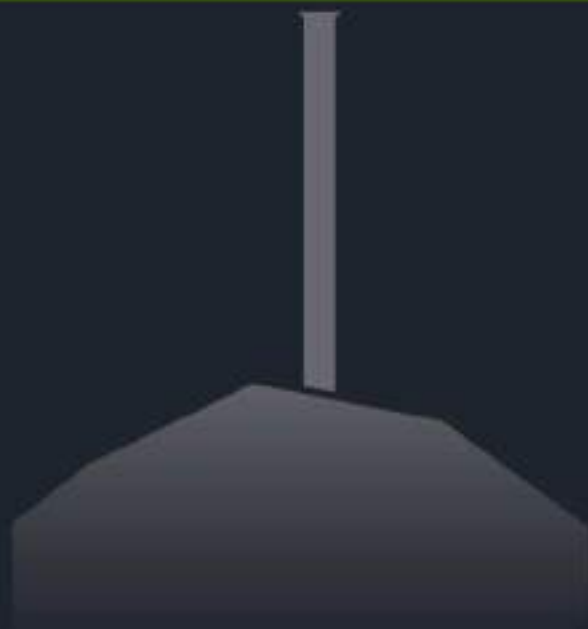




Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza





> LEAP in sintesi / **1**



> contesto + obiettivi / **3**



> chi siamo + organizzazione / **7**



> consiglio direttivo + comitato scientifico / **11**



> team LEAP / **13**



> centro studi MatER / **15**



> ricerca / **17**



> laboratori sperimentali / LEAPbox / **29**



> consulenza + servizi + prove / **39**



Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza



## LEAP in sintesi

### OBIETTIVI

LEAP è un **centro di ricerca** operante nel settore **energetico-ambientale**. Gli **obiettivi** del LEAP sono la realizzazione di progetti di **ricerca**, l'erogazione di **consulenze e servizi**, l'esercizio di azioni di **trasferimento tecnologico** sia per l'industria sia per enti pubblici. Inoltre LEAP svolge attività **sperimentali e prove** su impianti e sull'ambiente, organizza corsi di **formazione** ed iniziative di **divulgazione** scientifica.

### CHI SIAMO

LEAP - Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza - è un consorzio nato nel **2005** su iniziativa della sede piacentina del Politecnico di Milano. I **componenti** del consorzio sono >

Polo Territoriale di Piacenza del Politecnico di Milano / 5 Dipartimenti del Politecnico: Energia \_ Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica \_ Elettronica e Informazione \_ Elettrotecnica \_ Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie, Rilevamento (DIAR) / Comune di Piacenza / Provincia di Piacenza / Fondazione di Piacenza e Vigevano / A2A S.p.A. / Iren Ambiente S.p.A. / UnicalAG S.p.A.

POLITECNICO DI MILANO



Politecnico di Milano



Comune di Piacenza



Provincia di Piacenza



Fondazione di Piacenza e Vigevano



A2A



Iren Ambiente



Unical

### ORGANIZZAZIONE

LEAP è guidato dal Presidente, **Prof. Stefano Consonni**, ordinario di Sistemi per l'Energia e l'Ambiente al Politecnico di Milano. Le attività di ricerca sono indirizzate dal **Comitato Scientifico**, composto da professori del Politecnico. Direttore del Consorzio è l'**Ing. Antonio Bonomo**.

### RICERCA

LEAP svolge attività di ricerca nel settore energetico-ambientale operando su **6 linee principali**:

- Materia ed energia da rifiuti, residui e biomasse.
- Generazione di energia termica ad alta efficienza.
- Termoidraulica per impianti nucleari innovativi.
- Tecnologie per utilizzo dei combustibili fossili e cattura della CO<sub>2</sub>.
- Energie rinnovabili ed efficienza energetica.
- Emissioni gassose, polveri fini e qualità dell'aria.

### LABORATORI SPERIMENTALI

LEAP conduce attività sperimentali sia all'interno di progetti di ricerca sia per conto di committenti industriali, a questo scopo dispone di **3 laboratori** di prova:

**heat\_box** > laboratorio per la valutazione delle prestazioni di caldaie fino a 100 kW di potenza termica;

**wind\_box** > galleria del vento per prove fluidodinamiche su condotti da fumo per generatori di calore di piccola e media taglia;

**CO2\_box** > banco prova per la determinazione delle proprietà termodinamiche di miscele a base di CO<sub>2</sub>.

## CONSULENZE, SERVIZI E PROVE

LEAP, nell'ambito delle **6 linee di ricerca** nelle quali opera, eroga anche servizi e consulenze per il mondo industriale. Alcuni esempi delle **capacità offerte da LEAP** ad aziende ed enti pubblici sono:

- Analisi di fattibilità tecnica e di redditività economica di soluzioni impiantistiche nel campo della produzione energetica da fonti tradizionali e rinnovabili.
- Determinazione dell'impatto ambientale di sistemi di conversione dell'energia.
- Stima del potenziale di producibilità energetica da rifiuti, residui, biomasse ed altre fonti rinnovabili.
- Modellizzazione di sistemi energetici avanzati mediante software commerciali oppure software proprietari sviluppati dal team LEAP.

LEAP, inoltre, è in grado di condurre anche attività sperimentali direttamente su impianti energetici e misure in ambiente. In particolare, esegue:

- Misure di temperatura nelle camere di combustione di termovalorizzatori e grandi generatori di vapore mediante pirometri a suzione.
- Rilievo delle emissioni dei principali inquinanti da combustione in flussi convogliati.
- Misure di concentrazione di polveri fini ed ultrafini sia in flussi convogliati sia in atmosfera.

## QUALITÀ

Il Consorzio LEAP è accreditato secondo le norme:

**UNI EN ISO 9001:2008** che certifica il sistema di gestione per la qualità del Laboratorio;

**ISO/IEC 17025** che attesta i requisiti di competenza dei laboratori heat\_box e wind\_box.

## IL CENTRO STUDI "MatER"

LEAP ospita all'interno della propria struttura il Centro studi **MatER - Materia ed Energia dai Rifiuti** - nato con il patrocinio di Federambiente, il contributo scientifico del Politecnico di Milano ed il sostegno di importanti aziende multiutility e di igiene ambientale.

[www.mater.polimi.it](http://www.mater.polimi.it)



## LEAP in 5 NUMERI

- **12 giovani ricercatori** stabili.
- **16 professori e ricercatori** del Politecnico che collaborano stabilmente.
- **45 contratti** di ricerca stipulati.
- **1 milione di euro** all'anno il valore della produzione (2011).
- **82 articoli** scientifici pubblicati.

## LEAP in 5 PAROLE

- **PERSONE** > LEAP è fatto dalle persone, per le persone, per l'ambiente in cui vivono, per l'energia di cui hanno necessità.
- **SCIENZA** > l'approccio scientifico guida ogni attività di LEAP.
- **FUTURO** > LEAP guarda sempre al futuro e alle sfide che lo aspettano.
- **PASSIONE** > la forza del team LEAP è la passione per l'energia, l'ambiente e la ricerca.
- **AUTONOMIA** > LEAP ricava in autonomia più del 50% delle proprie risorse grazie a commesse per consulenze, servizi e prove; in futuro questa quota crescerà ancora.



## CONTATTI

Consorzio LEAP | Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza  
Via Nino Bixio, 27/c | 29121 Piacenza  
Tel. +39.0523-356879/579774 | Fax +39.0523-623097  
Info.leap@polimi.it | [www.leap.polimi.it](http://www.leap.polimi.it)



**contesto + obiettivi**





## CONTESTO

L'energia, fin dalle epoche più remote, rappresenta un fattore di sviluppo fondamentale per qualsiasi forma di civiltà. Come l'aria, l'acqua ed il cibo, è un bene essenziale per la vita dell'uomo.

Oggi, in virtù del ruolo chiave che l'energia riveste, sorgono sfide nuove e sempre più complesse, per le quali, senza dubbio, non esiste una risposta univoca, ma un ventaglio di alternative percorribili che devono essere fra loro bilanciate nel migliore modo possibile.

La dimensione sulla quale si gioca questa partita è duplice: a livello globale si registra un incremento pressoché costante del fabbisogno energetico, con grandi fasce della popolazione mondiale che richiedono un migliore accesso all'energia, mentre, a livello locale, soprattutto nei paesi più sviluppati, si sperimenta una transizione dal modello di generazione centralizzata verso quella diffusa, con la relativa esigenza di reti di distribuzione intelligenti.

D'altra parte, non meno impegnative e stimolanti sono le **questioni ambientali** che conseguono dall'uso dell'energia, rappresentate, su scala globale, dall'emissione di gas ad effetto climaterante, e, su scala locale, dalla immissione in atmosfera di agenti inquinanti e di polveri fini ed ultrafini.

Accanto a questi temi, la gestione del **ciclo integrato dei rifiuti** costituisce, sia per le società sviluppate sia per quelle in fase di espansione economica, un altro argomento di importanza strategica, spesso oggetto di valutazioni di carattere emozionale o, quantomeno, scarsamente obiettivo da parte della pubblica opinione ed anche di soggetti chiamati a ruoli decisionali.

**LEAP - Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza** - propone un approccio guidato da solide **conoscenze tecnico-scientifiche** per raccogliere le sfide descritte sopra, cercando soluzioni che siano sempre più **sostenibili** sia sul piano **ambientale e sociale** sia sul fronte **tecnico-economico**.

## OBIETTIVI

**LEAP** è un consorzio partecipato dal **Politecnico di Milano**, svolge ricerche, consulenze, servizi e prove nel settore **energetico-ambientale**.

Gli **obiettivi** del Laboratorio sono:

- la realizzazione di progetti di **ricerca** di base o applicata, sia nell'ambito di iniziative scientifiche sostenute da bandi sia a seguito di commesse da parte di soggetti pubblici o privati;
- l'erogazione di **consulenze e servizi** tecnici e scientifici, quali, ad esempio, studi di fattibilità, verifiche tecnologiche, valutazioni tecnico-economiche, studi di impatto ambientale, sia per l'industria sia per le istituzioni;
- l'esecuzione di **attività sperimentali, prove e certificazioni** sia su componenti ed impianti sia sull'ambiente;
- l'esercizio di azioni di **trasferimento tecnologico**, integrando gli obiettivi della realtà accademica con le esigenze del mondo produttivo o istituzionale;
- l'organizzazione di corsi di **formazione** ed iniziative di **divulgazione** scientifica.

**LEAP** mira ad acquisire una crescente solidità per la propria **posizione nazionale ed internazionale** nei settori di competenza, grazie anche ai numerosi rapporti di collaborazione con altri enti di ricerca, e, al contempo, vuole rivestire un ruolo di sempre maggior riferimento sul **territorio**, in particolare nell'ambito della regione Emilia-Romagna e della provincia di Piacenza, promuovendo processi virtuosi, caratterizzati da un alto grado di innovazione nel campo dell'energia e dell'ambiente.

contesto + mission





contesto + mission



chi siamo + organizzazione





### I COMPONENTI DEL CONSORZIO LEAP, COSTITUITO NEL 2005, SONO:

#### Polo Territoriale di Piacenza del Politecnico di Milano



Il Politecnico è un'università scientifico-tecnologica che forma ingegneri, architetti e disegnatori industriali. La sede di Piacenza, gestita da un organo chiamato Polo Territoriale, è attiva dal 1997.

##### 5 Dipartimenti del Politecnico

Energia / Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica / Elettronica e Informazione / Elettrotecnica / Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie, Rilevamento (DIAR)

#### Comune di Piacenza



Piacenza è situata sulla riva destra del fiume Po. Conta circa 100.000 abitanti ed ha una lunga tradizione in campo energetico per la presenza di impianti produttivi, società specializzate, centri di ricerca e di formazione a livello nazionale.

#### Provincia di Piacenza



La provincia di Piacenza è la più occidentale dell'Emilia Romagna, ha circa 290.000 abitanti e, come il capoluogo, vanta molti primati nel settore dell'energia, ad esempio ospita sul suo territorio il più grande impianto idroelettrico ad acqua fluente italiana (Isola Serafini) ed ha visto l'insediamento della più grande centrale nucleare italiana (Caorso), ora in dismissione.

#### Fondazione di Piacenza e Vigevano



La Fondazione di Piacenza e Vigevano è una Fondazione di origine bancaria istituita nel 1991. Sviluppa azioni di supporto sinergico e sostegno alle iniziative dell'ambito culturale e socio-assistenziale nell'area territoriale della provincia di Piacenza e del comune di Vigevano.

#### AZA S.p.A.



AZA, la più grande multiutility italiana, nata dalla fusione di AEM ed AMSA Milano con ASM Brescia, opera nei settori dell'energia (elettricità e gas), della cogenerazione e del teleriscaldamento, dell'ambiente e delle reti di distribuzione.

La produzione da fonti rinnovabili su larga scala e le tecnologie innovative per l'efficienza energetica contribuiscono all'impegno della società sul fronte della sostenibilità ambientale.

#### Iren Ambiente S.p.A.



IREN Ambiente, che ha sede sociale a Piacenza, esercita il coordinamento delle attività del Gruppo IREN in ambito ambientale, gestendo, direttamente o tramite società partecipate, tutti gli impianti di trattamento, recupero e smaltimento dei rifiuti urbani e speciali. Attraverso la controllata IREN Rinnovabili, IREN Ambiente inoltre è impegnata nel campo delle fonti energetiche alternative.

