

IL CAMPUS DELLA STATALE A MIND

Ricerca e innovazione per la società
del terzo millennio



Il progetto di [CRA-Carlo Ratti Associati](#), in collaborazione con l'architetto Italo Rota
e con il gruppo immobiliare australiano Lendlease.

INDICE

LA STATALE A MIND: COME E PERCHÉ	4
Il contesto MIND: un ecosistema per l'innovazione	4
Il campus scientifico della Statale a MIND: la visione	4
Il campus scientifico della Statale a MIND: i numeri	7
LA RICERCA DELLA STATALE A MIND	9
A. AMBIENTE E TERRITORIO	9
1. Comparti ambientali	9
2. Sostenibilità ambientale ed economia circolare	10
3. Ecotossicologia	12
4. Pianificazione territoriale e progettazione del paesaggio	13
5. Valutazione, prevenzione e gestione dei rischi naturali e ambientali	13
6. Modellistica ambientale	14
7. <i>Policies</i> dell'ambiente	14
B. SALUTE UMANA	14
1. Ricerca sulle basi fisiopatologiche, modelli di studio e biomarcatori delle malattie umane	15
2. Sviluppo di approcci diagnostici e terapeutici innovativi	19
3. Scienze molecolari e del farmaco	20
4. Valutazione, prevenzione e gestione del rischio sanitario e salute pubblica	22
5. Nutrizione, benessere e comportamento del consumatore	22
6. Fisiologia e biomeccanica della locomozione e delle attività motorie e sportive	23
7. Tecnologie informatiche per la salute	24
C. BIOECONOMIA: RICERCA PER UNA FILIERA AGRO-ALIMENTARE SOSTENIBILE	26
1. Meccanismi molecolari e fisiologici alla base delle produzioni vegetali	26
2. Produzioni vegetali	26
3. Produzioni animali	28
4. Processi tecnologici innovativi per lo sviluppo di sistemi alimentari sostenibili e sicuri	28
5. Microbiota ambientale, alimentare e umano	28
6. Economia e diritto amministrativo in ambito agrario e alimentare	29
7. Chimica e biochimica per lo studio di sistemi complessi	29
D. PATRIMONIO CULTURALE	29
1. Diagnostica, conservazione, valorizzazione e fruizione: <i>conservation science</i>	29
2. Storia della scienza	30

E. MATERIALI.....	30
1. Materiali innovativi.....	30
2. Geomateriali	32
3. Sensori e biosensori.....	32
4. Nanomateriali	33
5. Sviluppo di metodologie sperimentali e strumentazione per la diagnostica dei materiali.....	33
6. Modelli matematici della materia	34
F. DAL MICROCOSMO AL MACROCOSMO	35
1. Esplorazione di microcosmo e macrocosmo	35
2. Sistemi complessi di interesse interdisciplinare.....	36
3. Tecnologie quantistiche - computer quantistici e crittografia quantistica	36
G. RICERCA INDUSTRIALE: PRODOTTI, PROCESSI E SERVIZI	36
1. Ricerca industriale chimica	36
2. Ricerca industriale chimico-farmaceutica	38
3. Ricerca fisica con ricadute tecnologiche e industriali	39
4. Ricerca industriale agro-alimentare	40
LA MACRO-PIATTAFORMA SCIENTIFICA DEL CAMPUS	42
1. Unità funzionale NMR e diffrazione di raggi X.....	42
2. Unità funzionale Scientific Data Center.....	42
3. Unità funzionale microscopia e microanalisi.....	43
4. Unità funzionale spettrometria di massa	43
5. Unità funzionale di citofluorimetria e <i>cell sorting</i>	44
6. Unità funzionale GXP	44
7. Unità funzionale radiosorvegliata	44
8. Unità funzionale stabulario	44
9. Unità funzionale officina meccanica generale	44
10. Unità camera pulita (clean room).....	45
11. Laboratorio di analisi sensoriale degli alimenti	45
12. Cantina sperimentale per micro-vinificazione.....	45
13. Unità funzionale serre, fitotroni ed ecotroni	45
LA BIBLIOTECA SCIENTIFICA DEL CAMPUS.....	46
L'ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE DELLA STATALE A MIND	48
A. Valorizzazione economica della conoscenza	48
1. Attività di ricerca e servizio conto terzi	48
2. Creazione di <i>spin-off</i>	48

3. Tutela della proprietà intellettuale e brevetti	48
4. Laboratori accreditati	49
B. Valorizzazione culturale e sociale della conoscenza	49
1. Divulgazione e comunicazione al grande pubblico	49
2. Attività destinate alle scuole	50
3. Strutture museali ed espositive.....	50
4. Percorsi formativi orientati al mondo dell'impresa	51
5. Svolgimento di compiti e servizi di pubblico interesse	51
6. Associazioni di pazienti.....	51
7. Progetti di cooperazione internazionale	52
8. Convegnistica scientifica.....	52
APPENDICE – ACRONIMI DEI DIPARTIMENTI	53

LA STATALE A MIND: COME E PERCHÉ

Il contesto MIND: un ecosistema per l'innovazione

Il progetto Milano Innovation District (MIND) è volto alla creazione di un ecosistema specificamente pensato per ospitare un polo tecnologico finalizzato alla ricerca scientifica a Milano. “MIND diverrà un nuovo quartiere di Milano: una vera e propria città nella città che guarda al futuro con una visione che coniuga l’aspetto scientifico, accademico e di cura dell’ambiente.”¹ Questo distretto ospiterà numerose istituzioni che, nel loro complesso, costituiranno un ambiente particolarmente fertile per lo sviluppo di progettualità innovative e tecnologie avanzate, tra cui Human Technopole, il nuovo Ospedale Galeazzi e una moltitudine di aziende e centri di ricerca privati. La Statale intende sfruttare questa opportunità unica per realizzare, in un contesto ideale, un campus scientifico dove i propri ricercatori e studenti possano vivere, lavorare e studiare a stretto contatto con realtà del settore pubblico e privato (aziende e *start-up*), affinché innovazione, esperienza, idee e ricerca possano circolare liberamente. In Italia, la ricerca è stata troppo a lungo chiusa tra le mura delle Università. La contaminazione è il primo fattore di sviluppo di un polo scientifico dell’innovazione.

Il campus scientifico della Statale a MIND: la visione

Il progetto visionario di Luigi Mangiagalli, fondatore dell’Università di Milano e suo primo Rettore nel triennio 1924-26, era di far sorgere la neonata Università in edifici da costruire nel quartiere Città Studi, progettato prima della Grande guerra, e avere come sede centrale e del Rettorato il Palazzo delle Scienze di via Saldini 50, attualmente sede del Dipartimento di Matematica. Tuttavia, l’idea espressa da Mangiagalli nel 1926 di raggruppare entro i confini della Città degli Studi tutte le Facoltà, “in una possente e gloriosa unità”, si rivelò ben presto inattuabile e lo sviluppo dell’Ateneo a Città Studi proseguì per ondate successive in modo piuttosto disordinato. Nel 1932 entrò a far parte dell’Ateneo la Facoltà di Medicina veterinaria e, tre anni più tardi, nel 1935, la Facoltà di Agraria, entrambe insediate in via Celoria. Agli inizi degli anni Quaranta, a fronte della considerevole crescita dell’Ateneo, il problema degli spazi si ripropose in termini allarmanti e si ritornò all’idea originaria di Mangiagalli di far confluire tutte le Facoltà in nuovi edifici da costruirsi a Città Studi, ma il progetto rimase sulla carta e la situazione peggiorò dopo il secondo conflitto mondiale. Nel corso degli anni Cinquanta proseguirono i lavori di recupero e ampliamento delle strutture, di cui si giovarono soprattutto gli istituti di interesse delle Facoltà di Medicina, Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, Agraria e Medicina veterinaria. Gli investimenti più cospicui furono indirizzati alla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, con le nuove costruzioni riservate alla geologia, alla botanica, alla zoologia, alla genetica e alla fisica, per la quale alla fine degli anni Cinquanta venne realizzato un edificio specificamente dedicato su un’area concessa dal Comune tra via Ponzio e via Celoria. Negli anni Settanta proseguì l’ampliamento del settore didattico di via Celoria e si costruirono gli edifici degli istituti chimici e, su progetto degli architetti Soro e Magistretti, il grande edificio per i dipartimenti biologici. E così via, con l’aggiunta ogni decennio di altri edifici, fino ai giorni nostri. Tra gli interventi più recenti ricordiamo la cosiddetta “balena bianca”, progettata dall’architetto Soro nel 1996 e vincolata pochi mesi fa dal Ministero “per l’importante valore artistico”, e infine nel 2018 l’edificio attualmente sede del Dipartimento di Informatica. La rapida evoluzione della ricerca scientifica, e soprattutto l’esigenza di laboratori in grado di ospitare strumentazioni di alto contenuto tecnologico, hanno reso obsolete molte delle sedi dipartimentali a Città Studi, progettate e realizzate, come detto, per la maggior parte oltre cinquant’anni fa. Inoltre, l’edilizia privata, nell’arco di quasi un secolo, si è pesantemente e progressivamente infiltrata tra le strutture universitarie, determinando la perdita della percezione di campus universitario e sfociando non raramente in situazioni di difficile convivenza². A causa

¹ Da <https://www.mindmilano.it/>

² Un esempio su tutti, lo spegnimento notturno delle cappe dei Dipartimenti di Chimica, nel 2010/11, imposto sulla base di un procedimento amministrativo del Comune di Milano, a seguito di un esposto dei condomini di Via

dell'assenza di un progetto organico, lo sviluppo della architettura e dell'urbanistica universitaria nel quartiere di Città Studi ha quindi prodotto una realtà disomogenea e frammentata in molteplici strutture edilizie non raccordate, il che ha di fatto impedito la piena realizzazione del progetto originale di Mangiagalli.

La Statale intende ripartire da quella visione e attuare ora a MIND il sogno di Mangiagalli, realizzando un campus universitario progettato come una struttura unica e fortemente integrata, caratterizzata da una molteplicità di servizi amministrativi e tecnici comuni, da una macro-piattaforma scientifica che permetterà l'acquisizione e la gestione della grande strumentazione necessaria a fare scienza nei prossimi decenni, e da una grande biblioteca scientifica. Un campus costituito da edifici tecnologici, con servizi innovativi, aree comuni specificamente progettate per favorire le relazioni, con un'attenzione sempre più marcata al tema della sostenibilità. Un campus nella cui progettazione verrà data massima attenzione a scelte strutturali, impiantistiche, architettoniche, oltre che organizzative e gestionali, che ne garantiscano la massima flessibilità. Da una flessibilità a breve termine, soprattutto per gli spazi di dimensioni più ridotte, che consenta un cambiamento di utilizzo delle strutture nell'arco della stessa giornata o in giorni diversi, ad una flessibilità a medio termine, che consenta – ad esempio – di modificare l'utilizzo delle strutture tra diversi semestri, fino ad una flessibilità a lungo termine, che preveda la riorganizzazione e modificazione di spazi, ad esempio, per cambiare la tipologia di utilizzo di un laboratorio o per adeguare i laboratori a modifiche rese necessarie per garantire prevenzione e sicurezza. Il nuovo campus sarà inoltre realizzato senza barriere architettoniche e in modo tale da soddisfare i più avanzati criteri di sostenibilità ambientale e di efficienza energetica.

Come detto, oltre al campus della Statale, nell'area MIND si stanno sviluppando altre importanti istituzioni con cui è interesse della Statale instaurare rapporti di fattiva collaborazione, tra cui Human Technopole, il nuovo Ospedale Galeazzi e una moltitudine di aziende e centri di ricerca privati. Per cogliere appieno questa opportunità, la Statale intende trasferire a MIND anche il proprio sistema di *technology transfer*.

MIND non vuole nascere e crescere come una “cattedrale in un deserto”, un'area isolata e vitale solo limitatamente ai momenti di svolgimento delle attività delle istituzioni che lo abiteranno, ma vuole essere un vero e proprio nuovo quartiere della città. La Statale popolerà MIND con oltre 20.000 persone, tra studenti, docenti, dottorandi, borsisti e personale tecnico, amministrativo e bibliotecario. Data la propria dimensione è evidente che questa “popolazione” si configura come una delle più rilevanti in termini di ricaduta sociale su MIND, per il ruolo che avrà sulla nascita di una comunità in questo nuovo quartiere di Milano. È altrettanto evidente la sua importante ricaduta economica sull'indotto di MIND per quanto riguarda la domanda di servizi commerciali. Il campus sarà inoltre collegato alla città sia dalla linea metropolitana M1 che da due stazioni (Stephenson e MIND-Merlata) della *circle line*, il treno urbano che dal 2024 incrocerà e collegherà tra loro tutte le linee metropolitane e i principali scali ferroviari cittadini³. La mobilità interna a MIND sarà invece assicurata da navette a guida autonoma e a propulsione elettrica, oltre che dalle piste ciclabili.

Strambio 29 (“i sistemi d'aspirazione aria dalle cappe causano immissioni sonore che superano i limiti differenziali notturni”).

³ Le stazioni aggiuntive sono contemplate da due piani diversi: quella di via Stephenson rientra nell'accordo “Scali ferroviari”, mentre quella di MIND-Merlata nell'accordo di programma “EXPO”. L'iter approvativo è in corso: la Giunta della Regione Lombardia ha dato la sua approvazione nel luglio 2019, la Giunta del Comune di Milano nel gennaio 2020 (approvazione del Piano Integrato di Intervento Mind), mentre a settembre 2019 i rappresentanti degli Accordi di Programma Scali Ferroviari, Expo e Cascina Merlata hanno approvato il Protocollo di Intesa per realizzare la fermata ferroviaria aggiuntiva MIND-Merlata in corrispondenza della passerella di collegamento delle aree MIND e Cascina Merlata.

In linea con una visione integrata nel tessuto urbano, il campus prevede anche la residenzialità presso residenze studentesche di un numero importante di studenti (oltre 1.000 posti letto, di cui almeno 400 assegnati a un costo convenzionato sulla base di un bando pubblico)⁴, più numerosi appartamenti di diverse dimensioni disponibili per l'affitto nell'area residenziale di MIND (esterni al campus).

In aree immediatamente contigue al campus saranno inoltre realizzati impianti sportivi che potranno essere utilizzati per le attività didattiche dei corsi di studio della Facoltà di Scienze motorie, ma anche dalla cittadinanza, inclusi gli studenti e il personale della Statale.

Infine, il complesso di Cascina Triulza, dedicato alle relazioni di MIND con la cittadinanza ed esteso su un'area di 7.900 mq, potrà garantire la struttura e l'organizzazione necessarie alle attività di divulgazione e orientamento, alle manifestazioni convegnistiche, fino a congressi di medie dimensioni ospitati in spazi polifunzionali e nell'auditorium. In questo contesto potrebbero essere inseriti anche laboratori della Statale dedicati alle attività di *public engagement*, alla divulgazione e all'orientamento, tra cui, ad esempio, il CUSMIBIO (Centro Università degli Studi di Milano - Scuola per la diffusione delle bioscienze).

Con il nuovo campus, l'Ateneo aspira a raggiungere obiettivi scientifici ambiziosi in diverse discipline, puntando ad una vera e completa transdisciplinarietà. Il campus della Statale a MIND si configura come un vero e proprio campus universitario, pensato e realizzato per garantire all'Ateneo le condizioni migliori per svolgere oggi e far crescere nei prossimi decenni l'attività formativa e di ricerca in ambito scientifico.

Lo sviluppo di una realtà di questa natura e dimensione non può prescindere dalla garanzia della libertà della ricerca, che deve arricchirsi attraverso la "diversità culturale" e i diversi approcci nello studio dei fenomeni naturali e della loro interazione con l'umanità. La ricerca scientifica, sia quella di base che quella applicata, deve infatti essere capace di esplorare continuamente strade nuove.

Nel proprio campus a MIND, la Statale intende anche raccogliere l'eredità di EXPO 2015: "Nutrire il pianeta: energia per la vita" e contribuire allo sviluppo di un polo scientifico-tecnologico di rilevanza internazionale, cogliendo in modo olistico il *nexus* "Energia-Cibo-Benessere-Ambiente". Solo un grande Ateneo generalista come la Statale, che mette in pratica il concetto di "*universitas*", può affrontare un tema di questa complessità, che richiede l'interazione stretta tra scienze esatte, scienze naturali nell'accezione più ampia e scienze della salute. Per questo, il campus a MIND non solo manterrà forti legami con la città, ma si svilupperà anche in stretta collaborazione con le attività nel campo delle scienze umane, sociali, giuridiche, che caratterizzano altri poli dell'Ateneo.

Pertanto, nel periodo in cui l'Ateneo affronterà la realizzazione del campus a MIND, sarà contemporaneamente impegnato anche nella ri-progettazione del proprio polo di Città Studi, anche al fine di salvaguardare la vocazione universitaria del quartiere. A tale scopo è già attivo un tavolo di lavoro con il Comune di Milano, la Regione Lombardia, il Politecnico di Milano, l'Università degli Studi di Milano-Bicocca, l'Istituto Neurologico Besta e l'Istituto Nazionale dei Tumori, anch'essi interessati ad un trasferimento di sede nel 2024. Il progetto prevede la riqualificazione, già deliberata e finanziata, delle aree demaniali precedentemente occupate dalla Facoltà di Veterinaria, per ospitare il Dipartimento di Beni Culturali e Ambientali, compreso il patrimonio museale (Centro Apice, Museo scientifico per i diritti umani, la criminalistica e la storia dell'uomo). La Statale si propone inoltre di realizzare a Città Studi un Polo digitale che si interfacci da una parte con l'area delle "*Soft Sciences*" (Scienze politiche, economiche, sociali e umane) per promuovere ricerca e creare competenze nel campo del "*Data Science & Digital Humanities*", e dall'altra con l'area biomedica, sia quella che sarà presente al Campus MIND che quella presente nelle strutture sanitarie lombarde con attività convenzionate di ricerca e formazione dove è forte

⁴ Il Piano integrato di intervento prevede una quota non inferiore a 30.000 metri quadrati di housing sociale, anche nella forma di residenze universitarie.

la presenza di docenti e ricercatori dell'Ateneo. La riqualificazione del Polo Città Studi offrirà anche l'opportunità di rimediare alla carenza di residenze studentesche che ha impedito fino ad ora di realizzare nel concreto e pienamente quel progetto di università aperta agli studenti di altre Regioni Italiane e di altri Paesi dell'Europa e del mondo a cui l'Ateneo aspira⁵. Sarà quindi possibile costruire a Città Studi, a partire dal 2025, nuove residenze con spazi di studio per gli studenti fuori sede in un numero finalmente adeguato.

In conclusione, la visione progettuale della Statale, come ribadito dal Magnifico Rettore in occasione della cerimonia di apertura dell'Anno accademico 2019-2020, è realizzare a MIND un campus scientifico universitario "che si integri in un distretto innovativo che potrà portare prestigio, scienza e lavoro al nostro territorio". Un campus moderno e tecnologicamente al passo con i tempi, che, pur rimanendo parte integrante di un grande Ateneo generalista, sia capace di inserirsi in un distretto tecnologico innovativo e aperto all'interazione con altri partner della ricerca scientifica del Paese. Un campus dove sia bello studiare e lavorare per gli studenti e per il personale docente e non docente.

Il campus scientifico della Statale a MIND: i numeri

Di seguito si riportano in maggior dettaglio gli aspetti più significativi che costituiscono il progetto campus della Statale a MIND.

Il campus si svilupperà su circa 160.000 mq di superficie lorda pavimentata, inclusa in una superficie territoriale di 65.000 mq. Poiché l'impronta a terra degli edifici è prevista in circa 30.000 mq, si evince l'abbondanza dello spazio non costruito, con un rapporto edificato/non-edificato inferiore al 50%. Gli spazi disponibili al netto dei servizi, dei corridoi, dei locali tecnici, ecc., occuperanno circa 105.000 mq. Di questi, circa 17.000 mq saranno occupati da aule per la didattica, da 15 fino a 250 posti, per un totale di circa 14.000 posti a sedere, mentre i laboratori didattici occuperanno un'area netta di circa 11.000 mq, con oltre 3.000 postazioni di lavoro per gli studenti. Gli spazi dipartimentali disporranno invece di 16.600 mq netti per gli uffici e 31.400 mq netti per i laboratori.

