

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

TESI DI LAUREA

IN

GESTIONE DELLE RISORSE ENERGETICHE DEL TERRITORIO

DEVELOPMENT OF AN ENERGY SYSTEM. CASE STUDY: ITALY

RELATORE

CH.MO PROF. ING. FRANCESCO CALISE
CH.MO PROF. ING. MASSIMO DENTICE D'ACCADIA
CH.MO PROF. ING. NEVEN DUIĆ

CANDIDATO

MARCO PANARELLA
MATR. M67/212

CORRELATORE

ING. MARIA VICIDOMINI

ANNO ACCADEMICO 2015 - 2016

ABSTRACT

Introduzione

Scopo di questo lavoro di tesi è analizzare l'intero sistema energetico nazionale in modo tale da poter fornire uno scenario per il 2030 ed uno per il 2050 che rispetti i vincoli Normativi predisposti dall'Unione Europea. Per tale scopo è stato utilizzato il software EnergyPLAN, sviluppato dal Gruppo di ricerca energetica di pianificazione sostenibile presso l'Università di Aalborg, in Danimarca.

E' stato realizzato uno scenario di Riferimento rappresentante l'intero sistema energetico italiano per l'anno 2013 per poi, sulla base di questo, analizzare due scenari futuri redatti da "GreenPeace Italia" per gli anni 2030 e 2050.

L'Unione Europea ha svolto fin dal 1990 un ruolo guida a livello globale per contrastare i cambiamenti climatici. A tale scopo sono state adottate politiche per la riduzione delle emissioni di gas-serra e l'aumento dell'efficienza energetica nel settore industriale, residenziale, terziario e dei trasporti.

L'adesione al Protocollo di Kyoto (PK) è stato il primo passo verso la riduzione delle emissioni di gas-serra. Nel 1998 sono stati stabiliti gli obiettivi di riduzione delle emissioni per i 15 Stati membri che allora facevano parte dell'Unione Europea per raggiungere l'obiettivo comune di riduzione dell'8% rispetto ai livelli del 1990. L'obiettivo di riduzione delle emissioni assegnato all'Italia era del 6.5% nel periodo 2008 - 2012. Le politiche per la riduzione delle emissioni si collocano in un contesto normativo molto ampio che prevede, tra le diverse misure, l'impiego delle migliori tecnologie disponibili nei processi industriali, la liberalizzazione del mercato e l'uso efficiente dell'energia, lo sviluppo delle fonti rinnovabili e delle fonti a basse emissioni nel settore energetico, la riduzione dei consumi di carburante per i trasporti, la coltivazione di biomasse energetiche in agricoltura, l'adeguamento delle politiche dei rifiuti, gli usi del suolo e la coltivazione delle foreste per l'assorbimento delle emissioni di CO₂.

Il secondo periodo di adempimento del protocollo di Kyoto è iniziato il 1° gennaio 2013 e si concluderà nel 2020. Vi aderiscono 38 paesi sviluppati, compresa l'UE e i suoi 28 Stati membri. Tale periodo rientra nell'emendamento di Doha, nell'ambito del quale i paesi partecipanti si sono impegnati a ridurre le emissioni di almeno il 18% rispetto ai livelli del 1990. L'UE si è impegnata a diminuire le emissioni in tale periodo del 20% rispetto ai livelli del 1990.

Dal 30 novembre al 12 dicembre 2015 Parigi ha ospitato la 21ª sessione della conferenza delle parti (COP 21) della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e l'11ª sessione della riunione delle parti al protocollo di Kyoto (CMP 11). Il 12 dicembre le parti hanno raggiunto un nuovo accordo globale sui cambiamenti climatici. Si tratta di un risultato equilibrato con un piano d'azione per limitare il riscaldamento globale "ben al di sotto" dei 2°C.