IREN è la terza multiutility italiana per ricavi e margine operativo lordo, fornisce servizi di pubblica utilità (energia elettrica, gas, acqua, rifiuti, teleriscaldamento ed energie rinnovabili) nelle province di Genova, Torino, Reggio Emilia, Parma e Piacenza.

#### Unical AG S.p.A.



Unical dal 1972 progetta e produce gruppi termici civili ed industriali, oltre a sistemi di condizionamento.

Nello stabilimento di Caorso (PC) vengono costruite caldaie murali e a basamento a gas (da 3 a 900 kW), in quello di Carbonara (MN) gruppi termici a gas, gasolio e legna, per bruciatori ad aria soffiata (da 21 a 4000 kW) e, per la linea industriale, caldaie a vapore, a olio diatermico e ad acqua surriscaldata.



Il Consorzio LEAP ha iniziato l'attività con la realizzazione del progetto ECATE - Efficienza e Compatibilità Ambientale delle Tecnologie Energetiche, sostenuto dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del Programma Regionale per la Ricerca Industriale, l'Innovazione e il Trasferimento Tecnologico (PRRIITT).

LEAP è un laboratorio della **Rete Alta Tecnologia dell'Emilia-Romagna**, un sistema regionale per la ricerca industriale e il trasferimento tecnologico costituito da laboratori e centri per l'innovazione. Dal 2010 questa rete è articolata in 6 piattaforme tematiche ed è raggruppata in 10 tecnopoli, strutture di aggregazione di risorse umane e tecnologie distribuite sul territorio regionale.

Le piattaforme sono: Agroalimentare; Costruzioni; Energia e Ambiente; ICT e Design; Meccanica e Materiali; Scienze della Vita.

LEAP appartiene alla **Piattaforma Energia e Ambiente** e, insieme a MUSP (Macchine Utensili e Sistemi di Produzione), costituisce il **Tecnopolo di Piacenza**.

LEAP ha sede a Piacenza presso l'ex officina trasformatori della Centrale Emilia, il nucleo storico, risalente agli anni Venti, di un impianto termoelettrico oggi funzionante a ciclo combinato. L'edificio, progettato dall'Arch. **Piero Portaluppi**, rappresenta oggi un importante patrimonio di archeologia industriale.

## ORGANIZZAZIONE

La struttura del Consorzio LEAP è articolata secondo i seguenti organi e ruoli gestionali:

- **Assemblea Generale dei Consorziati;**
- **Presidente del Consorzio;**
- **Consiglio Direttivo;**
- **Direttore del Consorzio.**

Inoltre, con il compito di fornire l'indirizzo scientifico alle iniziative di ricerca di LEAP, di promuovere contatti e collaborazioni con altre realtà accademiche, di monitorare l'andamento degli studi avviati, è attivo il **Comitato Scientifico**, composto da professori del Politecnico e dal Presidente del Consorzio.



Mappa dei Tecnopoli dell'Emilia-Romagna



chi siamo + organizzazione

**consiglio direttivo + comitato scientifico**





## consiglio direttivo + comitato scientifico

### CONSIGLIO DIRETTIVO



- **Presidente**

**Prof. Stefano Consonni**

Professore Ordinario di Sistemi per l'Energia e l'Ambiente presso il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano



- **Direttore**

**Ing. Antonio Bonomo**

Presidente Comitato Tecnico-Scientifico Federambiente



- **Ing. Maurizio Capelli**

Iren Ambiente S.p.A.



- **Prof.ssa Anna Maria Fellegara**

Comune di Piacenza



- **Prof. Marino Gatto**

Professore Ordinario di Ecologia presso il Dipartimento di Elettrotecnica e Informazione del Politecnico di Milano



- **Vice Presidente**

**Dott. Guido Ramonda**

Consigliere di amministrazione di Maserati Srl



- **Ing. Renzo Capra**

Presidente Onorario di IEFF – Università Bocconi



- **Dott. Sergio Florani**

General manager operations – UNICAL



- **Prof. Michele Giugliano**

Professore Ordinario di Ingegneria Sanitaria Ambientale presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie e Rilevamento (DIHAR) del Politecnico di Milano

- **Revisore unico**

**Dott. Umberto Tosi**

Dottore commercialista

### COMITATO SCIENTIFICO



- **Prof. Stefano Cernuschi**

Professore Ordinario di Ingegneria Sanitaria Ambientale presso il Dip. di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture Viarie e Rilevamento (DIHAR) del Politecnico di Milano



- **Prof. Paolo Chiesa**

Professore Associato di Sistemi per l'Energia e l'Ambiente presso il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano



- **Prof. Maurizio Delfanti**

Professore Associato di Sistemi Elettrici per l'Energia presso il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano



- **Prof. Tiziano Faravelli**

Professore Ordinario di Teoria dello Sviluppo di Processi Chimici presso il Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica del Politecnico di Milano



- **Prof. Marco Ricotti**

Professore Ordinario di Impianti Nucleari presso il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano





team LEAP

Il team del LEAP è costituito, come un **mosaico**, da molteplici competenze, responsabilità e capacità. Le singole componenti, unite insieme, ne rappresentano la risorsa più preziosa.

Il gruppo di lavoro è costituito da ricercatori, dottorandi, assegnisti di ricerca e collaboratori che operano sotto la guida dei professori aventi la responsabilità scientifica dei progetti in corso. Grande attenzione è riservata alla **formazione**, infatti l'opportunità di sviluppare iniziative

di ricerca a stretto contatto con il mondo accademico costituisce una occasione unica di approfondimento delle conoscenze tecnico-scientifiche. Inoltre l'attività di trasferimento tecnologico, che il consorzio realizza a favore di imprese ed enti pubblici, garantisce al team una forte **crescita professionale e personale**.

Oltre al proprio team, LEAP ospita usualmente studenti per stage, tirocinie tesi di laurea.









## Il centro studi MatER



### CONTESTO

I rifiuti sono comunemente percepiti in modo negativo, come un "problema" di cui volentieri faremmo a meno. La loro stessa produzione implica la volontà di disfarsene, mentre il loro trattamento e smaltimento generano preoccupazione sotto svariati punti di vista: sanitario, sociale, etico, energetico, ambientale, economico.

Eppure i rifiuti sono semplicemente il risultato di una serie di processi che consentono il funzionamento della nostra società. La loro ricollazione è una delle molte azioni che contribuiscono al funzionamento del nostro sistema economico. Sarebbe auspicabile che ciò avvenisse applicando criteri di sostenibilità, efficienza energetica ed economica. A tal fine, il recupero di materia ed il recupero di energia sono le due fondamentali pratiche che possono trasformare i rifiuti da fonte di preoccupazione a preziosa risorsa.

Nella realtà quotidiana, tuttavia, il trattamento dei rifiuti può avvenire con procedure molto diverse dalle migliori oggi attuabili, con esiti ben poco sostenibili o desiderabili. Politiche di gestione errate o impianti di trattamento dei rifiuti inadeguati possono generare situazioni di emergenza che creano preoccupazione diffusa ed ostilità da parte dell'opinione pubblica. All'inadeguatezza della gestione e delle tecnologie adottate si aggiungono spesso condizionamenti ideologici che creano aspettative incompatibili con la realtà fisica e la capacità tecnologica.

### MISSIONE

Il Centro studi MatER mira a definire solide basi scientifiche e ad identificare soluzioni tecnicamente ed economicamente percorribili - oltre che sostenibili - ai numerosi temi connessi al recupero da rifiuti. Ciò senza condizionamenti di carattere ideologico o politico, in modo indipendente dalle aspettative di singoli gruppi di interesse. Obiettivo fondamentale del Centro studi MatER è fornire una rappresentazione rigorosa delle tecnologie e delle politiche adottate per il recupero di materia ed energia dai rifiuti, contribuendo ad identificare le scelte più efficaci per una gestione dei rifiuti sostenibile. Questi obiettivi vengono perseguiti attraverso le seguenti azioni:

- ▶ identificazione e analisi delle migliori tecnologie disponibili per il recupero di materia ed energia dai rifiuti;
- ▶ attivazione di connessioni e collaborazioni tra istituzioni accademiche, organizzazioni pubbliche e private, operatori del settore e altri soggetti coinvolti nella filiera dei rifiuti;
- ▶ promozione e realizzazione di studi e ricerche riguardanti il recupero di materia ed energia dai rifiuti;
- ▶ organizzazione di corsi ed eventi (conferenze, seminari, giornate di studio) per promuovere e diffondere l'informazione scientifica sul tema;
- ▶ monitoraggio dell'evoluzione dei processi, delle tecnologie e delle attività legate al recupero di materia ed energia da rifiuti;
- ▶ revisione e miglioramento della normativa sulla gestione, il recupero ed il trattamento dei rifiuti.

### TEAM

Prof. Stefano Consonni

Prof. Stefano Cernuschi  
Prof. Stefano Consonni  
Prof. Michele Giugliano

Ing. Antonio Bonomo, Ing. Maurizio Capelli, Ing. Gianluca Cancia, Ing. Mario Grosso, Dott. Enrico Guggiari, Ing. Cristiano Piccinin, Dott. Guido Ramonda, Ing. Lucia Rigamonti, Dott. Adriano Tolomei, Ing. Federico Viganò, Ing. Emanuel Zamagni.

#### Direttore

#### Responsabili scientifici

#### Comitato di coordinamento

UNIVERSITÀ DI MILANO



### CONTATTI

MatER c/o Consorzio L.E.A.P. - Via Nino Bixio 27/c 29121 Piacenza / Tel. +39.0523-356879/579774 - Fax. +39.0523-623097  
mater@polimi.it | [www.mater.polimi.it](http://www.mater.polimi.it)





## MATERIA ED ENERGIA DA RIFIUTI, RESIDUI E BIOMASSE

Responsabili > Prof. Stefano Consonni, Prof. Michele Giugliano

Questa area di ricerca è rivolta al recupero di materia ed energia da rifiuti, residui e biomasse, con l'obiettivo di valutarne le implicazioni ambientali, tecnologiche, energetiche ed economiche.

Per ciò che concerne il tema dei rifiuti, l'approccio di studio adottato si rivolge alla **gestione integrata del ciclo dei rifiuti** nella sua totalità, considerando il recupero di materia ed energia, non come pratiche antagoniste fra loro, ma come due strategie complementari per il raggiungimento del massimo grado di sostenibilità del sistema. Dall'analisi di tutta la filiera di trattamento e dalla valutazione dei bilanci complessivi di massa ed energia, l'**analisi del ciclo di vita (LCA)** fornisce gli indici di merito ambientale, energetico ed economico per il confronto delle alternative tecnologiche e gestionali. I processi termochimici di recupero energetico da rifiuti e residui, sia convenzionali, come combustione a griglia o a letto fluido, sia innovativi, come gassificazione e pirolisi, inclusi i trattamenti meccanico-biologici e la produzione di combustibile derivato dai rifiuti, vengono simulati e valutati con un **software proprietario**, sviluppato presso il Dipartimento di Energia del Politecnico ed in ulteriore, costante, sviluppo presso LEAP.

Queste attività vengono svolte nell'ambito del progetto pluriennale **MatER - Materia ed Energia dai Rifiuti**, un Centro studi interno al LEAP che gode del sostegno e della partecipazione dei principali operatori del settore del recupero di materia ed energia da rifiuti e residui (per maggiori dettagli consultare la sezione della brochure dedicata al Centro studi MatER).

Infine, data la forte affinità fra le tecnologie di produzione di energia da rifiuti e quelle da **biomasse**, anche queste ultime sono incluse in questa linea di ricerca.

In considerazione del ruolo da esse giocato in un'ottica di mix energetico sostenibile e di sviluppo di filiere economiche locali, LEAP studia le tecnologie di conversione energetica consolidate, come la combustione e la digestione anaerobica, e quelle più innovative e promettenti, come gassificazione, co-gassificazione con carbone, co-produzione di biocarburanti ed elettricità.

