



POLITECNICO
MILANO 1863



LEAP
FOUNDED IN 2005 BY
POLITECNICO DI MILANO

Centro studi MatER

Materia & Energia da Rifiuti

Rapporto attività anno 2021

Piacenza
Marzo 2022

INDICE

| | |
|---|-----------|
| PREMESSA | 2 |
| 1. ATTIVITÀ DI BASE..... | 3 |
| 1.1 Monitoraggio | 3 |
| 1.1.1 <i>Processi, tecnologie e panorama impiantistico.....</i> | 3 |
| 1.1.2 <i>Raccolta dati.....</i> | 3 |
| 1.2 Comunicazione | 4 |
| 1.2.1 <i>Immagine coordinata.....</i> | 4 |
| 1.2.2 <i>Sito internet MatER</i> | 4 |
| 1.2.3 <i>Panoramica accessi sito MatER.....</i> | 4 |
| 1.2.4 <i>Newsletter.....</i> | 5 |
| 1.3 Contatti con Partner e Network | 5 |
| 1.3.1 <i>Global WTER Network - GWC</i> | 5 |
| 1.3.2 <i>Sostenitori, associati e istituzioni</i> | 6 |
| 2. EVENTI E GRUPPI DI LAVORO | 7 |
| 2.1 Partecipazione e promozione eventi | 7 |
| 2.1.1 <i>Organizzazione di convegni e seminari.....</i> | 7 |
| 2.1.2 <i>Partecipazione a conferenze, fiere e convegni.....</i> | 7 |
| 2.2 CIRIS (Comitato Interdisciplinare Rifiuti e Salute) | 8 |
| 2.3 Convegno MatER 2021 | 9 |
| 3. ATTIVITÀ TECNICO-SCIENTIFICHE | 12 |
| 3.1 Attività di ricerca | 12 |
| 3.1.1 <i>Temi di investigazione</i> | 12 |
| 3.1.2 <i>Progetti a tema triennio 2020-2022.....</i> | 13 |
| 3.1.3 <i>Pubblicazioni scientifiche e divulgative</i> | 15 |
| 3.2 Attività legate alla didattica..... | 16 |
| 3.2.1 <i>Supervisione scientifica di tesi di dottorato.....</i> | 16 |
| 3.2.2 <i>Supervisione scientifica di tesi di laurea magistrale.....</i> | 16 |
| 3.2.3 <i>Visite di studenti, ricercatori e scambi accademici</i> | 17 |
| 3.3 Educazione e Formazione per le scuole..... | 17 |

PREMESSA

Il presente rapporto, coerentemente con quanto definito nel *Regolamento* del Centro Studi MatER, costituisce una sintesi delle attività svolte durante il decimo anno, ovvero da Gennaio 2021 fino a Dicembre 2021.

Nel primo capitolo vengono descritte le “attività di base”, definite nel regolamento MatER, riportando gli incontri dei Comitati di Coordinamento tenutisi nell’arco dell’anno, gli aspetti comunicativi, le attività di monitoraggio e i contatti con altri network e istituzioni.

Vengono poi descritti gli eventi a cui si è partecipato e/o contribuito nell’organizzazione, con un focus particolare sul Convegno MatER & Final Sinks tenutosi dal 7 al 9 giugno 2021.

In ultimo, si riportano le attività prettamente di carattere tecnico-scientifico che identificano la natura del Centro Studi con le attività di ricerca, alcune delle quali ancora in fase di svolgimento, quelle legate alla didattica in ambito accademico e la formazione.

1. ATTIVITÀ DI BASE

Le attività di base, come definite dal *Regolamento MatER*, sono quelle svolte con continuità, indipendentemente dagli approfondimenti oggetto di singoli progetti di ricerca.