Negli spazi dipartimentali troveranno posto quasi 1.000 docenti, 900 dottorandi e assegnisti, e 1.500 laureandi magistrali durante il periodo di tesi, e una parte delle circa 500 unità di personale tecnico-amministrativo, mentre la maggior parte del personale tecnico lavorerà nella macro-piattaforma scientifica e la quasi totalità del personale amministrativo lavorerà negli uffici amministrativi centrali e nella biblioteca.

Gli uffici amministrativi e direzionali del campus (1.800 mq netti) saranno situati nell'edificio di rappresentanza, che ospiterà anche la biblioteca e l'aula magna, e prevede le seguenti funzioni: Segreterie amministrative; Sezione distaccata del COSP (Centro funzionale di Ateneo per l'Orientamento allo Studio e alle Professioni); Servizi di sorveglianza; Servizi di manutenzione. In considerazione della tipologia e quantità di progetti e contratti di ricerca che coinvolgono i Dipartimenti che opereranno in quella sede e delle loro ricadute brevettuali, nonché delle modalità di gestione innovativa e condivisa di molte unità della macro-piattaforma scientifica, saranno ubicati presso il campus anche la Direzione Servizi per la Ricerca e gli uffici del *Technology Transfer*.

La macro-piattaforma scientifica sarà ospitata in un edificio con superficie netta di quasi 15.000 mq, pensato per ospitare infrastrutture tecnologiche e strumentali di alta specializzazione e servizi condivisi fra i Dipartimenti. In macro-piattaforma troveranno spazio anche infrastrutture e laboratori riconducibili a singoli Dipartimenti che per esigenze edilizie/impiantistiche e/o di sicurezza non convenzionali non possono essere collocati negli edifici dipartimentali. Le quattro strutture di gestione condivisa di

⁵ Il CdA ha già approvato (18/6/2019) un piano di sviluppo per le residenze che porterà l'Ateneo a disporre di 300 posti letto in più entro l'anno accademico 2022-23, passando dagli attuali 775 a 1.075.

strumentazione scientifica già esistenti e operative (UNITECH NoLimits, Omics, Indaco e Cospect) saranno fortemente potenziate dalla collocazione in macro-piattaforma e saranno integrate con gran parte della strumentazione che, pur facendo attualmente riferimento a singoli Dipartimenti, confluirà in spazi comuni per razionali scelte di sviluppo sinergico oltre che per necessità infrastrutturali e impiantistiche. Le quattro UNITECH esistenti saranno affiancate da numerose altre Unità funzionali che ospiteranno vari servizi comuni, dettagliate nella sezione dedicata alla macro-piattaforma scientifica del presente documento.

La Statale trasferirà al campus a MIND circa 60 corsi di studio di primo e secondo livello (lauree e lauree magistrali), per un totale di circa 18.000 studenti attualmente iscritti. A questi vanno aggiunti gli studenti degli oltre 20 corsi di dottorato di ricerca di area scientifica, gli studenti di scuole di specializzazione e di perfezionamento, di master universitari di primo e secondo livello, o comunque coinvolti in altre attività formative (*life-long learning*, formazione degli insegnanti, ecc.). La dotazione di spazi didattici consentirebbe di accogliere 23.500 studenti e contempla quindi una possibilità di espansione del corpo studentesco di oltre il 20%.

In aggiunta a quanto descritto a riguardo di Cascina Triulza, nell'edificio di rappresentanza dell'Ateneo sarà realizzata un'aula magna con capienza di 600 posti, mentre ciascun edificio dipartimentale sarà dotato di un'aula seminariale da circa 200 posti, con caratteristiche adeguate per svolgere seminari e piccoli convegni, sedute di laurea, consigli di Dipartimento, collegi didattici, riunioni di altri organismi dell'Ateneo. L'aula magna e le aule seminariali disporranno di spazi attrezzati a reception desk che possano svolgere funzioni di supporto nel caso di seminari e conferenze (*foyer*, punto registrazione, coffee point, area poster, area espositori). Presso l'aula magna sarà realizzata una cabina di regia per la gestione audio e video e la "messa in rete" di tutte le aule seminariali, che complessivamente, mettendo in teleconferenza le tre sale o utilizzandole in parallelo con sessioni multiple, consentiranno di ospitare convegni scientifici ed eventi (per esempio, gli open day) che prevedano fino a 1.000 partecipanti.

Per quanto riguarda gli spazi dedicati allo studio per gli studenti, in aggiunta agli spazi previsti in biblioteca (circa 2.000 postazioni sedute), è prevista la realizzazione di sale studio nell'area didattica, distribuite su una superficie di circa 1.350 mq, per un totale di quasi 700 postazioni. Diversi esempi internazionali, ben noti a chi opera nel settore del design architettonico, mostrano come spazi di ottima qualità possano inoltre essere progettati e realizzati sfruttando il differenziale tra superficie lorda e superficie netta, che, per la sola area destinata alle aule è di circa 9.000 mq.

Per quanto riguarda la biblioteca, saranno presenti sia spazi "tradizionali" di lettura e consultazione ma anche "innovativi" secondo una concezione moderna della biblioteca come learning center. Si svilupperà infatti in quattro aree funzionali: 1) area forum (accoglienza, meeting, ecc.); 2) area con spazi di lettura e studio individuali (area silenziosa) o di gruppo (non silenziosa), e spazi attrezzati (PC, collegamenti, ecc.); 3) uffici; 4) deposito volumi. Per dare un'idea approssimativa, per un numero indicativo di 18.000 studenti saranno disponibili circa 2.000 posti a sedere, in linea con altre biblioteche europee considerate come *benchmark* di confronto. Ci sarà spazio, negli 8.500 mq netti disponibili, per accogliere integralmente il patrimonio librario delle attuali biblioteche scientifiche d'area; i volumi saranno consultabili tramite una "torre libraria" automatizzata.

Per quanto riguarda la ristorazione, una mensa per gli studenti e il personale di UNIMI da circa 1.000 posti (per 1.700 mq complessivi), interna al campus, sarà capace di servire su quattro turni circa 4.000 persone. A questa si affiancheranno altri servizi di ristoro a regime convenzionato, su una superficie di ulteriori 1.000 mq. Ci sarà inoltre una serie di esercizi commerciali, interni (per 2.500 mq complessivi) ed esterni al campus. Gli esercizi commerciali interni al campus potranno essere bar, tavole calde, caffetterie, librerie.

LA RICERCA DELLA STATALE A MIND

Le attività di ricerca che caratterizzano i gruppi dell'Università degli Studi di Milano che saranno presenti nel campus scientifico a MIND vengono qui illustrate per grandi temi e facendo ampio riferimento alle applicazioni. La ricerca scientifica "applicata o industriale" convive in modo naturale con la ricerca "di base", che da sempre è fonte di ricadute tecnologiche e applicative di rilevanza in campo sociale, industriale, economico, ecc. Nei riquadri a margine del testo sono segnalati i Dipartimenti che si occupano di specifici temi di ricerca. La legenda degli acronimi dei dipartimenti è riportata nell'appendice di questo documento.

A. AMBIENTE E TERRITORIO

1. Comparti ambientali

Il territorio è il risultato dell'interazione tra evoluzione geologica e climatica del pianeta e attività antropiche. Queste ultime hanno modificato più o meno significativamente le forme "naturali" del territorio attraverso attività agricole, pastorali nonché industriali e tecnologiche, che hanno determinato la creazione di antropo-ecosistemi di complessa gestione. L'Ateneo si caratterizza per tematiche di ricerca che spaziano dal monitoraggio fino alla previsione dell'evoluzione del sistema Terra attraverso modelli di simulazione.

a. Acqua

Le ricorrenti crisi idriche hanno enfatizzato come l'acqua rappresenti una risorsa a rischio e come il ricorso all'uso delle acque sotterranee sarà sempre più strategico, sia per l'uso civile che per l'irrigazione. Infatti, l'utilizzo dell'acqua in agricoltura ha un enorme impatto sia quantitativo (ad esempio, sull'equilibrio tra risorse superficiali e sotterranee), sia qualitativo. In Ateneo, le ricerche nell'ambito delle risorse idriche si sviluppano attraverso: a) la caratterizzazione dei processi di ricarica naturale degli acquiferi; b) il miglioramento delle tecniche di protezione della qualità della risorsa idrica sotterranea; c) la gestione delle risorse idriche in agricoltura; d) il recupero delle risorse idriche oggetto di bonifica; e) l'analisi delle potenzialità di salvaguardia di risorse idriche pregiate (aree di riserva, acquiferi montani); f) l'analisi geomorfologica della distribuzione della risorsa idrica superficiale nelle aree sensibili al cambiamento climatico; g) l'analisi degli effetti delle variazioni climatiche sull'estensione dei ghiacciai e della criosfera e quindi sul bilancio idrico a scala di bacino; h) la caratterizzazione ed il monitoraggio geofisico degli acquiferi; i) la modellizzazione dei processi che controllano il flusso idrico e il trasporto di soluti.

DST, DiSAA,
ESP

b. Aria

La ricerca sui composti organici ed inorganici presenti in atmosfera nonché sui contaminanti emergenti richiede un continuo sviluppo di tecniche sperimentali e metodi analitici nonché di approcci modellistici per l'identificazione e quantificazione delle sorgenti emmissive. Tra gli inquinanti, un ruolo preminente è svolto dall'aerosol atmosferico (particelle solide e liquide in sospensione in atmosfera) per il suo impatto sul clima (interazione diretta e indiretta con la radiazione solare), sulla salute umana (effetti sul sistema respiratorio e cardiovascolare e genotossicità) e sui beni culturali (processi di degrado).

FIS, CHIM,
DISFEB

c. *Biosfera*

La protezione e la tutela della biodiversità e dell'integrità degli ecosistemi naturali rappresentano due delle principali sfide da affrontare a livello ambientale. Fiorenti linee di ricerca sono attive in ambito ecologico, sviluppando tematiche che spaziano dalla macroecologia all'ecologia microbica e molecolare. Ampio spazio è dedicato ad attività sperimentali e modellistiche volte a valutare le conseguenze dei cambiamenti climatici, la distribuzione e gli impatti delle attività antropiche sugli organismi, la struttura e la composizione delle comunità animali, vegetali e microbiche e, in senso lato, sugli ecosistemi. Particolare attenzione è dedicata alla riduzione dell'impiego di sostanze chimiche in ambito agricolo, nonché ai processi di trasformazione e biodegradazione di contaminanti chimici e fisici al fine di progettare processi di biorisanamento e riqualificazione ambientale. Alle suddette linee di ricerca si affiancano studi di biologia di base e dello sviluppo, evoluzione e filogenesi, conservazione e tutela della biodiversità animale, vegetale e microbica in ecosistemi terrestri (agricoli, montani e forestali) e acquatici (dulcacquicoli e marini), anche ricorrendo ad approcci di *environmental DNA*, nonché alla gestione faunistica.

ESP, DiSAA,
DeFENS, DBS

2. *Sostenibilità ambientale ed economia circolare*

L'intersezione tra clima, rischi naturali, produzione energetica ed ecosistemi richiede un approccio fortemente integrato per fronteggiare le importanti sfide globali per la sostenibilità e il futuro dell'ambiente, dell'economia e degli stili di vita.

a. *Sostenibilità ambientale*

La cartografia geologica e geotematica costituisce la base per la contestualizzazione di qualsiasi problematica di sostenibilità ambientale e l'Ateneo è coinvolto in numerose iniziative, come il [progetto CARG](#) per la redazione della Carta Geologica d'Italia. La cartografia geotematica permette la comprensione delle dinamiche del territorio ed è funzionale alla pianificazione territoriale attraverso l'analisi della pericolosità, della vulnerabilità e del rischio. La comprensione delle dinamiche ambientali richiede anche studi rivolti ai processi del passato geologico. È fondamentale, quindi, ricostruire la storia evolutiva del sistema Terra, nei suoi svariati ecosistemi con la loro evoluzione: il passato come chiave di interpretazione del futuro.

Nell'ottica della *Blue Growth*, particolare attenzione viene posta ai rischi ambientali del Mediterraneo, come quelli innescati da surriscaldamento ed eutrofizzazione delle acque, da acidificazione e ipossia, che alterano le comunità ecologiche e favoriscono la colonizzazione di specie aliene. Uno dei temi più attuali è lo studio dei meccanismi di adattamento degli organismi ai cambiamenti climatici, utilizzando opportuni modelli biologici in ambienti estremi.

La sostenibilità ambientale non può non riguardare le attività primarie che sono fonte di impatti, ma anche fornitrici di servizi ecosistemici. A tale riguardo, tra i filoni di ricerca più significativi vi sono: la gestione sostenibile delle foreste come fornitrici di servizi ecosistemici; la gestione degli agro-ecosistemi; la gestione dei

DST, DiSAA,
DeFENS, DBS,
INF, ESP

reflui zootecnici; il monitoraggio della qualità dell'ambiente nell'arco alpino; lo sviluppo di strategie ecocompatibili per il controllo dei patogeni.

Gli effetti dei cambiamenti climatici sono analizzati anche sulle specie e sulle comunità vegetali e animali d'alta quota, oltre che sulle reti d'interazioni tra gli organismi in tali ambienti. In questo contesto, riveste particolare importanza lo studio della biodiversità microbica, vegetale ed animale. Queste ricerche sono accompagnate anche dallo sviluppo di infrastrutture tecnologiche e piattaforme informatiche che hanno come obiettivo ultimo quello di fornire ai decisori politici o ai gestori di reti infrastrutturali gli strumenti per politiche e azioni più efficaci. In questo ambito, è fondamentale la ricerca sulla simulazione e previsione di processi complessi attraverso un approccio *Big Data Analytics as a Service*. Un esempio specifico è quello della mobilità sostenibile, che richiede lo studio e la definizione di metodologie per la raccolta, l'analisi e la sintesi dei dati di movimento nonché la realizzazione di infrastrutture tecnologiche per la localizzazione di individui e risorse all'interno di ambienti complessi, quali i centri urbani. Questi studi trovano applicazioni non solo nella previsione e nel controllo di situazioni di congestione, ma anche, ad esempio, nella diffusione della mobilità elettrica.

b. *Chimica verde – Green chemistry*

La sostenibilità ambientale di tutta la filiera chimica richiede ricerca su nuove materie prime, vettori energetici, tecnologie a ridotto impatto ambientale ed elevata efficienza, con un approccio che spazia dalla ricerca di base su materiali, reazioni e prodotti, fino allo sviluppo di processi integrati, con relativa valutazione di impatto economico ed ambientale ("*green chemistry*").

Tra i filoni di ricerca più significativi si possono ricordare: le tecnologie sintetiche ed estrattive a minor impatto ambientale (riduzione solventi, materie prime a basso impatto, maggiore efficienza energetica); le tecnologie per la produzione di prodotti convenzionali o innovativi a partire da fonti rinnovabili; le "tecnologie abilitanti" (*flow chemistry*) che prevedono progettazione di reattori, ottimizzazione di processi, sviluppo di reazioni in flusso per la sintesi di prodotti farmaceutici e di *fine chemicals*, anche mediante l'utilizzo di *devices* realizzati con stampanti 3D.

Sono inoltre oggetto di studio procedure che producano molecole, *fine chemicals* e principi attivi per uso in campo agroalimentare, farmaceutico e più in generale industriale, a partire da biomasse di scarto, reflui liquidi o gassosi, anche attraverso approcci di biocatalisi e processi fermentativi (bioraffinerie).

Sono attive anche ricerche relative all'utilizzo di energia rinnovabile sia come fonte energetica primaria sia come strumento di attivazione di processi chimici e microbiologici sostenibili.

CHIM, DiSAA,
ESP, DeFENS,
DISFARM

c. *Energia*

Le principali attività di ricerca in campo energetico riguardano da un lato lo studio di dispositivi per la conversione e l'immagazzinamento di energia, dall'altro lo studio delle risorse energetiche e di quelle

fossili per una graduale e progressiva conversione da risorse fossili a rinnovabili. In entrambi i casi si può fare riferimento ad un approccio di filiera, con ricercatori che approfondiscono gli aspetti più fondamentali e quelli più applicativi.

Si studiano svariati dispositivi per conversione e *storage* di energia, ad esempio *fuel cells*, celle solari, *redox flow batteries*, pile, supercondensatori, ecc. In particolare questi ultimi sono dispositivi di accumulo di energia elettrica con tempi di carica/scarica brevissimi, elevata potenza specifica e numerosi cicli di carica/scarica. Sono allo studio vari aspetti relativi a nuovi vettori energetici (idrogeno, biocombustibili), dallo sviluppo di materiali fino al *design* di processo e relativa valutazione economica. Sono inoltre presenti in Ateneo competenze di *life cycle assessment* per quantificare l'impatto di materiali, tecnologie e processi nei più svariati ambiti applicativi e comparti industriali. Come richiamato nel paragrafo precedente (b. Chimica verde – *Green chemistry*), a questo si affianca l'utilizzo di energia rinnovabile, prevalentemente solare o elettrica, come fonte energetica primaria o come strumento di attivazione per una chimica sostenibile. A tal fine vengono sviluppate nanoparticelle incorporate in semiconduttori, allo scopo di ottimizzare il processo di conversione fotovoltaica o la resa fotocatalitica, sfruttando le proprietà plasmoniche indotte dalle nanoparticelle stesse. Sono infine allo studio le problematiche connesse allo stoccaggio della CO₂ (*Carbon Capture and Storage*), ad esempio in acquiferi salati profondi, e la sua valorizzazione.

CHIM, FIS

Lo sfruttamento sostenibile delle risorse energetiche si basa altresì sull'implementazione di competenze geologiche e geofisiche sia nel campo delle risorse fossili che di quelle rinnovabili. Esse sono determinanti in ogni fase del ciclo energetico, dall'individuazione delle risorse alla loro estrazione, fino al riutilizzo dei giacimenti esauriti per stoccaggio di gas nocivi all'ambiente. L'avanzamento delle ricerche in questo ambito avviene attraverso: a) la modellizzazione dei cicli biogeochimici e dei processi geologici che generano combustibili fossili; b) la modellizzazione geologica in 4D dei giacimenti di combustibili fossili e dei giacimenti geotermici; c) la caratterizzazione geologica dei siti per impianti di energie rinnovabili.

DST

Infine, diverse attività di ricerca sono indirizzate alla definizione dei processi microbiologici e biochimici alla base della produzione di bioidrogeno e biometano da sottoprodotti agroalimentari, rifiuti organici e colture energetiche *no-food*. Questi studi trovano applicazione nella messa a punto, a livello prototipale, di processi e impianti volti alla valorizzazione energetica di queste biomasse.

DiSAA, DeFENS

3. Ecotossicologia

La distribuzione, il destino e gli effetti dei contaminanti ambientali, nonché i loro meccanismi di tossicità nei confronti di specifici modelli biologici e dell'uomo, sono indagati mediante l'applicazione di approcci innovativi, tecniche e strumentazioni all'avanguardia. Numerose attività di ricerca ambiscono a valutare la tossicità di contaminanti tradizionali ed emergenti sfruttando approcci *in vivo*, modelli *in vitro* e metodi alternativi mediante l'applicazione di

ESP, DBS,
DEFENS,
DISFEB

saggi molecolari, biochimici, istologici e comportamentali. Inoltre, si affronta l'identificazione di micro- e nanomateriali e si indagano gli effetti molecolari di contaminanti chimici e fisici in diversi modelli biologici, mediante l'applicazione di tecniche di microscopia e tecniche *high-throughput*.

4. Pianificazione territoriale e progettazione del paesaggio

La pianificazione e la progettazione del paesaggio, oltre che fondamentali per il mantenimento e la valorizzazione delle aree rurali, risultano ancora più rilevanti per le cosiddette aree interne e il territorio montano, che rappresenta una quota rilevante della superficie italiana e del continente europeo. Pertanto, in molte aree del pianeta e soprattutto in Italia, la pianificazione territoriale non può prescindere dal rapporto tra territorio rurale e centri urbani. Tra gli altri filoni di ricerca più significativi si possono poi ricordare: la pianificazione del territorio rurale e la sua valorizzazione in chiave paesaggistica e di turismo agro-ambientale, lo studio delle complessità dei territori rurali di pianura, la progettazione di *greenway*.

