

Il Settore Energetico e l'Economia Verde: le nuove roadmap tecnologiche per la RIS3 proposte dal Distretto Tecnologico per l'Energia ed Economia Verde – DTE²V



1

**Consorzio per lo Sviluppo delle aree Geotermiche - CoSviG
Soggetto Gestore DTE²V**

> www.dte-toscana.it
> info@cosvig.it

ABSTRACT

Introduzione - La cornice di riferimento

La RIS3 "Research and Innovation Strategy for Smart Specialisation" rappresenta la Strategia regionale per l'innovazione e la ricerca che Stati Membri e Regioni sono chiamati ad adottare, in ottemperanza alle previsioni dei regolamenti dell'Unione europea, individuando i domini tecnologici prioritari per le politiche regionali e la programmazione dei fondi strutturali e di investimento europei. La RIS3 influenza gli ambiti tecnologici di applicazione dei Programmi Operativi Regionali (POR). In questo contesto, nel 2013 sono state redatte una serie di Roadmap prioritarie che descrivevano le tecnologie e gli ambiti di applicazione chiave su cui puntare in Toscana in tema di ricerca ed innovazione tecnologica, roadmap che hanno accompagnato sin qui l'attuazione dei bandi POR FESR 2014-2020. Funzionalmente al processo di revisione e verifica della Strategia regionale di Smart Specialisation, la Regione Toscana ha invitato i Distretti Tecnologici alla verifica e aggiornamento delle roadmap contenute nel documento di Strategia Regionale al fine di promuoverne l'efficienza e l'efficacia e di informare sul relativo contributo alla futura politica di coesione e alla politica di ricerca e innovazione dopo il 2020.

2

Al Distretto Tecnologico Energia ed Economia Verde -DTE²V-, nello specifico, è stato demandato il compito, di una verifica da svolgersi mediante incontri e confronti con le rappresentanze della governance di Distretto, nonché con i principali stakeholder del comparto di appartenenza, per far emergere le opportunità strategiche di maggiore interesse alla luce degli sviluppi tecnologici e congiunturali occorsi nell'ultimo triennio. Sfida ultima di tale percorso di revisione è quella tesa a individuare i benchmark di competitività a livello europeo sui quali poter confrontare i best performer regionali nelle aree di competenza dei distretti tecnologici, analisi e matching utili a stimolare la partecipazione di tali soggetti sui programmi quadro per la ricerca europea.

Le roadmap individuate

Il DTE²V ha individuato 4 nuove roadmap strategiche in una logica di coerenza ed aggiornamento delle precedenti roadmap 2013:

- Roadmap 1 - Fabbrica 4.0 – verso nuove forme di efficientamento energetico dei processi e dei sistemi
- Roadmap 2 - Processi di valorizzazione della Geotermia e delle altre fonti energetiche rinnovabili
- Roadmap 3 - Decarbonizzazione: sistemi innovativi e nuove opportunità di riduzione della CO₂ diretta
- Roadmap 4 - Potenzialità e prospettive di sviluppo delle filiere del GNL in toscana

Tali roadmap vanno ad incidere/implementare/modificare, i percorsi di sviluppo individuati nella RIS3 del 2013. La riorganizzazione delle roadmap qui proposte, anche alla luce del dibattito sviluppato nel comparto a livello di distretto tecnologico e di operatori economici coinvolti, è orientata nello specifico a fornire una maggiore concentrazione delle filiere di interesse nel quadro del processo di aggiornamento della RIS3, poiché più promettenti nel breve-medio periodo.

Lo scenario italiano, europeo e globale

Il cambiamento climatico è divenuto parte centrale del contesto energetico mondiale. L'Accordo di Parigi del dicembre 2015 definisce un piano d'azione per limitare il riscaldamento terrestre al di sotto dei 2 °C, segnando un passo fondamentale verso la de-carbonizzazione.

La domanda di energia globale è stimata in crescita (+18% al 2030) anche se a un tasso in decelerazione (negli ultimi 15 anni + 36%).

Il mix di energia primaria è in forte evoluzione:

- rinnovabili e nucleare: +2,5% entro il 2030; la continua riduzione dei costi delle rinnovabili nel settore elettrico e dei sistemi di accumulo, insieme all'adeguamento delle reti, sosterrà la loro continua diffusione;
- gas: + 1,5% entro il 2030; la crescita è spinta dall'ampia domanda in Cina e Medio Oriente; il mercato mondiale GNL diventerà sempre più "liquido", con un
- raddoppio dei volumi scambiati entro il 2040 e con possibili effetti al ribasso sui prezzi;

- petrolio e carbone in riduzione: cala la produzione di petrolio e la domanda di carbone (-40% in UE e -30% in USA nel 2030);
- elettrificazione della domanda: l'elettricità soddisferà il 21% dei consumi finali al 2030.

L'efficienza energetica avrà sempre più un ruolo chiave:

- nel 2015, nonostante il basso costo dell'energia, l'intensità energetica globale è migliorata dell'1,8% (circa il doppio della media dell'ultimo decennio), contribuendo positivamente alla riduzione della crescita di emissioni di CO₂;
- la crescita delle fonti rinnovabili elettriche comporterà un incremento degli investimenti in infrastrutture elettriche flessibili per garantire qualità, adeguatezza e sicurezza dei sistemi elettrici.

3

In un contesto internazionale segnato da un rafforzamento dell'attività economica mondiale e da bassi prezzi delle materie prime, nel 2016 l'Italia ha proseguito il suo percorso di rafforzamento della sostenibilità ambientale, della riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra, dell'efficienza e della sicurezza del proprio sistema energetico.

Lo sviluppo delle fonti rinnovabili è funzionale non solo alla riduzione delle emissioni ma anche al contenimento della dipendenza energetica e, in futuro, alla riduzione del gap di prezzo dell'elettricità rispetto alla media europea.