1.1 Monitoraggio

1.1.1 Processi, tecnologie e panorama impiantistico

- Monitoraggio e analisi critica delle principali novità a livello europeo/internazionale relative a normativa e tecnologie sulla gestione dei rifiuti (sezioni *News&Eventi* del sito internet);
- Analisi dei principali rapporti istituzionali sui rifiuti (ISPRA) e dei dati degli osservatori regionali;
- Aggiornamento delle pubblicazioni redatte da professori, ricercatori, dottorandi e staff MatER, nonché degli atti delle conferenze a cui i membri MatER hanno partecipato durante l'anno (sezioni *I Nostri Studi* del sito internet e rispettive sottosezioni);
- Monitoraggio degli eventi e delle conferenze di interesse per il settore del recupero di materia ed energia da rifiuti (sezioni *News&Eventi* del sito internet);

1.1.2 Raccolta dati

Visite ad impianti di gestione dei rifiuti urbani:

- Discarica con produzione di biometano di Novi Ligure – ingg. Bortoluzzi e Lombardelli, nell'ambito della giornata organizzata per il progetto regionale E-CO₂ di cui LEAP è parte.
- Impianto di Trattamento Meccanico per la produzione di CSS e CSS combustibile da rifiuti speciali (plasmix e rifiuti plastici post-consumer) di RPF Srl, Alfianello (Bs) – ingg. Conversano, Botti, Furtado, Lombardelli, Viganò, organizzata nell'ambito di una ricerca LEAP.

Durante l'anno 2021, le visite agli impianti di trattamento e gestione dei rifiuti urbani sono state ridotte a causa dell'emergenza epidemiologica da COVID-19, così come gli incontri di verifica e aggiornamento che negli anni passati il gruppo MatER svolgeva con operatori del settore.

1.2 Comunicazione

1.2.1 Immagine coordinata

- Diffusione di materiale informativo aggiornato:
 - *Joint Statement MatER*;
 - *Volantini eventi MatER e di altri gruppi con collaborazione in essere (es. Gruppo di ricerca AWARE del DICA-Politecnico di Milano)*;
 - Riassunto dettagliato delle attività e progetti di ricerca in corso.

1.2.2 Sito internet MatER

- Manutenzione ed aggiornamento continuo del nuovo sito MatER su *WordPress*, con implementazione di nuovi plugin e strumenti digitali
- Preparazione della struttura del sito per il supporto multilingua (italiano/inglese)
- Pubblicazione di una nuova sezione “Calendario” per tenere traccia di eventi, workshop e convegni di interesse nel settore.
- Monitoraggio delle statistiche di accesso al sito internet MatER.
- Sviluppo della sezione del sito internet interamente dedicata al Convegno MatER & Final Sinks 2021.

1.2.3 Panoramica accessi sito MatER

Il 2021 è stato il quarto anno di piena attività del portale www.mater.polimi.it, interamente rinnovato durante il 2017 con l'obiettivo di offrire contenuti scientifici facilmente accessibili a diverse tipologie di utenti (ricercatori, studenti e professionisti del settore, ma anche cittadini e organi di informazione), il tutto orientato al continuo miglioramento della strategia comunicativa.

Per tale motivo, in continuità con quanto fatto dal 2018 al 2020, sono stati monitorati gli accessi al sito web anche per il 2021.

Dal 01/01/2021 al 31/12/2021 sono state registrate 45.025 visualizzazioni di pagina (che indica il numero totale di pagine visualizzate comprendendo anche le visualizzazioni ripetute per la stessa pagina) per 16.161 utenti che hanno avviato almeno una sessione. Il

numero medio di pagine visualizzate per sessione è 2,12 per una durata media di 1 minuto e 34 secondi. Rispetto al complessivo delle sessioni con cui l'utente ha interagito con il sito web, il 77% circa è di provenienza italiana. Circa la tipologia di utente, per l'75,7% del totale delle sessioni iniziate si è trattato di un nuovo visitatore mentre per il restante 24,3% di un "visitatore di ritorno" (returning visitor).

Nel corso del 2021, 6 giornate hanno registrato elevati picchi di utenza: il più alto in assoluto calcola 541 sessioni aperte, con presenza di 518 utenti unici, in data 26 maggio 2021.