L'Ateneo opera in ambiente montano, in particolare, attraverso il [CRC Ge.S.Di.Mont.](#) (Centro di Studi Applicati per la Gestione Sostenibile e la Difesa della Montagna, Edolo) e la [Stazione Valchiavenna per lo studio dell'Ambiente Alpino](#) (Chiavenna). Le attività di ricerca in questo ambito si svolgono in raccordo con gli Enti territoriali e riguardano i molteplici aspetti che caratterizzano i territori montani, come lo studio delle loro complessità intrinseche, l'ingegneria naturalistica, le strategie per la difesa dell'ambiente e del territorio, il monitoraggio della qualità ambientale. Ciò anche in relazione agli effetti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche, sulla vulnerabilità delle risorse e degli equilibri naturali, nonché sulle attività antropiche.

DST, DiSAA,
ESP, DBS

5. Valutazione, prevenzione e gestione dei rischi naturali e ambientali

L'Italia è uno dei paesi più esposti ai rischi naturali: terremoti, eruzioni vulcaniche, frane, inondazioni, erosione costiera e incendi ne caratterizzano il territorio. Inoltre, la posizione al centro del Mediterraneo rende l'Italia molto sensibile ai cambiamenti climatici; uno degli effetti macroscopici è l'aumento della concentrazione salina nelle acque superficiali e sotterranee dovuto a estrazioni idriche non compensate dalle precipitazioni. Per la riduzione dei rischi è opportuno sviluppare protocolli finalizzati alla previsione, valutazione e mitigazione dell'impatto di eventi potenzialmente dannosi. È imprescindibile lo sviluppo e la manutenzione di reti osservative, multi-parametriche e integrate (meteo-idro-geologiche, geofisiche, geodetiche, satellitari, gravimetriche, magnetiche, geochimiche).

Particolare importanza per il territorio nazionale riveste il rischio sismico, più precisamente la valutazione della pericolosità sismica. Lo sviluppo di modelli fisico-matematici dei principali processi tettonici, assieme alle misure dei tassi di deformazione superficiale e delle anomalie gravimetriche, sono fondamentali

DST

per identificare i marcatori superficiali dei differenti processi che producono terremoti.

In Italia assume un particolare rilievo anche il rischio idrogeologico e quello da incendi boschivi. Tra i filoni di ricerca in questo ambito si possono elencare: la mappatura della pericolosità da fenomeni idromorfologici; lo studio della mitigazione della pericolosità idromorfologica attraverso i boschi di protezione e gli interventi di sistemazione idraulico-forestale; lo studio della manutenzione dei corsi d'acqua; la mappatura della pericolosità da incendio boschivo.

6. Modellistica ambientale

La modellistica ambientale è uno strumento fondamentale a supporto delle decisioni. Essa coinvolge diversi campi di ricerca che includono lo sviluppo di tecniche di *data mining*, di *machine learning*, di intelligenza artificiale e di calibrazione dei modelli attraverso la soluzione di problemi inversi, lo sviluppo di modelli per la previsione degli impatti della variabilità e dei cambiamenti del clima sull'uomo e sull'ambiente e la definizione di modelli di vegetazione per il monitoraggio della qualità ambientale.

DiSAA, ESP,
DST

7. Policies dell'ambiente

Lo studio delle problematiche ambientali e l'elaborazione di *policies* e indirizzi per soggetti pubblici e privati nell'ottica della sostenibilità e della circolarità sono affrontati tramite modelli analitici interdisciplinari, capaci di integrare le scienze dell'economia e del diritto con le scienze naturali e agrarie. In questo quadro, sono disponibili competenze dedicate all'approfondimento di politiche ambientali per la sostenibilità e l'innovazione. I principali filoni di analisi comprendono ambiente, agro-ambiente e territorio montano, energia, sviluppo urbano, economia circolare, *construction law* e *green public procurement*. Particolare attenzione è dedicata al diritto dell'ambiente, sotto il profilo dell'analisi di impatto della regolazione e delle pronunce giurisdizionali su tematiche ambientali. Progetti di particolare rilievo sono condotti nell'ambito del partenariato pubblico-privato e della collaborazione finalizzata alla sostenibilità e alla produzione di valore sociale e ambientale.

ESP, DiSAA

B. SALUTE UMANA

L'Ateneo esprime un'intensa attività di ricerca, con risultati di eccellenza a livello internazionale, nell'ambito delle scienze della vita, con particolare riferimento alle tematiche legate alla salute umana. Questo è anche facilitato da continue interazioni e proficue collaborazioni didattico-scientifiche che l'Ateneo ha con la quasi totalità delle aziende ospedaliere e degli IRCCS del territorio lombardo, molti dei quali, a loro volta, godono di un riconoscimento internazionale per la qualità della loro attività scientifica. Tutto ciò offre alla Statale una preziosa opportunità di essere l'*hub* di una rete di interazioni con istituzioni attive in questo ambito, che rappresenta un *unicum* nel panorama nazionale della ricerca bio-medica.

Le attività svolte dai Dipartimenti attivi nella ricerca sulla salute dell'uomo sono mirate alla comprensione dei meccanismi molecolari e cellulari alla base della fisiologia e delle patologie umane, e alla tutela e al miglioramento della salute, e sono caratterizzate da uno spiccato approccio multidisciplinare.

Una parte rilevante delle ricerche, relativa all'uomo o a modelli animali e cellulari con dirette applicazioni traslazionali, prevede la caratterizzazione della normalità durante la crescita, lo sviluppo e l'invecchiamento ed indaga come le diverse patologie e i vari agenti patogeni alterino tale normalità. Obiettivo finale di tali attività è la ricerca di misure di prevenzione, trattamenti e condizioni di vita in grado di ristabilire stati di salute per l'individuo e la collettività. Sono anche attive varie linee di ricerca relative allo studio dei meccanismi patogenetici alla base delle malattie e all'identificazione di marcatori biologici utili per la traslationalità della ricerca preclinica all'uomo.

Sono inoltre ampiamente rappresentate linee di ricerca di farmacologia di base e traslazionale, mirate allo studio dell'attività di farmaci e molecole bioattive e allo sviluppo di nuove tipologie di approcci terapeutici, con risultati di eccellenza in campo internazionale. Nell'ambito dello studio farmacologico e tossicologico dei principi attivi rientrano l'analisi dell'attività di principi attivi di nuova generazione o già in uso nella pratica clinica (*repurposing*), l'analisi di alimenti, integratori alimentari e derivati fitofarmaceutici con proprietà salutistiche, e l'analisi dell'attività di xenobiotici.

L'integrazione tra la ricerca informatica e le scienze della vita genera rilevanti sinergie (*e-health, e-welfare, e-sustainability*), rafforzando la capacità analitica degli studi sperimentali e clinici e abilitando la condivisione e l'analisi dei dati prodotti dalle reti di ricerca attive a MIND. L'obiettivo dell'Ateneo è rafforzare il livello di pervasività e capacità di innovazione delle tecnologie digitali nel contesto MIND, partendo dal ciclo di vita dei dati sui sistemi viventi, dalla loro produzione alla generazione di valore. Negli ultimi anni, la ricerca in campo informatico ha conseguito grandi risultati relativi ad alcuni processi chiave del ciclo di vita dei dati (*Acquisition, Curation, Storage, Analysis, Protection, Usage*) che sono di interesse centrale per le scienze della vita. In particolare, le tecnologie IoT hanno consentito di connettere alle reti gli oggetti della realtà fisica, compresi i sistemi viventi, e le tecnologie *Big Data* hanno reso l'archiviazione e il trattamento dei dati scalabili e distribuiti.

Parte integrante delle attività finalizzate alla promozione della salute umana sono anche le attività di ricerca e sviluppo dell'attività motoria e sportiva, a tutti i livelli di pratica, nel dilettante e nel professionista. Infine, vengono svolte ricerche nel campo dell'organizzazione dei servizi sanitari e dell'economia sanitaria.

1. Ricerca sulle basi fisiopatologiche, modelli di studio e biomarcatori delle malattie umane

a. Ricerca sui meccanismi di base coinvolti nei processi fisiopatologici

Studio dei meccanismi molecolari, di regolazione pre- e post-trascrizionale coinvolti nel differenziamento cellulare normale e neoplastico, nello sviluppo embrionale e nell'invecchiamento. Tali studi vengono condotti attraverso lo sviluppo di differenti tipologie di modelli sperimentali, tra cui modelli cellulari (riprogrammazione genica, cellule staminali), modelli tissutali (colture in 3D, organoidi) e modelli animali (*zebrafish*, modelli murini). I modelli animali sono anche sviluppati per la visualizzazione *in vivo* di processi molecolari e popolazioni cellulari con tecniche di rilevazione non invasive (*imaging* molecolare e cellulare).

Vengono affrontati gli aspetti morfo-funzionali relativi a: comunicazione delle cellule nervose, muscolari e cardiache; angiogenesi e processi dell'invecchiamento, della proliferazione, della migrazione e infiltrazione cellulare; architettura citoscheletrica; processi dinamici di permeabilità e potenziali di membrana ed eccitabilità cellulare; trasduzione del segnale e vie metaboliche di produzione di energia.

BIOMETRA,
DBS, DEPT

DBS, SCIBIS

Generazione di modelli animali e cellulari di *imaging* molecolare per l'analisi di vie di segnale riferite a processi endocrini, proliferativi e infiammatori. Vengono condotti studi molecolari e farmacologici sulle differenze di genere nel metabolismo e nella risposta immunitaria, sul sistema neuroendocrino e sulle patologie riproduttive e metaboliche. Infine, una parte rilevante dell'attività di ricerca è focalizzata allo studio dei meccanismi di regolazione di recettori di membrana e intracellulari ed al loro ruolo in patologie del metabolismo e del sistema cardio-vascolare.

DISFARM

Studio dell'influenza esercitata dal controllo neuroendocrino della riproduzione e della fisiopatologia di genere, dai processi molecolari alla base delle patologie, dall'ambiente (stress, stili di vita, dieta) e dall'invecchiamento sulla mutazione di geni e sull'espressione genica al fine di individuare nuovi bersagli farmacologici e/o nuovi marcatori predittivi di malattia ed efficacia terapeutica. Viene svolta ricerca applicata allo studio farmacologico, farmacognostico e tossicologico dei principi attivi.

DISFEB, SCIBIS,
DeFENS

b. Patologie su base genetica

Basi genetiche e molecolari di malattie mendeliane, di malattie complesse e dei tumori. Studio dei fondamenti genetici alla base di alterazioni della trasduzione del segnale e della regolazione trascrizionale e post-trascrizionale volti alla identificazione di nuove strategie terapeutiche in varie patologie su base genetica⁶.

DBS,
BIOMETRA,
DISFEB

c. Patologie immunomEDIATE e su base infettiva

Le attività di ricerca su queste patologie si avvalgono dell'utilizzo di modelli sperimentali innovativi, sia per identificare i meccanismi molecolari coinvolti nelle patologie di tipo autoimmune ed infettivo che per lo sviluppo di nuove strategie diagnostiche e terapeutiche. Attraverso l'utilizzo di approcci omici, vengono studiati i meccanismi di regolazione e di reclutamento di specifiche popolazioni leucocitarie coinvolte nei processi infiammatori e oncologici. Mediante l'utilizzo di modelli tridimensionali di cute umana vengono studiati gli effetti delle citochine proinfiammatorie nelle patologie cutanee. Utilizzando un modello *in vitro* di intestino umano fisiologico ed utilizzando approcci metagenomici e trascrittomici vengono studiati gli effetti del microbiota locale sulla regolazione della risposta immunitaria. Nell'ambito delle infezioni virali le ricerche sviluppate sono volte all'identificazione di bersagli molecolari per l'eradicazione delle infezioni croniche virali (HBV e HIV) con lo scopo di identificare fattori virali o cellulari che possano diventare bersagli terapeutici al fine di ottenere una cura definitiva per l'epatite cronica B e l'AIDS. A queste, si aggiungono le ricerche volte all'analisi dei meccanismi patogenetici e di farmaco-

BIOMETRA,
DSBCO, DBS,
SCIBIS, DISFEB

⁶ Particolare attenzione è rivolta alle seguenti patologie: distrofie muscolari, fibrosi cistica, corea di Huntington, sindrome di Beckwith-Wiedemann, sindrome di Russel, sindrome di Aicardi-Goutieres, Xeroderma pigmentosum e sindromi correlate, sindrome di ipoventilazione centrale congenita, malattia di Rett, patologie neuropsichiatriche associate a difetti epigenetici, malattie dello spettro autistico, forme di encefalopatia epilettica infantile.

resistenza e all'identificazione di nuovi bersagli farmacologici per malattie parassitarie di grande impatto sociale, come malaria e leishmaniosi. Di rilievo sono anche gli studi volti al controllo delle infezioni batteriche. In particolare le indagini condotte sono volte a valutare le caratteristiche genotipiche e fenotipiche del biofilm batterico correlato alle infezioni croniche ed ai materiali impiantabili nell'uomo, nonché gli aspetti biomolecolari ed epidemiologici della resistenza microbica. Sul versante terapeutico, gli studi mirano allo sviluppo di strategie di frontiera come la terapia fagica e lo sviluppo di nuove molecole microbicide o ad azione immunomodulante.

d. Patologie metaboliche e cardiovascolari

La ricerca in questo ambito coinvolge lo studio di aspetti fisiopatologici, farmacologici, genetici e biochimici per l'approfondimento dei meccanismi molecolari che controllano vari processi, quali: il rilascio degli ormoni; il metabolismo del ferro in condizioni infiammatorie e tumorali; i meccanismi alla base delle malattie dell'invecchiamento che alterano la funzionalità della parete vascolare e dell'osso, con attenzione alle differenze di genere; i meccanismi cellulari e molecolari delle patologie cardio e cerebro-vascolari su base ischemica o trombotica. Viene studiato l'immunometabolismo nelle malattie cardiovascolari e in osteoimmunologia al fine di identificare nuovi biomarcatori relati a sindromi metaboliche, cardiovascolari e muscoloscheletriche e all'aterosclerosi. Studi di biologia cellulare con tecniche di immunoistochimica e microscopia elettronica su colture cellulari e tissutali permettono di verificare alterazioni di espressione di particolari geni coinvolti nei processi di differenziamento e infiammatori legati a patogenesi a carico di diversi apparati.

DISFEB,
BIOMETRA,
DISFARM,
SCIBIS, DSBCO,
DeFENS

Vengono studiati inoltre i canali ionici alla base dell'eccitabilità cardiaca e analizzate le alterazioni cellulari e molecolari alla base di aritmie sia congenite che acquisite. Si utilizzano modelli cellulari in cui vengono espressi i canali ionici e proteine accessorie o modelli cellulari di cardiomiociti e modelli animali per studiare le alterazioni cardiache a livello di organo e/o organismo. Si impiegano tecniche classiche di elettrofisiologia su singola cellula e su colture bidimensionali, affiancate da tecniche di biologia molecolare, biochimica, immunofluorescenza, citofluorimetria e telemetria.

DBS

Vengono studiati lipidi semplici e complessi e la nutrizione in modelli cellulari, animali e nell'uomo, e viene indagata la biosintesi e il meccanismo d'azione di mediatori lipidici e molecole di origine naturale o di sintesi in grado di modulare la risposta infiammatoria in patologie cardiovascolari, polmonari e tumorali.

DeFENS,
DISFARM

Inoltre, studi biochimici sulla regolazione del metabolismo, integrati con biochimica computazionale e *modelling* molecolare, consentono l'identificazione di nuove molecole bioattive.

DISFEB,
DeFENS

Vengono infine indagati gli effetti sul metabolismo osseo del campo gravitazionale e delle radiazioni cosmiche caratteristici di ambienti extraterrestri, utilizzando anche modelli cellulari e animali.

Utilizzando sistemi di coltura 2D e 3D di cellule e micro-organismi, si identificano i segnali ed i meccanismi molecolari che controllano il differenziamento, la sopravvivenza e l'attività delle cellule β -pancreatiche in condizioni fisiologiche e in risposta a stress metabolici con l'obiettivo di identificare nuovi target di intervento per il trattamento di patologie metaboliche (diabete mellito) e sviluppare piattaforme per lo *screening* di farmaci.

DISFEB

e. *Patologie neurodegenerative*

L'interazione uomo-ambiente-salute pone nuovi quesiti in merito al ruolo dei fattori ambientali (ad esempio, qualità dell'acqua, dell'aria, del cibo) e genetici nell'insorgenza delle patologie neurodegenerative. Per la completa comprensione di tali relazioni e per uno studio approfondito dei meccanismi d'azione di numerose patologie neurodegenerative, vengono utilizzate e messe a punto tecniche di diagnosi cellulari e molecolari per la comprensione delle cause dell'insorgenza di specifiche patologie, quali Alzheimer, demenza frontotemporale, Parkinson, Huntington, Sclerosi multipla e Sclerosi Laterale Amiotrofica.

Sono studiati lo sviluppo e l'invecchiamento del sistema nervoso e le sue implicazioni nelle patologie neurodegenerative, attraverso analisi biochimiche, strutturali e funzionali di aggregati peptidici caratteristici di molti processi neurodegenerativi, anche mediante la ricerca e la funzionalizzazione di biomarker precoci.

DBS, DISFEB,
DSBCO,
DISFARM,
BIOMETRA

Viene sviluppato lo studio del ruolo dei meccanismi di attivazione microgliale nelle patologie del sistema nervoso centrale e sono caratterizzati i fattori genetici ed epigenetici delle malattie neuropsichiatriche, neurodegenerative e demielinizzanti, anche mediante l'utilizzo di marcatori morfo-funzionali e genetici correlati e l'analisi di campioni ematici e di liquor spinale ai fini di diagnosi differenziale. Infine, viene studiata la neurofisiologia del sistema motorio (corticospinale e autonomo) in ambito fisiopatologico e sportivo.

f. *Patologie oncologiche*

La ricerca in ambito oncologico si focalizza sull'analisi delle basi molecolari e cellulari dei processi di sviluppo e progressione tumorale.

DISFEB, SCIBIS

Particolare attenzione è focalizzata sui meccanismi trascrizionali e post-trascrizionali e sulla struttura/funzione della cromatina nelle cellule tumorali, anche mediante *Big Data* genetici ed epigenetici, sul mantenimento dell'integrità del genoma e sullo sviluppo di modelli cellulari e animali mediante *genome editing* di oncogeni e oncosoppressori. L'attività di ricerca è volta anche alla comprensione del ruolo del sistema immunitario nella patogenesi dei tumori. Al fine di sviluppare nuove strategie terapeutiche, vengono studiati nuovi *target* nel contesto dei *checkpoint* immunitari.

DBS,
BIOMETRA,
SCIBIS

Di grande interesse è anche l'identificazione di biomarcatori teragnostici e di meccanismi di resistenza a trattamenti farmacologici. Infine gli studi riguardano la protezione radiologica sia dei lavoratori che dei pazienti e la messa a punto di nuovi protocolli di prevenzione e trattamento per il tumore della mammella e del colon-retto. La distribuzione geografica e la frequenza dei tumori nella popolazione sono analizzati per evidenziare eventuali cluster e correlazioni con alimentazione e ambiente.

DEPT, DSBDO

g. *Patologie odontostomatologiche*

Le ricerche in questo ambito riguardano lo studio morfologico macroscopico, microscopico e funzionale delle strutture anatomiche fornendo alla clinica un supporto per l'inquadramento diagnostico, la pianificazione e il monitoraggio dei trattamenti. La ricerca di base in campo odontostomatologico è volta inoltre allo sviluppo di nuove metodiche e device biotecnologici con aspetti traslazionali. Obiettivi ulteriori della ricerca sono la prevenzione e la profilassi delle malattie del cavo orale in soggetti sani e in pazienti con diverse condizioni patologiche, focalizzandosi sul ruolo dei corretti stili di vita per il mantenimento della salute orale e sistemica.