Di grande rilievo per il nostro Paese è la questione della compatibilità tra obiettivi energetici ed esigenze di tutela del paesaggio. Si tratta di un tema che riguarda soprattutto le fonti rinnovabili con maggiore potenziale residuo sfruttabile. L'obiettivo italiano è di favorire le iniziative per la riduzione dei consumi col miglior rapporto costi/benefici per raggiungere nel 2030 il 30% di risparmio rispetto al tendenziale fissato nel 2030, nonché di dare impulso alle filiere italiane che operano nel contesto dell'efficienza energetica come edilizia e produzione ed installazione di impianti.

In tale quadro si prevede un'accelerazione nella decarbonizzazione del sistema energetico, per intervenire gradualmente su tutto il processo energetico, per conseguire rilevanti vantaggi ambientali e sanitari e contribuire al raggiungimento degli obiettivi europei. La Strategia prevede quindi l'impegno politico alla cessazione della produzione termoelettrica a carbone al 2025. Per realizzare questa azione in condizioni di sicurezza, è necessario realizzare in tempo utile il piano di interventi indispensabili per gestire la quota crescente di rinnovabili elettriche e completarlo con ulteriori, specifici interventi in termini di infrastrutture e impianti, anche riconvertendo gli attuali siti con un piano concordato verso poli innovativi di produzione energetica.

La SEN pone l'obiettivo di dotare il sistema di strumenti innovativi e infrastrutture per garantire l'adeguatezza e il mantenimento degli standard di sicurezza; garantire flessibilità del sistema elettrico, anche grazie allo sviluppo tecnologico, in un contesto di crescente penetrazione delle fonti rinnovabili; promuovere la resilienza del sistema verso eventi meteo estremi ed emergenze; semplificare i tempi di autorizzazione ed esecuzione degli interventi.

Matrice di Identificazione delle priorità delle roadmap e delle filiere proposte

Roadmap (titolo)	Roadmap - filiere	Ordine di priorità (scala 1-5) (**)
1) Fabbrica 4.0 - verso nuove forme di efficientamento energetico dei processi e dei sistemi	Efficientamento energetico edifici	4
	Efficientamento processi	4
	Potenziamento Sensoristica per monitoraggio processi	3
	Digitalizzazione e automazione processi efficientamento	4
2) Processi di valorizzazione della Geotermia e delle altre fonti energetiche rinnovabili	Topic 1: Geotermia	5
	Topic 2: Bioenergie	3
	Topic 3: Solare (termico fotovoltaico)	3
3) Decarbonizzazione: sistemi innovativi e nuove opportunità di riduzione della CO2 diretta	Penetrazione vettore elettrico	3
	Mobilità elettrica	3
	Idrogeno	1
4) Sviluppo delle filiere del GNL in toscana	Dimostratore impianto liquefazione da gas naturale di origine geologica	5
	Small scale liquifier systems	4
	BioGNL	4

(**) L'Ordine di priorità è stabilito, a valle di un processo di condivisione con il Comitato di indirizzo tecnologico e con gli esperti afferenti ai panel attivati dal soggetto gestore del DTE, prendendo in considerazione i seguenti parametri:

- Presenza di centri di competenze a scala regionale (ricercatori, infrastrutture del TT, know how addetti)
- Presenza imprese toscane a presidio dei segmenti delle filiere produttive
- Prospettive di sviluppo a medio-lungo termine per tecnologie di frontiera
- Time to market

La scala di priorità va da 1 (= bassa priorità) a 5 (=massima priorità)

Roadmap N. 1- Fabbrica 4.0 – verso nuove forme di efficientamento energetico dei processi e dei sistemi

Descrizione

Sulla base della Direttiva sulla efficienza energetica (2012/27/CE) il Consiglio Europeo ha appoggiato un obiettivo indicativo di riduzione dei consumi primari di energia del 27%, entro il 2030, rispetto al consumo tendenziale risultante dallo Scenario di Riferimento costruito nel 2007 con il modello PRIMES e utilizzato per la politica Clima-Energia 2020. L'obiettivo sarà riesaminato nel 2020 prevedendo di renderlo più stringente (30%).

Una parte del trend di efficientamento del sistema mostrato dagli indicatori proposti in letteratura è dovuta ad una maggiore elettrificazione degli usi finali connessa con una penetrazione di elettrotecnologie ad elevata efficienza energetica (si pensi ad esempio alle pompe di calore ed ai veicoli elettrici).

- **tecnologie da sviluppare**
 - Piattaforme per la gestione del flusso di dati generati a partire dalla gestione dei requirement di un nuovo prodotto fino alle richieste di un cliente, flusso che alimenta l'intero sistema ingegneria,
 - sourcing, manufacturing e service senza l'utilizzo di documentazione cartacea con la riduzione dei tempi ciclo di progettazione e lavorazione, con il risultato ultimo di migliorare l'efficienza della produzione;
 - Si propone la creazione di una rete integrata di monitoraggio dei consumi energetici (energia elettrica, gas ma anche acqua potabile) aziendali in modo da costruire un database regionale degli indicatori di prestazione energetica suddiviso per settori e/o per poli industriali. Tale database avrebbe lo scopo di permettere di individuare le potenzialità di risparmio energetico e di recupero dei cascami termici nei vari settori industriali mettendo a fattore comune le specifiche soluzioni di riqualificazione energetica
 - Big Data/Cloud per reti geotermiche (vaporketti, reti di teleriscaldamento; collegamento con sensoristica ambientale distribuita)
 - Ottimizzazione e miglioramento del COP (coefficiente di prestazione) delle pompe di calore, con particolare riferimento a quelle acqua/acqua ed impianti pilota, che lavorano con temperature sul lato primario superiori a quelle convenzionali

5

Roadmap N. 2 - Processi di valorizzazione della Geotermia e delle altre fonti energetiche rinnovabili