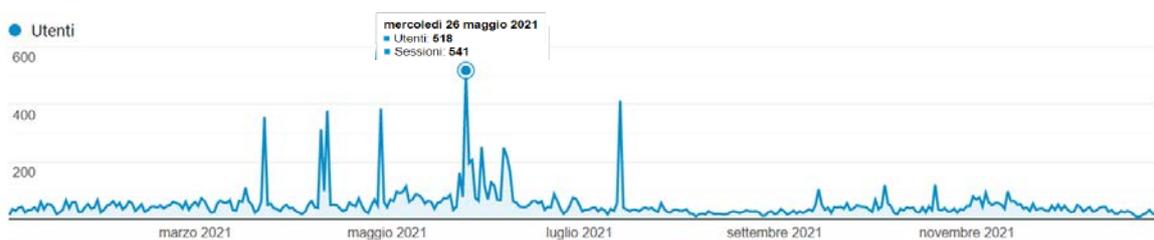


Figura 1.1: Picchi utenti giornalieri sul sito internet MatER, anno 2021.

L'articolo contenente la descrizione dell'impianto di termovalorizzazione di Copenaghen, visitato dai ricercatori MatER nell'estate 2017, permane come per l'anno precedente la pagina più visitata del sito MatER con un totale di 14.954 visualizzazioni nell'arco di tutto il 2021.

Oltre ad una buona indicizzazione di questa pagina sui motori di ricerca, la visualizzazione di questo articolo è stata legata essenzialmente alla condivisione attraverso i canali social, principalmente Facebook. Seguono, con circa 2.000 visualizzazioni ciascuna, le pagine relative ai programmi giornalieri del Convegno MatER.

1.2.4 Newsletter

Tutte le newsletters diffuse ai membri del Comitato di Coordinamento e agli iscritti sono disponibili nella sezione [Newsletter](#) del sito internet.

1.3 Contatti con Partner e Network

1.3.1 Global WTERT Network - GWC

- Coordinamento e interscambio con l'attività dei Centri WTERT e di altri istituti e centri affiliati.

1.3.2 *Sostenitori, associati e istituzioni*

- 5 riunioni del Comitato di Coordinamento, alla presenza dei Soci Sostenitori e associati, per la discussione delle attività svolte/in corso e dei risultati intermedi/finali dei progetti intrapresi, nonché di argomenti generali legati alla gestione del Centro Studi MatER (riunioni tenutesi nelle date: 3 febbraio 2021, 14 aprile 2021, 26 maggio 2021, 19 settembre 2021, 24 novembre 2021). Tutte le riunioni sono state svolte in modalità telematica per tutti i partecipanti, tramite Skype for Business o Microsoft Teams.
- rinnovo della partnership con le società che costituiscono il Comitato di Coordinamento (A2A Ambiente, Brianza Energia e Ambiente, HERAmbiente, IREN Ambiente, Linea Ambiente);
- 2 riunioni del Comitato organizzativo del Convegno MatER & Final Sinks 2021, costituito anche dai referenti dei Soci Sostenitori e associati con il compito, in qualità di organo decisionale, di pianificare e organizzare il 5° convegno MatER insieme al 6° Convegno internazionale sui Final Sinks.
- Incontri on-line con altre associazioni e aziende volti alla definizione di potenziali collaborazioni e nuove affiliazioni.

2. EVENTI E GRUPPI DI LAVORO

2.1 Partecipazione e promozione eventi

2.1.1 Organizzazione di convegni e seminari

- Organizzazione del convegno MatER & Final Sinks 2021 dal titolo *"Recovery & Final Sinks for an Effective Waste Management"* (On-line, 7-9 giugno 2021), vedi punto dedicato.
- Promozione del Workshop *"Rifiuti e Life Cycle Thinking"* (Milano, 9 marzo 2021) del Gruppo AWARE-DICA Politecnico di Milano curato dai proff. Grosso e Rigamonti.



Figura 2.1: Workshop "Rifiuti e Life Cycle Thinking" - Milano, 9 marzo 2021.