I principali elementi del nuovo accordo di Parigi:

- **obiettivo a lungo termine:** i governi hanno convenuto di mantenere l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto di 2°C in più rispetto ai livelli preindustriali e di proseguire gli sforzi per limitarlo a 1,5°C
- **contributi:** prima e durante la conferenza di Parigi i paesi hanno presentato piani d'azione nazionali globali in materia di clima finalizzati a ridurre le rispettive emissioni
- **ambizione:** i governi hanno deciso di comunicare ogni cinque anni i propri contributi per fissare obiettivi più ambiziosi
- **trasparenza:** hanno accettato inoltre di comunicare - l'un l'altro e al pubblico - i risultati raggiunti nell'attuazione dei rispettivi obiettivi al fine di garantire trasparenza e controllo
- **solidarietà:** l'UE e gli altri paesi sviluppati continueranno a fornire finanziamenti per il clima ai paesi in via di sviluppo per aiutarli sia a ridurre le emissioni che a diventare più resilienti agli effetti dei cambiamenti climatici

Riferimenti normativi

Tra i principali strumenti messi a punto dall'UE per favorire il raggiungimento degli obiettivi di Kyoto si citano il Programma Europeo per i Cambiamenti Climatici

(European Climate Change Program, ECCP), il sistema di scambio delle quote di gas-serra nella Comunità (Emission Trading Scheme, EU-ETS), l'utilizzo dei crediti di emissione derivanti dai progetti internazionali, JI e CDM, previsti dal Protocollo di Kyoto (Direttiva 2003/87/CE) e il meccanismo di monitoraggio delle emissioni comunitarie di gas-serra (Decisione 280/2004/CE poi abrogato dal Regolamento 525/2013).

Per il periodo 2013-2020 l'UE ha adottato il Pacchetto Clima e Energia • (Integrated Energy and Climate Change Package, IECCP). L'IECCP impegna gli Stati membri dell'Unione Europea a conseguire entro il 2020 una produzione di energia da fonti rinnovabili pari al 20% dei consumi energetici e utilizzo di biocombustibili pari al 10% nei trasporti; una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra del 20% rispetto al 1990 ed infine una riduzione dei consumi energetici del 20% rispetto allo scenario base da raggiungere migliorando l'efficienza energetica.

I principali strumenti normativi europei sono:

- la Direttiva 2009/28/CE impegna l'Italia a soddisfare, entro il 2020, il 17% dei consumi finali di energia mediante fonti rinnovabili, incluso l'uso di almeno il 10% di biocarburanti;
- la Direttiva 2009/29/CE che pone un tetto unico europeo in materia di quote di emissioni dal 2013. Le quote disponibili per le emissioni verranno ridotte annualmente dell'1.74%, con una riduzione al 2020 del 21% rispetto all'anno base 2005;
- la Decisione 406/2009/CE (Effort Sharing Decision, ESD) concerne gli sforzi degli Stati membri per rispettare gli impegni comunitari di riduzione delle emissioni di gas-serra entro il 2020..
- la Direttiva 2012/27/CE in materia di efficienza energetica che tuttavia non prevede obiettivi vincolanti per i singoli Stati membri.

Sul pacchetto per il clima e l'energia 2020 si basa anche il quadro per il clima e l'energia 2030. Il quadro è stato adottato dai leader dell'UE nell'ottobre 2014 e fissa tre obiettivi principali da conseguire entro l'anno indicato:

- una riduzione almeno del 40% delle emissioni di gas a effetto serra (rispetto ai livelli del 1990)
- una quota almeno del 27% di energia rinnovabile
- un miglioramento almeno del 27% dell'efficienza energetica

La tabella di marcia prevede che, entro il 2050, l'UE tagli le sue emissioni dell'80% rispetto ai livelli del 1990 unicamente attraverso riduzioni interne (cioè senza ricorrere a crediti internazionali).

Ciò è in linea con l'impegno dei leader dell'UE a ridurre le emissioni dell'80-95% entro il 2050, nel contesto delle analoghe riduzioni che dovrebbero essere adottate dai paesi industrializzati nel loro insieme.

A livello nazionale il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) ha approvato la Delibera 17/2013 (Aggiornamento del piano di azione nazionale per la riduzione dei livelli di emissione di gas a effetto serra) per conseguire gli obiettivi fissati dal IECCP. La Delibera riporta l'elenco delle misure attuate e da attuare per conseguire gli obiettivi. Le principali politiche e misure (P&M) sono indirizzate alla promozione delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica. Inoltre, il Ministero dello Sviluppo Economico e il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare hanno approvato la nuova Strategia energetica nazionale (SEN). Le azioni proposte nella SEN si inseriscono nel contesto di un percorso di decarbonizzazione al 2050 per l'Italia secondo lo scenario Roadmap2050 della Commissione Europea.