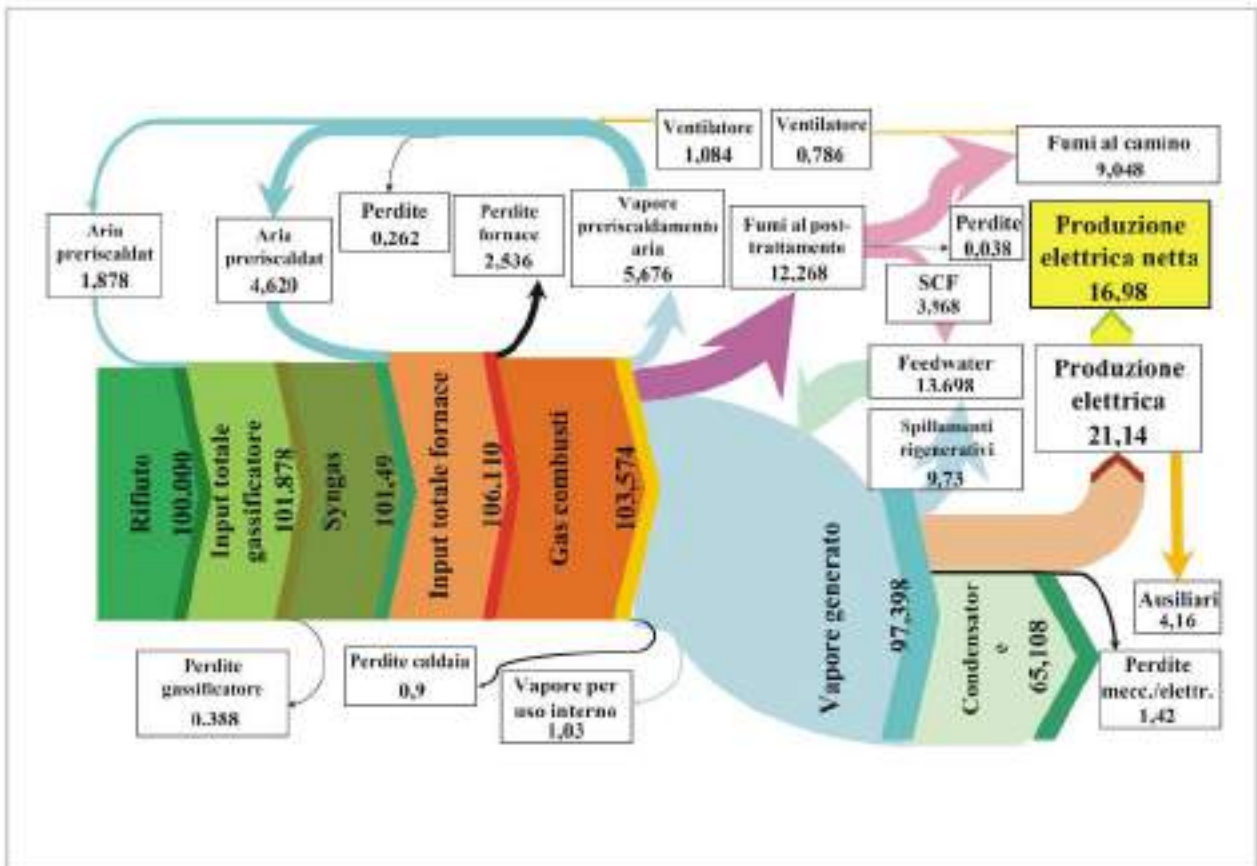
Anche questo filone di ricerca beneficia dell'elevata **capacità modellistica** di cui LEAP dispone, consentita dalla combinazione di software commerciali e codici di calcolo sviluppati internamente.

## Publicazioni in evidenza

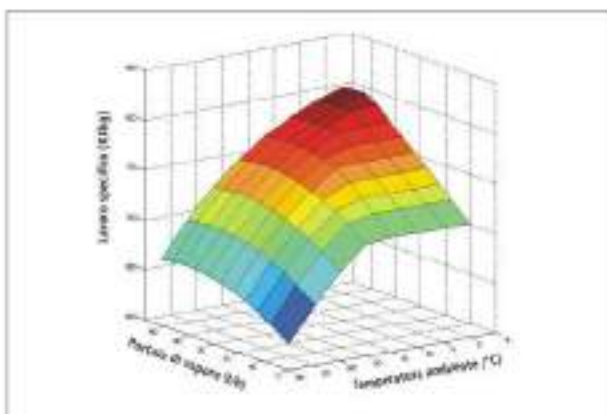
- Consonni S., Viganò E., **Material and energy recovery in integrated waste management systems: The potential for energy recovery**, *Waste Management* 31, 2011, pp. 2074-2084, ISSN: 0956-053X.
- Giugliano M., Cernuschi S., Grosso M., Rigamonti L., **Material and energy recovery in integrated waste management system. An evaluation based on life cycle assessment**, *Waste Management* 31, 2011, pp. 2092-2101, ISSN: 0956-053X.
- Consonni S., Viganò E., **Waste gasification vs. conventional waste-to-energy: a comparative analysis of two waste gasification technologies**, *Waste Management* 32, 2012 - Special Issue on Solid Waste Gasification, ISSN: 0956-053X
- Consonni S., Larson E.D., Katofsky R.E., **A gasification-based biorefinery for the pulp and paper industry**, *Chemical Engineering Research and Design*, Vol. 87 (2009), pp. 1293-1317.
- Larson E.D., Fiorese G., Liu G., Williams R.H., Kreutz T.G. and Consonni S., **Co-production of decarbonized syngas and electricity from coal + biomass with CO<sub>2</sub> capture and storage: an Illinois case study**, *Energy & Environmental Science*, 2010, Vol. 3, pp. 28-42.
- Martelli E., Kreutz T.G., Gatti M., Chiesa P., Consonni S., **Design Criteria and Optimization of Heat Recovery Steam Cycles for High-Efficiency, Coal-Fired, Fischer-Tropsch Plants**, *Proceedings of ASME Turbo Expo 2012*, June 11-15, Copenhagen, Denmark.



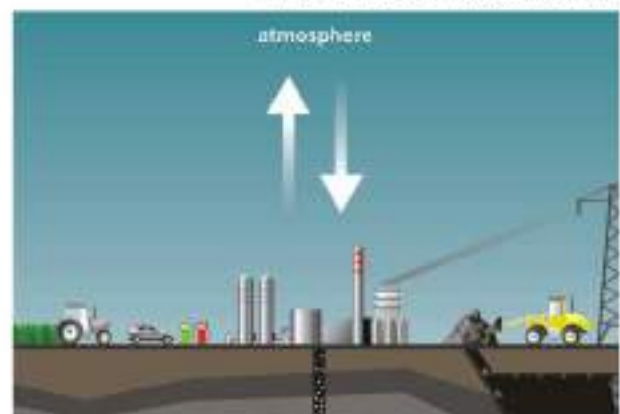
Il termoutilizzatore di Brescia



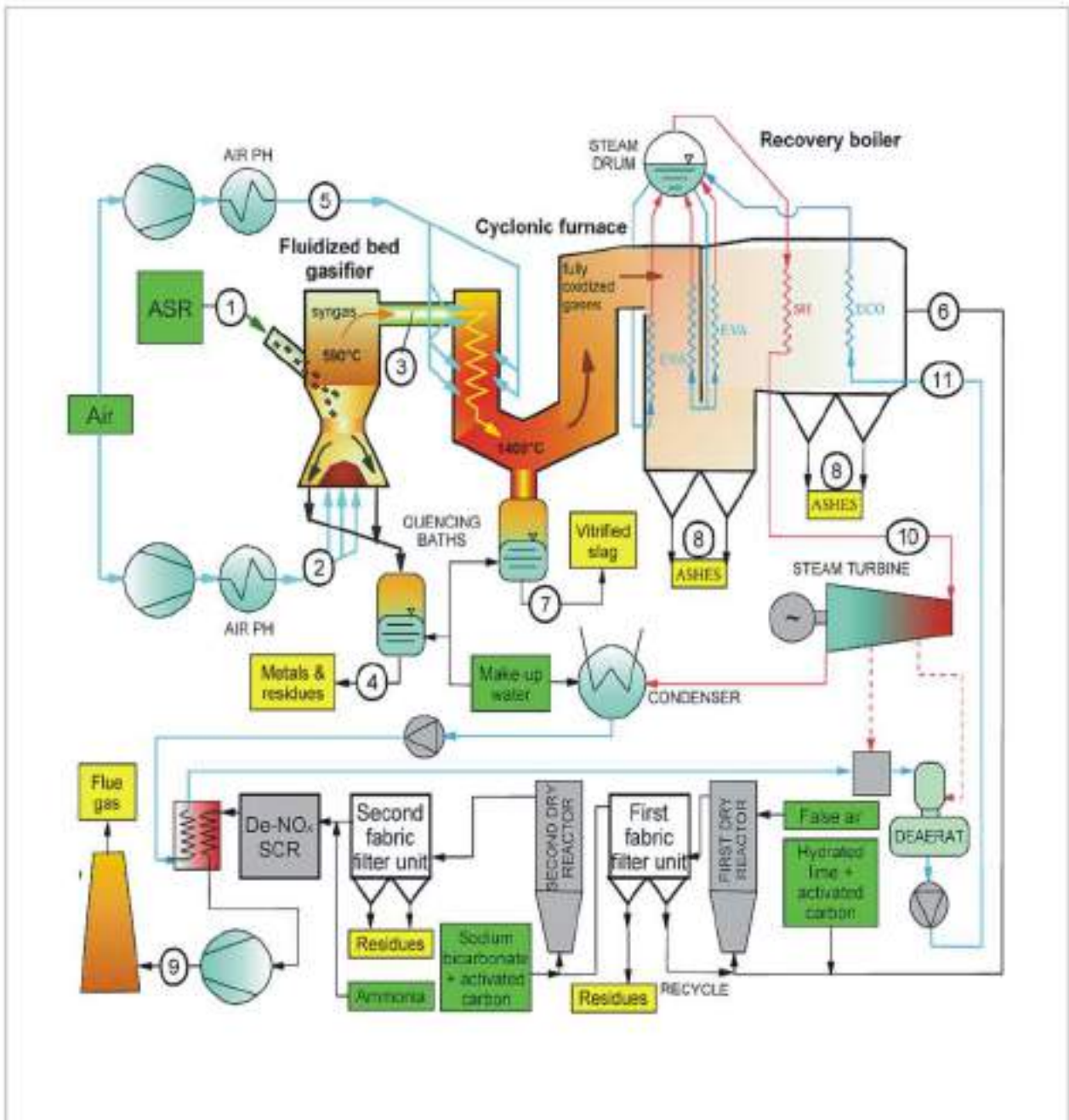
Bilancio energetico di un gassificatore di rifiuti



Simulazione LEAP della turbina a vapore di un termovalorizzazione



Rivista scientifica "Energy and Environmental Science" con pubblicazione LEAP



Schema di impianto per il recupero di materia ed energia dai residui di demolizione delle auto simulato da LEAP

ricerca





## GENERAZIONE DI ENERGIA TERMICA AD ALTA EFFICIENZA

Questa linea di ricerca si articola in due filoni: lo studio e lo sviluppo di soluzioni innovative nel settore dei **generatori di energia termica per utenze civili** e la caratterizzazione termica di **grandi generatori di calore**.

La prima attività si rivolge al vasto comparto delle caldaie per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria con l'obiettivo di ridurre i consumi, ottimizzarne le prestazioni, contenere l'impatto ambientale e migliorare il comfort all'interno degli ambienti.

La ricerca condotta in questo settore è fortemente integrata con l'**attività sperimentale**, infatti LEAP dispone di un laboratorio dedicato, dove si eseguono prove di rendimento, potenza ed emissioni su diverse tipologie di caldaie (caldaie a basamento o murali, convenzionali o a condensazione, alimentate a gas naturale, GPL o a biomasse). Inoltre LEAP è in grado di svolgere prove termofluidodinamiche sui terminali di scarico di generatori di calore di piccola e media taglia in una apposita galleria del vento che simula le condizioni atmosferiche.

In questo modo il LEAP dispone degli strumenti per studiare e testare soluzioni innovative che conducano ad un miglioramento dell'efficienza complessiva nel comparto dei generatori di energia termica di piccola potenza.

Sul fronte dei grandi generatori di calore, LEAP conduce studi sulle procedure di misura della temperatura nelle camere di post-combustione di generatori di vapore e di termovalorizzatori al fine di sviluppare strategie di gestione più efficienti e con minore impatto ambientale.

### Pubblicazioni in evidenza

■ Rinaldi F., Marchesi R., **Efficiency improvement of small boilers for domestic use: energetic and exergetic analysis**, Energy: Production, distribution and conservation - Biblioteca Termotecnica n. 34 Vol. 2 - ASMEATI 2006 - Milan, May 14/17th 2006. ISBN 88-89884-03-7.

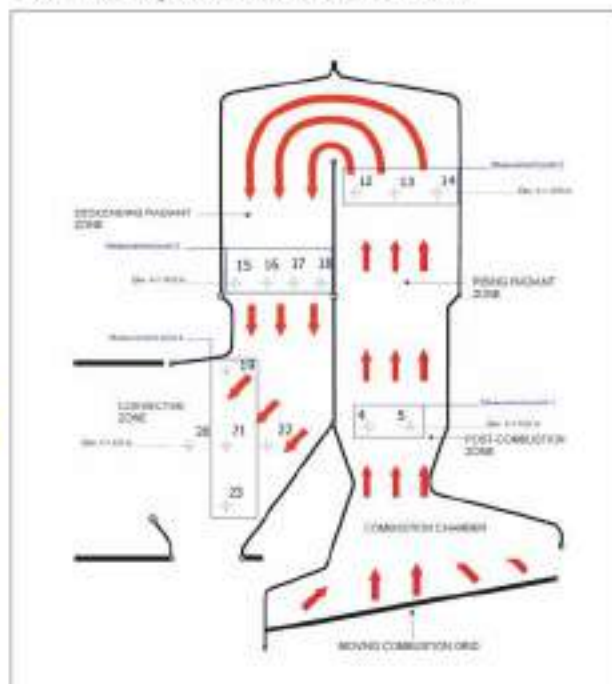
■ Marchesi R., Rinaldi F., **La misura di temperatura nelle camere di combustione mediante l'utilizzo del pirometro a suzione**, Atti della V edizione del convegno Metrologia & Qualità - Torino, Marzo 2007.