2.1.2 Partecipazione a conferenze, fiere e convegni

- "High level analysis of the integration of WtE with CCS CCU" (on-line, 21 gennaio 2021). Ing. Viganò ha partecipato al webinar dedicato alla presentazione dello studio di IEAGHG sul tema della CCS negli impianti Waste to Energy (WtE) con la presentazione "Life Cycle Assessment (LCA) of CO₂ emission in WtE plants".
- "Webinar: Libro bianco sull'incenerimento dei rifiuti urbani" (on-line, 26 febbraio 2021). Prof. Cernuschi ha partecipato al webinar dedicato

- alla presentazione del Libro Bianco di Utilitalia con l'intervento "Aspetti tecnici e di impatto sull'ambiente dell'incenerimento".
- "5th MatER Meeting & 6th Conference on Final Sinks" (on-line, 8 giugno 2021). Ing. Rigamonti ha partecipato all'evento con la presentazione "Inclusion of the quality of recovered materials in waste management LCA studies".
 - "Sidisa2021 - XI International symposium on environmental engineering" (Torino, 30 giugno 2021). Ing. Rigamonti ha partecipato all'evento con le presentazioni "Packaging re-use in the circular economy: an LCA evaluation for the Italian context" e "Life cycle analysis of the integration of a side-stream microalgae process into a municipal wastewater treatment plant".
 - "Trattamento e recupero delle ceneri pesanti da incenerimento" (on-line, 23 luglio 2021). Prof. Mario Grosso ha presentato all'evento organizzato da Utilitalia dedicato allo studio realizzato dal LEAP con il centro studi MatER in merito al trattamento e recupero delle ceneri pesanti da incenerimento.
 - ECOMONDO 2021 (on-line, 3-6 novembre 2021). Ing. Rossi ha presenziato a conferenze e workshop di interesse.

2.2 CIRS (Comitato Interdisciplinare Rifiuti e Salute)

Continua l'attività del CIRS (Comitato Interdisciplinare Rifiuti e Salute), istituito il 24 gennaio 2019 a Roma presso la Camera dei Deputati. L'attività è promossa e coordinata dal prof. Raffaello Cossu (Università degli studi di Padova) e dalla prof.ssa Margherita Ferrante (Università di Catania), e nella sua prima seduta ha visto la partecipazione di vari rappresentanti di organismi istituzionali, quali il Ministero dell'Ambiente, la vicepresidente della Camera dei Deputati e numerosi parlamentari.

L'obiettivo è quello di redigere un documento di riferimento per il settore della gestione dei rifiuti, alla luce di tutte le possibili considerazioni di carattere ambientale e sanitario, che possa fungere da linea guida per l'evoluzione della normativa di settore.

L'attività del Comitato ha subito un significativo nel periodo acuto della pandemia Covid-19 ed è ripresa speditamente solo nell'autunno 2021.

Il Comitato, originariamente strutturato nei 10 tavoli tematici sotto elencati, ha conservato i tavoli tecnologici A-E, mentre gli altri tavoli hanno subito fusioni e riorganizzazioni.

| Tavolo | Titolo | Coordinatore |
|---------------|------------------------------------|----------------------------------|
| A | Discariche | Lucia Lazzarini – Reg. Toscana |
| B | Trattamenti termici | Federico Viganò – Polimi / MatER |
| C | Economia C. – Prevenzione | Stefano Tesser – ARPA Treviso |
| D | Economia C. – Riciclaggio & EOW | Francesco Fantozzi – UniPg |
| E | Gestione sostanza organica | Paola Muraro – Agronomo |
| F | Suolo e Agricoltura | Giovanni Gigliotti – UniPg |
| G | Valutazioni ambientali e sanitarie | Francesco di Maria – UniPg |
| H | Rifiuti speciali | Lucia Pampanella – UniPg |
| I | Comunicazione e partecipazione | Elisa Lazzari – Ord. Ing. Torino |
| L | Territorio e rifiuti | Elena Cossu – Architetto |

L'ing. Federico Viganò ha proseguito a partecipare all'attività del Comitato, coordinando il tavolo sui trattamenti termici e impegnandosi nella redazione del Rapporto di sintesi conclusivo.