Attualmente gli obiettivi menzionati e la ripartizione degli obiettivi nazionali sono oggetto di dibattito negoziale.

Modellazione del sistema energetico italiano: anno di riferimento 2013

La modellazione del sistema energetico italiano è stata effettuata mediante l'utilizzo del software EnergyPLAN.

Gli input inseriti possono essere suddivisi a seconda se si tratta di domanda di energia o di produzione di energia.

Per quanto riguarda la domanda di energia, gli input inseriti nel programma sono:

- domanda di energia elettrica, con relativa distribuzione oraria;

- import-export di energia elettrica, con relativa distribuzione oraria;
- distribuzione oraria della domanda di condizionamento estivo ed invernale degli edifici residenziali (elaborata tramite i software TRNSYS 17 e SketchUP);
- consumo per tipo di carburante da parte delle industrie, del settore civile e del settore dei trasporti.

Per quanto riguarda invece la parte relativa alla produzione di energia gli input inseriti sono:

- potenza installata degli impianti di produzione combinata di energia elettrica e calore (CHP)
- potenza installata degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili con relativa distribuzione di produzione oraria;
- consumo di carburante per ogni tipologia di impianto di produzione di energia elettrica;
- produzione di energia termica ed elettrica da parte di impianti di produzione da biogas, da bioliquidi e da rifiuti.

La Figura 1 mostra la schermata iniziale di EnergyPLAN, con il diagramma a blocchi del sistema energetico da analizzare e i flussi di carburante, energia elettrica, calore, idrogeno, vapore, CO₂, trasporti, acqua e raffreddamento.

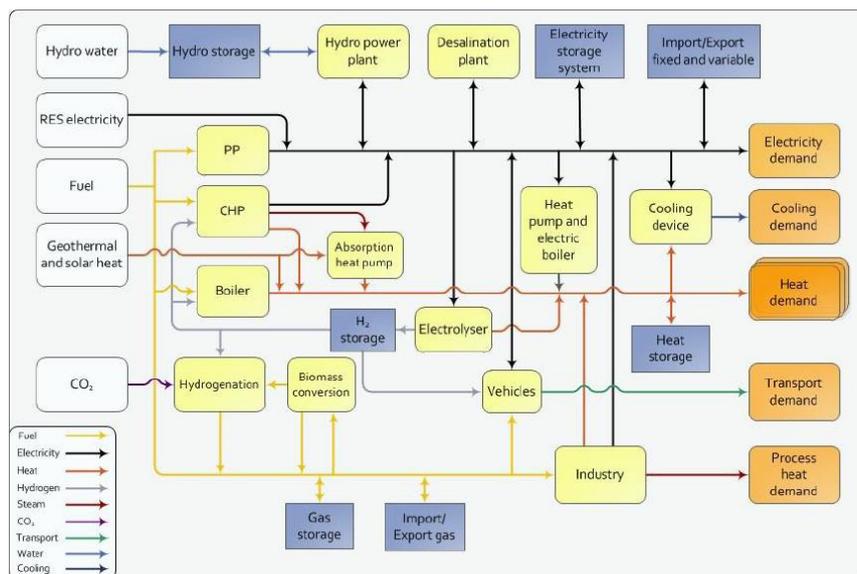


Figura 1: schermata iniziale del software EnergyPLAN

Tutti i dati di input sono stati reperiti in letteratura o in database specifici. Il software EnergyPLAN lavora con distribuzioni di carico annuali con time step di un'ora. Pertanto i dati ricavati sono stati resi fruibili dopo un'importante elaborazione atta ad avere tale risultato.

Il dato riguardante la distribuzione annuale della domanda di energia termica, come già accennato, ha necessitato di una simulazione tramite software TRNSYS. Questo perché in letteratura è presente esclusivamente il dato aggregato, ossia il valore totale della domanda termica annuale.

Per questo motivo sfruttando i dati del “Progetto TABULA” del Politecnico di Torino (Fig.2) sono stati realizzati quattro modelli di “edificio tipo” atti a rappresentare il parco edilizio nazionale. In particolare è stato preso come riferimento il gruppo 6, essendo il più numeroso.