■ Marchesi R., Rinaldi F., **Thermal characterization of a solid waste**

**incinerator by temperature measurements with suction pyrometers**, Proceedings of the fifth international conference on heat transfer, fluid mechanics & thermodynamics, Hefat 2007 - 1st - 4th July 2007, Sun City, South Africa. ISBN 978-1-86854-643-5.



Caldaia murale a gas a condensazione (UNICAL Alkon 70)



Sezione di generatore di vapore con i punti di misura delle temperature





## TERMOIDRAULICA PER IMPIANTI NUCLEARI INNOVATIVI

Responsabile > **Prof. Marco Ricotti**

LEAP, in collaborazione con la Società **SIET**, realizza attività di ricerca e campagne sperimentali per lo studio della termoidraulica dei reattori nucleari innovativi.

Gli studi sono focalizzati su componenti e sistemi critici, quali i **generatori di vapore ed i sistemi di sicurezza passivi**, ed in particolar modo si concentrano sull'analisi teorico-sperimentale delle **miscele bifase acqua-vapore**.

Lo scopo principale di questo tipo di ricerche è quello di studiare nuove tipologie di generatori di vapore che permettano un notevole incremento della sicurezza dei reattori di nuova concezione, oltre che un aumento dell'efficienza e dell'economicità.

Una delle attività più interessanti e recenti, che vede la collaborazione di LEAP e SIET, riguarda la campagna di prove a piena scala di componenti del **reattore IRIS** (International Reactor Innovative and Secure), un progetto di reattore di nuova generazione sviluppato da un consorzio internazionale.

IRIS è un reattore modulare di tipo PWR, cioè ad acqua pressurizzata, avente taglia medio piccola (pari a 335 MW<sub>e</sub>).

Per questo progetto gli studi si concentrano principalmente sui fenomeni di scambio termico dei flussi acqua-vapore all'interno dei tubi elicoidali del generatore di vapore modulare; sistemi di emergenza per la rimozione del calore di decadimento, basati su circuiti a circolazione naturale di miscele acqua-vapore; stabilità di funzionamento dei flussi di acqua-vapore nel generatore di vapore a tubi elicoidali.

Per tutte le attività sperimentali descritte vengono condotte delle campagne di prova utilizzando impianti appositamente costruiti presso i laboratori SIET, adiacenti alla sede LEAP.

### Pubblicazioni in evidenza

■ Santini L., Cammi A., Ricotti M., **Instabilities in a two-phase flow natural circulation sliding pressure loop**, Report Progetto ECATE finanziato dalla Regione Emilia-Romagna, 2008.

■ Santini L., Ricotti M., Achilli A., **Adiabatic two-phase pressure drops in a helically coiled heat exchanger**, Report Progetto ECATE finanziato dalla Regione Emilia-Romagna, 2008.



Apparato sperimentale realizzato in piena scala presso i laboratori SIET



Reattore IRIS con schema del generatore di vapore

CO<sub>2</sub>

## TECNOLOGIE PER UTILIZZO DEI COMBUSTIBILI FOSSILI E CATTURA DELLA CO<sub>2</sub>

Responsabile > Prof. Paolo Chiesa

Questa linea di ricerca ha come oggetto gli impianti per la generazione di elettricità e idrogeno da combustibili fossili (gas naturale, carbone, combustibili pesanti e residui) abbinati alle tecnologie di **carbon capture and storage (CCS)**.

In queste installazioni l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) prodotta, invece di essere emessa al camino, viene separata e resa disponibile come flusso ad elevata purezza per un sequestro geologico di lungo periodo.

Questo filone di ricerca si sviluppa lungo due direttrici principali: la prima è dedicata alla simulazione di impianti energetici complessi mediante l'uso di software commerciali e/o di un **software proprietario** sviluppato presso LEAP ed il Dipartimento di Energia del Politecnico.

Questo codice di calcolo consente la valutazione dei bilanci di massa ed energia e delle prestazioni dei sistemi energetici analizzati, quali, ad esempio, cicli combinati integrati con processi di gassificazione di carbone e biomasse, cicli ibridi con celle a combustibile e reattori a membrana.

La seconda direttrice lungo la quale si declina questa linea di ricerca riguarda direttamente le **tecnologie CCS**. Infatti, molte tecniche di cattura della anidride carbonica producono flussi di CO<sub>2</sub> non pura, bensì in miscela con altri composti.

La presenza di tali contaminanti nella anidride carbonica catturata determina un comportamento delle miscele risultanti che differisce in modo rilevante rispetto a quello della CO<sub>2</sub> pura, soprattutto alla luce delle esigenze di progettazione ed esercizio degli impianti. Considerando che le proprietà di queste miscele non sono ancora state determinate in modo esaustivo, LEAP opera **simulazioni numeriche** per lo studio delle prestazioni di sistemi innovativi di CCS.

In questo ambito, a complemento dell'approccio modellistico, LEAP conduce un'intensa **attività sperimentale**, con un apposito banco prova, realizzato presso il Laboratorio, per la valutazione delle proprietà termodinamiche di miscele a base CO<sub>2</sub>.

La conoscenza di tali proprietà è utile alla costruzione di modelli matematici per lo studio applicativo di sistemi di separazione, di compressor e linee di trasporto della CO<sub>2</sub>, e della fase di iniezione e migrazione della CO<sub>2</sub> nelle formazioni geologiche dei campi di stoccaggio.

## Publicazioni in evidenza

■ Mantovani M., Gatti M., Consonni S., **Purification and Long-Range Transport of the CO<sub>2</sub>-Rich Stream Generated by Oxy-Fuel Plants for CCS**, Processes and Technology for a Sustainable Energy conference, Ischia 2010.

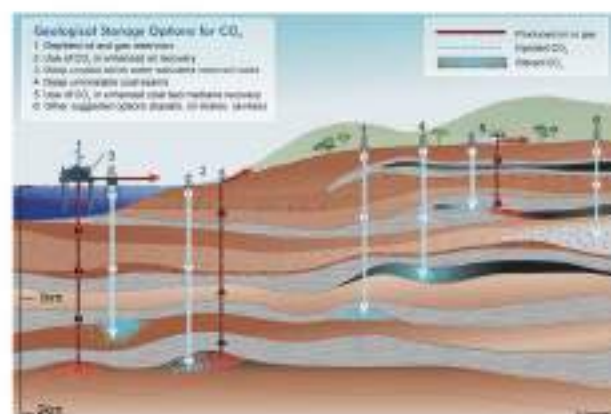
■ Martelli E., Amaldi E., Consonni S., **Numerical optimization of heat recovery steam cycles: Mathematical model, two-stage algorithm and applications**, Computers and Chemical Engineering Vol. 35 Issue 12, 2011, pp. 2799-2823

■ Martelli E., Kreuz T., Carbo M., Consonni S., Jansen D., **Shell coal IGCCs with carbon capture: Conventional gas quench vs. innovative configurations**, Applied Energy, Volume 88, Issue 11, November 2011, Pages 3978-3989.

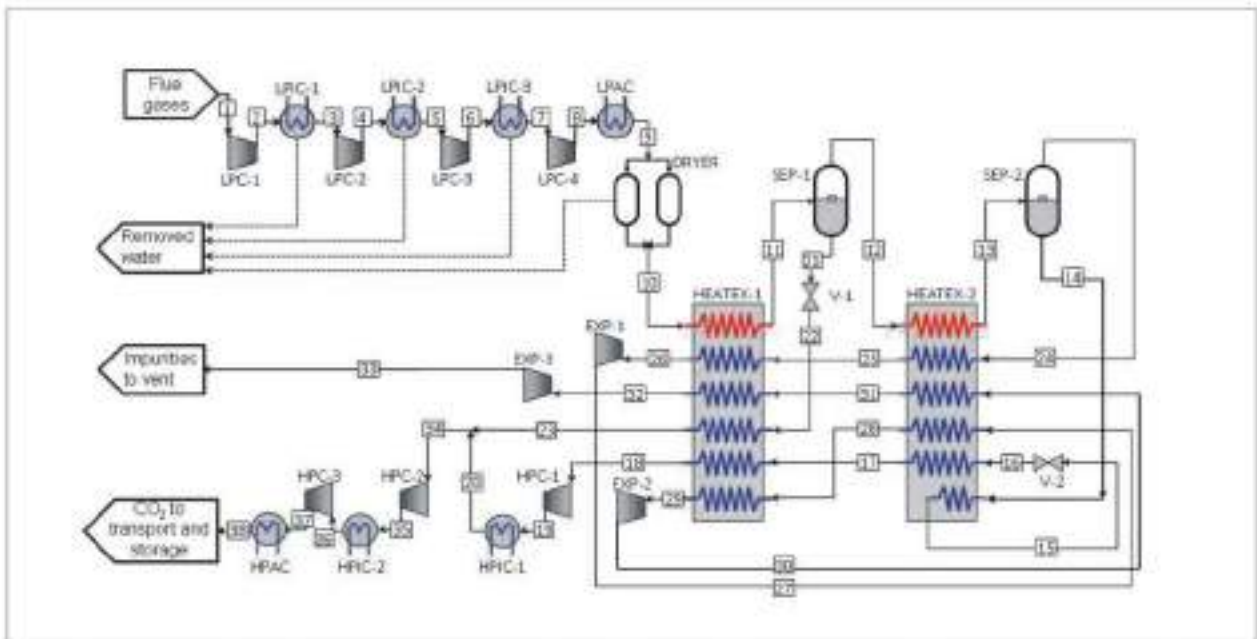
■ Chiesa P., Campanari S., Manzolini G., **CO<sub>2</sub> cryogenic separation from combined cycles integrated with molten carbonate fuel cells**, International Journal of Hydrogen Energy 36 (16), 2011, pp. 10355-10365.

■ Mantovani M., Chiesa P., Valenti G., Gatti M., Consonni S., **Supercritical pressure-density-temperature measurements on CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>-Ar binary mixtures**, The Journal of Supercritical Fluids, Volume 61, January 2012, Pages 34-43.

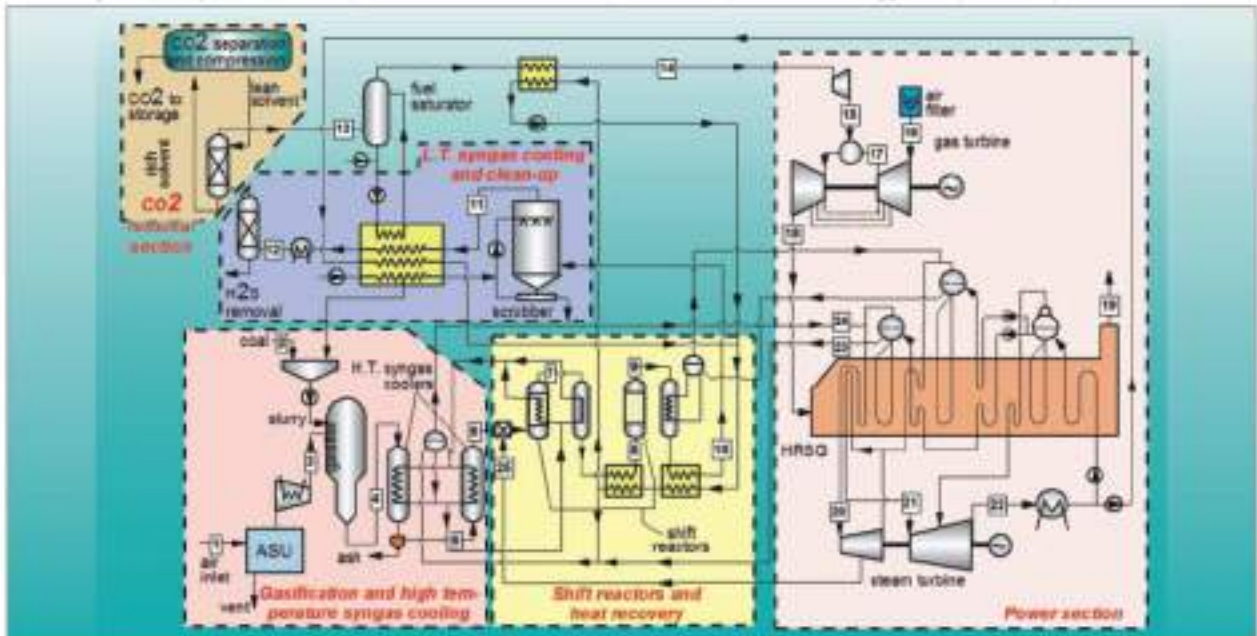
■ Manzolini G., Campanari S., Chiesa P., Giannotti A., Bedoni P., Parodi F., **CO<sub>2</sub> Separation From Combined Cycles Using Molten Carbonate Fuel Cells**, Journal of Fuel Cell Science and Technology, February 2012, Vol. 9.