Nei mesi di ottobre, novembre e dicembre 2021 si sono svolti i primi incontri in presenza dei soli coordinatori co-coordinatori per la stesura del Rapporto di sintesi conclusivo.

Il piano di lavoro aggiornato del Comitato prevede di giungere prima della pausa estiva 2022 a una bozza di documento da sottoporre all'esame di tutti i partecipanti per poi finalizzarne la versione definitiva entro la conclusione del 2022.

2.3 Convegno MatER 2021

Nel corso del 2021 è proseguita l'organizzazione del 5° Convegno MatER dal titolo "Recovery & Final Sinks for an Effective Waste Management", che si è tenuto dal 7 al 9 giugno 2021 per la prima volta in modalità completamente online, a causa della situazione pandemica.

La grande novità rispetto alle edizioni precedenti del convegno è stata l'unione con la conferenza internazionale sui Final Sinks (6° edizione).

Il Convegno *MatER* mira a fornire una rappresentazione approfondita e oggettiva delle tecnologie e delle politiche per il recupero di materiale ed energia dai rifiuti mentre la *International Conference on Final Sinks* affronta il tema dei flussi di materiali e delle risorse dal punto di vista della gestione dei rifiuti. Per l'interesse comune nel campo dell'economia circolare, del riutilizzo, recupero e riciclo dei materiali di scarto, le due conferenze si sono unite in un unico evento. L'incontro ha compreso presentazioni orali e poster di lavori raccolti tramite la call for abstract.

Gli argomenti alla base dell'evento sono stati: Material recovery, Innovative technologies, Biowaste valorization, Final Sinks, Sustainability & Regulation, Energy recovery.

In linea con l'edizione precedente del Convegno MatER, l'evento è stato organizzato dal Comitato Organizzativo costituito dai referenti delle società partner del Centro Studi con lo scopo di rendere sempre più partecipe il mondo delle aziende.

Il sito MatER è stato aggiornato con la creazione della sezione dedicata dell'evento per la pubblicizzazione e gestione del convegno, finalizzata anche alla raccolta dei lavori degli autori e alla registrazione all'evento.

Si rimanda alle pagine web specifiche del Convegno per tutte le informazioni: [MatER & Final Sinks Meeting 2021](#).



L'evento ha ottenuto considerevoli risultati, registrando 130 partecipanti di 10 nazionalità diverse e con diversi profili professionali (università, industria, istituzioni, pubblica amministrazione etc.), i quali hanno potuto:

- prendere parte a 5 Sessioni di cui 2 in parallelo su tematiche specifiche, comprensive di 35 interventi orali distribuiti sulle due giornate di convegno e 4 Poster Flash Presentations, novità introdotta in questa edizione;
- sperimentare un Virtual Tour del Termovalorizzatore di Parma (Iren Ambiente), ulteriore novità predisposta per l'edizione online;
- assistere a Presentazioni tecniche degli Sponsor.

Il tutto tramite un'unica piattaforma On-line sviluppata internamente per la comunicazione e la gestione di tutto l'evento a 360°, la cui gestione, secondo i questionari valutativi compilati dagli utenti a fine evento, è stata molto apprezzata.



Figura 2.2: Virtual Tour al Termovalorizzatore di Parma – ing. Sabatino, Iren Ambiente.



Figura 2.3: Presentazioni tecniche degli Sponsor.

