circa 450.000 abitanti equivalenti). Ancorché fortemente dipendente dalla tipologia e concentrazione dei con-

taminanti, per tali acque si è stimato un costo medio di investimento per gli impianti di depurazione dedicati pari a 57.300 €/mc/h trattato) ed un costo di gestione della depurazione intorno ai 2.5 €/m<sup>3</sup> (corrispondente a circa 112 milioni di €/anno). Se a questo si aggiunge che le opere di P&T sono tipicamente attive per decenni (EPA stima in 75% le barriere idrauliche ancora attive negli USA, a partire dalle prime realizzazioni negli anni '80), è ben evidente l'enorme impegno di risorse economiche che è richiesto in un territorio così largamente industrializzato come la Regione Lombardia (che peraltro è sede di numerosi Siti di Interesse Nazionale). A questi aspetti di natura economica si sono sommati altre problematiche di natura amministrativa. Ad esempio, si è inizialmente affermata una interpretazione amministrativa per cui l'acqua contaminata emunta è un rifiuto liquido. Tale determinazione ha provocato un esteso contenzioso, che non sembra essersi a tutt'oggi definitivamente risolto sul piano giurisprudenziale. Sul piano applicativo, la natura di "rifiuto liquido" ha di fatto reso molto più complessa l'autorizzazione per il trattamento depurativo e talvolta impedito o ritardato la possibilità di utilizzare impianti di depurazione di scarichi di stabilimento, già esistenti e pienamente compatibili sul piano tecnico. È quindi evidente l'impatto potenziale di sviluppare approcci di bonifica di maggior sostenibilità ambientale ed economica, attraverso l'applicazione di innovative tecnologie *in situ*, che conseguendo il risanamento dell'acqua sotterranea senza la sua estrazione (by-passando anche problemi di natura giurisprudenziale e amministrativa), garantiscono la tutela quantitativa della risorsa potenziale e consentono di ridurre i tempi per la restituzione del sito ad un eventuale uso produttivo.

## 4.2 Contributo atteso dal progetto nel migliorare la dotazione tecnologica territoriale

Il progetto contribuirà a migliorare le dotazioni tecnologiche del territorio attraverso il potenziamento delle seguenti infrastrutture/strumentazione scientifica:

- Laboratorio analitico dell'IRSA-CNR attraverso la predisposizione di apparecchiature e metodiche atte a quantificare la presenza di idrocarburi clorurati in acque sotterranee;
- Impianto pilota per l'esecuzione di test di biorisanamento anaerobico *in situ*;
- Sviluppo di metodologie e prototipo di naso elettronico presso (INO-CNR) per la determinazione speditiva (quali/quantitativa) di idrocarburi clorurati alifatici in acque sotterranee.

## 4.3 Valutazione della copertura territoriale prevista dal progetto

Tutte e quattro le attività descritte in precedenza (WP 1-4) verranno svolte presso i laboratori degli Istituti CNR proponenti con sede nel territorio lombardo e presso un sito contaminato da solventi clorurati in Regione Lombardia. Uno dei siti contaminati da idrocarburi clorurati presso i quali sarà condotta l'attività di campo è il sito della ex-Chimica Bianchi, situato nel Comune di Rho (MI).



Graphic Design  
Layout Studio · Giampiero Marzi

Stampa  
Tipolitografia Trullo · Via Ardeatina 2479, Roma

La cellulosa contenuta in questo prodotto deriva da foreste correttamente gestite,  
certificate in maniera indipendente in conformità alle norme del Forest Stewardship Council®.

Finito di stampare nel mese di ottobre 2014

© Regione Lombardia / CNR 2014