Opzioni allo studio per lo stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub> (fonte: CO2CRC)



Unità criogenica per la purificazione e la liquefazione di miscele ricche di CO<sub>2</sub>, ai fini del trasporto e dello stoccaggio in acquiferi salini profondi studiata da LEAP



Impianto di gassificazione del carbone integrato con ciclo combinato IGCC con cattura della CO<sub>2</sub>, studiato da LEAP



## ENERGIE RINNOVABILI ED EFFICIENZA ENERGETICA

Responsabile > Prof. Stefano Consonni

L'attività nel campo delle energie rinnovabili si concentra sulle fonti **solare, eolica, geotermica, mini-idroelettrica**, in aggiunta alle **biomasse** che sono trattate anche nell'ambito della linea di ricerca dedicata al recupero di materia ed energia dai rifiuti. Nel settore dell'energia solare, LEAP si occupa di conversione fotovoltaica, utilizzando software di simulazione sia per lo sviluppo delle tecnologie consolidate sia per lo studio di quelle più innovative, come i moduli di nuova generazione, i sistemi ad inseguimento ed a concentrazione. Sul fronte del solare termico si analizzano le possibilità di integrazione con altre fonti rinnovabili, ad esempio le biomasse.

Per la fonte eolica si effettuano studi teorico-sperimentali di quantificazione del potenziale di produzione territoriale, con l'obiettivo di individuare i siti di installazione più idonei. In generale, per tutte le fonti rinnovabili, un capitolo importante del lavoro di ricerca si focalizza sulla valutazione della producibilità energetica, facendo ricorso, soprattutto per le biomasse, a sistemi informativi geografici (GIS).

Un altro aspetto comune a tutte le rinnovabili affrontato da LEAP è legato all'ottimizzazione dell'impiantistica elettrica ed all'impatto che la transizione dal modello di generazione centralizzata verso quella diffusa crea sulle reti elettriche di distribuzione.

Sul fronte dell'**efficienza energetica**, LEAP si occupa prevalentemente di **cogenerazione industriale** e di **cogenerazione** abbinata al **teleriscaldamento** per usi civili.

Per questi sistemi si effettuano simulazioni, valutazioni di prestazioni ed emissioni, ottimizzazioni di processo e di configurazione dell'impianto sia per le tecnologie consolidate sia per le soluzioni più innovative e per quelle ibride, costruite accoppiando componenti energetici tradizionali ad altri maggiormente avanzati.

### Pubblicazioni in evidenza

■ Dainese C., Dolara A., Faranda R., Lava S., **Impianti fotovoltaici in condizioni estreme**, Impianti Solari, anno II, n. 6, 2009, ISSN: 2035-1321.

■ Dainese C., Dolara A., Faranda R., Lava S., **Progettare ed investire nel fotovoltaico**, L'AMBIENTE, Anno XVI, Vol. 2, Marzo-Aprile 2009.

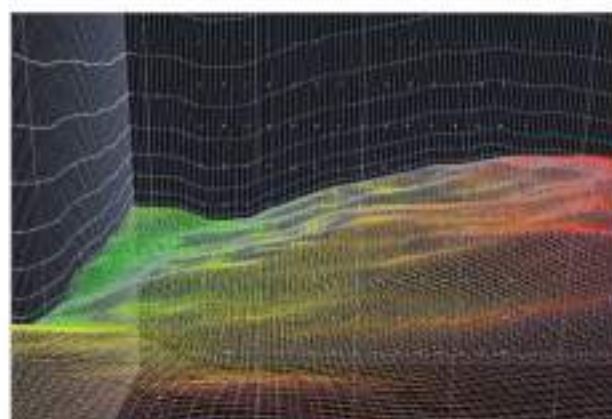
■ De Servi C., Gullizzoni M., Viganò F., **Quantificazione della risorsa eolica nel territorio piacentino**, Paper 03\_268, Atti del 65°

Congresso nazionale ATI, Domus de Maria (Ca) - Italy, 14-17 settembre 2010.

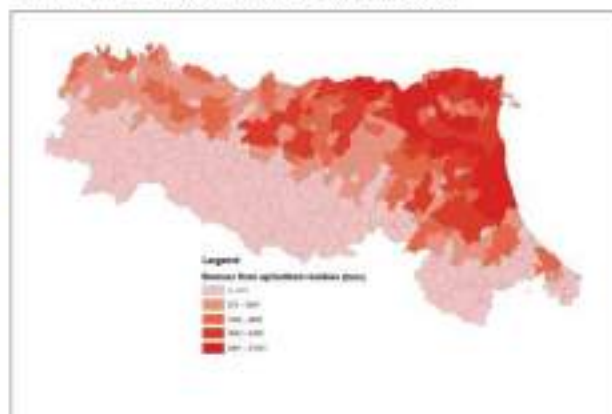
■ Fiorese G., Guariso G., **A GIS-based approach to evaluate biomass potential from energy crops at regional scale**, Environmental Modelling & Software 25, 2010, pp. 702-711.

■ Dellanti M., Merlo M., Manfredini G., Olivieri V., Pozzi M., Silvestri A., **Hosting Dispersed Generation on Italian MV networks: towards smart grids**, Bergamo, ICHQP 2010.

■ Angelis-Dimakis A., M. Biberachet, J. Dominguez, G. Fiorese, S. Gadocha, E. Gnansounou, G. Guariso, A. Kartalidis, L. Panichelli, L. Pinedo, M. Robba, **Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources**, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15(2), 2011, pp. 1182-1200.



Simulazioni CFD dei campi di velocità della risorsa eolica



Potenzialità dei residui culturali in Emilia-Romagna valutata da LEAP



## EMISSIONI GASSOSE, POLVERI FINI E QUALITÀ DELL'ARIA

Responsabili > Prof. Stefano Cernuschi, Prof. Michele Giugliano

La linea di ricerca si colloca nel settore dell'inquinamento atmosferico. Le attività sono indirizzate alla realizzazione di campagne di rilevamento della qualità dell'aria e di campionamento delle emissioni nei flussi convogliati provenienti da impianti fissi. Si eseguono, inoltre, il trattamento, l'analisi e l'interpretazione dei dati di qualità dell'aria e si valutano le linee di depurazione dei gas nell'ambito delle MTD (migliori tecnologie disponibili).

I settori di interesse comprendono i **principali inquinanti regolamentati** ed il **particolato atmosferico**, con importanti approfondimenti dedicati alle componenti ultrafine (dimensioni caratteristiche < 100 nm) e nanoparticolata (dimensioni caratteristiche < 50 nm).

Gli studi in questo ambito sono fortemente integrati con le linee di attività LEAP dedicate al recupero energetico da rifiuti e biomasse ed allo sfruttamento dei combustibili fossili, per la rilevanza del ruolo che i sistemi di combustione giocano tra le fonti di emissione atmosferica di origine antropica.

In tale contesto, LEAP opera attivamente sul **fronte sperimentale**, con un insieme di attrezzature e strumentazione di avanguardia per la misura di polveri fini e ultrafini, oltre che per la rilevazione dei principali inquinanti normati.

Opportunities for Air Quality Improvement, AWMA International Specialty Conference, Xi'an (China), 10-14 maggio 2010.

■ Cernuschi S., Giugliano M., Ozgen S., Consonni S., **Number concentration and chemical composition of ultrafine and nanoparticles from WTE (waste to energy) plants**, Science of the Total Environment, Volume 420, 15 March 2012, Pages 319-326.



Contatore di particelle del LEAP (ELPI: Electrical Low Pressure Impactor)

### Pubblicazioni in evidenza

■ Giugliano M., Cernuschi S., Lonati G., Ozgen S., Sghirlanzoni G.A., Tardivo R., Mascherpa A., Migliavacca G., **Ultrafine particles from combustion sources: sampling and measurement**, Chemical engineering transactions, volume 16, 7-14, 2008.

■ Giugliano M., Cernuschi S., Lonati G., Ozgen S., Sghirlanzoni G.A., Consonni S., Migliavacca G., **Ultrafine and nanoparticle emissions from stationary combustion sources**, EFCA International Symposium Ultrafine Particles, Brussels, Belgium, May 19-20, 2009.

■ Cernuschi S., Giugliano M., Lonati G., Ozgen S., Ripamonti G., **Atmospheric Emissions of Ultrafine and Nanoparticle Size Fractions from Residential Heating Boilers and Waste to Energy Plants**, Chow J., Watson J., Cao J. (eds.), Leapfrogging



Schermata del sistema di acquisizione del contatore ELPI



Progetto UFUPA (Ultrafine Particles in Urban Piacenza Area)



Strumentazione portatile impiegata per il progetto UPUPA



Particolare del manometro di una testa di campionamento LEAP



Particolare della linea di presa del contatore di particelle ELPI

**laboratori sperimentali / LEAPbox**





### LABORATORI SPERIMENTALI

LEAP opera con **3 strutture sperimentali** al proprio interno:

**heat\_box** >>> Laboratorio per la valutazione delle prestazioni di caldaie con potenza termica inferiore a 100 kW.

**wind\_box** >>> Galleria del vento per prove termofluidodinamiche su condotti da fumo per generatori di calore di piccola e media taglia.

**CO2\_box** >>> Banco prova per la determinazione delle proprietà termodinamiche di miscele a base di CO<sub>2</sub>.

#### heat\_box

**Laboratorio per la valutazione delle prestazioni di caldaie con potenza termica inferiore a 100 kW**

Il Laboratorio **heat\_box** dispone di un banco prova caldaie per la verifica della **potenza nominale** e per la determinazione del **rendimento a carico parziale ed a carico nominale** di caldaie di piccola potenza secondo gli standard normativi europei. Il banco prova può operare con caldaie sia a basamento sia murali.

È, inoltre, possibile condurre prove su caldaie:

**combinata / per solo riscaldamento / a condensazione.**

Il banco prova è utile per attività di ricerca e sviluppo di soluzioni innovative, per la verifica dei sistemi di regolazione delle portate e delle temperature, per prove prestazionali su specifici modelli di caldaia e per studi statistici del mercato di riferimento.

LEAP svolge, inoltre, **prove di combustione** sulle caldaie, con misurazione dei composti organici volatili e dei tenori di O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> nei fumi di scarico.

Il Laboratorio è **accreditato** ai sensi della norma **ISO/IEC 17025** per prove di rendimento a carico nominale/parziale su caldaie a combustibile gassoso secondo le prescrizioni **EN 483:2008**, **EN 15420:2011**, **EN 297:2007** e **EN 656:2008**.

Le capacità di prova del laboratorio sono riassunte nella tabella a pagina seguente. L'alimentazione delle caldaie può avvenire con combustibili gassosi (gas riportati in tabella e GPL) oppure con combustibili solidi come le biomasse.



Esterno dell'heat\_box





### CAPACITÀ DI PROVA DEL LABORATORIO HEAT\_BOX

#### CIRCUITO DI RISCALDAMENTO

Grandezza misurata	Intervallo di misura	Strumento di misura
Portata dell'acqua	0 ÷ 3,6 m <sup>3</sup> /h	Misuratore elettromagnetico
Temperatura dell'acqua	15 ÷ 100 °C	Termoresistenze PT100

#### CIRCUITO RAFFREDDAMENTO

Grandezza misurata	Intervallo di misura	Strumento di misura
Massa d'acqua (per misura della portata)	0 ÷ 300 kg	Bilancia elettronica da laboratorio
Temperatura dell'acqua	5 ÷ 100 °C	Termoresistenze PT100

#### CIRCUITO DEL GAS

Grandezza misurata	Intervallo di misura	Strumento di misura
Temperatura del gas	0 ÷ 50°C	Termoresistenze PT100
Portata volumetrica del gas	0,06 ÷ 10 m <sup>3</sup> /h	Misuratore di portata a secco
Pressione relativa del gas	0 ÷ 100 mbar	Trasmittitore piezometrico
Pressione del gas al bruciatore	0 ÷ 50 mbar	Trasmittitore di pressione differenziale

#### CIRCUITO SANITARIO

Grandezza misurata	Intervallo di misura	Strumento di misura
Portata dell'acqua	0 ÷ 3 m <sup>3</sup> /h	Misuratore elettromagnetico
Temperatura dell'acqua	15 ÷ 100 °C	Termoresistenze PT100

### CAPACITÀ DI ALIMENTAZIONE CON COMBUSTIBILI GASSOSI

Codifica gas di prova	Composizione volumetrica del gas	Denominazione
G20	CH <sub>4</sub> = 100%	metano
G25	CH <sub>4</sub> = 86% N <sub>2</sub> = 14%	mix azoto-metano
G30	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> = 50% i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> = 50%	butano
G31	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> = 100%	propano



Vista frontale del banco prova caldaie



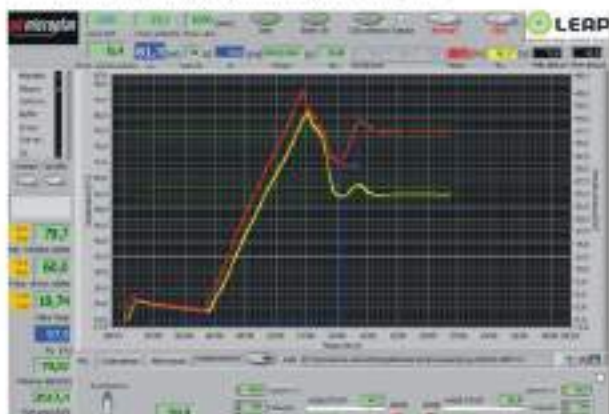
Ricercatori al lavoro nel laboratorio heat\_box



Caldaia murale a gas in prova nel laboratorio heat\_box



Caldaia a basamento in prova nei laboratori heat\_box



Sistema di acquisizione con diagrammi delle temperature durante la prova



## wind\_box

Galleria del vento per prove termofluidodinamiche su condotti da fumo per generatori di calore di piccola e media taglia

Il Laboratorio **wind\_box** dispone di una piccola galleria del vento in grado di simulare le **condizioni atmosferiche** e di svolgere **prove termofluidodinamiche** su terminali di scarico di caldaie, sia di piccola che di media taglia.