3. ATTIVITÀ TECNICO-SCIENTIFICHE

3.1 Attività di ricerca

3.1.1 Temi di investigazione

Conformemente agli obiettivi del Centro Studi, anche durante il 2021 sono stati condotti e promossi progetti e attività mirati ad aumentare l'efficienza, ridurre l'impatto ambientale, ridurre i costi e, più in generale, contribuire a migliorare i processi e le tecnologie per il recupero di materia e di energia da rifiuti. Questi vengono in seguito elencati, indicandone i diversi temi di investigazione:

- Calcolo dell'indice di efficienza energetica R1 conseguito dai termovalorizzatori di rifiuti urbani;
- Valutazione delle implicazioni tecnico-scientifiche associate all'evoluzione normativa della gestione dei rifiuti;
- Stato dell'arte dei processi Waste-to-Chemicals;
- Valutazioni e considerazioni sul tema delle emissioni di mercurio dai termovalorizzatori;
- Pirometri a suzione per la misura di temperatura in camere di post-combustione;
- Considerazioni preliminari sulle emissioni, cattura e utilizzo di CO₂ da impianti di termo-utilizzazione
- Indagine sull'autorizzazione degli impianti di valorizzazione energetica dei rifiuti (saturazione del carico termico vs quantità di rifiuto smaltito);
- Valutazione tecnico-economica della fornitura di calore prodotto da impianti di termovalorizzazione a stabilimenti industriali.

Per informazioni o per richiedere materiale di approfondimento delle tematiche di cui sopra è possibile scrivere direttamente a mater@polimi.it o consultare il sito www.mater.polimi.it.

3.1.2 Progetti a tema triennio 2020-2022

Durante il 2021 sono stati sviluppati i progetti a tema pianificati nel 2020 per il triennio 2020-2022.

A. CO₂ e impianti di termo-utilizzazione

Il progetto a tema riguarda la cattura di CO₂ dagli impianti di termovalorizzazione. Lo studio si articola su tre principali aspetti:

- Determinazione della frazione biogenica della CO₂ e dell'energia: ricognizione tecnico-scientifica-normativa sui metodi di valutazione della frazione biogenica del carbonio e dell'energia associata e verifica comparativa dei metodi sulla base di risultati sperimentali.
- Il contributo della termovalorizzazione nelle politiche di mitigazione climatica: valutazioni delle emissioni nette di CO₂ degli impianti WtE italiani, in termini di fattori di emissione [tonCO₂/ton_{rifiuto_ingresso}] e riflessioni sul contributo del parco WtE italiano al raggiungimento degli obiettivi comunitari in ottica di riduzione delle emissioni di CO₂ e di Green Economy.
- Analisi tecnico-economica di una tecnologia benchmark per la cattura della CO₂ in WtE: ricognizione tecnico-scientifica sullo stato dell'arte delle tecniche CCS applicabili agli impianti WtE, panoramica dei possibili usi finali (CCU) e valutazione tecnica delle prestazioni di un impianto WtE (caso di riferimento) accoppiato a CCS.

Ad aprile 2021 sono stati presentati al Comitato di Coordinamento i primi risultati della prima parte del progetto, nello specifico la ricognizione tecnico-scientifico-normativa sui metodi di valutazione della frazione biogenica del carbonio e dell'energia associata.

Anche i risultati di parte della terza fase, riguardante l'analisi tecnico-economica di una tecnologia benchmark per la cattura della CO₂ in WtE sono stati presentati durante una riunione del Comitato di Coordinamento.

B. BAT-conclusions per gli impianti WtE

Il progetto a tema si focalizza sulle BAT per gli impianti di termovalorizzazione. I contenuti di questa attività vengono definiti seguendo l'evoluzione dei tavoli tecnici di Regione Lombardia che riguardano gli elementi sensibili e di influenza verso gli impianti come Efficienza Energetica, Mercurio, Incertezza di misura, OTNOC, Diossine,

Trattamento Ceneri Pesanti. L'attività è finalizzata a dare contributi tecnico-scientifici specifici nella redazione delle linee guida BAT WtE di RL a supporto di gestori e autorità competenti.

Nel corso del 2020 si sono svolte 4 riunioni del tavolo inceneritori in Regione Lombardia (28 gennaio, 14 luglio, 15 settembre, 15 ottobre) a cui il team MatER ha partecipato in qualità di consulenti di A2A Ambiente.