DSBDO, SCIBIS

2. *Sviluppo di approcci diagnostici e terapeutici innovativi*

La ricerca in fisica medica⁷ offre numerose attività finalizzate a metodi innovativi di diagnosi e terapia. Si va dalla medicina nucleare, con la produzione di radioisotopi e radionuclidi non convenzionali o lo sviluppo di nuovi rivelatori da utilizzare in adroterapia (in collaborazione con [INFN](#)), allo sviluppo di nanotecnologie finalizzate al *drug delivery* (ad esempio, di biomolecole con nanoparticelle polimeriche) e al *radiotherapy enhancement* (con processi di fotoemissione da nanoparticelle metalliche, o con nanoparticelle magnetiche per ipertermia), all'*imaging* diagnostico (risonanza magnetica MRI; PET). Nell'ambito del MRI vengono esplorate applicazioni molto innovative come il "*magnetic fingerprinting*", una tecnica di *imaging* multiparametrico e quantitativo con dirette ricadute in ambito clinico.

FIS

Nel campo della dosimetria da radiazioni ionizzanti, sono sviluppati nuovi materiali a base polimerica per una mappatura tridimensionale della dose assorbita e fibre ottiche scintillanti per misure in tempo reale della dose erogata durante il trattamento radioterapico. È presente anche una attività di radiobiologia per lo studio degli effetti di esposizioni a radiazioni ionizzanti e non-ionizzanti su tessuti biologici e di nanotossicologia per l'analisi degli effetti dell'esposizione alle nanoparticelle.

⁷ Nell'ambito della radioprotezione, può essere menzionata la formazione delle figure professionali coinvolte nelle attività radiologiche, con particolare rilevanza sotto l'aspetto normativo dopo l'entrata in vigore del D.Lgs. 101/2020. La fisica medica svolge la propria attività anche nell'ambito della Scuola di Specializzazione in Fisica medica, che risulta essere la Scuola più grande d'Italia, contribuendo alla formazione di quasi la metà di tutti gli specialisti a livello nazionale, e ha convenzioni con le maggiori strutture sanitarie della Regione Lombardia, tra cui otto IRCCS, diverse delle quali poli universitari dell'Ateneo.

È in corso di sviluppo una innovativa sorgente di raggi X ultra-compatta, denominata BriXSino, con emissione di impulsi ultrabrevi pulsati nella regione del THz, offrendo nuove e inesplorate prospettive di *imaging* diagnostico.

3. Scienze molecolari e del farmaco

L'obiettivo è quello di contribuire all'ampliamento delle conoscenze di base nel campo della ricerca farmaceutica, finalizzata alla scoperta e allo sviluppo di nuovi farmaci e altri prodotti per la salute. La ricerca si sviluppa pertanto nel contesto di tematiche scientifiche quali la progettazione, la sintesi, l'analisi, lo sviluppo e il controllo di nuove molecole biologicamente attive, di nuove forme farmaceutiche, di alimenti funzionali e integratori alimentari, di cosmetici, di biocidi e di dispositivi medici. L'apporto computazionale, l'esperienza in sintesi organica, diverse tecniche di *screening*, metodi di analisi spettroscopici e diffrattometrici, le collaborazioni con la chimica biologica, la biologia strutturale, la biochimica e la medicina sono combinate con grande sinergia. Le collaborazioni industriali sono molto attive in questo ambito.

La comprensione dei fenomeni biologici a livello molecolare è uno degli strumenti più preziosi di crescita della conoscenza scientifica. L'uso di molecole progettate per interferire con i processi biologici è alla base di questa crescita e consente lo sviluppo delle terapie farmacologiche. Pertanto, il *design* e la sintesi di molecole organiche con metodi innovativi, efficienti e sostenibili è un obiettivo primario in varie aree applicative: ricerca farmaceutica, agrochimica, biotecnologica e alimentare, su tutte. Le classi di molecole biologicamente attive sono diverse; molte delle ricerche si concentrano su varie tipologie di composti eterociclici, composti naturali, complessi metallici, amminoacidi non naturali, peptidi e peptidomimetici, mimetici di acidi nucleici tra cui gli acidi peptidico-nucleici (PNA), acidi grassi, carboidrati e strutture glicomimetiche. Diversi sono anche gli argomenti oggetto di studio: i nuovi vaccini, il *targeting* al tumore di molecole citotossiche e composti antitumorali, molecole antivirali e antibatteriche e antiparassitarie capaci di contrastare efficacemente il problema delle infezioni croniche e recidive, lo studio di ligandi selettivi per i recettori del sistema nervoso centrale, della neurotossicità e di alcune malattie neuro-degenerative.

Metodi computazionali (inclusa la modellistica molecolare) e di intelligenza artificiale sono usati per progettare le proprietà di queste molecole, sia nell'interazione con il *target* biologico designato, sia con l'ambiente circostante, sia per quanto concerne il loro profilo farmacocinetico, metabolismo e biodisponibilità. Sono anche sviluppate nuove tecniche computazionali, ad esempio per la descrizione strutturale di molecole di interesse biologico, come zuccheri e loro mimetici bioattivi e la loro interazione con proteine. Inoltre, *virtual screening* e *repurposing* consentono di individuare potenziali composti di interesse terapeutico in *data base* di composti commerciali o farmaci noti.

DISFARM,
CHIM, DeFENS
DISFEB

DISFARM,
CHIM, DISFEB

Infine, l'unità funzionale NMR e diffrattometria da raggi X in macro-piattaforma potenzia le attività su due filoni diagnostici fondamentali. La spettroscopia NMR ad alto campo costituisce uno degli strumenti privilegiati di indagine strutturale e dinamica delle biomolecole e delle loro interazioni in soluzione o in cellula. Inoltre, l'interazione ligando-bersaglio biologico e le relazioni struttura-attività farmacologica vengono studiati anche mediante l'applicazione di metodologie di strutturistica chimica. L'indagine cristallografica fornisce informazioni strutturali utili per lo sviluppo di nuovi farmaci e per il riconoscimento recettoriale di molecole con promettente attività biologica.

DISFARM,
CHIM

Nell'analisi farmaceutica e biofarmaceutica si sono sviluppate esperienze complementari nell'ambito delle diverse fasi del *drug discovery* che utilizzano metodologie analitiche cromatografiche, spettroscopiche, spettrometriche e biofisiche in associazione ad approcci di genetica, proteomica, chemoproteomica per identificare nuovi *target* farmacologici, identificare *hit compounds*, caratterizzare l'interazione *target*-ligando e le proprietà termodinamiche e cinetiche del complesso. Gli stessi metodi bioanalitici vengono impiegati per gli studi pre-ADMET (processo da *hit* a *lead*), per la predizione di reazioni idiosincrasiche, e per la definizione del meccanismo d'azione di molecole bioattive identificate mediante approccio fenotipico. Studi ADMET si applicano a studi farmacologici informali e a studi clinici. Le competenze analitiche-bioanalitiche, integrate a metodologie di biologia cellulare e molecolare, si applicano per la caratterizzazione e valutazione dell'attività biologica di molecole di origine vegetale e per il controllo qualità di farmaci di origine sintetica, vegetale e biotecnologica, nonché di estratti di origine naturale.

DISFARM,
DIFEB

Viene sviluppata la medicina di precisione con l'utilizzo di piattaforme di *phage display* e anticorpi di fusione per *screening* di nuovi *target* molecolari. Vengono sintetizzati ligandi *photoswitchable* in grado di controllare spaziotemporalmente l'attivazione dei recettori, e sono preparati anche precursori freddi per nuovi PET *biomarkers*.

È sviluppata inoltre la ricerca in ambito chimico-tossicologico. In particolare, vengono valutate le strategie da adottare nell'analisi in ambito forense per il rilievo di sostanze stupefacenti nella "droga da strada". Vengono inoltre applicati metodi analitici su materiale biologico derivante da rilievi autoptici, nell'ambito della tossicologia analitica *post mortem* per la determinazione della causa di morte ai fini forensi, ed anche metodi analitici per la ricerca di sostanze stupefacenti nell'ambito della tossicologia comportamentale. Vengono effettuate inoltre analisi in ambito farmaceutico, per valutare la qualità di preparazioni galeniche.

DISFARM,
DISFEB

È attiva anche la ricerca fitochimica al fine di caratterizzare piante officinali e le loro componenti bioattive in campo farmaceutico ed erboristico, indagando in particolare le caratteristiche morfo-anatomiche ed istochimiche di specie vegetali officinali e i metaboliti secondari.

Lo sviluppo di un medicinale richiede anche studi che permettano di progettare e produrre la forma di dosaggio più adatta a consentirne una corretta e riproducibile somministrazione e a garantirne concentrazioni ottimali nell'organismo. Per raggiungere questo obiettivo è necessario valutare

DISFARM

preventivamente la via di somministrazione approfondendo lo studio delle caratteristiche chimico-fisiche del principio attivo e la sua interazione con le membrane e i fluidi biologici mediante studi *in vitro* ed *ex vivo*. Una volta progettata la forma di dosaggio è necessario valutarne l'industriabilità mettendo a punto il processo produttivo. Sono disponibili le competenze per lo studio ed eventuale modifica dello stato solido del principio attivo, la determinazione *ex vivo* della permeabilità cutanea e/o transmucosale e le apparecchiature necessarie per la progettazione e produzione su scala pilota di forme farmaceutiche solide orali, parenterali e cutanee, con riferimento anche alla nanomedicina ed alla lavorazione mediante stampa 3D. L'attività di sviluppo tecnologico è strettamente correlata alla redazione della documentazione richiesta dall'autorità regolatoria per l'immissione in commercio non solo dei medicinali ma anche di tutti i prodotti dell'area "salutare". Pertanto, parte integrante delle attività di ricerca è lo studio delle linee guida regolatorie e l'analisi dottrinale delle normative nazionali e comunitarie in materia.

4. Valutazione, prevenzione e gestione del rischio sanitario e salute pubblica

L'attività si svolge nell'ambito di studi epidemiologico-molecolari di infezioni rilevanti per la sanità pubblica, che includono lo studio delle relazioni evolutive tra ceppi microbici per il monitoraggio della diffusione e la ricostruzione delle catene di contagio di patogeni con diversa modalità di trasmissione (sessuale, aerea, alimentare, trasmissione da artropodi e vettori). Sono inoltre comprese le attività di monitoraggio, prevenzione e controllo di infezioni quali poliomielite, epatiti virali e morbillo oltre a infezioni a trasmissione aerea, incluso lo sviluppo di piani di risposta alle infezioni emergenti. Viene dato spazio anche alle attività di studio delle resistenze antifungine e antibiotiche nelle infezioni nosocomiali, in campo clinico, animale e ambientale, con applicazione di metodologie integrate genomiche, bioinformatiche e di analisi di metadati. Infine, sono svolte attività di studio di strategie di controllo e riduzione dell'esposizione al radon in ambienti di lavoro, scuole e abitazioni, e a fonti radioattive in radiologia, medicina nucleare e radioterapia per la protezione dell'utenza, pazienti e professionisti del settore medico-sanitario, dalle radiazioni ionizzanti.

SCIBIS, DBS,
DSBCO

5. Nutrizione, benessere e comportamento del consumatore

Diversi studi definiscono le varianti genetiche e le tecniche agronomiche che influiscono sull'accumulo di sostanze di interesse nutraceutico in specie vegetali coltivate e/o di interesse erboristico. Si analizzano le componenti bioattive degli alimenti per sviluppare alimenti funzionali ed integratori alimentari, e mediante combinazione di tecniche chimico-analitiche omiche (proteomica, peptidomica, metabolomica), biochimiche, biologiche e computazionali, si identificano peptidi bioattivi e metaboliti in alimenti o scarti di produzione di origine vegetale per la loro valorizzazione nutrizionale e salutistica. Spazio è dedicato altresì all'indagine dei meccanismi di protezione di composti bioattivi vegetali nei confronti di malattie legate all'alimentazione.

DISFARM,
DiSAA,
DeFENS,
SCIBIS, DISFEB

Diverse ricerche mirano alla validazione nutrizionale, funzionale e salutistica di modelli alimentari, alimenti, ingredienti o loro componenti e allo studio del loro effetto sul comportamento alimentare e la sazietà. L'analisi della biodisponibilità, del metabolismo e dell'effetto dei principi nutritivi su marcatori fisiologici, metabolici e funzionali sono affrontati attraverso lo sviluppo di studi sperimentali (ad esempio, in modelli animali e cellulari) e di studi di intervento dietetico in gruppi *target* di popolazione, anche con particolare attenzione al tema della sostenibilità alimentare. Inoltre, viene approfondita l'interazione tra dieta, nutrizione, microbiota intestinale e salute. La valutazione dello stato di nutrizione e la prevenzione della malnutrizione per difetto e per eccesso sono un obiettivo importante insieme allo studio delle barriere comportamentali e sensoriali che limitano la scelta di modelli alimentari salutari e l'analisi dei fattori modulabili come determinanti capaci di migliorare l'attitudine del consumatore.

DeFENS, ESP,
DBS,
BIOMETRA

6. Fisiologia e biomeccanica della locomozione e delle attività motorie e sportive

a. *Biomeccanica, bioenergetica e controllo della locomozione terrestre e spaziale*

Il Laboratorio di Fisiomeccanica misura, modella e predice la meccanica e l'energetica metabolica delle forme locomotorie nelle diverse età, genere, antropometrie, caratteristiche e pendenze del terreno, altitudini, e appendici passive impiegate. Il Laboratorio trova complemento, per gli studi di locomozione umana per l'esplorazione spaziale, nel simulatore ipogravitativo LOOP (*Locomotion On Other Planets*) in cui il peso corporeo è sgravato da una trazione verticale controllata.

DEPT

b. *Fisiologia dell'esercizio motorio e sportivo*

Attraverso un approccio integrato si svolgono analisi quantitative dei sistemi cardiopolmonare, cardiocircolatorio e neuromuscolare in atleti e soggetti sedentari sia normodotati che diversamente abili. In particolare, vengono studiate le risposte in acuto a diversi stimoli stressori (fatica, esercizi aerobici a diverse intensità, cambiamenti nella temperatura, ambienti straordinari, allungamento muscolare) e gli adattamenti fisiologici indotti dalla somministrazione di diversi paradigmi di esercizio fisico sulle componenti cardiopolmonare, cardiocircolatorio e neuromuscolare. I sistemi di valutazione si applicano anche a popolazioni patologiche interessate da problematiche a livello neuromuscolare, cardiocircolatorio e cardiopolmonare per approfondire i meccanismi pato-fisiologici causati da queste problematiche.

SCIBIS,
BIOMETRA

c. *Attività sportive, dilettantistiche e professionistiche*

Tramite test in laboratorio e sul campo, vengono valutati gli aspetti riguardanti la *performance* sportiva a diversi livelli atletici, coinvolgendo atleti di *élite*, *sub-élite*, professionisti, amatoriali, sia sani che patologici. In particolare, vengono analizzati gli adattamenti indotti da diversi protocolli di allenamento sulla funzionalità cardiocircolatoria, cardiopolmonare, metabolica, endocrina, neuromuscolare e cronobiologica/cronomorfologica. Per alcuni ambiti specifici si fa riferimento anche al modello animale. In aggiunta, si ricercano le corrette

SCIBIS

metodologie per l'insegnamento, l'apprendimento e l'allenamento delle attività sportive e dei gesti motori.

Grazie a sistemi non invasivi si svolgono analisi quantitative tridimensionali del movimento umano in ambito sportivo e clinico-riabilitativo, e studi biomeccanici dell'esercizio e del gesto tecnico-sportivo, compresa la definizione di valori di riferimento. Sono anche studiati i fattori di rischio biomeccanici ed i meccanismi legati agli infortuni da non-contatto per sviluppare strategie preventive.

7. Tecnologie informatiche per la salute

In questo ambito di ricerca si individuano tre temi strategici, con le relative attività di ricerca.

[Lo sviluppo di modelli di Intelligenza Artificiale \(IA\) per le scienze della vita.](#)

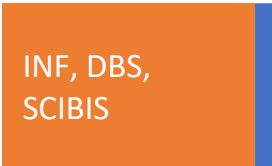
La ricerca informatica ha sviluppato modelli orientati alla *explainability* delle decisioni di classificazione e predizione, e alla ricerca delle cause.

Questi rappresentano un tema strategico di collaborazione, in particolare in tutti quegli ambiti delle scienze della vita nei quali l'eziologia gioca un ruolo centrale nel progresso disciplinare. Le attività che possono essere contemplate in questo tema strategico sono:

- Sviluppo di metodi di *Machine Learning* (ML) per la ricerca di mutazioni associate a patologie genetiche e tumorali.
- Metodi di ML basati su tecnologie *High Performance Computing* per l'analisi di *Big Data* nell'ambito della medicina genomica.
- Studio dei fondamenti matematico-statistici dell'apprendimento automatico e dello sviluppo e analisi di nuovi algoritmi per diverse aree applicative, fra cui i sistemi di raccomandazione e la bioinformatica.
- Sviluppo di algoritmi di analisi del segnale e serie temporali, costruzione di modelli di IA e modellizzazione matematica dei processi biologici.
- Sistemi intelligenti per il riconoscimento di attività e comportamenti umani in ambienti sensorizzati.
- *Embodied Artificial Intelligence*, un'area di ricerca transdisciplinare che riguarda lo studio dei comportamenti di organismi complessi, siano essi di origine biologica o artificiale, con focalizzazione su integrazione dei modelli di IA e i sistemi *cyber-physical*, *bio-robotic* e *bio-hybrid*, paradigmi computazionali *bio-inspired*, modelli computazionali del comportamento umano.

[Il trattamento scalabile e sicuro del dato bio-medico.](#)

Le tecnologie informatiche offrono soluzioni di captazione, connettività e archiviazione dei dati che favoriscono l'applicazione di modelli di intelligenza diffusa, dove il dato acquisto in prossimità dell'osservazione può essere immediatamente analizzato oppure trasferito in un ambiente di memorizzazione condiviso. Questa flessibilità è importante per la ricerca sui sistemi viventi, in cui il comportamento locale richiede una ricca informazione di contesto che può essere analizzata in prossimità dell'osservazione, mentre il sistema esprime dinamiche globali che vanno studiate attraverso una raccolta ampia dei dati. La



INF, DBS,
SCIBIS

ricerca informatica ha sviluppato soluzioni architetture e tecniche di sicurezza in grado di assicurare le prestazioni e di contenere i rischi relativi al trattamento dei dati biomedici. Le attività che possono essere contemplate in questo tema strategico sono:

- Studio e sviluppo di metodi, modelli e soluzioni per i nuovi sistemi digitali caratterizzati da elevata integrazione fra spazio fisico e digitale e da pervasività del calcolo e dell'acquisizione dei dati, e finalizzati all'erogazione di servizi alle persone nei diversi scenari di *Life Science* e *Digital Health*.
- Realizzazione di un polo sanitario per la ricerca, raccolta e fruizione dei dati (Biobanche), per armonizzare e rendere sicuro l'accesso e l'utilizzo dei dati sanitari conservati in diverse biobanche, per creare innovazione e nuovi modelli sanitari.
- Applicazione di modelli innovativi di IA e ML per aggregare, comprendere e sfruttare i dati clinici nella progettazione e messa in opera di prodotti e servizi.
- Sviluppo di nuovi servizi e prodotti grazie a tecnologie avanzate e creazione/test di modelli innovativi di *health care*.
- Integrazione di dati genetici, epigenetici, clinici, biochimici e di *imaging* medica per il supporto alla decisione clinica nell'ambito delle diagnosi, prognosi e trattamento delle patologie umane.
- *Cybersecurity & Data Protection*: requisito fondamentale per il funzionamento dei modelli basati sull'apprendimento automatico è la qualità dei dati di apprendimento. In questo contesto la *cybersecurity* contribuisce a ridurre gli effetti di un attacco noto come *adversarial learning* già applicato con successo contro dispositivi medici.

[Lo studio di modelli e applicazioni per una migliore qualità della vita.](#)

Lanciato come tema trasversale del programma europeo Horizon 2020 il tema dell'applicazione delle tecnologie ai diversi contesti che caratterizzano la vita quotidiana al fine di migliorare la qualità dei servizi al cittadino, creare nuovi contesti di socialità e migliorare il rapporto tra cittadini e istituzioni, ha ricevuto molta attenzione dal mondo della ricerca informatica, consentendo di ottenere risultati particolarmente significativi nei vari contesti considerati. Le attività contemplate in questo tema strategico riguardano lo sviluppo dell'*e-health*, attraverso:

- realizzazione di piattaforme per la tele-riabilitazione autonoma e di piattaforme per l'assistenza, stimolazione e monitoraggio dell'anziano pre-fragile presso la propria abitazione;
- sviluppo di modelli e algoritmi di programmazione matematica per l'ottimizzazione di processi ospedalieri (turnazione ottimale dal punto di vista della copertura del territorio per ogni numero di unità attive, gestione pazienti terapia intensiva, gestione flotta ambulanze, calibrazione ventilatori, ecc.).