Le prove sui condotti da fumo riguardano la **resistenza al flusso**, il **comportamento aerodinamico** con diverse condizioni di vento, il **ricircolo dei gas combusti** e la **resistenza meccanica** alle sollecitazioni esterne. La combinazione della galleria del vento con il banco prova caldaie offre la possibilità di investigare l'influenza dei

condotti di scarico sul rendimento dei generatori di calore in condizioni ambientali prossime a quelle reali (presenza di pioggia e vento).

Al fine di studiare nuove soluzioni o migliorare quelle esistenti, le prove all'interno della galleria del vento possono essere integrate da simulazioni teoriche facendo ricorso a software di **fluidodinamica computazionale**.

Il Laboratorio è **accreditato** ai sensi della norma **ISO/IEC 17025** per prove di resistenza al flusso in assenza/presenza di vento e per la verifica al ricircolo su camini con dimensione compresa tra 50 e 200 mm secondo la prescrizione **CEN/TS EN16134:2011**.

Le capacità di prova del laboratorio sono riassunte nella tabella a pagina seguente.



Il laboratorio wind\_box



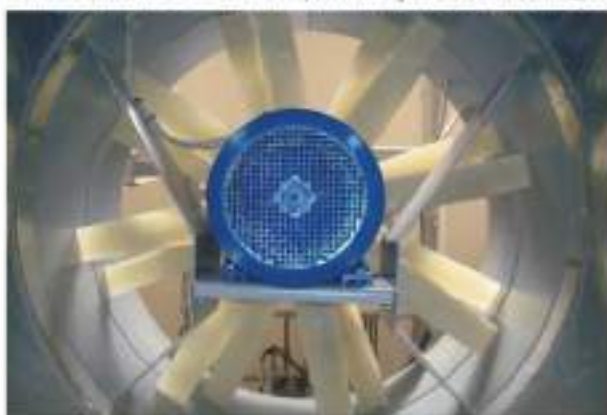
CAPACITÀ DI PROVA DEL LABORATORIO WIND_BOX		
<b>RESISTENZA AL FLUSSO</b>		
<b>Grandezza misurata</b>	<b>Intervallo di misura</b>	<b>Strumento di misura</b>
Misura di pressione differenziale	$\pm 500$ Pa	Manometro differenziale elettronico
<b>SIMULATORE DI CALDAIA</b>		
<b>Grandezza misurata/generata</b>	<b>Intervallo di misura/prova</b>	<b>Strumento di misura/componente</b>
Portata d'aria nel condotto da fumo	$0 \div 45$ kg/h	Ventilatore assiale a bocche rovesce
Portata in transito nel condotto	$\beta = 0,327$	Diaframma calibrato
Circuito di iniezione della CO <sub>2</sub>	$0 \div 15$ % vol.	Utilizzo CO <sub>2</sub> come gas tracciante
<b>GENERATORE DI VENTO (dimensioni 1,214 x 1,214 m )</b>		
<b>Grandezza misurata/generata</b>	<b>Intervallo di misura/prova</b>	<b>Strumento di misura/componente</b>
Velocità del vento	$0 \div 12,5$ m/s	N.2 ventilatori - potenza 13 kW
Intensità della turbolenza del flusso	$< 2$ %	
Misura della velocità del vento	$0 \div 60$ m/s	N. 3 sonde anemometriche a filo caldo
Angolo di incidenza del vento	$-45^\circ \div +90^\circ$	Supporto mobile orientabile con encoder
<b>TAVOLA PORTAPEZZO</b>		
<b>Parametro di prova</b>	<b>Intervallo di prova</b>	<b>Componente</b>
Pendenza di falda	$0^\circ \div +90^\circ$	Simulazione piano di falda o parete orizzontale
Modifica dell'incidenza di falda al vento	$-90^\circ \div +90^\circ$	Supporto rotante con encoder
<b>TELAIO PROVE STRUTTURALI</b>		
<b>Parametro di prova</b>	<b>Intervallo di prova</b>	<b>Componente</b>
Carico sul terminale da fumo in prova	$0^\circ \div 1177$ N (120kg)	Attuatore pneumatico



Terminale di scarico di una caldaia in prova nella galleria del vento wind\_box



Terminale di scarico installato sulla tavola portapezzo che simula la falda del tetto



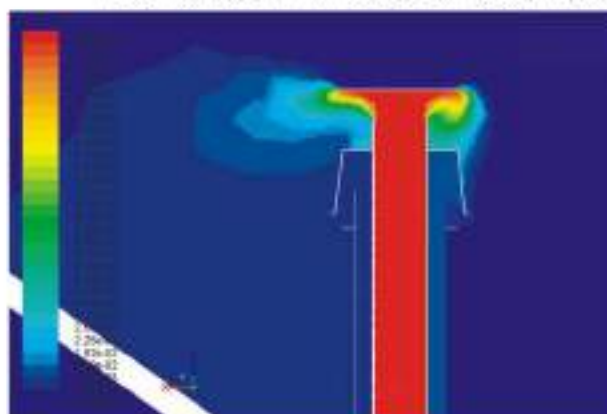
Particolare dei ventilatori del generatore di vento



Particolare del sistema di movimentazione della tavola portapezzo



Simulazione CFD del campo di velocità dei flussi interni ed esterni



Simulazione CFD della concentrazione di CO<sub>2</sub> iniettata come tracciante



### CO<sub>2</sub>\_box

**Banco prova per la determinazione delle proprietà termodinamiche di miscele a base di CO<sub>2</sub>**

Le strategie tecnologiche di cattura della CO<sub>2</sub>, pur basandosi su principi fisici differenti, sono accomunate dalla produzione di correnti di CO<sub>2</sub>, non pura a causa della presenza di altri elementi o composti chimici in traccia.

La conoscenza delle **proprietà termodinamiche** di queste **miscele a base di CO<sub>2</sub>**, è necessaria per lo studio applicativo dei sistemi e dei componenti degli impianti di cattura, trasporto e stoccaggio.

D'altra parte, queste informazioni non sono attualmente reperibili nella letteratura scientifica, pertanto si rende indispensabile una attività sperimentale come quella progettata e realizzata da LEAP nel laboratorio CO<sub>2</sub>\_box. L'obiettivo è l'acquisizione di un insieme di dati sperimentali utile a calibrare i modelli matematici usati per prevedere il comportamento delle miscele ricche di CO<sub>2</sub>.

Il banco prova è il risultato dell'integrazione di due strutture sperimentali: un banco capace di operare una misura diretta del comportamento volumetrico di miscele monofase mediante densimetro a tubo vibrante (banco p-ρ-T, pressione - densità - temperatura) ed un banco per analizzare miscele in equilibrio di fase dotato di gascromatografo per la determinazione della composizione delle fasi liquida e vapore (banco VLE, Vapor Liquid Equilibrium, pressione -



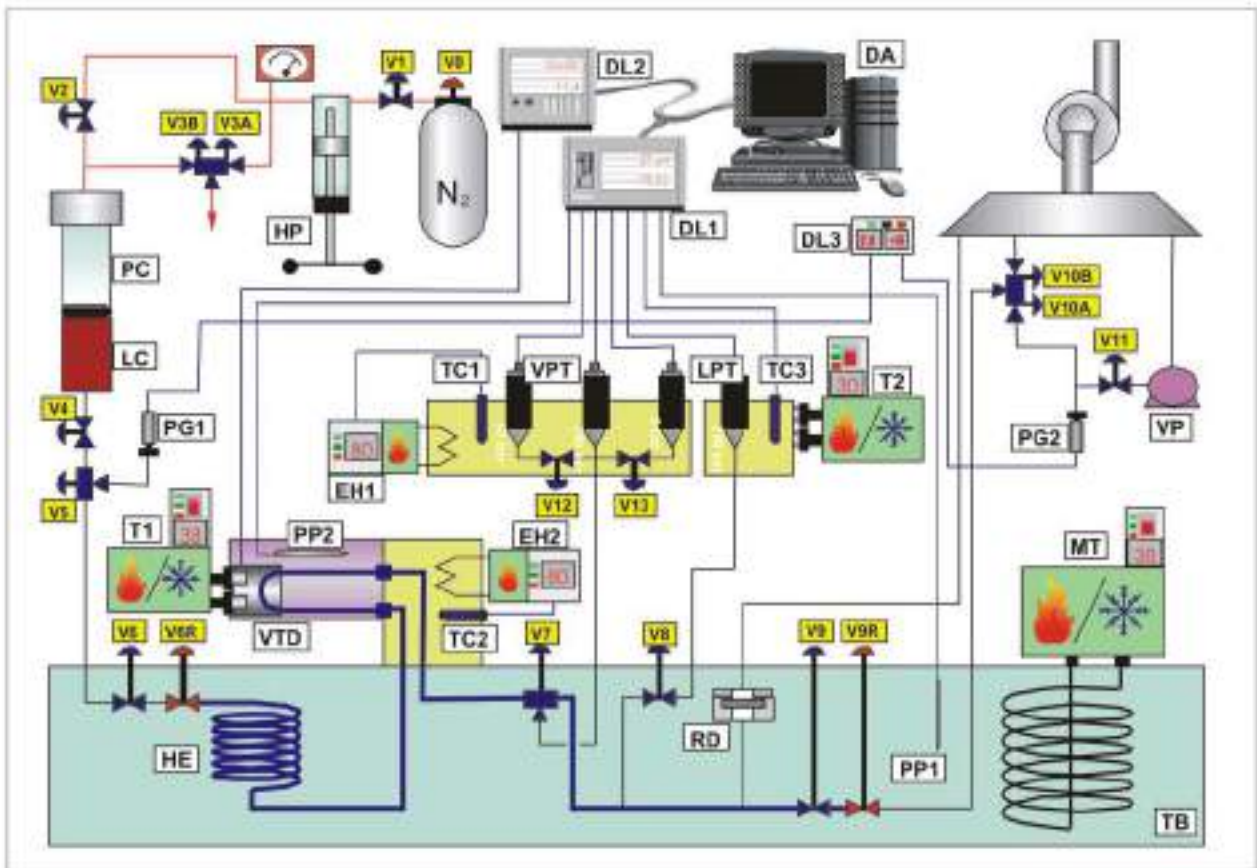
Il laboratorio CO<sub>2</sub>\_box

temperatura - composizione fasi L e V).

Con questa dotazione sperimentale LEAP è in grado di estendere le proprie capacità di analisi anche ad altri ambiti di applicazione, ovvero ai **fluidi di lavoro per cicli ORC** (Organic Rankine Cycles) a bassa temperatura ed ai **fluidi refrigeranti**.

Un quadro riassuntivo delle capacità di prova del laboratorio CO<sub>2</sub>\_box è riportato nella tabella seguente:

CAPACITÀ DI PROVA DEL BANCO CO <sub>2</sub> _BOX	
Intervallo di temperatura	-60 ÷ 200 °C
Intervallo di pressione	0 ÷ 200 bar
Miscela a base di CO <sub>2</sub> trattate (da pre-combustione)	CO <sub>2</sub> + (N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> S)
Miscela a base di CO <sub>2</sub> trattate (da ossi-combustione)	CO <sub>2</sub> + (Ar, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> )
Fluidi di lavoro per ORC	Toluene, Benzene, p-xilene (idrocarburi aromatici)
	MM, MM/MDM/MD2M (silossani e miscele di silossani)
	Butano, Pentano (idrocarburi a catena lineare)
	Esafuorobenzene (perfluorocarburi aromatici)
Altri fluidi per industria chimica e di processo	Fluidi refrigeranti



Schema dell'apparato sperimentale per la determinazione del comportamento volumetrico delle miscele monofase a base di CO<sub>2</sub>.



Vista frontale del banco prova per miscele monofase a base di CO<sub>2</sub>.



Esterno del CO<sub>2</sub>\_box



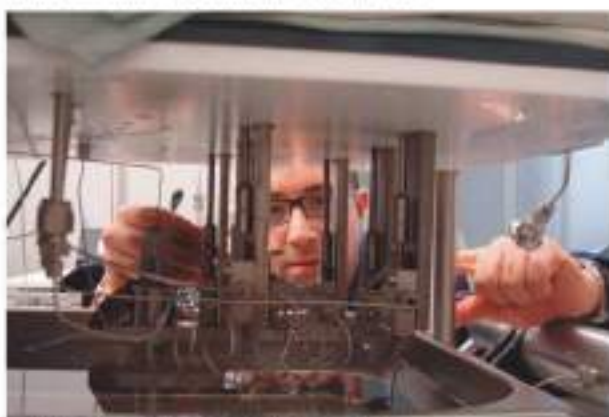
Bilancia analitica con serbatoio delle miscele in prova



Sistema di acquisizione dati



Bagno termostatico principale del banco per miscele monofase



Circuito di misura del banco per miscele monofase



Vaivole del banco prova



consulenza + servizi + prove





Nell'ambito delle linee di ricerca in cui è attivo, LEAP eroga anche **consulenze, servizi e prove** su impianti e in ambiente.