Topic: GEOTERMIA

Descrizione

L'energia geotermica è l'energia termica generata e immagazzinata nella Terra. È considerata una fonte rinnovabile, poiché l'enorme quantità di energia termica prodotta e accumulata nel sottosuolo scorre costantemente alla superficie della crosta, attraverso rocce e acque sotterranee che fluiscono attraverso crepe, guasti e fori artificiali. Queste proprietà la rendono una sorgente sicura e stabile nel tempo, per la generazione di energia elettrica, l'utilizzo diretto di calore o estratto dalle formazioni superficiali mediante pompe di calore a terra (GSHP); mentre la disponibilità delle risorse per la produzione di energia elettrica e l'utilizzo di calore diretto dipendono dalle temperature, le pompe di calore a terra possono essere utilizzate ovunque. Lo sfruttamento dell'energia geotermica continua a crescere in tutto il mondo nonostante le potenzialità disponibili consentano un ulteriore sviluppo del mercato geotermico. A fine 2016, nell'UE, esistevano 53 impianti elettrici, con una capacità totale installata pari a circa 1 GWe. Nonostante questo, il tasso di crescita medio/annuale negli ultimi cinque anni è stato molto più alto in Europa (10%) rispetto all'Ue (2%). Non si dispone di dati sull'utilizzo diretto di calore nei processi produttivi; nel 2016 esistevano circa 280 (4,8 GWth) teleriscaldamento geotermico in Europa. Sui sistemi a pompa di calore, la capacità totale installata in Europa nel 2015 si è avvicinata a 23 GW (Geothermal Market Report - EREC 2016).

Malgrado quanto sopra riportato, sono emerse nuove sfide per la geotermia, sommandosi a quelle già esistenti connesse ai temi della competitività tecnologica. Un'ulteriore espansione di questo mercato è, infatti, limitata da alcune preoccupazioni sociali e ambientali, spesso strettamente legate alle possibilità tecnologiche. Per superare ciò e continuare a incrementare l'impiego dell'energia geotermica e servirsi del caldo della Terra sia per l'elettricità sia per il calore, è necessario un nuovo modello di governance che rispetti i territori e promuova lo sviluppo sostenibile. Questo modello può essere chiamato Geothermal Energy 2.0 con obiettivi molto chiari verso lo sviluppo sostenibile, la vocazione territoriale e i piani aziendali dei soggetti industriali. Per raggiungere questi obiettivi le autorità regionali dovrebbero ascoltare le comunità locali, coinvolgere i comuni nei processi decisionali e raccogliere le osservazioni positive.

Per quanto riguarda le tecnologie per l'utilizzo della geotermia, si distinguono due principali ambiti:

- 1) le tecnologie per la produzione di energia elettrica e quelle per l'uso diretto del calore che utilizzano fluidi caldi (superiori alla temperatura ambiente) provenienti da falde sotterranee o immessi artificialmente,

riscaldati per contatto con rocce a profondità variabili da pochi metri a diversi chilometri di profondità (*Deep Geothermal*);

- 2) le tecnologie collegate a pompe di calore geotermiche (GSHP, Ground-Source Heat Pump), che sfruttano la relativa stabilità termica del sottosuolo per climatizzare gli ambienti, attraverso sistemi a circuito chiuso e sistemi a circuito aperto, installati solitamente a profondità entro poche decine o centinaia di metri (*Shallow Geothermal*).

tecnologie da sviluppare;

Alla luce delle distinzioni riportate sopra, le tecnologie ed i servizi per i quali è richiesto un percorso di sviluppo in Toscana riguardano:

o Geotermia profonda:

- Sviluppo di scambiatori di calore direttamente all'interno del pozzo, al fine di indentificare la migliore tecnologia per l'estrazione del calore dal sottosuolo, senza il prelievo di fluidi geotermici.
- Sistemi per l'accumulo dell'energia elettrica prodotta, dell'energia termica ed accumulo termoelettrico. Alcune di queste tecnologie hanno già un'applicazione commerciale, tuttavia necessitano di essere migliorate, al fine di aumentarne l'efficienza e le capacità di accumulo, oltre che per la flessibilizzazione del carico ed uso della Geotermia per applicazioni di accumulo (Storage Termoelettrico)
- Sistemi a ciclo binario per la produzione di energia elettrica da fluidi a media entalpia
- Reiniezione dei fluidi e dei gas estratti nelle formazioni geologiche di provenienza. Questa tecnologia, importante da un punto di vista ambientale e di sostenibilità di utilizzo della risorsa, è ad oggi applicata in Toscana esclusivamente per la reiniezione de fluidi condensati nelle centrali geotermoelettriche, ma non dei gas. Tale limitazione è dovuta principalmente alle temperature e alle percentuali elevate di gas non condensabili presenti nei campi geotermici toscani, che comportano problematiche tecniche ed economiche alla reiniezione completa dei gas non condensabili.
- Sistemi di compressione e liquefazione di gas non condensabili e CO₂ contenuti nei fluidi in uscita dalla centrale.
- Utilizzo di fluidi di lavoro atossici, non infiammabili e ambientalmente compatibili negli impianti a ciclo binario
- Tecnologie per la mitigazione degli impatti generati delle centrali geotermiche, attraverso:
 - Miglioramento e sviluppo di sistemi per lo smaltimento dei fanghi di perforazione, nonché utilizzo di materiali biodegradabili
 - Utilizzo di materiali nanocompositi e biodegradabili, che consentano di ridurre le perdite di fluidi durante la fase di perforazione, attraverso un'azione sigillante nelle cavità delle pareti dei pozzi, nonché riduzione della quantità di agenti chimici durante il lavaggio dei pozzi
 - Miglioramento e sviluppo di sistemi efficienti per la riduzione delle emissioni elementi (particolato, aerosol, gas) con potenziali effetti negativi sull'ambiente
 - Mitigazione degli impatti sul paesaggio
 - Riduzione dell'uso di suolo, riferita sia agli impianti per l'utilizzo del calore geotermico, che alla fase di perforazione e costruzione
- Utilizzo dei prodotti di scarto, contenuti nei fluidi a seguito della valorizzazione della risorsa (p.e. CO₂, calore ed altri elementi) e che possono avere un valore commerciale
- Sviluppo di nuove tecniche di esplorazione
- Sviluppo di nuove tecniche di perforazione soprattutto in relazione alla possibilità di perforazione ad altissima profondità volta a rinvenire risorse ad altissima temperatura dei serbatoi geotermici profondi e profondissimi
- Sviluppo di cicli supercritici a CO₂ per la geotermia, integrati con distribuzione di caldo/freddo (reti di district heating/cooling)
- Pompe sommergibili di elevata potenza, per alta profondità e temperatura
- Scambiatori e separatori di superficie resistenti allo scaling e corrosione
- Air coolers ad elevate prestazioni, limitato ingombro e bassa rumorosità
- Studio di eiettori a vapore ad alte prestazioni
- Upgrading delle turbine a vapore:

- Applicazione di nuovi materiali palettatura e rotore di turbine a vapore al fine di aumentare la resistenza all'ambiente corrosivo dovuto al vapore da pozzo geotermico ed aumentare gli intervalli di manutenzione
- nuovi moduli di scarico laterale per turbina a vapore doppio flusso di espansione
- nuove tecnologie di protezione per pale rotoriche al fine di aumentare la resistenza all'erosione dovuta a microgocce di vapore condensato nella sezione di bassa pressione turbina
- tecnologie costruttive (saldatura, riporti) per proteggere cassa e rotore dalla corrosione
- sviluppo di sistemi ibridi altamente efficienti:
 - utilizzo della risorsa geotermica suddivisi fra turbina a vapore (topping) e sistemi ORC per lo sfruttamento della brina a bassa temperatura e del residuo acquoso di flash
 - sistemi ibridi di utilizzo della risorsa geotermica e calore (vapore) da altre fonti rinnovabili (biomasse, solare) per aumento dell'efficienza complessiva di impianto a parità di emissione di CO₂
- Laboratori e siti sui quali effettuare dimostrazioni e prove sperimentali
- Geotermia superficiale
 - Ottimizzazione dei sistemi a sonda geotermica, closed loop
 - Efficientamento dei sistemi di accumulo termico sotterraneo
 - Monitoraggio e mitigazione degli impatti potenziali sugli acquiferi superficiali.
 - Modelli per mitigare l'interazione in un sistema composto da più sonde geotermiche verticali.
 - Laboratori e siti sui quali effettuare dimostrazioni e prove sperimentali, con particolare riferimento ai sistemi alimentati da pompe di calore geotermica
- Applicazione diffusa di metodologie LCA e LCC alle soluzioni tecnologiche implementate

Topic: BIOENERGIE

Descrizione

La biomassa lignocellulosica, a differenza dei rifiuti, che contengono plastiche e materiali derivati dal petrolio, può essere considerata a pieno titolo una fonte di energia rinnovabile. Le biomasse possono essere utilizzate per la produzione di energia termica, elettrica o cogenerazione (termica ed elettrica assieme) mentre le tecnologie vengono distinte a seconda della quantità di ossigeno impiegato nella conversione termochimica: si parla di combustione e gassificazione in presenza di ossigeno, pirogassificazione in presenza parziale di ossigeno, e di pirolisi quando l'ossigeno è utilizzato esclusivamente per l'avvio della reazione.

Per la sola produzione di calore i sistemi di combustione possono avere taglia molto ridotta (stufe, cucine economiche), o superare i 100 MW di potenza installata, che utilizzano reti di teleriscaldamento per la distribuzione agli utenti finali. Se la biomassa si presenta sotto forma di cippato (scaglie di legno) le caldaie hanno un funzionamento automatizzato grazie ad appositi sistemi di alimentazione (spintori, coclee). La combustione avviene in caldaie dotate di griglie fisse o, più frequentemente, mobili. Quest'ultime sono utilizzate soprattutto in impianti medio-grandi e garantiscono migliori condizioni di combustione, facendo fronte alla tipica disomogeneità del combustibile lignocellulosico in pezzatura e umidità. Il funzionamento si basa sul movimento delle sezioni della griglia, costituite in barre in lega di acciaio, le quali determinano lo spostamento della biomassa lungo la griglia stessa e il progressivo essiccamento, sino alla completa combustione; le ceneri sono rimosse automaticamente dal movimento della griglia per un efficace controllo dello spessore del letto anche in condizioni di rammollimento e parziale fusione delle ceneri. Per la produzione di elettricità o la cogenerazione la biomassa viene bruciata utilizzando le tecnologie sopra descritte o impianti a letto fluido (di taglia maggiore). L'elettricità viene prodotta con turbine a vapore o cicli Rankine a fluido Organico (ORC) se si utilizzano normali caldaie di combustione. Nel caso di impianti a gassificazione l'energia elettrica viene prodotta da turbine a gas o motori a combustione interna e il calore generato può essere un prodotto utile dell'impianto (cogenerazione). Per la produzione di energia elettrica di grande taglia si utilizzano impianti convenzionali a vapor d'acqua a ciclo Rankine, mentre per centrali di taglia inferiore (<2 MWe) vengono preferiti i sistemi ORC, che lavorano con fluidi organici e hanno all'uscita

della caldaia vapore saturo. Ciò rende più semplici gli impianti (mancanza surriscaldatore), e garantisca costi di gestione minori.

La gassificazione del legno è uno dei processi che negli ultimi anni è stato oggetto di rinnovato interesse e innovazione tecnologica. Il processo converte rapidamente un combustibile solido (biomassa) in un combustibile gassoso, costituito principalmente da idrogeno, metano e monossido di carbonio che può essere utilizzato quale combustibile in turbine a gas, motori endotermici o fuel cell, permettendo la produzione di energia elettrica termica o biocarburanti (attraverso processi di sintesi).

Recentemente sono stati anche proposti una serie di gassificatori innovativi multistage con l'obiettivo di separare le varie reazioni che avvengono nel processo, in particolare essiccazione, pirolisi e gassificazioni, ciò permette di rendere l'impianto molto più versatile e flessibile sia per tipologia di biomassa che per caratteristiche (umidità pezzatura ecc). Le varie sezioni hanno l'obiettivo di generare char che viene gassificato nella sezione finale, ciò permette di realizzare una sorta di pretrattamento a monte del gassificatore generando del carbonio da gassificare nella sezione finale e producendo un syngas con minori catrami.

La conversione termochimica di biomasse in assenza o limitata presenza di ossigeno e definita pirolisi o piroscissione.

8

Tecnologie da sviluppare;

- Conversione energetica tramite liquefazione (pirolisi e carbonizzazione/liquefazione idrotermica) ed upgrading di (1) biomasse, (2) rifiuti urbani e (3) rifiuti industriali in bioliquidi per generazione di energia e bioprodotto.