C. BIOECONOMIA: RICERCA PER UNA FILIERA AGRO-ALIMENTARE SOSTENIBILE

Diversi gruppi di ricerca dell'Ateneo si dedicano a studi di base ed applicativi nell'ambito della Bioeconomia, quell'ampio settore di attività che utilizza e valorizza risorse biologiche rinnovabili per garantire, attraverso processi ad elevata sostenibilità, alimenti quantitativamente e qualitativamente adeguati alle richieste dei consumatori, nonché per produrre molecole, materiali, combustibili e servizi ecosistemici.

Le attività si delineano su tre grandi direttrici che fanno riferimento al cosiddetto “*Green Deal*”:

1. la filiera agro-alimentare attraverso la “*From Farm to Fork Strategy – for a fair, healthy and environmentally-friendly food system*”;
2. la conservazione e il miglioramento dell'ambiente attraverso la “*EU Biodiversity strategy for 2030*”;
3. l'utilizzo sostenibile delle risorse attraverso il “*EU Circular Economy Action Plan*”.

L'agricoltura, la selvicoltura, le tecnologie riconducibili alla progettazione, produzione, trasformazione, conservazione, controllo e consumo dei prodotti alimentari, nonché gli impatti sul consumatore sono i settori d'interesse dei gruppi di ricerca attivi in questo ambito. Le loro competenze sono caratterizzate da una forte componente multi e interdisciplinare e da una costante innovazione tecnologica. Gli approcci tradizionali di biologia animale e vegetale, microbiologia, chimica, fisica, agronomia, informatica e ingegneria si integrano con quelli più recenti, quali gli approcci omici e sistemici-informatici per lo sviluppo di modelli gestionali e previsionali. Le specificità e i punti di forza delle diverse attività di ricerca sono riassumibili nei seguenti profili.

1. Meccanismi molecolari e fisiologici alla base delle produzioni vegetali

Comprende le tematiche connesse alla biologia vegetale, alla botanica, alla biologia molecolare, alla genetica e alla fisiologia delle piante. Mediante diversi approcci, da quelli più tradizionali a quelli omici, in piante modello e/o d'interesse agrario vengono studiati i meccanismi molecolari che regolano lo sviluppo, la crescita, la riproduzione e le risposte adattative ai fattori ambientali. Particolare attenzione è rivolta ai geni coinvolti nella tolleranza a condizioni di stress abiotico e biotico e nella produttività. Mediante approcci di fenotipizzazione, non distruttivi e/o analitici, si studia lo stato fisiologico delle piante (stato nutrizionale e stress abiotici delle colture). Si analizzano le interazioni tra comunità vegetali, agenti patogeni, vettori di patogeni e piante coltivate. Si conducono ricerche atte alla caratterizzazione ecologica *pre-breeding* di *crop wild relatives* e *landraces*, anche con l'impiego di informazione genomica e fenotipica.

DiSAA, DBS,
ESP, DeFENS

2. Produzioni vegetali

Le tematiche di ricerca attinenti alle produzioni vegetali sono molteplici. Fra queste, vi è lo studio dell'agro-ecosistema, effettuato analizzando i processi chimici, fisici e biologici e la misura dei loro effetti, ciò per sviluppare sistemi culturali sostenibili. Particolare interesse è rivolto ai sistemi per il rilevamento dello stato delle colture per il supporto alle decisioni nell'impiego di mezzi tecnici in diversi contesti agrari convenzionali e di precisione. A questo scopo vengono impiegate le tecnologie innovative per il monitoraggio delle colture e l'ottimizzazione della distribuzione di fattori della produzione (automazione, robotica e sensoristica), oltre alla progettazione e installazione di reti di sensori

DiSAA,
DeFENS, DBS,
ESP, MAT,
DISFEB

e strumenti per il monitoraggio dei flussi idrici negli agroecosistemi, per il monitoraggio prossimale della fertilità dei suoli agrari e dello stato delle colture.

Sono attive ricerche rivolte all'individuazione delle determinanti genetiche e fisiologiche e alla messa a punto di applicazioni biotecnologiche, tra le quali il *genome editing*, utili al miglioramento varietale, mirate alla qualità sensoriale, nutrizionale e nutraceutica dei prodotti e per la riduzione degli impatti negativi dovuti agli stress biotici e abiotici nelle colture di pieno campo e fuori suolo.

Per la protezione delle colture da patogeni, fitofagi e piante infestanti sono condotte ricerche finalizzate alla messa a punto di modelli sostenibili basati su strategie a basso impatto (*Innovative Crop, Environment and Biodiversity Protection*), all'individuazione delle basi genetiche della resistenza/tolleranza, alla diagnostica precoce, differenziale, nonché alla definizione di interventi di precisione (*Remote & proximal sensing*). Sono svolti anche studi sulla gestione della resistenza a fungicidi, antibiotici e xenobiotici e la trasmissione di malattie tra regni.

Al fine di ridurre l'uso estensivo e indifferenziato di pesticidi, le conoscenze biologiche, agronomiche, modellistiche e ingegneristiche sono impiegate per l'individuazione precoce dell'insorgenza di focolai d'infezione. I dati, raccolti con molteplici tecniche di rilevamento, sono analizzati con approcci di *Machine Learning*, che permettano di trattare dati eterogenei attraverso l'impiego di reti neurali per il *deep learning*, estremamente funzionali per un'efficiente classificazione dei *pattern* di infezione.

Altra tematica oggetto di ricerca è quella delle biotecnologie microbiche per le produzioni vegetali, in relazione alla fertilità dei suoli, alla promozione della crescita delle piante e alla loro protezione. Si ricercano microrganismi promotori della crescita vegetale o attenuatori degli stress, per migliorare la resa agronomica delle colture o per l'attività di biocontrollo nei confronti dei patogeni vegetali e degli insetti parassiti.

In questo contesto trovano anche collocazione alcune ricerche rivolte allo studio di processi fisici, chimici, elettrochimici, microbiologici e biochimici del suolo, in un'ottica di ottimizzazione delle sue caratteristiche di fertilità o del suo biorisanamento quando interessato da fenomeni di contaminazione.

Sono attive ricerche per l'ottimizzazione della gestione in post-raccolta dei prodotti vegetali.

Attraverso studi sulla resistenza e il comportamento dei materiali, anche con l'impiego di *test* su prototipi, sono attive ricerche per la valutazione della sicurezza delle macchine agricole, oltre che valutazioni ergonomiche.

L'Ateneo ha attivato da più di un ventennio convenzioni con il Ministero della Salute per la valutazione della sicurezza dei pesticidi.

3. Produzioni animali

Molte sono le tematiche oggetto di ricerca. Fra queste, alcune sono rivolte alla mitigazione dell'impatto ambientale delle produzioni animali attraverso impiego di metodologie, quali il *Life Cycle Assessment*, e di strumentazioni (camere respiratorie a circuito aperto per grandi animali) per la misurazione delle emissioni di gas serra e la determinazione del valore nutritivo degli alimenti zootecnici, attuate anche con metodiche *in situ* e *in vitro*. Vengono valutati additivi e alimenti innovativi per migliorare la salute animale, il controllo del microbismo intestinale, la riduzione d'uso degli antibiotici, la qualità e sicurezza dei prodotti animali.

Per l'ottimizzazione dell'efficienza produttiva, anche con metodo biologico, si impiegano approcci di sensoristica avanzata (*Precision livestock farming*), che sono inoltre finalizzati alla valutazione del benessere animale. Si studiano le relazioni tra allevamento e territorio, la gestione agronomica degli effluenti zootecnici e l'edilizia zootecnica.

Sono attive ricerche sulla variabilità genetica e dei genomi delle specie animali di interesse zootecnico.

Vi sono ricerche nel campo della fisiologia degli insetti e nelle biotecnologie entomologiche rivolte all'identificazione di nuovi metodi per il controllo degli insetti dannosi. Infine, viene studiato il possibile impiego degli insetti come fonte proteica.

DiSAA,
DeFENS, ESP,
DBS

4. Processi tecnologici innovativi per lo sviluppo di sistemi alimentari sostenibili e sicuri

L'obiettivo è fornire alimenti e bevande sicuri e sostenibili in termini ambientali, sociali ed economici, attraverso approcci tradizionali o innovativi quali le tecnologie di *sensing*, le nanotecnologie per lo sviluppo di nuovi materiali per il *food packaging* e gli studi di *shelf-life* dei prodotti. Lo studio delle complesse interazioni e modificazioni delle materie prime durante i processi tecnologici permette un approccio di "*quality-by-design*" per ideare nuovi prodotti e garantire la qualità delle produzioni alimentari. Si sviluppano inoltre nuove tecnologie, metodi analitici e tecniche di indagine per le principali filiere, tra le quali sono particolarmente studiate quelle lattiero-casearia, enologica, dei cereali e derivati trasformati, dei prodotti dolciari, delle sostanze grasse, delle carni e dei prodotti ortofrutticoli freschi e trasformati.

DeFENS

5. Microbiota ambientale, alimentare e umano

I microrganismi influiscono su diversi aspetti della nostra vita, influenzando sia gli ecosistemi naturali che quelli artificiali. La relazione tra la struttura della comunità microbica e i processi ecosistemici rimane ancora poco compresa. Alcuni gruppi di ricerca affrontano quesiti di ecologia microbica fondamentali e ad oggi senza risposta. Le attività si indirizzano verso diversi aspetti della microbiologia di base e applicata e della biotecnologia microbica, con particolare riguardo al ruolo dei microrganismi nelle filiere alimentari e nell'apparato gastro-intestinale umano. Gli approcci spaziano dallo studio di popolazioni microbiche,

DeFENS, DBS,
DiSAA

ai meccanismi intracellulari, ai fenomeni di interazione tra cellule, all'applicazione della metagenomica per lo studio di comunità microbiche complesse. Lo studio della microbiologia ambientale e del microbiota viene affrontato anche in relazione alle comunità microbiche associate a diverse tipologie di organismi, dalle piante agli insetti.

6. Economia e diritto amministrativo in ambito agrario e alimentare

L'area di ricerca si concentra sull'analisi economica dei mercati agro-alimentari e delle risorse naturali e sulle politiche pubbliche collegate. Particolare attenzione è posta ai problemi di sostenibilità economica e ambientale delle produzioni, delle filiere e dei consumi agro-alimentari, nonché allo studio degli impatti dei cambiamenti climatici su questi aspetti. Vengono, inoltre, analizzate le scelte delle amministrazioni pubbliche e le politiche a livello mondiale, europeo (PAC) e nazionale.

ESP, DiSAA

7. Chimica e biochimica per lo studio di sistemi complessi

Comprensione a livello molecolare delle proprietà degli alimenti e delle trasformazioni chimiche e strutturali rilevanti per il sistema agro-alimentare. Studio del rapporto struttura/funzione di molecole semplici e macromolecole in estratti naturali e in matrici complesse quali quelle alimentari. Analisi strutturale di composti organici e studi di interazione con biomolecole tramite metodi spettroscopici (ad esempio, NMR). Isolamento e caratterizzazione di molecole biologicamente attive presenti in matrici alimentari e dei loro metaboliti.

DeFENS

D. PATRIMONIO CULTURALE

1. Diagnostica, conservazione, valorizzazione e fruizione: *conservation science*

Le risorse del patrimonio culturale includono sia i beni architettonici e artistici che quelli archeologici, geologico-geomorfologici (inclusi i geositi), paleontologici e mineralogico-petrografici, e quanto contenuto nei musei tematici. Tutela e valorizzazione di questo patrimonio sono non solo dovute alle future generazioni ma anche risorsa economica diffusa. Ricercatori provenienti da diverse discipline sono attivi in quella che è internazionalmente riconosciuta come "*conservation science*".

La ricerca nell'ambito dei beni culturali e geo-ambientali avviene lungo diversi filoni: a) lo sviluppo di tecnologie innovative per la prospezione, localizzazione, documentazione, analisi territoriale e digitalizzazione 3D dei beni culturali; b) l'elaborazione di protocolli analitici, avanzati e innovativi, per valutare lo stato di conservazione dei materiali propri dei beni culturali e per progettare e monitorare eventuali interventi di recupero, in collaborazione con le autorità di tutela e salvaguardia; c) la formulazione di proposte di conservazione, valorizzazione e gestione degli elementi del patrimonio culturale, paesaggistico e geologico; d) l'applicazione di tecniche specifiche come, ad esempio, quelle microbiologiche, finalizzate allo studio del biodeterioramento e alla messa a punto di strategie di biorisanamento dei beni culturali; e) la modellizzazione

DST, CHIM, FIS,
DiSAA,
DeFENS, DBS,
MAT

matematica dei fenomeni di degrado per fornire nuovi strumenti di analisi quantitativa, non invasiva e predittiva, sullo stato di conservazione dei beni culturali.

Nell'ambito più specifico dello studio, della diagnostica e della conservazione, lo sviluppo di protocolli analitici sfrutta l'importante parco strumentale disponibile in Ateneo, che permette di caratterizzare, mediante misure *in situ* ed *ex situ*, invasive e non invasive, beni di natura e dimensioni molto diversi (dalla natura dei materiali lapidei alle leghe metalliche, dai supporti per opere pittoriche ai pigmenti, ecc.). Accanto alle misure strumentali, la teoria matematica per la modellizzazione e l'analisi di sistemi evolutivi nell'ambito dei beni culturali è una direzione di ricerca innovativa e promettente, ad oggi non ancora sviluppata su larga scala. Le diverse competenze permettono, quindi, un approccio multidisciplinare che prevede: la raccolta dei dati sperimentali sul deterioramento dei materiali di interesse, accoppiata all'analisi statistica dei dati con protocolli innovativi, e la successiva fase di elaborazione di interventi finalizzati alla conservazione.

Nella *conservation science* è particolarmente importante anche lo sviluppo di strumentazione portatile e di protocolli per misure non invasive, in collaborazione con l'industria del settore.

2. Storia della scienza

Il patrimonio storico-scientifico e la storia della scienza sono fondamentali per tutelare il lascito intellettuale delle passate generazioni. Le attività di ricerca comprendono: a) Storia delle Scienze e della Fisica a Milano dal 1924 al 1960, incluso lo studio della strumentazione scientifica del periodo; b) Didattica della Fisica e delle Scienze per la formazione e aggiornamento degli insegnanti di scuola secondaria, con tecniche di didattica innovativa per la scuola e la formazione permanente con un approccio che sfrutta contesti informali come il teatro scientifico e introduce l'IBSE (*Inquiry Based Science Education*) nella pratica scolastica.



FIS

E. MATERIALI

1. Materiali innovativi

Lo sviluppo di materiali innovativi è alla base delle principali innovazioni tecnologiche, nel campo della conversione di energia, sensoristica, rilevamento e abbattimento inquinanti e applicazioni biomediche.

a. *Materiali organici, ibridi organici-inorganici e composti di coordinazione*

Sono oggetto di studio nuovi materiali con interessanti proprietà luminescenti e/o ottiche non-lineari, con applicazioni diagnostiche, nella terapia fotodinamica, nel campo del bio-imaging e in dispositivi elettroluminescenti. Inoltre, vengono sintetizzati e studiati cromofori per fotosensibilizzatori in celle solari.

CHIM,
DISFARM,
BIOMETRA

b. *Metal-organic framework e materiali nanoporosi*

Vengono sviluppati nuovi materiali di coordinazione porosi (*Metal-organic framework*) per applicazioni in campo energetico, ambientale e catalitico e viene effettuata la caratterizzazione strutturale dei materiali stessi. Inoltre, materiali nanoporosi funzionalizzati sono utilizzati, anche in combinazione con idrogeli, nel campo della medicina rigenerativa.

CHIM,
DISFARM,
BIOMETRA

c. *Materiali polimerici.*

La ricerca si focalizza sullo sviluppo di polimeri anfoterici chirali a base di amminoacidi naturali, di poliammidoammine idrofobiche, di idrogeli chirali, di ritardanti di fiamma polimerici. Il laboratorio Laboratorio di Materiali e Polimeri (LaMPo, situato in macro-piattaforma) conduce ricerca fortemente applicata, in collaborazione con aziende, e sviluppa nuovi (bio)polimeri, inclusi compositi e formulazioni, utilizzati in svariati contesti (packaging, delivery controllato, diagnostica, farmaceutica, coating, stampa, *metal replacement*, *green energy*, beni culturali, geopolimeri, materiali organici per l'elettronica).

CHIM

Trasversali rispetto a diverse tipologie di materiali innovativi sono lo SmartMatLab e il Cimaina.

Lo SmartMatLab (situato in macro-piattaforma) è nato come centro di ricerca e formazione industriale/accademica focalizzato su nanotecnologie, micro- e nano-elettronica, materiali avanzati, biotecnologie, fotonica ed optoelettronica.

CHIM

Lo sviluppo di materiali non convenzionali è alla base delle attività sperimentali del CIMaINa (Centro Interdisciplinare Materiali e Interfacce Nanostrutturate, anch'esso situato in macro-piattaforma), nato nel 2004 come *hub* per la ricerca interdisciplinare nell'ambito delle nanotecnologie al confine tra fisica, chimica, biologia, farmacologia e medicina, con molteplici attività di ricerca inerenti la produzione e caratterizzazione di materiali innovativi. È importante notare il legame con le corrispondenti attività di ricerca teoriche nel campo dei materiali. Si sviluppano, infatti, metodi di simulazione numerica e analisi statistica delle proprietà meccaniche dei materiali, inclusi materiali disordinati, materia soffice, nano- e meta-materiali.

FIS

Un'ulteriore linea di ricerca riguarda la materia quantistica e i nuovi materiali quali il grafene o gli isolanti topologici, in cui i profondi legami con astratte strutture matematiche si riflettono in notevoli proprietà sperimentali di grande interesse anche per applicazioni tecnologiche; vengono utilizzate specifiche tecniche matematiche (Gruppo di Rinormalizzazione) e sono in corso ricerche per combinare tale approccio con tecniche numeriche, così da ottenere previsioni quantitative per tali sistemi con un grado di precisione maggiore di quelle ottenute con metodi convenzionali.

FIS, MAT

2. Geomateriali

Lo sviluppo delle *green technologies* dipende da risorse minerali strategiche (ad esempio, litio, Terre Rare - REE ed Elementi del “Gruppo del platino” - PGE). Il litio trova applicazioni nel campo dell’accumulo di energia oltre che nello sviluppo di vetri speciali e di materiali a bassa densità. Le REE trovano applicazione in molte tecnologie sia avanzate che di uso comune (smartphones, monitor, sorgenti luminose, fibre ottiche, magneti permanenti). La concentrazione media di litio e REE nella crosta terrestre è bassissima: poche parti per milione in peso. I PGE sono classificati “materia prima critica” dall’UE per la mancanza di concentrazioni economicamente proficue sul continente e per i problemi di inquinamento creati dal loro riciclo. L’avanzamento delle ricerche nell’ambito delle risorse minerali avviene attraverso: a) l’identificazione dei processi geologici che portano alla concentrazione di litio, REE e PGE; b) la prospezione di giacimenti minerali di nuovo tipo; c) l’utilizzo razionale e la definizione di protocolli sperimentali per il riutilizzo di ciò che oggi è considerato scarto.

Altro campo di indagine riguarda l’industria dei materiali lapidei, del cemento e della ceramica, che trova in Lombardia un importante meta-distretto che necessita di continua ricerca, sviluppo e innovazione nei processi estrattivi e industriali. L’Ateneo opera da lungo tempo non solo nell’ambito delle materie prime naturali, ma anche dei processi industriali per la sintesi di composti cementizi e ceramici, sia tradizionali che avanzati. Il primo *spin-off* dell’Ateneo, nel 2003, è stato dedicato alla valorizzazione industriale delle competenze in questo ambito, in particolare sui processi di sintesi in alta temperatura/pressione. Le attività in questo campo sono supportate da un importante parco strumentale, che trova un rafforzamento in diverse unità funzionali della macro-piattaforma.