## 1 – MATERIA ED ENERGIA DA RIFIUTI, RESIDUI E BIOMASSE

Responsabili > **Prof. Stefano Consonni, Prof. Michele Giugliano**

Sul tema del recupero di materia ed energia da rifiuto, LEAP eroga consulenze che coprono l'analisi di tutta la filiera di trattamento, la valutazione dei bilanci complessivi di massa ed energia e l'analisi del ciclo di vita (LCA), in modo da poter individuare le soluzioni più efficienti dal punto di vista energetico, ambientale ed economico.

Alcuni esempi delle attività svolte sono:

### CONTRATTO

Studio modellistico della pirólizzazione degli pneumatici a fini energetici.

committente	resp. scientifici	anno
Curti SpA	Prof. Consonni	2011

Ricerca e sviluppo di un processo innovativo con nuove soluzioni e metodiche finalizzate al recupero e alla valorizzazione di solventi industriali esausti.

committente	resp. scientifici	anno
Solveko SpA	Prof. Consonni, Pellegini	2011

Consulenza relativa all'aumento della capacità dell'impianto di termoutilizzazione rifiuti di Piacenza.

committente	resp. scientifici	anno
Tecnoborgo SpA	Prof. Consonni, Giugliano	2012

Metodologie e tecnologie per il controllo della combustione dei rifiuti.

committente	resp. scientifici	anno
Tecnoborgo SpA	Prof. Consonni	2012

Riguardo la produzione di energia da residui di origine biogenica e biomassa, LEAP è attivo nel settore con valutazioni comparative di filiera in termini di energia prodotta, emissioni di gas serra evitate e ritorno economico.

Esempi di attività svolte nel settore sono i seguenti:

### CONTRATTO

Potenzialità e sostenibilità di una centrale a biomassa situata nel comune di Borgonovo Val Tidone.

committente	resp. scientifici	anno
Comune di Borgonovo Val Tidone (PC)	Prof. Chiesa, Consonni	2008

Consulenza relativa ad un impianto per la produzione di biogas - tramite digestione di biomasse agricole ubicato nel comune di Vigobone.

committente	resp. scientifici	anno
Società Agricola Al Be Ro, Srl	Prof. Consonni	2010

Progetto CUBIS (Cogenerazione Urbana da Biomasse e Solare)

committente	resp. scientifici	anno
Bando Ministero dell'Ambiente	Prof. Consonni, Motta	2012



## 2 - GENERAZIONE DI ENERGIA TERMICA AD ALTA EFFICIENZA

A completamento delle attività di ricerca svolte in questo ambito, LEAP offre servizi e prove su impianti in due settori: le utenze civili e i grandi generatori di vapore. Per quanto riguarda le caldaie domestiche, il laboratorio è in grado di soddisfare le richieste di un mercato in continua evoluzione, nel quale le aziende richiedono flessibilità e versatilità alle strutture di prova.

Un esempio delle attività svolte in questo comparto è:

### CONTRATTO

Efficienza energetica ed impatto ambientale degli impianti termici, autoriscaldatori e centralizzati, nel contesto normativo nazionale e regionale.

committente	resp. scientifici	anno
Anima Assotermica	Prof. Marchesi	2009

In riferimento al settore dei grandi generatori di vapore, LEAP mette a disposizione di costruttori ed esercenti di impianti di termoutilizzazione dei rifiuti e di impianti di potenza strumenti per l'esecuzione di accurate misure di temperatura.



La dotazione strumentale è costituita da:

**3 pirometri a suzione** di lunghezza nominale 4000 mm

**3 pirometri a suzione** di lunghezza nominale 2000 mm

I pirometri sono costituiti da una termocoppia, tarata presso un centro SIF, inserita all'interno di un condotto metallico a sezione circolare in modo da schermare opportunamente il giunto caldo.

Il sistema di schermi, cilindrici e a bassa emissività, isola il sensore dall'irraggiamento dell'ambiente circostante, cioè dal fattore di maggiore influenza delle misure.

I pirometri necessitano di acqua di raffreddamento e di aria compressa per azionare l'eiettore per l'aspirazione dei fumi.

Per l'inserimento dei pirometri è necessario siano disponibili dei bocchelli di diametro pari a 40 mm sulle pareti della camera di combustione.

Il ricorso ai pirometri consente la taratura delle tradizionali termocoppie installate sull'impianto al fine di ottenere un miglior controllo della temperatura di post-combustione, nel rispetto delle prescrizioni della normativa vigente.

Inoltre, variando la profondità di inserimento dei pirometri, è possibile effettuare la tracciatura del profilo di temperatura nelle varie sezioni di passaggio dei fumi.

Tali interventi sono importanti in quanto la temperatura dei gas nella zona di post-combustione dei termoutilizzatori di RSU deve essere monitorata in continuo per limitare la presenza di composti inquinanti nei fumi.

Un esempio delle attività svolte in questo comparto è:

#### CONTRATTO

Prove e verifiche di sonde per la misurazione delle temperature in camera di post-combustione nei termovalorizzatori di HERAMBENTE SpA. Analisi dei dati e validazione della procedura di calcolo.

committente	resp. scientifici	anno
HERAMBENTE SpA	Prof. Consonni, Marchesi	2011

## CARATTERISTICHE TECNICHE DEI PIROMETRI A SUZIONE

### TERMOCOPPIE

Grandezza misurata	Intervallo di misura	Strumento di misura
Temperatura dei fumi	Fino a 1200°C	Termocoppia di tipo K
Temperatura dei fumi	Fino a 1600°C	Termocoppia di tipo S

### ACQUA DI RAFFREDDAMENTO

Grandezza	Intervallo di misura	Note
Portata d'acqua	20 ÷ 40 l/min	N°2 connessioni (in/out) con attacco rapido da ½"
Temperatura dell'acqua	10 ÷ 25 °C	

### ARIA COMPRESSA

Grandezza	Intervallo di misura	Note
Portata d'aria	180 ÷ 360 l/min	N°1 connessione con attacco rapido da ½"
Pressione	5 bar	



consulenze + servizi + prove

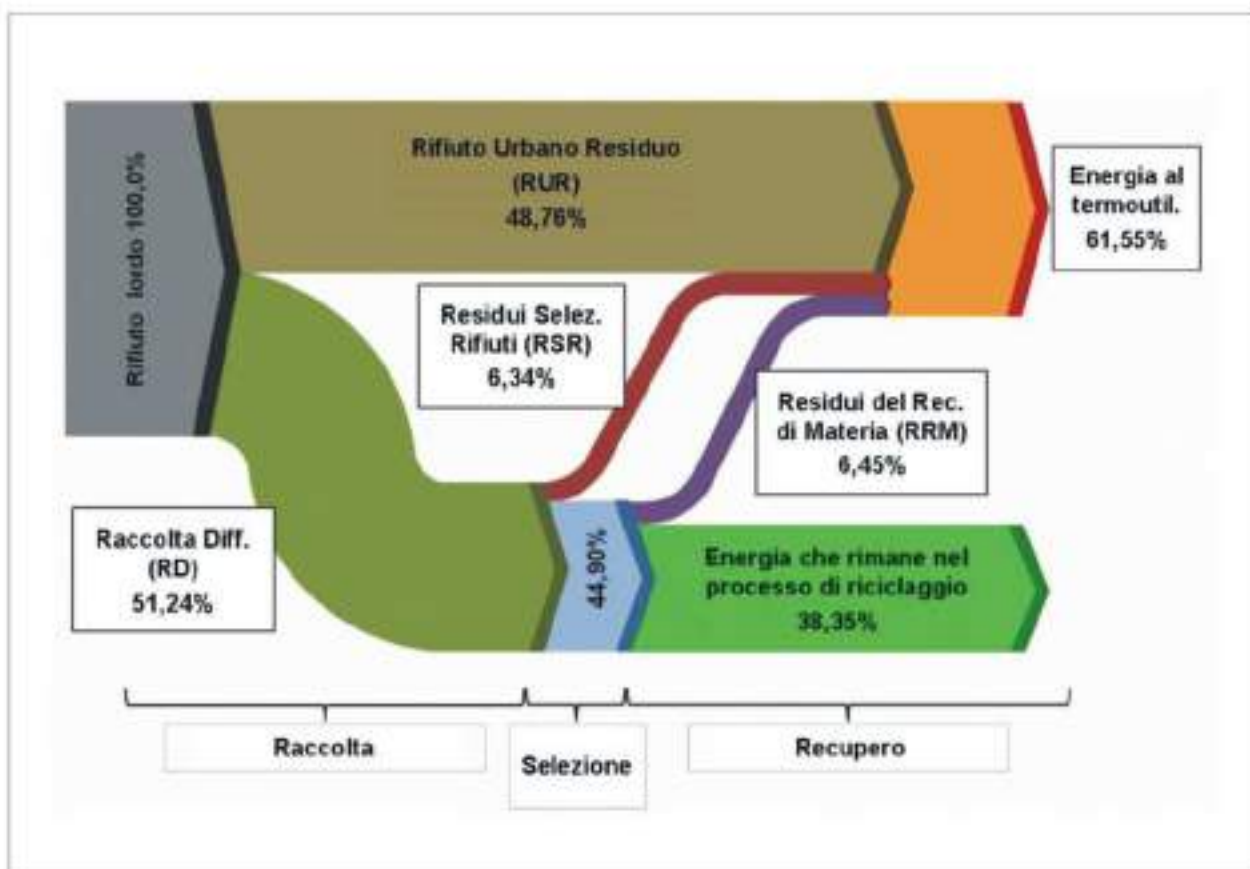


Diagramma a fiume del bilancio energetico di un sistema integrato di gestione dei rifiuti valutato da LEAP



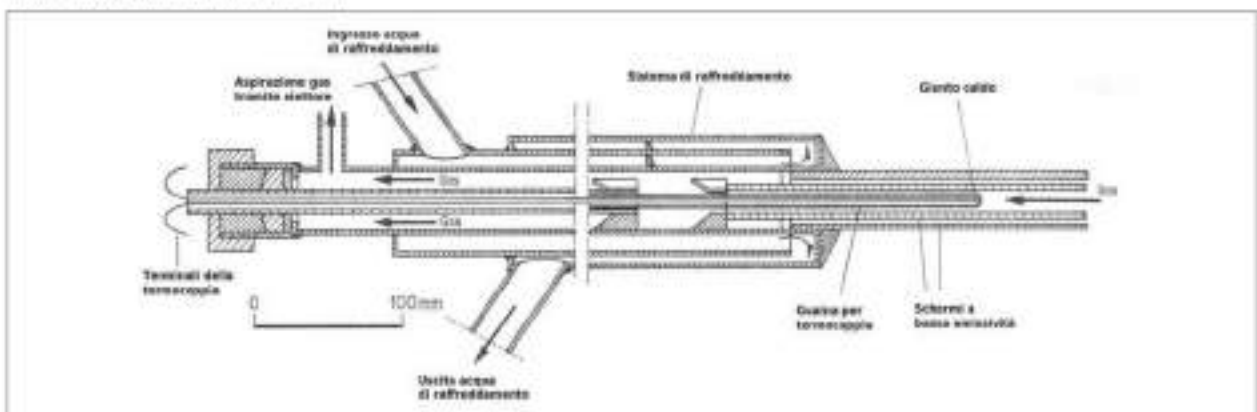
Deposito legname e torri di raffreddamento di impianto a biomasse



Modulo cogenerativo di un impianto a biogas



Pireometri impiegati in un termovalorizzatore



Sezione longitudinale di un piremetro a suzione e schema di funzionamento



### 3 - TERMOIDRAULICA PER IMPIANTI NUCLEARI INNOVATIVI

Responsabile > **Prof. Marco Ricotti**

La ricerca sullo scambio termico bifase, condotta da LEAP in collaborazione con i vicini Laboratori SIET, trova interessanti applicazioni anche al di fuori del settore nucleare. Per alcuni impieghi industriali, fra cui quelli di alcuni generatori di vapore a recupero, dei generatori di vapore per gli impianti solari termodinamici e degli scambiatori di calore per impianti di liquefazione del gas naturale (LNG), i banchi di scambio a tubi elicoidali hanno caratteristiche vincenti.

Le doti che li rendono particolarmente interessanti sono la compattezza e la capacità di assorbire le dilatazioni termiche. Inoltre, la geometria curvilinea influisce favorevolmente sui coefficienti di scambio termico per effetto della forza centrifuga che determina un incremento del grado di turbolenza del flusso. Pertanto, alcuni risultati derivati da esperienze di ricerca in questo campo risultano utili per consulenze in altri settori.