Nel corso del 2021 il gruppo MatER ha partecipato ad una riunione organizzata da Regione Lombardia, sul tema dei controlli radiometrici, in data 29 gennaio 2021.

C. Trattamento e valorizzazione dei rifiuti in bioplastica

Il progetto a riguarda il trattamento e la valorizzazione delle bioplastiche ed è articolato in tre fasi:

- Bioplastica, cosa è: Definizione e caratterizzazione delle bioplastiche, individuazione delle principali tipologie di prodotti/rifiuti in bioplastica e quantificazione degli attuali flussi di bioplastica immessi al consumo e previsioni di crescita nel mercato italiano;
- Analisi delle filiere di trattamento nel panorama nazionale: analisi delle attuali alternative di trattamento delle bioplastiche in funzione del loro conferimento nei diversi flussi di rifiuti;
- Linee guida per una corretta gestione dei rifiuti in bioplastica: considerazioni di tipo economico sulle filiere della bioplastica, definizione di indicatori caratteristici volti a rappresentare benefici, criticità e prestazioni di ciascun sistema, considerazioni sulle necessità di adeguamento del parco impiantistico italiano alla crescente evoluzione del mercato delle bioplastiche e individuazione di possibili forme di gestione dei rifiuti in bioplastica future.

Ad aprile 2021 è stata redatta la relazione contenente i risultati della prima parte dello studio riguardante le definizioni, quantificazioni e previsioni relative alle bioplastiche, risultati già presentati al Comitato di Coordinamento.

Anche l'analisi delle filiere di trattamento nel panorama nazionale, prevista nella seconda parte dello studio, si è conclusa. I risultati sono stati presentati al Comitato di Coordinamento e la relazione è stata redatta a settembre 2021.

3.1.3 Pubblicazioni scientifiche e divulgative

- “Libro Bianco sull’incenerimento dei Rifiuti Urbani” di Utilitalia (2021). Hanno preso parte alla stesura della Parte I proff. Cernuschi S., Grosso M., Viganò F.
- “Trattamento e recupero delle ceneri pesanti da incenerimento” proff. Stefano Cernuschi S. e Grosso M. e Ingg. Laura Biganzoli L., Dolci G., Marini S., Rigamonti L., Santella C. (2021). Rapporto finale dello studio LEAP per Utilitalia.
- “Application of CCUS to the WtE sector” Tota V., Gatti M., Viganò F., Garcia M (2021). Atti convegno “15th Greenhouse Gas Control Technologies Conference”.
- “Demonstration of the thermal valorisation of dried sludge through combustion over a flat moving grate” Giampiccolo M.; Calcaterra E.; Pavoni G.; Rossi M.; Viganò F. (2021). Atti convegno “5th IWA (International Water Association) Specialized International Conference «Ecotechnologies for Wastewater Treatment (ecoSTP) 2021»”.
- “Novità e sfide dell’approccio Life Cycle Thinking applicato al settore della gestione dei rifiuti” Rigamonti L., Fedele A. (2021). Editoriale di Ingegneria dell’Ambiente.
- “Technical functionality as a basis for developing substitution coefficients in waste management Life Cycle Assessment studies” Rigamonti L., Taelman S.E., Huysveld S., Sfez S., Ragaert K., Dewulf J. (2021). Atti convegno “XIV Convegno della Rete Italiana LCA - IX Convegno dell’Associazione Rete Italiana LCA”.
- “Influenza della tipologia di sacchetto nella valutazione LCA della filiera di gestione del rifiuto organico” Dolci G., Rigamonti L., Grosso M. (2021). Atti convegno “XIV Convegno della Rete Italiana LCA - IX Convegno dell’Associazione Rete Italiana LCA”.
- “Life cycle assessment of the food waste management with a focus on the collection bag” Dolci G., Rigamonti L., Grosso M. (2021). Waste Management & Research.
- “LCA approach for the C&D waste management system in different countries of the world” Carollo F., Rigamonti L. (2021). Atti convegno “XIV Convegno della Rete Italiana LCA - IX Convegno dell’Associazione Rete Italiana LCA”.
- “LCC analysis of construction and demolition waste management chain” Carollo F., Ceruti F., Rigamonti L. (2021). Atti Convegno “7th

International Conference on Industrial & Hazardous Waste Management”.