DST

3. Sensori e biosensori

Si sviluppano tecnologie e metodi per la rilevazione di biomolecole e biomarcatori e per la misura di interazioni biomolecolari. Sul versante diagnostico, tali tecnologie sono finalizzate all’identificazione di patogeni o biomarcatori, quali antigeni e anticorpi, acidi nucleici, virus. Nel contesto della ricerca di base, esse aprono nuove frontiere nello studio di processi fondamentali (quali la trascrizione) e meccanismi di base (ad esempio, selettività e cinetica delle interazioni, interazioni cooperative, effetti entropici). Vengono inoltre sviluppati biosensori basati sull’uso di nanoparticelle bioconiugate, che possono essere utilizzate sia come trasduttori per la rivelazione di analiti, sia come amplificatori e selettori di interazione in congiunzione con altre tecnologie (ad esempio, *Surface Plasmon Resonance*). Infine, si sviluppano dispositivi bioispirati, quali sensori e attuatori con specifiche proprietà meccaniche, in sinergia con attività teoriche basate su metodi di intelligenza artificiale.

FIS, BIOMETRA

4. Nanomateriali

Un materiale suddiviso in particelle di dimensioni nanometriche (millesimi di micron) presenta proprietà in genere molto diverse da quelle osservate per lo stesso materiale in porzioni di maggiori dimensioni, anche a parità di composizione chimica. Preparando ed assemblando opportunamente nanoparticelle di diversi materiali, le nanotecnologie moltiplicano dunque le potenzialità degli elementi e dei composti che conosciamo, con enorme impatto sullo sviluppo di materiali innovativi. Lo sviluppo di metodologie innovative per la sintesi dei nanomateriali caratterizza l'attività di ricerca sperimentale in questo ambito. Tali metodologie permettono la creazione di materiali nanostrutturati e dispositivi con funzionalità avanzate mediante tecniche di deposizione con fasci di nanoparticelle⁸, anche integrate con tecniche di micro-fabbricazione e di fabbricazione additiva (stampa 3D), cui partecipa CIMaINa. Questi materiali consentono la realizzazione di dispositivi e sistemi con integrazione di elettrodi e microfluidica, per applicazioni nel campo dell'energetica, della biomedicina, della sensoristica e degli attuatori (*soft-robotics*).

Si realizzano anche nanotubi di carbonio, grafene, nanoparticelle metalliche o a base di ossidi e materiali compositi, per dispositivi di tipo elettrochimico, catalisi, fotocatalisi, ed applicazioni optoelettroniche.

Sono inoltre attivi studi su nanomateriali con applicazioni biomediche, per indagini *imaging in vitro* ed *in vivo*.

Queste attività hanno una forte vocazione al trasferimento tecnologico, testimoniata dalla nascita di *start-up* fondate come *spin-off* UNIMI e poi divenute indipendenti e con significativa storia industriale e di investimenti.

FIS, CHIM,
DISFARM,
BIOMETRA,
DISFEB

5. Sviluppo di metodologie sperimentali e strumentazione per la diagnostica dei materiali

Accanto alle attività di studio, progettazione e produzione di materiali innovativi, vi è una consolidata tradizione di sviluppo di strumentazione e di metodologie innovative per la diagnostica e l'analisi dei materiali stessi. Tra queste: i) tecniche di diagnostica ottica, basate su scattering di luce e radiazione coerente estese alle piccole lunghezze d'onda (fino ai raggi X); ii) metodologie per indagine chimico-fisica e strutturale di nanoparticelle in fase gassosa (spettrometria di massa e spettroscopia elettronica su fascio molecolare con luce di sincrotrone e sorgenti *free electron laser* – FEL), applicabili alla realizzazione di strumentazione per il monitoraggio di ambienti o processi; iii) tecniche a scansione di sonda su superfici e interfacce quali la microscopia a forza atomica (AFM) per *imaging* ad alta risoluzione e per lo studio di proprietà morfologiche, elettriche e meccaniche in nanostrutture, nanomateriali, e sistemi di rilevanza biologica (biomembrane, biomolecole, proteine, DNA, cellule e tessuti). Nanoparticelle e materiali per applicazioni teranostiche (ipertermia magnetica e *drug delivery*) vengono caratterizzate con tecniche di Risonanza Magnetica Nucleare, Risonanza di Spin

FIS

⁸ UNIMI partecipa alla rete [NFFA](#) (Nanoscience Foundries and Fine Analysis), una infrastruttura di Ricerca distribuita finanziata dall'Unione Europea, dove la Statale ha ruolo di fornitore di accesso libero, su base competitiva, a strumentazione e competenze.

Muonica ed Elettronica, Magnetometria e Calorimetria⁹. Si sviluppano infine tecniche analitiche con luce di sincrotrone e FEL, anche con risoluzione di spin, per il dicroismo X magnetico, e per lo studio della dinamica di magnetizzazione ultraveloce.

6. Modelli matematici della materia

a. *Chimica teorica e modellistica molecolare*

L'attività di ricerca nell'ambito della chimica teorica e della modellistica molecolare propone approcci modellistici originali, applicati a sistemi complessi. Offre inoltre le basi per il *design* e l'ottimizzazione di nuovi materiali per varie applicazioni in ambito catalitico, energetico e delle scienze della vita. Gli approcci utilizzati sono ad esempio DFT (*density functional theory*) e tecniche correlate di funzione d'onda, metodi classici, semi-classici, *ab initio* e di *quantum molecular dynamics*. Ad esempio, si studiano le proprietà elettroniche di vari materiali e si utilizzano tecniche di modellistica molecolare per prevedere nuove architetture molecolari e le relative proprietà.

CHIM

b. *Fisica teorico-computazionale di solidi, superfici e gas quantistici*

Le simulazioni teorico-computazionali hanno assunto un ruolo cruciale nella scienza dei materiali, permettendo la progettazione "a tavolino" di sistemi con determinate caratteristiche strutturali, elettroniche, ottiche, o di trasporto di carica e calore. Se effettuate con metodi detti da principi primi, tali simulazioni assumono un elevato valore predittivo, non dipendendo da parametri fenomenologici o arbitrari. Si simulano solidi, superfici, molecole e nanostrutture. Si studiano inoltre gas, fluidi e solidi quantistici bosonici e fermionici con metodi *Quantum Monte Carlo*, e si sviluppano metodi statistici per problemi inversi mal posti¹⁰.

FIS

c. *Studio delle proprietà di attrito e nanoattrito*

Le attività di ricerca nel settore dell'attrito affrontano il problema della dissipazione sulla scala atomica con tecniche teorico-matematiche e con simulazioni numeriche di dinamica molecolare. Teoria e simulazioni possono essere estesi a nuovi sistemi di interesse sperimentale ed applicativo, valutando le interazioni tra le diverse scale di taglia coinvolte. L'obiettivo di questa attività di ricerca è formalizzare una teoria quantitativa dell'attrito dinamico. Tale teoria fornirà uno strumento utile a capire e prevedere perché e in quali condizioni l'attrito assume livelli alti, con possibile usura dei materiali, o estremamente bassi, sconfinando nei regimi superlubrici.

FIS, MAT

⁹ È inoltre in corso di definizione un accordo quadro con ETH-Zurich per installazione di strumentazione diagnostica avanzata basata su microscopia elettronica presso i laboratori UNIMI in macro-piattaforma.

¹⁰ L'attività teorico-computazionale avviene in collaborazione con [ETSE](#) (European Theoretical Spectroscopy Facility) e [NFFA](#) (Nanoscale Foundries and Fine Analysis) e ricorre all'utilizzo di infrastrutture di calcolo ad alte prestazioni.

F. DAL MICROCOSMO AL MACROCOSMO

1. Esplorazione di microcosmo e macrocosmo

L'integrazione delle discipline che studiano la natura nei due limiti dimensionali estremi, dalla scala subatomica a quella delle galassie, permette di realizzare una visione coerente dell'evoluzione dell'universo da frazioni di secondo (il momento del *Big Bang*) fino alla formazione delle strutture galattiche e delle stelle, la cui evoluzione ha portato a sua volta alla formazione planetaria ed alla sintesi degli elementi. Questa ricerca, che combina aspetti teorici, sperimentali ed osservativi, viene svolta in sinergia con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ([INFN](#)) e l'Istituto Nazionale di Astrofisica ([INAF](#)), presso grandi infrastrutture di ricerca internazionali.

Domande fondamentali, ancora aperte nel campo della fisica delle particelle e nell'astrofisica, sono la natura della materia e dell'energia oscure, la ragione dell'asimmetria materia-antimateria, la massa dei neutrini ed il meccanismo di Higgs. Una nuova visione sulla fisica fondamentale e l'universo emergerà dalla convergenza di risultati in diversi ambiti di ricerca. Ad esempio, la comprensione della natura della materia oscura richiede di combinare in un quadro teorico coerente risultati osservazionali di natura astrofisica, esperimenti di osservazione diretta e ricerche presso gli acceleratori di alta energia. La Statale è in primo piano nello sviluppo teorico della fenomenologia delle interazioni forti, elettrodeboli e gravitazionali e negli esperimenti che le indagano con acceleratori presenti e futuri, con sorgenti terrestri o astrofisiche e con i futuri osservatori di onde gravitazionali.

Le recenti osservazioni di onde gravitazionali durante la fusione di stelle di neutroni hanno anche riportato in primo piano questi oggetti, nei quali la materia si trova in condizioni estreme di elevata densità, e dalla cui fusione si sono formati gran parte dei nuclei atomici che esistono sulla Terra. La ricerca si focalizza anche sulle proprietà della materia nucleare, indagata attraverso l'analisi sperimentale delle proprietà dei nuclei, in particolare i loro decadimenti e reazioni, e l'attività teorica per sviluppare nuovi paradigmi e metodi computazionali in grado di inserire in un contesto coerente un numero sempre più esaustivo di proprietà osservabili.

Astrofisica, fisica nucleare e fisica dei plasmi cooperano nello studio della fusione termonucleare ad energie tipiche delle stelle e per perseguire l'ambizioso obiettivo della fusione termonucleare controllata.

Le tecnologie sviluppate per l'esplorazione di microcosmo e macrocosmo, sia nel campo del *computing* e delle tecniche di analisi dati, sia nella realizzazione dei grandi apparati di rivelazione di particelle e di radiazione, hanno anche ricadute nelle applicazioni di intelligenza artificiale, scienza dei *Big Data*, nelle applicazioni bio-medicali e favoriscono la connessione con aziende innovative nel mondo dell'alta tecnologia.



FIS

2. Sistemi complessi di interesse interdisciplinare

L'insorgere di fenomeni auto-organizzati in sistemi complessi accomuna tra loro discipline molto diverse, che spaziano dalla *digital medicine* alla biologia quantitativa, alla fisica dei fluidi, all'informatica, sino all'ecologia e alla sociologia. L'applicazione di metodi e strumenti della fisica statistica permette di affrontare problemi fortemente interdisciplinari nell'ambito di collaborazioni interdipartimentali, parte delle quali sono svolte all'interno del Centro di Ricerca Coordinata sulla Complessità e i Biosistemi. Le attività comprendono lo sviluppo di metodi teorici e computazionali per lo studio di comportamenti macroscopici emergenti, delle transizioni di fase in modelli di materia soffice e della meccanica statistica dei sistemi disordinati. L'approccio computazionale viene utilizzato per affrontare problemi di biologia quantitativa e lo studio di sistemi di interesse biologico, con applicazioni alla struttura delle proteine e al loro ripiegamento. Le attività sperimentali riguardano anche lo studio di fluidi complessi in assenza di gravità sulla Stazione Spaziale Internazionale con l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e lo studio dei plasmi complessi con applicazioni nella fusione nucleare, nella accelerazione di fasci carichi e nel confinamento e proprietà dell'antimateria.

FIS, ESP,
BIOMETRA,
DBS, CHIM,
INF

3. Tecnologie quantistiche - computer quantistici e crittografia quantistica

La seconda rivoluzione quantistica ambisce a realizzare computer e dispositivi basati sui fenomeni fondamentali dei sistemi quantistici (come coerenza, decoerenza ed *entanglement*), per lo sviluppo di sistemi di comunicazione, calcolo e metrologia. Le attività svolte sono di tipo teorico, computazionale e sperimentale, in sistemi coerenti di interesse fisico, chimico e biologico. Lo sviluppo tecnologico riguarda protocolli e dispositivi per il calcolo, la comunicazione sicura (*quantum cryptography*) e la sensoristica. Le applicazioni riguardano anche il trasporto quantistico e i semiconduttori per la spintronica, e la ricerca di nuova fisica con misure ultraprecise.

Le tecnologie quantistiche ibride ci permettono anche di accoppiare i vantaggi del *quantum* con l'*Artificial Intelligence* (AI) e il *Machine Learning* (ML), con lo sviluppo di algoritmi e di reti neurali per applicazioni che spaziano dalla fisica teorica a quella nucleare, alle particelle elementari, ai materiali e ai sistemi complessi, fino al campo bio-medicale (*imaging* e *advanced diagnostics and prognostics*).

I dispositivi NISQ (*noisy intermediate-scale quantum*) incrementano le potenzialità del calcolo distribuito nella gestione di *Big Data*, sfruttando le competenze dei grandi esperimenti del CERN.

FIS

G. RICERCA INDUSTRIALE: PRODOTTI, PROCESSI E SERVIZI

1. Ricerca industriale chimica

La Lombardia è tra le prime quattro regioni d'Europa per quanto riguarda la presenza di industria chimica e nel Nord Italia si concentra il 74% dell'occupazione nazionale in questo settore, specialmente grazie alla presenza

CHIM

di piccole e medie imprese operanti nella chimica specialistica, le cui spese in R&S rappresentano circa il 45% del totale del settore chimico italiano. In questo ambito, il sistema universitario in Lombardia è sempre più competitivo a livello internazionale: lo dimostra innanzitutto la sua reputazione, misurata dal QS World University Ranking, che risulta in crescita e allineata alla Baviera, una delle regioni tedesche più competitive. Un polo di ricerca chimica innovativo in Lombardia crea, quindi, specializzazione là dove serve e al fianco delle imprese.

	Addetti chimici	% su popolazione	% su addetti chimici UE	
1. Renania-Vestfalia (D)	108.152	0,61	9,4	
2. Baviera (D)	60.400	0,47	5,2	
3. Renania-Palatinato (D)	52.779	1,30	4,6	
4. Lombardia (I)	44.618	0,45	3,9	Unione Europea
5. Assia (D)	43.062	0,70	3,7	•27 Regioni su 152 con più di 10 mila addetti
6. Catalogna (E)	35.061	0,47	3,0	
7. Baden-Wuttemberg (D)	34.269	0,31	3,0	•107 Regioni su 152 con più di 100 unità locali
8. Fiandre (B)	32.173	0,50	2,8	
9. Bassa Sassonia (D)	27.769	0,35	2,4	
10. Île de France(*) (F)	25.337	0,21	2,32	

(*) Ultimo dato INSEE disponibile: anno 2015

Principali regioni europee per impatto dell'industria chimica.

Fonte: elaborazioni su dati Eurostat e ISTAT (anno 2016).

In Ateneo, sono disponibili competenze per la progettazione di processi ed impianti chimici, incluse le loro basi cinetiche, termodinamiche e di trasporto, per il dimensionamento di reattori ed operazioni unitarie, per l'ottimizzazione ed intensificazione di processo. Sono a disposizione apparecchiature per la raccolta di dati di equilibrio di fase e reattività ed è disponibile un capannone di impianti pilota, situato in macro-piattaforma. È possibile effettuare il *design* di processo, utilizzando algoritmi per l'elaborazione di dati cinetici e pacchetti professionali di simulazione di processo, con competenze per la progettazione *from the grass roots* o per il *revamping* di impianti chimici, fino alla valutazione economica, all'ottimizzazione energetica, al *life cycle assessment*.

La ricerca è indirizzata verso lo sviluppo di catalizzatori omogenei ed eterogenei mediante tecniche di preparazione convenzionali o innovative, anche per catalizzatori immobilizzati su substrati solidi. Sono inoltre disponibili le principali tecniche di caratterizzazione delle proprietà di *bulk* o superficie e competenze per l'accesso a sistemi sofisticati di caratterizzazione, ad esempio, in luce di sincrotrone.

La ricerca riguarda tutto il campo della catalisi, foto-/elettro-catalisi, organo- e bio-catalisi omogenee ed eterogenee e si applica a reazioni di interesse industriale, ambientale, energetico, della chimica fine e farmaceutica. Ad esempio: i) valorizzazione di CO₂ per produrre combustibili e *building blocks*; ii) metodi sintetici più sostenibili, sicuri ed economici, anche da materie prime rinnovabili e rifiuti/reflui (economica circolare); iii) sviluppo di principi attivi chirali con sintesi catalitiche stereoselettive; iv) valorizzazione di derivati da biomasse di 1°, 2° o 3° generazione per la produzione di H₂ o prodotti ad alto valore aggiunto (etilene, acetonitrile, furfurale, acido levulinico, biopolimeri,

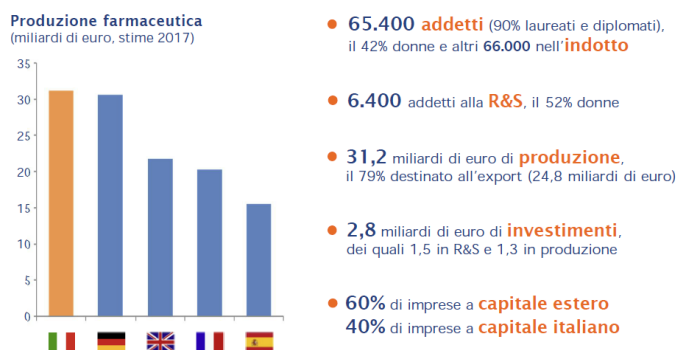
CHIM,
DISFARM,
DEFENS, DiSAA

aromi, componenti cosmetici e nutraceutici); v) processi (foto-/elettro-) catalitici per la rimozione di inquinanti da reflui e relative tecniche analitiche; vi) sviluppo di oligosaccaridi con attività immunologica e di nanoparticelle per attività diagnostiche e terapeutiche, e di bioattivi a partire da composti di origine naturale; vii) processi biotecnologici di fermentazione per la valorizzazione di scarti urbani, agricoli e agroalimentari.

Inoltre, tecnologie sintetiche avanzate quali *flow chemistry* e microonde, abbinati all'utilizzo di reagenti, (bio)catalizzatori e *scavenger* immobilizzati consentono lo sviluppo di protocolli sintetici più efficienti, sicuri e sostenibili. Sono sviluppate a livello industriale stereotecnologie per la sintesi di molecole bioattive (e precursori) enantiomericamente pure.

2. Ricerca industriale chimico-farmaceutica

L'Italia è il primo produttore europeo di medicinali e la Lombardia è la regione che più contribuisce a questo comparto.



L'Italia è il primo produttore farmaceutico dell'UE.

Immagine riprodotta da Farindustria su elaborazione dati ISTAT, Eurostat, EFPIA, IQVIA.

DISFARM

Questa intensa attività industriale richiede spesso competenze tipiche dei ricercatori dell'accademia per progettare al meglio i processi di produzione e garantire la qualità dei prodotti finiti. Oggetto delle collaborazioni sono lo sviluppo di nuovi processi sintetici e metodi analitici per quantificare il principio attivo e determinarne il profilo di impurezze. Viene inoltre offerto supporto su alcuni aspetti di farmacocinetica e farmacodinamica mediante simulazioni *in silico*, l'uso di modelli cellulari, studi di metabolomica e/o proteomica e la valutazione *ex vivo* della permeabilità transmucosale o transdermica. Sono infine disponibili le principali attrezzature pilota per definire i processi di produzione delle forme di dosaggio solide, semisolidi e liquide, e per il controllo di qualità del medicinale in accordo con i requisiti della Farmacopea Europea. Le collaborazioni coinvolgono imprese operanti nell'ambito del farmaco e più in generale dei prodotti dell'area salutare, che hanno simili attributi di qualità pur rispondendo a normative differenti (integratore alimentare, cosmetico, dispositivo medico, biocida).