TOPIC SOLARE (termico e fotovoltaico)

L'innovazione tecnologica nell'ambito del fotovoltaico innovativo vede la possibilità di progettare celle solari (BSSC, Bio Sensitized Solar Cells), per la produzione di energia, o celle fotoelettrochimiche (BSPEC, Bio Sensitized PhotoElectrosynthetic Cells), per la produzione di idrogeno, sensibilizzate con biomolecole fotosensibili. In questo contesto, l'uso di biomolecole i cui i massimi di assorbimento possano essere modulati ad hoc in modo che assorbano massimamente in regioni diverse dello spettro solare rappresenta un vantaggio competitivo rispetto all'uso di altri sensibilizzatori. Al fine di ottenere dispositivi BSSC o BSPEC in grado di massimizzare la quantità di energia solare catturata, i biosensibilizzatori ideali dovrebbero i) presentare massimi di assorbimento nel vicino infrarosso (NIR); ii) essere fluorescenti in modo da poter essere usati per lo sviluppo di sistemi pancromatici; iii) poter essere usati in combinazione con Quantum Dots (QD) (es CdSe/ZnS QD fluorescenti).

Per quanto riguarda il solare PV, occorre anche evidenziare le potenzialità derivanti dalla necessità di sollecitazione del rinnovamento degli impianti già installati che potranno essere l'occasione per l'adozione di tecnologie innovative e più efficienti

Roadmap N. 3 - Decarbonizzazione: sistemi innovativi e nuove opportunità di riduzione della CO2 diretta

Descrizione

Il quadro europeo del **Pacchetto Clima-Energia approvato nel 2014 sotto la Presidenza italiana dell'Unione Europea** prevede l'obiettivo vincolante di ridurre entro il 2030 le emissioni di gas ad effetto serra dell'Unione Europea di almeno il 40% rispetto ai livelli del 1990. Ma per rafforzare l'impulso alla decarbonizzazione sono stati adottati anche obiettivi rivolti ad accrescere ulteriormente la quota delle rinnovabili sui consumi energetici finali (27% al 2030) e ad aumentare l'efficienza energetica (27% ed oltre). Tali decisioni strategiche impattano sulle politiche italiane relative all'energia e al clima e costituiscono la base per definire gli obiettivi a medio e lungo termine di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra e quelli di programmazione energetica nazionale.

Gli scenari di riferimento (Tiscar 2017) su cui sono basate alcuni studi sulle prospettive del settore, indicano che anche in assenza di nuove politiche di decarbonizzazione, la continua riduzione della domanda energetica fino all'orizzonte 2030, per quanto nel prossimo quinquennio si potrà assistere ad una moderata ripresa dagli effetti della crisi economica.

Di conseguenza, pur in presenza di una crescita del PIL nel periodo considerato, l'intensità energetica continua a ridursi (-1,2% medio annuo). I consumi energetici finali dei due scenari, nazionale ed europeo, presentano una discrepanza inferiore al 2% negli anni considerati, ma le differenze emergono nella ripartizione settoriale. La penetrazione delle fonti energetiche rinnovabili, senza ulteriori forme di incentivazione, è stimata in crescita, anche se non ai ritmi degli ultimi anni. La quota FER sui consumi finali lordi sale al 21,6% al 2030, ben lontana sia dai valori stimati nello Scenario di Riferimento europeo (24,2%), che dagli obiettivi al 2030 del quadro europeo per il clima e l'energia (27%). Differenze importanti con lo scenario europeo si evidenziano soprattutto nella generazione elettrica, con una produzione da fonti rinnovabili al 2030 nello scenario BASE inferiore di circa 20 TWh. Sostanziali risparmi di emissioni, oltreché una riduzione significativa dell'inquinamento dell'aria nelle aree urbane potrebbero essere quindi ottenuti attraverso policies che incidono sui cambiamenti degli stili di vita. L'industria ICT regionale, nel quadro della strategia RIS3, potrebbe essere stimolata alla creazione di piattaforme multimediali che potrebbero essere impiegate a livello regionale o comunale per informare, motivare ed eventualmente incentivare i cambiamenti negli stili di vita suscettibili di ridurre le emissioni di CO₂. È necessario sviluppare e migliorare le tecniche di trattamento e abbattimento dei gas incondensabili negli impianti geotermici, migliorando le performances e l'affidabilità degli abbattitori, nonché sperimentare le tecniche della reiniezione del gas nelle formazioni rocciose di provenienza dei fluidi. L'innovazione tecnologica degli impianti ORC proposti consiste nella reiniezione totale del fluido geotermico nelle stesse formazioni di provenienza, che viene garantita attraverso la gestione separata della frazione liquida e di quella gassosa e cioè, dopo la separazione dalla frazione liquida, attraverso la compressione e iniezione dei gas incondensabili nelle stesse formazioni rocciose di provenienza del fluido geotermico estratto attraverso una condotta dedicata. Inoltre un ulteriore vantaggio è rappresentato dal fatto che la reiniezione dei gas non condensabili è realizzata in prossimità dello stesso sito dal quale vengono estratti.

- **tecnologie da sviluppare;**

- ottimizzazione dei sistemi di reiniezione di fluidi ricchi di gas incondensabili e dei processi per la cattura, pulitura e ri-uso di CO₂ ;
- sistemi con Compressori Centrifughi e Pompe per cattura e stoccaggio di CO₂ (CCS). Data la grande quantità di combustibili fossili che può essere estratta a basso costo nel prossimo futuro, l'uso più pulito di cattura e stoccaggio della CO₂ contribuirà a ridurre le emissioni globali di CO₂
- Carbonizzazione tramite Pirolisi ed HTC (Hydrothermal Carbonization) per utilizzo in agricoltura (biochar) ed integrazione con la Digestione Anaerobica (AD ed il compostaggio), e contestuale generazione di energia termica ad alta temperatura rinnovabile
- Infrastruttura per il rifornimento di veicoli (auto, bus, treni e altri mezzi) elettrici alimentati a idrogeno
- Conversione energetica tramite liquefazione ed immagazzinamento di aria compressa e/o liquefatta:
 - nuovi moduli di scarico laterale per turbine a vapore a doppio flusso di espansione
 - nuovi stadi per turbine a vapore ottimizzati per alte portate volumetriche
 - materiali anti-scintilla per prevenzione da esplosione di eventuali idrocarburi presenti nel flusso di espansione dalla caverna
 - nuove tecnologie produttive per rotori cavi di grandi dimensioni per riduzione peso e inerzia
- cattura, separazione da altri elementi chimici e ri-utilizzo della CO₂ (assorbimento per reazione chimica per creazione di inerti, utilizzo in processi industriali e agricoli)
- Coltivazione di microalghe in adiacenza di centrali geotermiche, che consentano di fissare la CO₂ geotermica, in un processo produttivo.
- Sistemi di liquefazione della CO₂ geotermica