- “Life cycle costing of construction and demolition waste management chain” Carollo F., Ceruti F., Rigamonti L. (2021). Atti Convegno “Sidisa2021 - XI International symposium on environmental engineering”.
- “Packaging re-use in the circular economy: an LCA evaluation for the Italian context” Rigamonti L., Biganzoli L., Tua C., Grosso M. (2021). Atti Convegno “Sidisa2021 - XI International symposium on environmental engineering”.
- “Integration of a side-stream microalgae process into a municipal wastewater treatment plant: a life cycle analysis” Tua C., Ficara E., Mezzanotte V., Rigamonti L. (2021). Journal of Environmental Management.
- “Life cycle analysis of the integration of a side-stream microalgae process into a municipal wastewater treatment plant” Tua C., Ficara E., Mezzanotte V., Rigamonti L. (2021). Atti Convegno “Sidisa2021 - XI International symposium on environmental engineering”.

3.2 Attività legate alla didattica

3.2.1 Supervisione scientifica di tesi di dottorato

- “Influence of the collection equipment on organic waste treatments: technical and environmental analyses” – ing. Dolci (2021).
- “Sviluppi della metodologia Life Cycle Assessment per la valutazione dei benefici ambientali dell’Economia Circolare” – ing. Amedei (2021)

3.2.2 Supervisione scientifica di tesi di laurea magistrale

- “CFD of pelletized dried sewage sludge incineration over a flat moving-grate” – ing. Rossi (2021).
- “Comparison between two innovative hydrothermal treatments of sewage sludge” – ing. Martino (2021).
- “Waste-to-Energy: the Assessment of the Biogenic and Fossil Shares of Waste” – Ing. Morelli (2021).
- “A study on improving the performance of a waste to energy plant, Parona” – ing. Arkutram Balaji Gupta (2021)

- “Caratteristiche degli imballaggi per dispositivi medici sterilizzati terminalmente e loro attuale gestione come rifiuto” – ing. Girgi (2021).

3.2.3 Visite di studenti, ricercatori e scambi accademici

Dopo la pausa del 2020 dovuta alle complicazioni legate all'emergenza epidemiologica da COVID-19, nel 2021 è ripresa l'attività in tema di mobilità internazionale.

A maggio 2021 il visiting researcher Leandro Andrade Furtado dall'Università Cattolica di Rio de Janeiro (PUC-Rio) in Brasile ha iniziato il suo periodo di scambio accademico di 1 anno presso LEAP.

Leandro ha portato avanti la sua attività di ricerca intitolata “Comparative analysis of hybrid combined cycles applied in waste-to-energy plants with low natural gas share” per il percorso di dottorato in ingegneria meccanica.

3.3 Educazione e Formazione per le scuole

Dopo l'esperienza positiva di alternanza scuola-lavoro per gli studenti di alcuni istituti superiori di Piacenza, realizzata all'interno del progetto “REPACK” nell'estate 2018, si è voluto dare seguito nel corso del 2021 all'attività di sensibilizzazione ambientale e divulgazione scientifica con le scuole del territorio.

L'attività, della durata di un mese, si è svolta tra gennaio e febbraio 2021 e ha visto coinvolto il team MatER per l'affiancamento a due studenti dell'Istituto Superiore di Istruzione Industriale “G. Marconi” durante il progetto di alternanza scuola-lavoro. Gli studenti sono stati impegnati nello svolgimento di un'attività di ricerca sul tema dei rifiuti e di comprensione del funzionamento del sistema integrato della gestione dei rifiuti.

Obiettivo finale è stato la raccolta dati per la creazione di grafici e documentazione per l'aggiornamento del sito MatER nella sezione dedicata ai cittadini (sezione [Rifiuti a colpo d'occhio](#)).