La presenza farmaceutica è **fortemente concentrata in cinque regioni** – Lombardia, Lazio, Toscana, Emilia Romagna, Veneto) che da sole determinano quasi il 90% dell'occupazione totale

Tuttavia, pur se circoscritta in specifiche province o aree, l'industria farmaceutica ha una presenza rilevante anche in altre regioni sia nel **Nord**, sia nel **Centro- Sud**

*Le imprese del farmaco e il loro indotto generano valore su tutto il territorio.
Immagine riprodotta da Farmindustria su elaborazione dati ISTAT.*

3. Ricerca fisica con ricadute tecnologiche e industriali

Vengono sviluppate tecnologie di punta nei tre settori della meccanica di precisione, delle sorgenti e rivelatori di onde e campi elettromagnetici, e dell'elettronica. Originate da attività svolte in sinergia con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ([INFN](#)), costituiscono un'importante ricaduta della ricerca di base nei settori delle nanotecnologie, dell'astrofisica e degli acceleratori di particelle. Nel campus a MIND si configurano come attività di servizio disponibili a tutta la potenziale utenza *on-campus*, analogamente a quanto avviene per le altre *facilities*. Tali tecnologie rivestono grande interesse per l'industria, soprattutto per le piccole e medie imprese, poiché permettono di effettuare attività di carattere "esplorativo" (ricerca finalizzata, test e prototipazioni), che richiederebbero grossi investimenti per essere sviluppate internamente alle singole aziende.

Tecnologie meccaniche di punta e metrologia

Vengono eseguiti lavorazioni micromeccaniche, stampa 3D, metrologia, criogenia, progettazione e assemblaggio di componenti, incluso lo sviluppo di nuove strumentazioni di misura.

Tecnologie per la rivelazione di onde e radiazioni

È attivo un laboratorio di microonde con due camere anecoiche e apparati di misura di tipo scalare e vettoriale per misure di antenne e sistemi ottici a lunghezze d'onda millimetriche, coprendo la banda di frequenze da 0.1 GHz a 330 GHz, con tecniche di *free space* e *compact range*, estendibili al *near field*. Tale laboratorio collabora con numerose PMI del territorio operanti nel campo delle telecomunicazioni, dei sistemi satellitari, dei radar, e della diagnostica dei materiali. Si sviluppano anche rivelatori per le radiazioni ionizzanti, con elevate segmentazione e risoluzione temporale, caratterizzati anche da operatività in condizioni estreme (bassa temperatura e/o alti livelli di radiazione) e bassi livelli di rumore, con applicazioni industriali in dosimetria e diagnostica dei fasci.

Sviluppo di sorgenti di radiazione

Si sviluppano sorgenti basate su laser per la generazione di impulsi di luce IR-XUV ultrabrevi, con applicazioni nella caratterizzazione e analisi dei materiali e nello

FIS

sviluppo di sorgenti di fasci di raggi X altamente coerenti da FEL tramite accelerazione di elettroni (si veda, ad esempio, il progetto MariX¹¹). Le attività nel campo degli acceleratori di particelle hanno un forte indotto nel campo della superconduttività e del trattamento delle superfici, con una stretta interconnessione con realtà industriali, testimoniata dai numerosi *partner* industriali del territorio già coinvolti con Università di Milano e INFN nella realizzazione di grandi infrastrutture europee quali [LHC](#), [X-FEL](#), [ESS](#).

Progettazione Elettronica e circuiti integrati dedicati

Si progettano circuiti elettronici integrati dedicati ad applicazioni specifiche (ASIC), tipicamente per circuiti a basso rumore con elevata risoluzione temporale, anche in grado di operare a temperature criogeniche e in ambienti ostili. Si realizzano sistemi multicanale (fino a 10^5 per ASIC) di conversione A/D, acquisizione e filtraggio digitale del segnale per *on-line data-processing*, con applicazioni che spaziano dalla spettroscopia ad alta risoluzione per raggi X, raggi gamma e luce coerente modulata, alla granulometria fino alla scala nanometrica, alla geofisica applicata, alla microscopia confocale.

4. Ricerca industriale agro-alimentare

La bioeconomia e l'economia circolare sono settori in forte espansione, focalizzati sull'utilizzo e la valorizzazione delle risorse biologiche rinnovabili per garantire, attraverso processi ad elevata sostenibilità, alimenti quantitativamente e qualitativamente adeguati alle richieste della popolazione globale. Altro aspetto centrale di questi settori è quello di fornire concrete risposte per la valorizzazione di biomasse di scarto.

Le specificità e i punti di forza della ricerca fondamentale e applicata dell'Ateneo, supportati da numerosi laboratori attrezzati ed impianti pilota, rappresentano un punto di riferimento chiave per l'innovazione industriale e il trasferimento tecnologico, nonché per la validazione di *proof of concept* sviluppati nell'ambito di accordi con le aziende.

I campi di indagine possono schematicamente essere riassunti nei seguenti profili organizzati per ambito tematico: i) progettazione e realizzazione di processi di produzione di alimenti, anche da fonti non convenzionali, più sostenibili, efficienti, economici e con ricadute sul benessere del consumatore attraverso lo sviluppo di tecnologie, biotecnologie, packaging e strumenti di misura innovativi e la definizione di strategie di ricerca in ambito nutrizionale e sensoriale;

DiSAA,
DeFENS, ESP

¹¹ Il progetto MariX, per il quale è disponibile il Conceptual Design Report ([CDR](#)), predisposto a seguito di un accordo tra il Rettore dell'Università degli Studi di Milano e il Presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, propone la realizzazione di un'infrastruttura di ricerca analitica multidisciplinare, che coprirebbe la gamma di energia da 1 keV a 5 keV, con impulsi ultrabrevi da 10 fs a 50 fs e frequenza di ripetizione fino a 1 MHz, che è stata pensata per essere un elemento di competenze ed attrattività per il distretto dell'innovazione MIND, in sinergia con il campus della Statale. Il CDR è stato peraltro progettato in modo da essere indipendente da una specifica localizzazione e quindi tale che la sua realizzazione sia potenzialmente integrabile con il Masterplan di MIND e il campus. Si potrebbe quindi realizzare un'infrastruttura di ricerca aperta anche all'utilizzo da parte di industrie meccaniche e bio-mediche, sfruttando eventualmente la sinergia con l'installazione di tecnologie superconduttive con il coinvolgimento di industrie nazionali.

ii) supporto alle aziende per lo sviluppo di nuove formulazioni probiotiche, di sistemi di controllo selettivo di microrganismi patogeni trasmessi con gli alimenti e di selezione e produzione di microrganismi per impiego nei settori lattiero-caseario, enologico, delle bevande fermentate e dei prodotti da forno; iii) studi sul biofilm e sulle strategie anti-biofilm ecosostenibili; iv) sviluppo di metodi di *finger printing* dell'alimento; v) ottimizzazione di processi fermentativi e l'arricchimento di *toolbox* disponibili per le trasformazioni enzimatiche nei processi industriali; vi) messa a punto di sistemi innovativi di controllo integrato/biologico e di agrotecnologie per la fortificazione delle produzioni vegetali; vii) sviluppo di filiere integrate per l'estrazione e valorizzazione di prodotti ad alto valore aggiunto; viii) recupero dei nutrienti da rifiuti organici e agricoli (reflui zootecnici, scarti lignocellulosici) per produrre fertilizzanti rinnovabili in parziale o totale sostituzione di quelli di sintesi; ix) produzione di *biofuel* e di energia elettrica, attraverso l'uso di *no-food crop*, biometano e bioidrogeno attraverso la digestione anaerobica di rifiuti e biomasse agricole; x) creazione di bioraffinerie mediante microalghe e *new crops* per differenti utilizzi, quali quello nutraceutico, energetico e per la *bioremediation*.

LA MACRO-PIATTAFORMA SCIENTIFICA DEL CAMPUS

La strumentazione scientifica d'avanguardia e le infrastrutture tecnologiche del campus dell'Università degli Studi di Milano a MIND sono collocate in un edificio autonomo di alta qualità costruttiva e impiantistica definito macro-piattaforma, destinato ad ospitare unità funzionali di elevata specializzazione e laboratori dipartimentali. Le unità funzionali, gestite da professionalità accademiche e tecniche di elevato valore scientifico, sono laboratori scientifici allo stato dell'arte e con alto potenziale di sviluppo competitivo a livello nazionale ed internazionale. Grazie alla localizzazione in un unico edificio e alla condivisione di servizi e logistica, le unità funzionali rappresentano collettivamente un centro di competenze per la ricerca fruibile da tutti i ricercatori dell'Ateneo e favoriscono l'utilizzo sinergico di attrezzature di ultima generazione a supporto di tutti i gruppi di ricerca per consolidarne la competitività e per incentivarne la partecipazione a progetti collaborativi nazionali ed internazionali. Costituiscono altresì un'occasione unica di sviluppo della ricerca multidisciplinare, interdisciplinare e connessa all'innovazione scientifica e tecnologica.

Tali Unità inoltre erogano assistenza e servizi scientifici unici sul territorio, aperti anche all'utenza esterna, alla quale garantiscono accesso attraverso molteplici modalità che consentono un'efficace politica di trasferimento tecnologico e di collaborazione tra il mondo accademico, quello produttivo e quello degli enti pubblici e privati: contratti di collaborazione scientifica, fornitura di servizi (*fee-for-service*), fornitura di attività di ricerca e di accesso alle *facilities* tecnologiche a seguito di valutazione del merito delle proposte. La macro-piattaforma si caratterizza quindi come un importante volano per generare sviluppo ed innovazione a MIND e per favorire l'incontro tra la ricerca pubblica e quella privata orientata all'innovazione.

La cooperazione strutturata tra gruppi impegnati nella ricerca accademica e in quella di interesse industriale, interni ed esterni all'Ateneo, e l'integrazione di competenze professionali e dotazioni strumentali che ne può derivare, rappresenta elementi di competitività anche per l'acquisizione di risorse nazionali, europee ed internazionali che consentano di sostenere il ciclo virtuoso di una infrastruttura accademica di ricerca dinamica e all'avanguardia per logistica, dotazione strumentale e professionale, sostanzialmente allineata agli standard delle migliori università di ricerca mondiali.

1. Unità funzionale NMR e diffrattometria di raggi X

Questa unità è in grado di caratterizzare, da un punto di vista strutturale, diverse classi di composti (molecolari/polimerici; inorganici/organici/organometallici; campioni biologici di origine biomedica, alimentare e vegetale). La presenza di personale altamente qualificato in grado di razionalizzare e di interpretare i risultati e la disponibilità di potenti metodi d'indagine permettono una conoscenza approfondita della struttura e della composizione di sistemi molecolari complessi. Le tecniche sperimentali utilizzate spaziano dalla diffrazione di raggi X (cristallo singolo e polveri microcristalline; con camere condizionate per analisi *in situ* in condizioni non ambientali, in atmosfera di gas o ad alta pressione in celle di diamante DAC), a microscopie ottiche (con tecniche *hot-stage*) e microscopie elettroniche (con sonda per microanalisi SEM-EDS), risonanza magnetica nucleare (NMR; con strumenti ad alto campo) in soluzione, stato solido e in fase gel. Sono inoltre disponibili strumentazioni per le spettroscopie IR, Raman e UV.

2. Unità funzionale Scientific Data Center

La disponibilità per l'Ateneo di uno Scientific Data Center (SDC) è di cruciale importanza per permettere ai diversi gruppi di ricerca di avere a disposizione le tecnologie adatte a una gestione ottimale ed efficiente dei dati, che li rendano facilmente "Trovabili, Accessibili, Interoperabili e Riusabili", ovvero dati FAIR, secondo l'acronimo inglese.

Il SDC permette la condivisione dei dati all'interno dell'Ateneo e all'esterno nel contesto della EOSC (European Open Science Cloud) che è oggi una delle attività Europee di punta, in modo che sia anche facilitato l'accesso ai finanziamenti di ricerca e sviluppo. Il SDC favorisce lo sviluppo di tutte le aree di studio che possono trarre beneficio dalla capacità di svolgere analisi complesse su grandi moli di dati. L'infrastruttura del SDC facilita lo sviluppo di metodologie orientate a *machine learning*, *network science*, *Big Data analysis*, *large-scale data-mining* con possibili applicazioni in svariati campi quali la genomica computazionale, epidemiologia computazionale, intelligenza artificiale per *health care*, *climate analysis*, *quantum computing*, *urban*, *mobile and social computing*. Ad esempio, nel SDC è presente il nodo dell'Italian Infrastructure for Bioinformatics Elixir, parte di [Elixir Europe](#), organizzazione di riferimento in Europa per la gestione dei *Big Data* relativamente alla ricerca genomica, epigenomica e di scienze della vita.

Il SDC è un'infrastruttura dedicata per l'archiviazione e l'accesso ai dati e le risorse di calcolo necessarie per l'analisi dei dati stessi, con una disponibilità di processori ad alte prestazioni per un totale di circa 10.000 CPU cores fisici ed uno storage da 10 PB su *parallel file system*. L'unità, progettata secondo lo standard ANSI/TIA 942, è dotata di rete di comunicazione Infiniband e raggiunge un livello Tier 2 di disponibilità del *data center*. Per facilitare l'accesso alle funzionalità di memorizzazione e analisi dei dati è predisposta un'infrastruttura virtualizzata che si appoggia sul *data center* fisico. Tale infrastruttura è la base per l'erogazione di funzionalità come servizio (*as-a-service*) proprie di una piattaforma per l'AI e il ML che renda l'attività di gestione, protezione e analisi dei dati più semplice per gli utenti finali, con particolare riferimento a sviluppatori, *data scientist* e *data engineer*. Agli utenti vengono forniti supporto e consulenza ad ogni livello di erogazione dei servizi.

3. Unità funzionale microscopia e microanalisi

Si compone di tre sezioni.

A) Sezione **microscopia ottica e a fluorescenza**, che si avvale di strumentazioni e tecniche di microscopia *wide-field*, stereomicroscopia, confocale multi e singolo fotone per analisi *in vivo* su organismi animali, vegetali e microrganismi.

B) Sezione **microscopia elettronica**, che opera con strumentazione SEM (microscopia elettronica a scansione) e TEM (microscopia elettronica a trasmissione), nonché, in un ambiente dedicato, crio-TEM (singola particella) su materiale inorganico, polimerico e biologico, anche bio-macromolecolare a risoluzione atomica. Per i materiali inorganici è disponibile strumentazione TEM-EDS e SEM-EPMA-WDS, per la microanalisi elementare. L'unità fornisce anche servizio di supporto per la preparazione di campioni per microscopia elettronica SEM, TEM, crio-TEM e crio-ultramicrotomia. La sezione è dotata altresì di una *facility* per **analisi di immagini** con software e workstation dedicate per ricostruzioni 3D e analisi tomografiche di dati acquisiti al TEM.

C) Sezione **risonanza magnetica ad immagini (MRI)**, che è equipaggiata con un tomografo e con la strumentazione necessaria per eseguire microimmagini *in vivo* in modelli animali consentendo di visualizzare anche gli organi in movimento. Mediante MRI è possibile valutare longitudinalmente con modalità non invasive l'insorgenza e l'evoluzione degli eventi patologici e seguirne l'eventuale modulazione farmacologica.

4. Unità funzionale spettrometria di massa

Si compone di tre sezioni.

A) Una sezione dedicata alla **caratterizzazione strutturale e composizionale di sostanze e materiali** per spettroscopia di massa-massa Q-TOF e MALDI TOF-TOF.

B) Una sezione dedicata all'**identificazione e quantificazione di molecole in differenti matrici biologiche mediante studi di proteomica, lipidomica e metabolomica** basati sulla spettrometria di massa (GC-MS, GC FID, Q-TOF, ORBITRAP fusion, MALDI TOF, LTQ LC-MS, QTRAP). Gli approcci strumentali proposti trovano applicazione in diversi ambiti delle scienze della vita. La piattaforma, oltre alla parte analitica, fornisce consulenze per il disegno sperimentale, la preparazione dei campioni e l'analisi dei dati.

C) Una sezione dedicata a **indagini di composizione elementare, ionomica, tracciamento e frazionamento di isotopi stabili** per studi in ambito mineralogico, cristallografico, di tracciabilità geografica di materiali, prodotti, alimenti o matrici agro-alimentari, nonché firma isotopica di molecole contaminanti e cicli biogeochimici degli elementi, con strumentazione d'avanguardia (ICP-MS, LA-ICP-MS, HPLC-ICP-MS, MC-ICP-MS, IRMSR).

5. Unità funzionale di citofluorimetria e *cell sorting*

È dotata di citofluorimetri a flusso e *cell sorter*. La dotazione strumentale e le competenze disponibili permettono l'analisi dell'immunofenotipo cellulare, lo svolgimento di studi funzionali basati sull'uso di *probe* fluorescenti e la separazione di popolazioni cellulari specifiche.

6. Unità funzionale GXP

Si compone di un blocco di laboratori con livelli di contenimento P1 e P2 dedicati allo studio e alla preparazione di medicinali destinati alla sperimentazione su animali e sull'uomo strutturati ed organizzati in conformità con le normative in vigore. Il personale che vi opera ha consolidate esperienze nello sviluppo di nuove formulazioni e nella conduzione di sperimentazioni *in vitro* e *in vivo* per la valutazione delle attività farmacologiche e cliniche di medicinali e dispositivi medici. Inoltre nei laboratori sono possibili analisi chimico-tossicologiche e tecnologiche nel contesto di certificazioni GMP-GLP e ISO. L'unità include un nucleo dedicato alla costituzione di una *cell factory* e un *core* di laboratori dedicati alla diagnostica molecolare certificata.

7. Unità funzionale radiosorvegliata

L'unità radiosorvegliata è una struttura conforme alle normative vigenti (D.Lgs. 230/95) per lo svolgimento di attività che comportano l'utilizzo di radionuclidi in ambiti diversificati: radiochimica, bioscienze, biochimica, tossicologia, attivazione neutronica, esperienze con gas radon, irraggiamento di materiali, nonché alla conservazione di campioni di minerali e rocce radioattivi. L'unità si dedica anche alla valutazione dei livelli di radioattività naturale o da contaminazione in matrici ambientali e agroalimentari, nonché in materiali diversi.

8. Unità funzionale stabulario

Questa unità è una struttura dedicata allo sviluppo di attività sperimentali in modelli animali che vengono condotte in osservanza delle norme vigenti e delle linee-guida della Federation of European Laboratory Animal Science Associations (FELASA). L'unità gestisce le colonie animali utilizzate a fini sperimentali dai ricercatori del campus, garantendo una corretta stabulazione in termini di condizioni igienico-sanitarie e di benessere psico-fisico dell'animale da laboratorio. Le strutture e le competenze professionali dedicate coadiuvano i ricercatori in tutte le fasi della loro attività sperimentale, nonché nella stesura di protocolli sperimentali per il Ministero della Salute.

9. Unità funzionale officina meccanica generale

L'officina meccanica è un'infrastruttura in grado di realizzare apparati e sistemi con tecnologie che vanno dalla micro-fabbricazione, alla lavorazione sottrattiva di alta precisione, alla metrologia, alla costruzione di apparati strumentali di elevata complessità, alla stampa 3D con materiali innovativi. Le applicazioni, tradizionalmente soprattutto nell'ambito delle scienze fisiche (astrofisica, fisica dell'ambiente, ottica, nanotecnologie, plasmici, particelle e acceleratori), interessano oggi un vasto settore delle scienze della vita

e dell'area medica, come esemplificato dalle collaborazioni già in atto su tecniche di fabbricazione additiva e realtà virtuale per la realizzazione di nuove metodologie chirurgiche, cliniche e formative.

La creazione del polo scientifico a MIND permette di unire le risorse e le competenze già esistenti in una nuova *facility* con forti connessioni interdisciplinari e sinergie con aziende tecnologiche nel territorio, ottimizzando le risorse.

10. Unità camera pulita (clean room)

La camera pulita è una *facility* chiave per lo sviluppo di materiali innovativi per la ricerca (*quantum materials*, eterostrutture, semiconduttori) e la prototipazione di sistemi funzionali con dettagli nanometrici (litografie, nanofabbricazione, nano/microfluidica), per applicazioni di interesse di tutte le discipline della materia inorganica, organica e biologica. La struttura della *clean room* è modulare, con diverse aree di classe adatte ai diversi processi e lavorazioni: aree di classe 100 per ospitare la litografia e la nanofabbricazione; di classe 1000 per la sintesi/deposizione di film sottili ed il trattamento di superfici; di classe 10000 per le applicazioni connesse alla microelettronica (*wafer probing, bonding*), alla microfluidica per le scienze della vita, alla metrologia e ai trattamenti termici.