### 4 - TECNOLOGIE PER UTILIZZO DEI COMBUSTIBILI FOSSILI E CATTURA DELLA CO<sub>2</sub>

Responsabile > **Prof. Paolo Chiesa**

L'approccio modellistico con software di simulazione di impianti energetici avanzati e le attività sperimentali del banco prova CO<sub>2</sub>\_box, utilizzati da LEAP per i progetti di ricerca in questa area, sono impiegati dal Laboratorio anche per erogare consulenze e servizi.

Di seguito un esempio di attività nel settore:

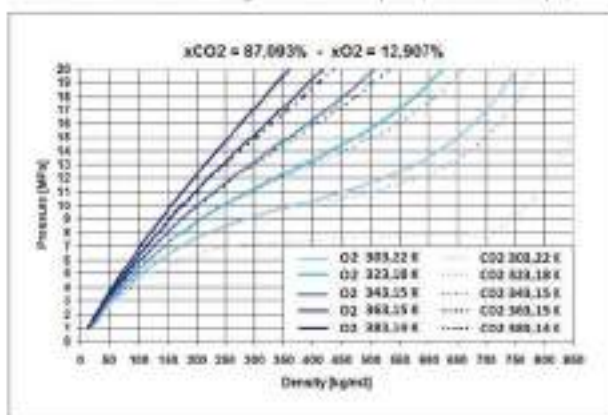
#### CONTRATTO

Prove sperimentali su miscele a base CO<sub>2</sub> per applicazioni di trasporto a lungo raggio legate a tecnologie CCS

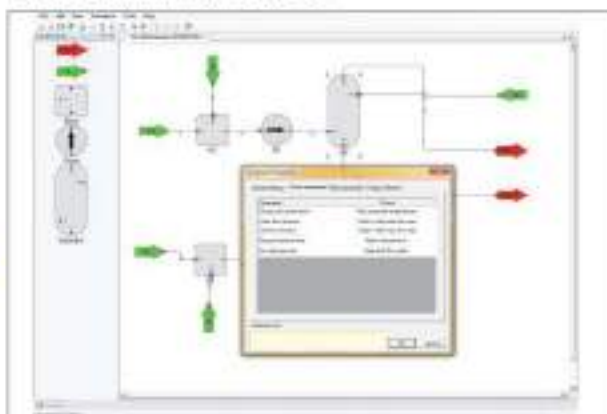
committente	resp. scientifici	anno
DICAT Università di Genova	Prof. Chiesa	2011



Fascio tubiero elicoidale di un generatore a recupero (Garioni Naval SpA)



Misure di densità su miscele a base CO<sub>2</sub>



Software di simulazione sviluppato da LEAP e Dip. di Energia del Politecnico



## 5 - ENERGIE RINNOVABILI ED EFFICIENZA ENERGETICA

Responsabile > Prof. Stefano Consonni

LEAP è particolarmente impegnato nell'offrire la propria competenza per promuovere la generazione di energia da fonti rinnovabili. Lo sforzo del gruppo di lavoro è diretto principalmente alle fonti solare, eolica, geotermica, mini-idroelettrica. In generale, i servizi erogati da LEAP coprono lo studio della produttività energetica delle suddette fonti attraverso programmi di simulazione numerica e di georeferenziazione, congiuntamente allo studio di fattibilità tecnico-economica dei relativi impianti.

Alcune delle collaborazioni del LEAP nel settore sono:

### CONTRATTO

Consulenza per l'esecuzione di valutazioni tecnico-economiche di impianti a fonti rinnovabili.

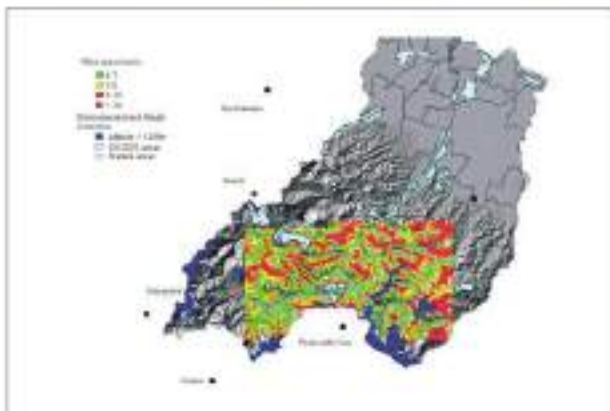
committente	resp. scientifici	anno
Gruppo Cariparma Crédit Agricole	Prof. Consonni, Delanti	2011

Quantificazione della risorsa eolica nel territorio piacentino.

committente	resp. scientifici	anno
Irea SpA	Ingg. Guizzoni, Viganò	2011

Collaborazione allo sviluppo di metodologie per l'attivazione e l'applicazione di filiere bioenergetiche nell'ambito del progetto europeo Make It Be ([www.makeitbe.eu](http://www.makeitbe.eu)).

committente	resp. scientifici	anno
CRPV Soc. Coop	Prof. Guarise	2011

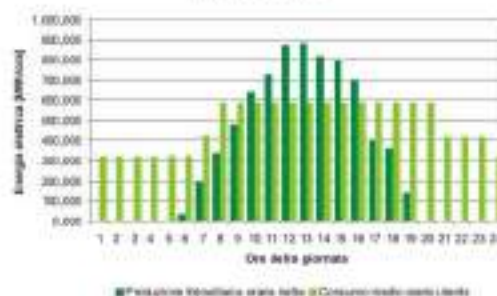


Mapa della ventosità della provincia di Parma in uno studio LEAP

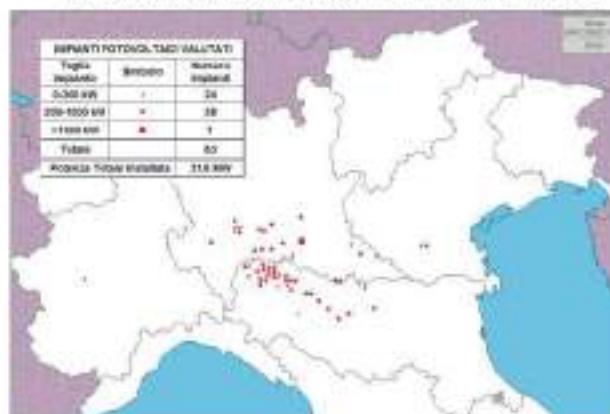


Flussi energetici di un impianto fotovoltaico simulato da LEAP

### Confronto produzione PV reale - consumi reali orari Azienda in un giorno di Luglio



Produzione fotovoltaica confrontata con i consumi giornalieri dell'utenza



Mapa di alcuni impianti fotovoltaici valutati da LEAP



consulenze + servizi + prove



## 6 – EMISSIONI GASSOSE, POLVERI FINI E QUALITÀ DELL'ARIA

Responsabili > Prof. Stefano Cernuschi, Prof. Michele Giugliano

La dotazione strumentale di LEAP consente di effettuare misurazioni di particolato fine, ultrafine e nanoparticelle sia in flussi convogliati, cioè al punto di emissione (camini di impianti di combustione o di processi industriali), sia in atmosfera. Inoltre, il Laboratorio è in grado di svolgere in flussi convogliati rilevamenti delle concentrazioni dei principali inquinanti regolamentati.

### Misurazione di particolato ultrafine e nanopolveri nelle emissioni convogliate ed in atmosfera

LEAP dispone di strutture dedicate e di strumentazione innovativa per la misura della concentrazione di **particolato fine** (PM<sub>2,5</sub>), **ultrafine** (PM<sub>0,1</sub>) e **nanoparticelle** ( $d < 50$  nm) in flussi convogliati, in atmosfera esterne ed in ambienti indoor.

Con questa dotazione il LEAP è in grado di organizzare sia rilevamenti in **supersiti fissi** sia **campagne di misura mobili**.

Il complesso delle attrezzature e della strumentazione disponibile è riportato nella tabella a pagina seguente dove si è distinto fra strumenti per misurazioni fisse e apparecchiature per rilievi mobili.



Camino su cui LEAP ha svolto misure di particolato



Linea di campionamento su camino impianto a combustione di biomassa solida



Analizzatori portatili di gas esausti in uso sul camino di un termoutilizzatore





## DOTAZIONE DI MISURA DI PARTICOLATO ULTRAFINE E NANOPOLVERI

### Strumenti per postazioni fisse

Strumento / attrezzatura	Intervallo di misura	Principio di funzionamento	Caratteristiche principali
Cabina condizionata	–	–	Dimensioni 2,5 x 2,4 x 2,44 m. Condizionamento 9000 BTU/h con pompa di calore
ELPI (Electrical Low-Pressure Impactor) Dekati	Diametro polveri = 0,007 $\mu$ m + 10 $\mu$ m	Caricatore di particelle unipolare a corona, classificazione dimensionale con impattore a cascata, identificazione elettrica	Misura disaggregata in 12 classi dimensionali
Fine Particle Sampler FPS 4000 Dekati	Rapporto diluizione 1:20 + 1:200	Sonda di prelievo e diluizione a due stadi da accoppiare ad ELPI	
Condensation Particle Counter (CPC) TSI 3775	Diametro polveri = 4 nm + 3 $\mu$ m	Letto ottico accoppiato a sistema di saturazione/condensazione con alcool isopropilico	
Ultrafine Particle Monitor TSI 3031	Diametro polveri = 20 nm + 1000 nm	Caricatore di particelle, analizzatore differenziale di mobilità delle particelle (DMA), identificazione elettrica	Misura disaggregata in 6 classi dimensionali
Environmental Sampling System TSI 3031200	Diametro polveri = 20 nm + 1000 nm	Sistema di prelievo in aria ambiente da accoppiare a TSI 3031	
GRIMM Enviro-check 1.107	Diametro polveri = 0,30 $\mu$ m + 20 $\mu$ m	Letto a diffrazione laser	Misura disaggregata in 15 classi dimensionali
MOUDI (Micro-orifice Uniform Deposition Impactor) MSP	Diametro polveri = 56 nm + 18 $\mu$ m	Deposizione su substrati di campionamento	Misura disaggregata in 11 classi dimensionali
Low Volume Sampler 3.1	PM1	Deposizione su filtro di campionamento	

### Strumenti per il rilevamento mobile

Strumento / attrezzatura	Intervallo di misura	Principio di funzionamento	Caratteristiche principali
P-Trak Ultrafine Particle Counter - TSI 8525	Diametro polveri = 20 nm + 1 $\mu$ m	Letto ottico accoppiato a sistema di saturazione/condensazione con alcool isopropilico	
Personal Laser Counter DustMonit Contec	Diametro polveri = 0,3 $\mu$ m + 10 $\mu$ m	Laser scattering	Misura disaggregata in 8 classi dimensionali



### Misurazione di inquinanti in flussi gassosi convogliati

LEAP offre servizi di **misurazione di inquinanti principalmente nei flussi gassosi convogliati** da processi di combustione fissa e da processi industriali. Per questo scopo è dotato di apparati di misura in continuo dei principali parametri ed inquinanti della combustione.

La dotazione strumentale di cui dispone il Laboratorio è riportata nella seguente tabella:

DOTAZIONE DI MISURA DI INQUINANTI IN FLUSSI GASSOSI			
Strumento	Intervallo di misura	Principio di funzionamento	Caratteristiche principali
Portable automatic hydrocarbons analyser. THC-MET-NMHC, NIRA Mercury 901	30-100-300-1.000-10.000 mg/m <sup>3</sup>	Separazione cromatografica e ionizzazione di fiamma (FID)	Misure con disaggregazione di Metano e Idrocarburi Non Metanici o Totali
Portable flue gas analyzer Madur Electronics GA-21 plus	Variabile in funzione del gas	Sensori elettrochimici e sensori ad infrarossi	Misure di O <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , NO, e SO <sub>2</sub>
Personal Laser Counter DustMonit Contec	Variabile in funzione del gas	Microsensori	Misure in aria ambiente di CO, NO,

Alcuni esempi di attività in questo ambito sono:

#### CONTRATTO

Emissioni di polveri fini e ultrafini da impianti di combustione

<b>committente</b>	<b>resp. scientifici</b>	<b>anno</b>
Federambiente	Proff. Cernuschi, Consonni, Giugliano	2010

Emissioni di particolato ultrafine e nano particolato dall'impianto di termovalorizzazione FEA di Bologna

<b>committente</b>	<b>resp. scientifici</b>	<b>anno</b>
HERA SpA	Proff. Cernuschi, Giugliano	2011

Emissione di polveri ultrafini e verifica tecnologica dell'impianto Geoter per il trattamento delle terre di bonifica

<b>committente</b>	<b>resp. scientifici</b>	<b>anno</b>
Geoter Srl	Proff. Cernuschi, Consonni	2011

Emissioni atmosferiche di particolato ultrafine e nano-particelle dalla combustione di biomasse

<b>committente</b>	<b>resp. scientifici</b>	<b>anno</b>
PowerCrop SpA	Proff. Cernuschi, Giugliano	2012



Strumentazione posizionata su un camino





Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza

**Consorzio L.E.A.P.**  
**Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza**

Via N. Bixio 27/c | 29121 - Piacenza  
tel +39.0523.356879/579774 \_ fax +39.0523.623897  
[www.leap.polimi.it](http://www.leap.polimi.it) \_ [info.leap@polimi.it](mailto:info.leap@polimi.it)

POLITECNICO DI MILANO



CONSTRUIAMO INSIEME IL FUTURO



SINGERT