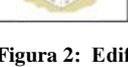
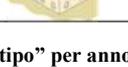
	SINGLE FAMILY HOUSES	TERRACED HOUSES	MULTI-FAMILY HOUSES	APARTMENT BLOCKS
1 Up to 1900				
2 1901-1920				
3 1921-1945				
4 1946-1960				
5 1961-1975				
6 1976-1990				
7 1991-2005				
8 After 2005				

Figura 2: Edifici tipo” per anno di costruzione

Tramite le informazioni geometriche messe a disposizione da tale Progetto, sono stati realizzati i modelli 3D degli edifici tramite il Software SketchUP (Fig.3) per poi effettuarne una simulazione di richiesta di energia termica.

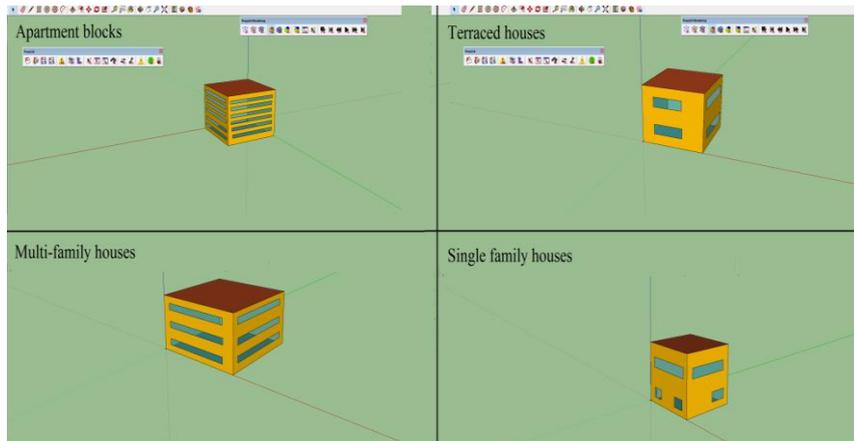


Figura 3: modelli degli edifici in SketchUP

Tale simulazione, come accennato, è stata realizzato con il Software TRNSYS 17, di cui si riporta il progetto in Figura 4.

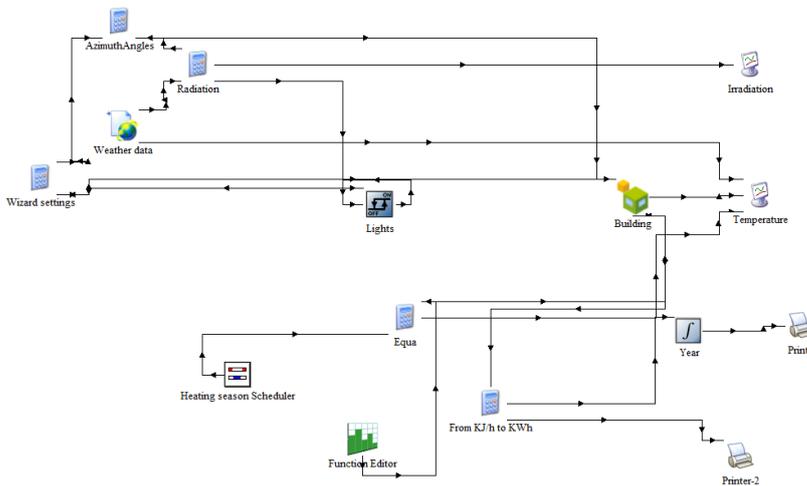


Figura 4: Progetto TRNSYS 17 per la simulazione

Inserendo singolarmente i modelli 3D nel type “Building”, in funzione di sei diverse città è stata effettuata la simulazione e tramite una media ponderata è stata valutata un’unica distribuzione oraria per ogni edificio. Per quanto riguarda tutti i dati di input di tale simulazione, si rimanda all’elaborato di tesi. Infine per estendere tale concetto al parco edilizio nazionale sono stati eseguiti i seguenti passaggi:

$$IH_{TOT} = ih_i * N^{\circ}_i B_i$$

con:

IH_{TOT} = distribuzione oraria totale di energia termica

ih_i = media pesata della richiesta di energia termica per ogni edificio nella città considerata

$N^{\circ}_i B_i$ = Numero di edifici della tipologia considerate

Con le informazioni inserite all'interno del software le emissioni di CO₂ per l'anno 2013 risultano essere pari a 396 Mtep (Fig.5), l'1,8% in più del valore registrato da EDGAR (Emission Database for Global Atmospheric Research).