Roadmap N. 4 - Potenzialità e prospettive di sviluppo dell'autoproduzione del GNL in toscana

Descrizione

A fine agosto 2017 l'"Osservatorio usi finali del GNL" di REF-E, ha censito 41 depositi satellite in esercizio in Italia che sono riforniti prevalentemente tramite autocisterne criogeniche provenienti dalla Francia e dalla

Spagna. Il mercato del downstream del GNL in Italia è basato sulla diffusione presso le utenze di depositi satellite costituiti da serbatoi criogenici con taglie inferiori alle 50t di GNL (116 m³), soglia oltre la quale tali impianti sarebbero soggetti alla normativa in materia rischio industriale (Direttiva seveso III).

I primi 6 depositi satellite sono stati installati in Italia tra il 2010 e il 2012 per distributori di solo GNC, e oggi sono 9.

Progetti di infrastrutture per la distribuzione del GNL

Le aspettative di sviluppo del downstream del GNL in Italia sono molto rilevanti, e altrettanto significative sono le iniziative in corso per realizzare le infrastrutture necessarie a superare l'attuale situazione del mercato nazionale, che vede le utenze dei depositi satellite di GNL del nostro paese rifornite esclusivamente da terminali esteri.

Sono in fase di sviluppo iniziative per attrezzare i grandi terminali di rigassificazione esistenti in Italia¹: il terminale OLT FSRU Toscana, il terminale Adriatic LNG e quello di SNAM a Panigaglia. Va evidenziato che per tutti e tre i terminali vi sono vincoli logistici (collocazione a mare o viabilità limitata) che rendono impossibile o molto difficile l'attivazione delle facilities SSLNG di caricamento delle autocisterne criogeniche per il downstream del GNL.

Il tessuto industriale italiano è caratterizzato dalla presenza di varie imprese che sviluppano e producono tecnologie per le filiere degli usi finali del GNL. Questa realtà mostra che le opportunità legate allo sviluppo degli usi finali del GNL per questo segmento industriale sono rilevanti. Si tratta di una realtà significativa di cui tenere conto nella definizione in corso a livello nazionale delle politiche di promozione degli usi finali del GNL.

tecnologie da sviluppare;

1. *Soluzioni con Compressori Centrifughi per GNL*
2. *Realizzazione di impianti di upgrading del biogas e liquefazione del biometano in favore delle richieste del D.M. sull'obbligo d'immissione in consumo dei biocarburanti.*
3. *Tecnologie per la distribuzione (primaria e secondaria) del GNL, la produzione di micro impianti di liquefazione (per la produzione da biogas e da piccoli giacimenti) e l'utilizzazione, principalmente per la mobilità di persone e merci.*
4. *Microliquefazione del gas naturale*
5. *gestione della risorsa criogenica derivante dall'uso del GNL per autotrazione*
6. *riconversione di caldaie o altri dispositivi di utilizzazione di combustibili fossili convenzionali a GNL in collaborazione con partner industriali*
7. *gestione di reti gas naturale anche in supporto a importanti distributori*
8. *impianti di rigassificazione per l'alimentazione di motori endotermici di veicoli*
9. *compressori per impianti frigoriferi di liquefazione gas naturale*

¹ <https://www.ref-e.com/it/downloads/osservatorio-gnl-usi-finali/infrastrutture-per-la-distribuzione-del-gnl-ottobre-2017>

Appendice - Rappresentazione grafica delle roadmap

Roadmap N. 1- Fabbrica 4.0 – verso nuove forme di efficientamento energetico dei processi e dei sistemi

11

	Sistemi gestione dei dati	Organizzazione manifatturiero	processi	settore	Ingegneria
Fase TRL 8	- database regionale indicatori di prestazione energetica				
Fase TRL 9	- Piattaforme gestione flusso dati, dalla richiesta di un nuovo prodotto, alle commesse - rete integrata monitoraggio consumi energetici aziendali - big data / cloud per reti di trasporto e distribuzione calore	- Piattaforme gestione flusso dati, dalla richiesta di un nuovo prodotto, alle commesse - rete integrata monitoraggio consumi energetici aziendali			- rete integrata monitoraggio consumi energetici aziendali - Ottimizzazione COP pompe di calore

tempo

	Sistemi gestione dei dati	Organizzazione manifatturiero	processi	settore	Ingegneria
Fase MRL 8	- database regionale indicatori di prestazione energetica				
Fase MRL 9					- Ottimizzazione COP pompe di calore
Fase MRL 10	- Piattaforme gestione flusso dati, dalla richiesta di un nuovo prodotto, alle commesse - rete integrata monitoraggio consumi energetici aziendali - big data / cloud per reti di trasporto e distribuzione calore	- Piattaforme gestione flusso dati, dalla richiesta di un nuovo prodotto, alle commesse - rete integrata monitoraggio consumi energetici aziendali			- rete integrata monitoraggio consumi energetici aziendali

tempo

Roadmap N. 2 - Processi di valorizzazione della Geotermia e delle altre fonti energetiche rinnovabili