11. Laboratorio di analisi sensoriale degli alimenti

Si compone di laboratori conformi alla norma ISO 8589:2007 ed è dedicata alla valutazione delle proprietà sensoriali e delle preferenze alimentari del consumatore nel contesto di progetti di ricerca o di collaborazioni su base convenzionale con aziende. L'unità è composta da una zona di preparazione dei campioni e cabine di assaggio per valutazioni individuali. Tra le attività dell'unità è previsto anche l'addestramento di gruppi di assaggio.

12. Cantina sperimentale per micro-vinificazione

L'unità è strutturata per svolgere operazioni di lavorazione dell'uva finalizzate alla sua conservazione, appassimento e vinificazione mediante attrezzature dimensionate per esigenze di ricerca, ma disponibili a collaborazioni tecnico-sperimentali con altre istituzioni o realtà imprenditoriali del settore viticolo ed enologico su base convenzionale. L'unità si compone di celle igro-termo condizionabili, di sistemi di ammostamento e di vasche di vinificazione termo-condizionate su piccola scala per l'esecuzione di prove in multiplo. Sono inoltre presenti contenitori di invecchiamento in acciaio e in legno.

13. Unità funzionale serre, fitotroni ed ecotroni

Questa unità, posizionata in uno spazio dedicato esterno alla macro-piattaforma, comprende un insieme di infrastrutture *high-tech* di ultima generazione dedicate alla crescita e riproduzione delle piante in condizioni controllate per tutto l'anno. La disponibilità di serre e camere di crescita a livello di contenimento P2 e P3 rende possibili sperimentazioni con organismi vegetali geneticamente modificati e anche agenti biologici da quarantena e/o potenzialmente pericolosi per la salute degli operatori. L'unità è organizzata anche per la realizzazione di attività per il mantenimento e/o la fenotipizzazione *high-throughput* di collezioni dinamiche di germoplasma.

LA BIBLIOTECA SCIENTIFICA DEL CAMPUS

Le biblioteche accademiche svolgono un'importante funzione di supporto agli istituti di istruzione a cui afferiscono: supporto alla didattica e all'apprendimento; supporto alla ricerca; supporto alle attività di terza missione delle università, che, dopo la Strategia di Lisbona varata dall'Unione Europea, hanno moltiplicato i propri obiettivi in un'ottica di economia della conoscenza. Pertanto, in linea con una concezione moderna di biblioteca quale learning center, nell'area biblioteca del campus saranno presenti non solo spazi tradizionali di lettura/consultazione, ma anche spazi innovativi. La biblioteca si sviluppa in diverse aree funzionali.

Area forum (accoglienza, meeting, ecc.).

Oltre alle funzioni di supporto alla didattica e alla ricerca, emerge con sempre maggiore evidenza la funzione bibliotecaria di supporto alla terza missione dell'Università, che si esplica sia con la valorizzazione delle collezioni librerie storiche - soprattutto tramite progetti di digitalizzazione, disseminazione e comunicazione delle raccolte - sia aprendo la biblioteca al territorio: comprendendo nuove categorie di utenza in virtù di accordi specifici; ospitando nei propri spazi attività di tipo culturale aperte alla città (esposizioni, concerti, conferenze, incontri ecc.); svolgendo, in collaborazione con il corpo docente, attività di divulgazione scientifica di alta qualità per la cittadinanza.

La biblioteca promuove il processo di comunicazione tra l'Università e i suoi *stakeholder*, contribuendo a costruire la rete di relazioni che rende vivo il rapporto tra la comunità accademica e il tessuto sociale e produttivo del proprio contesto territoriale.

Area dedicata ai servizi bibliotecari

La funzione bibliotecaria si esplica innanzitutto con le attività di gestione e messa a disposizione di collezioni bibliografiche e documentali, in formato cartaceo ed elettronico, funzionali ai corsi di studio e ai programmi di ricerca, non più con la logica tradizionale da "serbatoio documentario" (raccolte cartacee il più possibile esaustive) bensì secondo un approccio "*collections as a service*", cioè raccolte selezionate - anche nei formati e nelle modalità di acquisto - in stretta relazione alle esigenze curriculari e di ricerca, massimizzando gli spazi da dedicare alle persone invece che alla conservazione dei materiali.

In biblioteca, tutti gli utenti, interni ed esterni, trovano accesso alle collezioni: ai tradizionali volumi cartacei, organizzati e conservati in una torre libraria automatizzata, e, contemporaneamente, alle risorse elettroniche grazie alla disponibilità di quanto serve alla "lettura digitale": postazioni informatiche, nonché arredi e servizi funzionali all'utilizzo dei dispositivi personali (wi-fi, tavoli cablati, stazioni di ricarica). Per gli utenti istituzionali e convenzionati, la biblioteca rende disponibili i propri volumi cartacei al prestito e soddisfa ogni altra esigenza informativa attraverso il prestito interbibliotecario e il servizio di *document delivery*. Agli studenti e ai dipendenti dell'Ateneo è garantito anche l'accesso *off-campus* alla Biblioteca digitale.

L'offerta documentaria si integra con l'erogazione di servizi informativi specializzati: informazione bibliografica (*reference*), consulenza all'uso delle risorse e formazione degli utenti per lo sviluppo delle competenze informative (*information literacy*), cioè la capacità di localizzare, valutare e utilizzare efficacemente le fonti informative, che è ormai universalmente riconosciuta come un'abilità necessaria per gli individui, in quanto sapersi documentare è una condizione indispensabile per svolgere efficacemente le proprie attività, siano esse di studio, di lavoro o di esercizio della cittadinanza.

In biblioteca gli spazi sono arricchiti da attrezzature per la redazione di elaborati, per i servizi di stampa e digitalizzazione, per la fruizione di materiali multimediali, di materiali speciali (ad esempio, carte geografiche), di contenuti informativi per la didattica innovativa (ad esempio, realtà aumentata per medici e professioni sanitarie), nonché strumenti di supporto per utenti portatori di disabilità. Uno degli elementi che caratterizzano la didattica innovativa è la produzione di contenuti, anche multimediali, da parte di

docenti e studenti e la biblioteca è parte attiva in questo processo, perché al suo interno si sommano la disponibilità delle fonti, la presenza di personale qualificato e un contesto caratterizzato da attrezzature e servizi specificatamente progettati per la soddisfazione delle necessità di apprendimento.

Area con spazi di lettura e studio individuali (area silenziosa) o di gruppo (non silenziosa), e spazi attrezzati (pc, collegamenti, ecc.).

Oltre all'accesso alle collezioni e ai servizi informativi, la biblioteca offre spazi differenziati per lo studio (sale per la lettura silenziosa, spazi individuali riservati, salette per lo studio di gruppo, salette attrezzate per l'apprendimento collaborativo), nonché luoghi informali per la conversazione e la socializzazione, altrettanto importanti rispetto agli altri, perché servono alla crescita personale e collettiva e sono finalizzati a consolidare il sapere acquisito.

Per dare un'indicazione di massima, per un numero approssimativo di 19.000 studenti frequentanti, sono disponibili circa 1.900 posti a sedere, in linea con altre biblioteche europee considerate come *benchmark* di confronto.

La biblioteca diventa quindi luogo complesso e articolato, che integra i servizi e gli spazi tradizionali con nuovi spazi e servizi fortemente incentrati sull'informalità, sulla convivialità e sulla multimedialità, in ambienti aperti, flessibili, multifunzionali, con orari di apertura molto ampi, dove centinaia di migliaia di volumi cartacei convivono con i nuovi media, dove gli spazi per la lettura e lo studio si alternano con sale attrezzate per riunioni o attività di tutoraggio, salottini o caffetterie per conversare e socializzare, anche al fine di agevolare studenti e ricercatori nel rendere il loro lavoro più visibile, incoraggiando lo scambio.

L'ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE DELLA STATALE A MIND

La realizzazione del nuovo campus dell'Università degli Studi di Milano nell'area MIND, cioè in un distretto destinato all'innovazione scientifico-tecnologica, permette di rafforzare le attività della "terza missione" dell'Università. Questo riguarda entrambi gli aspetti della terza missione: valorizzazione economica della ricerca scientifica ("*technology transfer*") e valorizzazione culturale e sociale della conoscenza ("*public engagement*").

A. Valorizzazione economica della conoscenza

Il trasferimento delle conoscenze è ormai diventato una sfida fondamentale per il mondo accademico. Portare la cultura scientifica e i risultati della ricerca nel mondo della produzione, nei servizi ad alta tecnologia, nelle professioni intellettuali, nella società, è una sfida fondamentale per il futuro. La creazione del campus a MIND dà uno stimolo notevole a questa sfida, sia per la presenza di una importante infrastruttura come la macro-piattaforma tecnico-scientifica del campus, sia per la ricchezza di laboratori dipartimentali, sia per il contesto innovativo in cui il campus si colloca. A questo riguardo è anche importante sottolineare la realizzazione presso il campus delle strutture amministrative di supporto al trasferimento tecnologico.

1. Attività di ricerca e servizio conto terzi

Tutti i Dipartimenti che popolano il campus a MIND sono pro-attivi nel trasferimento tecnologico, attraverso ricerca commissionata, con diversi gradi di TRL, e con attività di servizio conto-terzi. Queste attività si concretizzano, a seconda delle specifiche problematiche poste dai partner esterni, delle specifiche esigenze e delle modalità organizzative più agili che può offrire l'Ateneo, attraverso diverse forme:

- Contratti di ricerca commissionata da enti e imprese;
- Contratti di collaborazione con imprese;
- Contratti di servizio;
- Attività a tariffario.

SCIENZA PER LE IMPRESE

Ricerca commissionata e
attività di servizio
tecnico-scientifico

2. Creazione di *spin-off*

L'Ateneo è stato già in passato parte attiva nella creazione di *spin-off*, alcuni dei quali rappresentano esempi di successo, come Petroceramics SpA, Tethis SpA e Wise srl, che ora sono vere e proprie società indipendenti. Altri *spin-off* sono tuttora attivi e il contesto di MIND costituisce un ambiente favorevole alla nascita di ulteriori iniziative, anche in partenariato con le aziende che si stanno installando nel distretto (la *Federated Innovation* guidata da Lendlease).

SPIN-OFF E BREVETTI

L'Università
incubatore di futuro

3. Tutela della proprietà intellettuale e brevetti

Il trasferimento tecnologico si svolge anche attraverso lo sviluppo e la valorizzazione di brevetti, altra attività su cui l'Ateneo è già

impegnato e continuerà ad esserlo ancor di più nel nuovo ambiente di MIND.

4. Laboratori accreditati

L'Ateneo è sede di specifici laboratori accreditati, soprattutto in ambito biomedico e agro-alimentare.

B. Valorizzazione culturale e sociale della conoscenza

1. Divulgazione e comunicazione al grande pubblico

Il coinvolgimento del grande pubblico sui temi della ricerca scientifica e dello sviluppo tecnologico avviene soprattutto in occasione di grandi eventi, che vedono una partecipazione attiva di ricercatori e delle istituzioni accademiche. Alcuni esempi sono MeetMeTonight – La notte dei ricercatori, BookCity, STEMintheCity.

Sono altresì organizzati workshop in riferimento a tematiche specifiche, oltre a workshop formativi rivolti a operatori turistici e culturali, educatori, ma aperti anche a studenti e pubblico generico, con l'obiettivo di divulgare ad una *audience* più ampia possibile messaggi scientifici e culturali.

La diffusione della conoscenza scientifica avviene anche attraverso la collaborazione con i diversi mezzi di comunicazione di massa. Rientrano, tra queste attività, le numerose interviste rilasciate da ricercatori universitari su quotidiani e riviste, sia tradizionali sia online, su argomenti di attualità. Frequente è anche la partecipazione a trasmissioni radiofoniche e televisive.

Molto cospicua è anche la produzione di pubblicazioni divulgative, dedicate al pubblico non accademico. Si tratta sia di pubblicazioni cartacee tradizionali, sia di pubblicazioni digitali, ma anche opuscoli informativi. Si tratta non solo di articoli tradizionali, ma anche di post diffusi sui social media, sia quelli dedicati alla comunicazione scientifica sia quelli di carattere più generale. I Dipartimenti e le strutture comuni (biblioteca e macro-piattaforma scientifica) del campus a MIND sono promotori e gestori di siti web e altri canali social di comunicazione scientifica.

Il campus, profondamente inserito nel contesto MIND, dispone di spazi particolarmente adeguati per l'organizzazione di iniziative di valorizzazione e condivisione della ricerca: seminari divulgativi, su tematiche di largo interesse con importanti risvolti sociali come gli antibiotici, i vaccini, i medicinali generici, il ruolo delle donne nella scienza e nella tecnologia; incontri per la consultazione del pubblico, delle istituzioni, degli operatori economici e di altri *stakeholders* sulle tematiche dello sviluppo della ricerca scientifica e tecnologica.

PARTECIPAZIONE A GRANDI EVENTI

MeetMeTonight - La
notte dei ricercatori
STEMintheCity
...e tanti altri

MASS MEDIA, SOCIAL MEDIA E SEMINARI

Interviste, pubblicazioni,
post, seminari,
consultazioni.

2. Attività destinate alle scuole

Presso il campus a MIND viene rafforzato il forte impegno delle facoltà scientifiche nei confronti delle scuole di ogni ordine e grado. Queste attività hanno obiettivi diversificati. Innanzitutto fornire agli studenti strumenti per una migliore comprensione del ruolo e della importanza della scienza e della tecnologia, per favorire un approccio consapevole e razionale a molti temi della vita quotidiana (salute, tecnologie informatiche, ambiente, alimentazione, ecc.). Dall'altro lato, la formazione continua degli insegnanti permette di migliorare il rapporto "quotidiano" dei giovani con la scienza e la tecnologia. L'obiettivo ultimo di queste attività è estremamente ambizioso: permettere ai futuri protagonisti della società di potenziare la loro conoscenza scientifica, affinché le questioni poste dallo sviluppo socio-economico in un contesto in rapida evoluzione siano affrontate con un approccio razionale e con metodo scientifico.

Queste attività si svolgono attraverso iniziative di alfabetizzazione al metodo scientifico nella scuola primaria, corsi e laboratori di aggiornamento per insegnanti delle scuole secondarie, ecc. e sono affiancate in modo sinergico da attività divulgative e di orientamento in ingresso destinate in modo più mirato agli studenti delle scuole secondarie di secondo grado. Queste iniziative trovano un importante strumento per svilupparsi nel Progetto Lauree Scientifiche. Si articolano inoltre in stage formativi, Percorsi per le competenze trasversali e per l'orientamento (PCTO, ex Alternanza scuola-lavoro), attività seminariali e di laboratorio, scuole estive per studenti delle scuole secondarie di secondo grado.

3. Strutture museali ed espositive

Il campus scientifico della Statale a MIND è progettato in modo da interagire con l'intero distretto e l'area metropolitana milanese, anche grazie alla disponibilità di spazi per strutture museali ed espositive. Da questo punto di vista, la biblioteca scientifica, che è parte integrante del "common ground" dell'area MIND, svolge un ruolo primario. A fronte di questo è quindi possibile valorizzare il patrimonio delle collezioni scientifiche dell'Ateneo, attraverso esposizioni sia permanenti che temporanee. Tale patrimonio è attualmente suddiviso tra alcune strutture museali e collezioni riconosciute (tra queste, il Museo orto botanico di Brera e il Museo delle collezioni mineralogiche, gemmologiche, petrografiche e giacimentologiche) e un gran numero di collezioni non ancora formalizzate e riconosciute ufficialmente, ma che custodiscono una importante ricchezza materiale e culturale.

ORIENTAMENTO

Accompagnare i ragazzi nella scelta del loro percorso di studi universitario.

SCIENZA E SCUOLA

Iniziative con studenti e professori per una società che sappia relazionarsi con la scienza in modo moderno.

UN PATRIMONIO DA CONDIVIDERE

Strutture museali ed espositive, collezioni.

4. Percorsi formativi orientati al mondo dell'impresa

Il *life-long-learning*, in particolare la progettazione di percorsi formativi dedicati al mondo dell'impresa, anche al di fuori delle tradizionali modalità di erogazione di corsi di studio, è già molto attivo presso i Dipartimenti scientifici della Statale, anche in collaborazione con singole aziende o con le associazioni imprenditoriali.

LIFE-LONG-LEARNING

Collaborazione con le imprese per la formazione permanente.

5. Svolgimento di compiti e servizi di pubblico interesse

La storia della scienza e della tecnica insegna che, fin dall'antichità, conoscenza (*knowledge*, sapere) e capacità (*skill*, saper fare) procedono spesso di pari passo. Una delle modalità con cui ciò avviene è attraverso lo svolgimento di compiti e servizi di pubblico interesse, quali la partecipazione a comitati e commissioni per la definizione di norme tecniche, il ruolo di periti a supporto delle forze dell'ordine o come CTU del giudice, ecc. Tali attività si espletano in diversi ambiti, da quello medico, a quello farmaceutico, a quello geoforense, ecc.

SCIENZA E SOCIETÀ

Compiti e ruoli di pubblico interesse.

6. Associazioni di pazienti

La presenza di ricercatori di livello mondiale nell'ambito biomedico non resta confinata alla pura ricerca scientifica accademica o in collaborazione con il settore farmaceutico. L'attività di ricerca, soprattutto su patologie rare, mette talvolta il ricercatore a diretto confronto con i malati e con le loro famiglie. Per questo sono da segnalare anche le collaborazioni tra l'Ateneo e alcune associazioni di pazienti, iniziative che spesso mirano a fornire un sostegno materiale o psicologico alle famiglie che devono curare persone con malattie invalidanti o croniche, ma che spesso sono affiancate dal mondo accademico nella sensibilizzazione della società su alcuni aspetti socio-assistenziali molto delicati o addirittura nella raccolta di fondi vuoi per l'assistenza, vuoi per la ricerca scientifica.

SALUTE

Gli scienziati di fronte alla malattia, al malato e alla sua famiglia

7. Progetti di cooperazione internazionale

Le tematiche di ricerca scientifica sviluppate nel campus a MIND riguardano quasi tutti i *Sustainable Development Goals* delle Nazioni Unite. Per questa ragione è naturale per il campus orientarsi verso la cooperazione internazionale, a partire dall'ambito agro-alimentare e zootecnico, per estendersi alla resilienza rispetto ai cambiamenti climatici (considerandone gli impatti sull'ambiente e sulle migrazioni), alla salute umana, ecc.

COOPERAZIONE INTERNAZIONALE

Uno sguardo aperto e
collaborativo sul mondo

8. Convegnistica scientifica

La progettazione di spazi destinati ad attività convegnistica nel "*common ground*" del campus, integrata con le opportunità offerte da Arexpo e dagli altri attori nel distretto MIND (ad esempio, la Fondazione Triulza), sono uno strumento fondamentale per potenziare l'attività di convegnistica scientifica, nazionale e internazionale, su cui l'Ateneo è già attualmente impegnato.

OPEN SCIENCE

La convegnistica
scientifica per la
diffusione dei risultati in
un contesto aperto

APPENDICE – ACRONIMI DEI DIPARTIMENTI

ACRONIMO	NOME DEL DIPARTIMENTO
DBS	Bioscienze
BIOMETRA	Biotechnologie mediche e medicina traslazionale
CHIM	Chimica
FIS	Fisica “Aldo Pontremoli”
DEPT	Fisiopatologia medico-chirurgica e dei trapianti
INF	Informatica “Giovanni Degli Antoni”
MAT	Matematica “Federigo Enriques”
DiSAA	Scienze agrarie e ambientali - produzione, territorio, agroenergia
SCIBIS	Scienze biomediche per la salute
DISBCO	Scienze biomediche, chirurgiche ed odontoiatriche
DST	Scienze della Terra “Ardito Desio”
ESP	Scienze e politiche ambientali
DISFARM	Scienze farmaceutiche
DISFEB	Scienze farmacologiche e biomolecolari
DeFENS	Scienze per gli alimenti, la nutrizione, l’ambiente