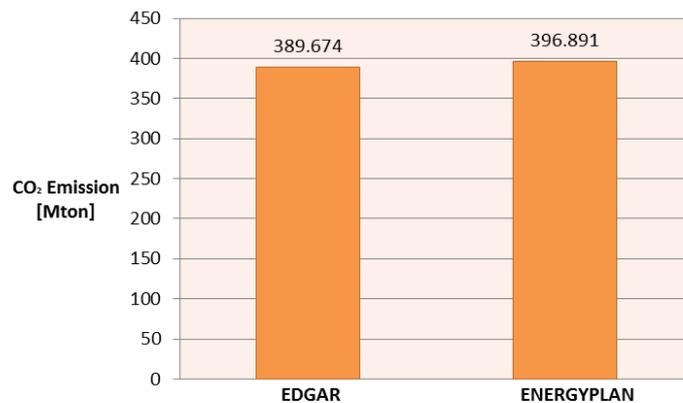


Figura 5: differenza delle emissioni di CO₂ valutate da EDGAR e EnergyPLAN

Prospettive energetiche per il sistema energetico italiano: anno di riferimento 2030 e 2050

La definizione degli scenari futuri del sistema energetico italiano per gli anni 2030 e il 2050 è stato creato utilizzando i dati dello studio "Energy [R]evolution" redatto da GreenPeace. L'andamento futuro dei consumi finali di energia viene calcolato a partire da proiezioni che tengono conto della popolazione, del PIL e dell'intensità energetica in Italia.

In particolare si può osservare che, a causa della crescita economica, del miglioramento degli stili di vita e della forte diffusione di veicoli elettrici, la domanda finale di elettricità è destinata ad aumentare nel settore industriale e dei trasporti, mentre si riduce lievemente nel residenziale

Complessivamente i consumi di elettricità crescono da 317 TWh nel 2013 a 389 TWh nel 2050 (Fig. 6).

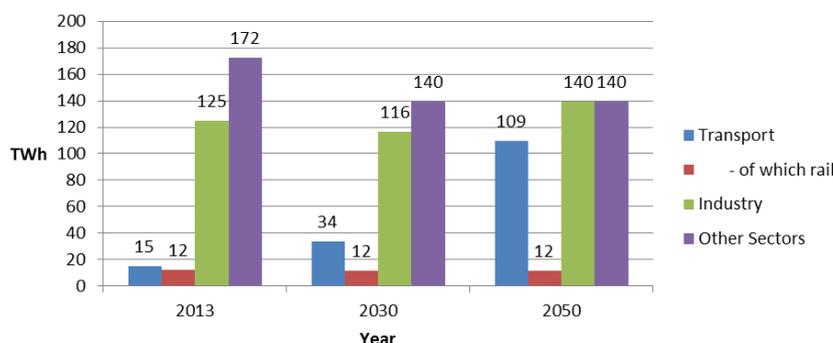


Figura 6: Consumi di energia elettrica nel 2013 e previsioni per gli anni 2030 e 2050

I risparmi energetici conseguibili nel settore termico sono ancora più consistenti. Infatti il continuo incremento di collettori solari e pompe di calore ridurrà la dipendenza dai combustibili fossili (Fig 7).

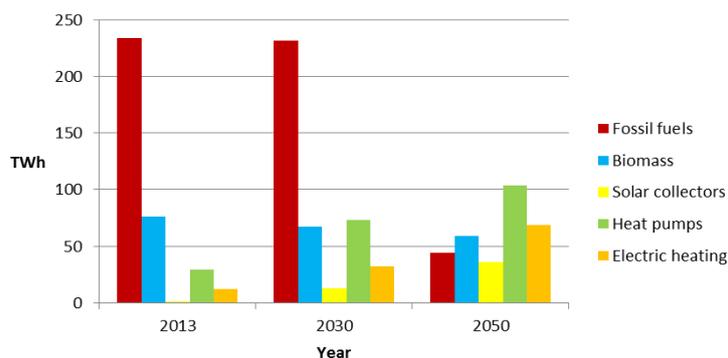


Figura 7: Sviluppo delle diverse tecnologie rinnovabili e dei combustibili fossili per il riscaldamento individuale

La sostituzione di impianti di riscaldamento a gasolio con impianti a gas contribuirà alla ulteriore riduzione delle emissioni di CO₂.