12

	Competenze di ingegneria e progettazione	Competenze per lo sviluppo di componenti impiantistiche	Competenze per lo sviluppo degli impianti	Competenze in ambito geologico	Competenze in ambito dei materiali
Geotermia					
Fase TRL 5	- Scambio termico in pozzi ad elevate profondità e temperature	- Scambio termico in pozzi ad elevate profondità e temperature		- Scambio termico in pozzi ad elevate profondità e temperature	- Scambio termico in pozzi ad elevate profondità e temperature
Fase TRL 6	- Cicli supercritici a CO ₂ , integrati con distribuzione caldo/freddo		- Cicli supercritici a CO ₂ , integrati con distribuzione caldo/freddo	- Cicli supercritici a CO ₂ , integrati con distribuzione caldo/freddo	- Utilizzo fanghi di perforazione biodegradabili - Materiali nanocompositi e biodegradabili nel casing dei pozzi geotermici - Cicli supercritici a CO ₂ , integrati con distribuzione caldo/freddo
Fase TRL 7	- reiniezione fluidi e gas non condensabili - Miglioramento sistemi per la riduzione delle emissioni - eiettori a vapore ad alte prestazioni	- reiniezione fluidi e gas non condensabili - Miglioramento sistemi per la riduzione delle emissioni - pompe ad immersione ad elevata potenza, profondità e temperatura - eiettori a vapore ad alte prestazioni		- reiniezione fluidi e gas non condensabili - nuove tecniche di esplorazione - pompe ad immersione ad elevata potenza, profondità e temperatura	
Fase TRL 8	- scambiatori e separatori di superficie resistenti a scaling e corrosione - Air coolers ad elevate prestazioni - upgrading turbine a vapore	- Utilizzo fluidi di lavoro atossici, non infiammabili ed ambientalmente compatibili - scambiatori e separatori di superficie resistenti a scaling e corrosione - Air coolers ad elevate prestazioni - upgrading turbine a vapore			- Utilizzo fluidi di lavoro atossici, non infiammabili ed ambientalmente compatibili - scambiatori e separatori di superficie resistenti a scaling e corrosione - upgrading turbine a vapore
Fase TRL 9	- Sistemi di accumulo elettricità - Sistemi di accumulo termico - Sistemi di accumulo termoelettrico - Impianti a ciclo binario - Miglioramento e sviluppo di sistemi per lo smaltimento dei fanghi di perforazione - Mitigazione impatti sul paesaggio - Riduzione uso suolo impianti - nuove tecniche di perforazione ad elevate profondità e temperature - sistemi ibridi altamente efficienti per deep geothermal - laboratori e siti per dimostrazioni e prove sperimentali - ottimizzazione sistemi closed loop - efficientamento sistemi di accumulo termico sotterraneo per shallow geothermal - mitigazione impatti potenziali acquiferi superficiali per geotermia bassa temperatura	- Sistemi di accumulo elettricità - Sistemi di accumulo termico - Sistemi di accumulo termoelettrico - Compressione e liquefazione gas non condensabili e CO ₂ - laboratori e siti per dimostrazioni e prove sperimentali - ottimizzazione sistemi closed loop - efficientamento sistemi di accumulo termico sotterraneo - mitigazione impatti potenziali acquiferi superficiali per geotermia bassa temperatura	- Impianti a ciclo binario - Mitigazione impatti sul paesaggio - Riduzione uso suolo impianti - utilizzo prodotti di scarto a valle degli impianti - sistemi ibridi altamente efficienti per deep geothermal - laboratori e siti per dimostrazioni e prove sperimentali	- Impianti a ciclo binario - laboratori e siti per dimostrazioni e prove sperimentali - ottimizzazione sistemi closed loop - efficientamento sistemi di accumulo termico sotterraneo per shallow geothermal - mitigazione impatti potenziali acquiferi superficiali per geotermia bassa temperatura	- Sistemi di accumulo termico - Sistemi di accumulo termoelettrico - utilizzo dei prodotti di scarto a valle degli impianti - nuove tecniche di perforazione ad elevate profondità e temperature - laboratori e siti per dimostrazioni e prove sperimentali - ottimizzazione sistemi closed loop - efficientamento sistemi di accumulo termico sotterraneo per shallow geothermal
Bioenergie					

	Bioenergie				
Fase TRL 8	- Conversione energetica tramite liquefazione - Upgrading di rifiuti industriali in bioliquidi per generazione di energia e bioprodotto				
Fase TRL 9	- Upgrading di biomasse - Upgrading di rifiuti urbani				
Solare termico e fotovoltaico					
	Solare				
Fase TRL 8	- Celle solari (BSSC) - Celle fotoelettrochimiche (BSPEC)				
Fase TRL 9	- upgrading solare PV				