Questo obiettivo è conseguibile principalmente attraverso il rinnovamento del patrimonio immobiliare esistente in seguito all'introduzione di alti standard di efficienza energetica per gli edifici esistenti e tecniche di costruzione a "climatizzazione passiva" per le nuove costruzioni.

Per quanto riguarda il consumo di carburante lo scenario ha l'obiettivo di rimuovere petrolio e carbone nel più breve tempo possibile. Questo è possibile grazie

alla sostituzione di centrali a carbone con impianti rinnovabili distribuiti e alla rapida introduzione di veicoli elettrici e a gas/biogas in sostituzione degli attuali motori a benzina/diesel. In particolare per quanto riguarda il settore industriale si prevede la cessazione dell'utilizzo del petrolio e del carbone ed il ricorso alle biomasse ed al gas naturale (Fig.8).

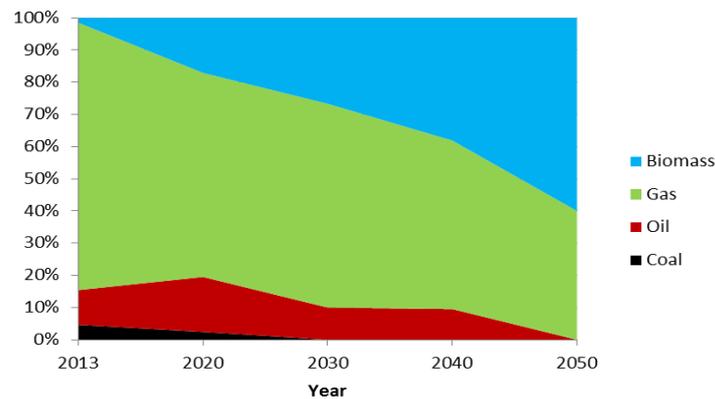


Figura 8: Percentuale di consumo di carburante nell'industria e in altri settori

Per quanto riguarda invece il settore dei trasporti, la tecnologia di propulsione ad alta efficienza porterà grandi guadagni. Entro il 2030, l'elettricità fornirà il 9% della domanda totale di energia del settore dei trasporti, mentre nel 2050 la quota sarà del 44% (Fig. 9).

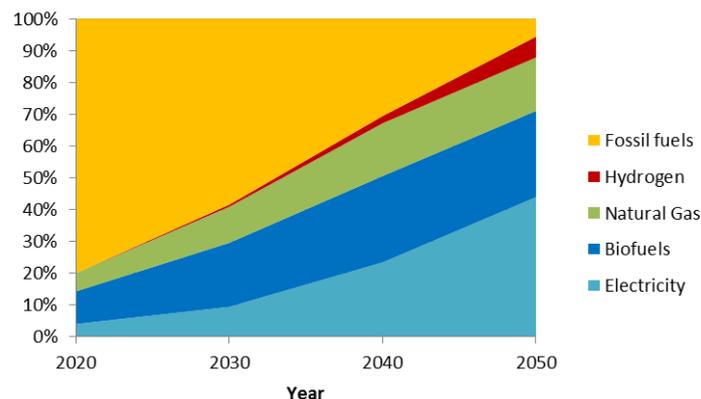


Figura 9: Sviluppo dei vari carburanti utilizzati nel settore dei trasporti

Per quanto riguarda la produzione entro il 2050 si prevede che il 95% dell'energia sarà prodotta da fonti rinnovabili, principalmente eolico, fotovoltaico e solare a

concentrazione (CSP) centrando in pieno gli obiettivi prefissati dall'Unione Europea (Fig. 10).

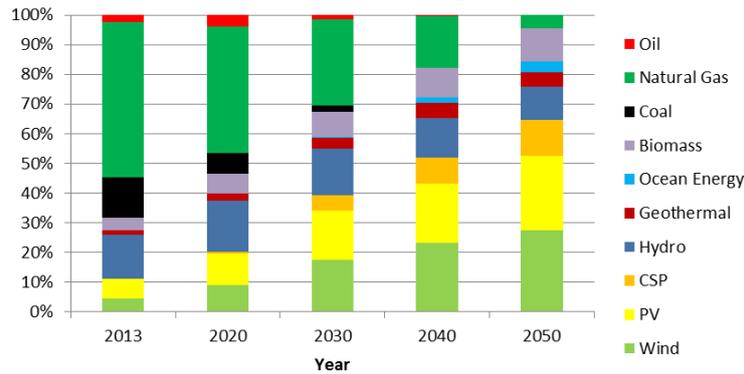


Figura 10: Mix energetico di produzione di energia elettrica

Ad uno sviluppo della fornitura di energia elettrica da fonti rinnovabili consegnerà una riduzione della produzione da parte di impianti cogenerativi e centrali termoelettriche (Fig.11).

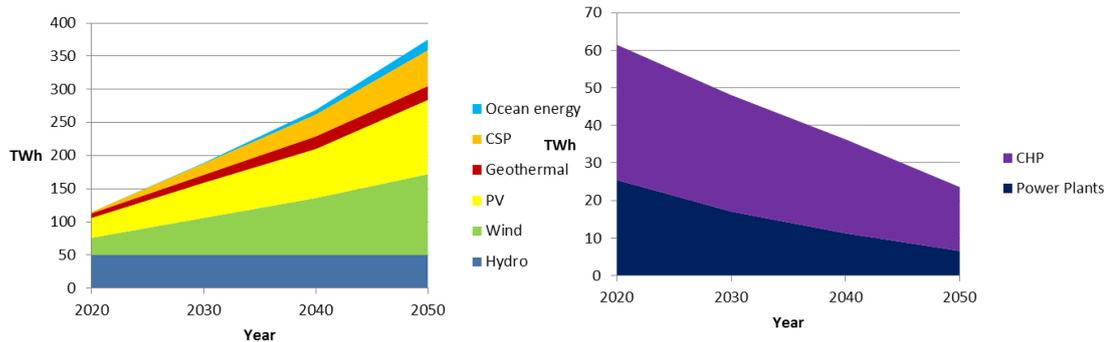


Figura 11: Sviluppo delle energie rinnovabili e degli impianti tradizionali

Per garantire la corretta integrazione di questi flussi e una sicura gestione delle reti di trasmissione e dispacciamento si considerano i costi legati all'innovazione delle reti in 'smart grids', l'introduzione di sistemi di accumulo e l'espansione di tecnologie di 'demand site management' (DSM).

Con queste ipotesi le emissioni di CO₂ in Italia diminuiranno da 400 milioni di tonnellate nel 2013 a 40 milioni di tonnellate nel 2050. Entro il 2030, le emissioni di CO₂ in Italia saranno il 45% al di sotto dei livelli del 1990 (425.190 milioni di

tonnellate) ed il 90% in meno nel 2050, centrando gli obiettivi prefissati dall'Unione Europea (Fig 12).

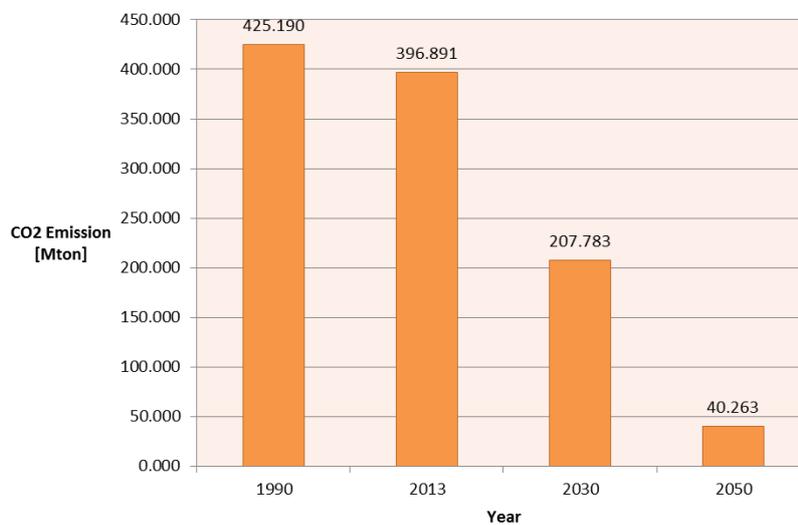


Figura 12: Emissioni di CO2 negli anni 1990, 2013, 2030 e 2050