	Competenze di ingegneria e progettazione	Competenze per lo sviluppo di componenti impiantistiche	Competenze per lo sviluppo degli impianti	Competenze in ambito geologico	Competenze in ambito dei materiali
	- Scambio termico in pozzi ad elevate profondità e temperature - Cicli supercritici a CO₂, integrati con distribuzione caldo/freddo	- Scambio termico in pozzi ad elevate profondità e temperature	- Cicli supercritici a CO₂, integrati con distribuzione caldo/freddo	- Scambio termico in pozzi ad elevate profondità e temperature - Cicli supercritici a CO₂, integrati con distribuzione caldo/freddo	- Scambio termico in pozzi ad elevate profondità e temperature - Cicli supercritici a CO₂, integrati con distribuzione caldo/freddo
Fase MRL 5					- Utilizzo fanghi di perforazione biodegradabili - Materiali nanocompositi e biodegradabili nel casing dei pozzi geotermici
Fase MRL 6	- reiniezione fluidi e gas non condensabili - Miglioramento sistemi per la riduzione delle emissioni	- reiniezione fluidi e gas non condensabili - Miglioramento sistemi per la riduzione delle emissioni		- reiniezione fluidi e gas non condensabili - Miglioramento sistemi per la riduzione delle emissioni	
Fase MRL 7	- eiettori a vapore ad alte prestazioni - scambiatori e separatori di superficie resistenti a scaling e corrosione - upgrading turbine a vapore	- eiettori a vapore ad alte prestazioni - pompe ad immersione ad elevata potenza, profondità e temperatura - scambiatori e separatori di superficie resistenti a scaling e corrosione - upgrading turbine a vapore		- pompe ad immersione ad elevata potenza, profondità e temperatura	- scambiatori e separatori di superficie resistenti a scaling e corrosione - upgrading turbine a vapore
Fase MRL 8	- Air coolers ad elevate prestazioni	- Utilizzo fluidi di lavoro atossici, non infiammabili ed ambientalmente compatibili - Air coolers ad elevate prestazioni			- Utilizzo fluidi di lavoro atossici, non infiammabili ed ambientalmente compatibili
Fase MRL 9	- Sistemi di accumulo termoelettrico - nuove tecniche di perforazione ad elevate profondità e temperature - efficientamento sistemi di accumulo termico sotterraneo per shallow geothermal	- Sistemi di accumulo termoelettrico - efficientamento sistemi di accumulo termico sotterraneo per shallow geothermal	- utilizzo dei prodotti di scarto a valle degli impianti	- nuove tecniche di perforazione ad elevate profondità e temperature - efficientamento sistemi di accumulo termico sotterraneo per shallow geothermal	- Sistemi di accumulo termoelettrico - nuove tecniche di perforazione ad elevate profondità e temperature - utilizzo dei prodotti di scarto a valle degli impianti - efficientamento sistemi di accumulo termico sotterraneo per shallow geothermal
Fase MRL 10	- Sistemi di accumulo elettricità - Sistemi di accumulo termico - Mitigazione impatti sul paesaggio - Riduzione uso suolo impianti - sistemi ibridi altamente efficienti per deep geothermal - laboratori e siti per dimostrazioni e prove sperimentali - mitigazione impatti potenziali acquiferi superficiali per geotermia bassa temperatura	- Sistemi di accumulo elettricità - Sistemi di accumulo termico - laboratori e siti per dimostrazioni e prove sperimentali - Compressione e liquefazione gas non condensabili e CO₂ - ottimizzazione sistemi closed loop - mitigazione impatti potenziali acquiferi superficiali per geotermia bassa temperatura	- Impianti a ciclo binario - Mitigazione impatti sul paesaggio - Riduzione uso suolo impianti - sistemi ibridi altamente efficienti per deep geothermal - laboratori e siti per dimostrazioni e prove sperimentali	- Impianti a ciclo binario - laboratori e siti per dimostrazioni e prove sperimentali - ottimizzazione sistemi closed loop - mitigazione impatti potenziali acquiferi superficiali per geotermia bassa temperatura	- Sistemi di accumulo termico - laboratori e siti per dimostrazioni e prove sperimentali - ottimizzazione sistemi closed loop
Bioenergie					
	Bioenergie				
Fase MRL 8	- Conversione energetica tramite liquefazione - Upgrading di rifiuti industriali in bioliquidi per generazione di energia e bioprodotto				

Fase MRL 9	- Upgrading di biomasse - Upgrading di rifiuti urbani				
Solare termico e fotovoltaico					
	Solare				
Fase MRL 9	- Celle solari (BSSC) - Celle fotoelettrochimiche (BSPEC)				
Fase MRL 10	- upgrading solare PV				

Roadmap N. 3 - Decarbonizzazione: sistemi innovativi e nuove opportunità di riduzione della CO2 diretta

16

	Ingegneria	Materiali	Scienze biologiche / agricoltura	
Fase TRL 8	- Ottimizzazione sistemi di reiniezione fluidi incondensabili, pulitura e riuso della CO2 geotermica - conversione energetica tramite liquefazione ed immagazzinamento di aria compressa e/o liquefatta	- conversione energetica tramite liquefazione ed immagazzinamento di aria compressa e/o liquefatta	- coltivazione microalghe in adiacenza di centrali geotermiche con tecnologia flash	
Fase TRL 9	- Compressori e pompe per CCS CO2 - carbonizzazione tramite pirolisi ed HTC - infrastruttura per rifornimento veicoli ad idrogeno - sistemi di liquefazione della CO2 geotermica			

tempo

	Ingegneria	Materiali	Scienze biologiche / agricoltura	
Fase MRL 8	- Ottimizzazione sistemi di reiniezione fluidi incondensabili, pulitura e riuso della CO2 geotermica - conversione energetica tramite liquefazione ed immagazzinamento di aria compressa e/o liquefatta	- conversione energetica tramite liquefazione ed immagazzinamento di aria compressa e/o liquefatta	- coltivazione microalghe in adiacenza di centrali geotermiche con tecnologia flash	
Fase MRL 9	- infrastruttura per rifornimento veicoli ad idrogeno			
Fase MRL 10	- Compressori e pompe per CCS CO2 - carbonizzazione tramite pirolisi ed HTC - sistemi di liquefazione della CO2 geotermica			

Roadmap N. 4 - Potenzialità e prospettive di sviluppo dell'autoproduzione del GNL in toscana

	Liquefazione / rigassificazione	Macchine rotanti	Reti e sistemi di stoccaggio	Impianti energetici / caldaie
Fase TRL 8	- upgrading biogas - microliquefazione del gas naturale	- upgrading biogas - microliquefazione del gas naturale		- riconversione caldaie e altri dispositivi per l'uso di combustibili fossili, a GNL
Fase TRL 9	- impianti di rigassificazione per alimentazione veicoli - compressori per impianti frigoriferi - liquefazione biometano	- Compressori centrifughi per GNL - compressori per impianti frigoriferi - liquefazione biometano	- distribuzione del GNL - gestione risorsa criogenica per autotrazione - gestione di reti di gas naturale	

tempo

	Liquefazione / rigassificazione	Macchine rotanti	Reti e sistemi di stoccaggio	Impianti energetici / caldaie
Fase MRL 8	- upgrading biogas - microliquefazione del gas naturale	- upgrading biogas - microliquefazione del gas naturale		- riconversione caldaie e altri dispositivi per l'uso di combustibili fossili, a GNL
Fase MRL 9			- gestione risorsa criogenica per autotrazione	
Fase MRL 10	- liquefazione biometano - impianti di rigassificazione per alimentazione veicoli - compressori per impianti frigoriferi	- compressori per impianti frigoriferi - Compressori centrifughi per GNL - liquefazione biometano	- distribuzione del GNL - gestione di reti di gas naturale	

tempo