

8 - ENERGIA

8.1 INQUADRAMENTO E RILEVANZA DEL PROBLEMA

L'impiego razionale dell'energia è di fondamentale importanza per la questione ambientale. Dalla quantità di energia utilizzata, dalla tipologia e dalla rinnovabilità delle fonti energetiche dipendono le principali criticità ambientali (inquinamento dell'aria, dell'acqua, del suolo, aumento dei gas serra, ecc.).

La richiesta sempre più massiccia di energia, sia per lo sviluppo industriale sia per l'incremento del parco veicoli circolanti, ed il ricorso a risorse energetiche non rinnovabili producono costi ambientali e sociali sempre meno sostenibili per il pianeta. I sistemi energetici locali producono, infatti, effetti anche su larga scala (si pensi alla pressione sulle risorse energetiche fossili come carbone e petrolio, e all'emissione dei cosiddetti gas serra, ritenuti responsabili dei cambiamenti climatici).

A livello internazionale il tema energetico viene sempre più identificato con il problema dei cambiamenti climatici globali dovuti all'effetto serra ed i tentativi di limitarne l'effetto, che trovano, al momento, la loro maggiore espressione nel Protocollo di Kyoto, sono uno stimolo per cercare di introdurre il concetto di sostenibilità anche per l'impiego delle fonti energetiche.

Nella conferenza di Kyoto (1997) la Comunità Internazionale ha assunto l'impegno di ridurre, nel periodo 2008-2012, le emissioni di gas serra del 5% circa rispetto alle emissioni del 1990. Il trattato entrerà in vigore quando sarà stato ratificato da almeno 55 paesi che coprano almeno il 55% delle emissioni globali del 1990. L'Italia, in seguito alla revisione degli accordi tra gli stati membri dell'Unione Europea, dovrà ridurre le emissioni del 6,5%.

Diversi sono infatti i programmi europei che hanno individuato obiettivi e impegni in campo energetico, indirizzati verso scenari legati alle diffusioni delle energie rinnovabili e al risparmio energetico in tutti i settori, anche al fine di rispettare gli obiettivi internazionali fissati a Kyoto.

In particolare, il Libro Verde sulle Energie Rinnovabili approvato nel 1997 dalla Commissione Europea individua come obiettivo la produzione di energie da fonti rinnovabili pari a 8% dell'energia primaria consumata entro il 2005 e pari al 12% entro il 2010. Nel settore trasporti il Libro Verde richiede l'impegno specifico di passare ad un utilizzo complessivo di biocarburante pari al 7% nel 2010, rispetto all'attuale 0,15%.

Mentre il Libro verde "Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico" orienta l'azione degli Stati Membri dell'Unione Europea all'individuazione, sviluppo e diffusione dell'uso di fonti di energia alternativa alla benzina e al gasolio e pone come obiettivo per il trasporto e il riscaldamento di sostituire entro l'anno 2020 il 20% dei carburanti classici con carburanti alternativi (biocarburante, gas naturale e idrogeno).

8.1.1 Criticità











Il territorio di Ravenna ospita una notevole concentrazione di impianti per la produzione di energia elettrica. Gli effetti negativi sull'ambiente locale sono stati descritti nei precedenti capitoli e riguardano principalmente l'inquinamento atmosferico, comunque migliorato dalla progressiva

RSA - 8. Energia

conversione a metano degli impianti di produzione energetica, e l'inquinamento termico determinato dallo sversamento delle acque di raffreddamento.

La conversione a metano delle centrali precedentemente alimentate ad olio combustibile sta consentendo, unitamente alla riduzione delle emissioni, un incremento dell'efficienza degli impianti, grazie all'adozione di generatori a ciclo combinato. L'ammodernamento degli impianti è stato introdotto a fronte dell'autorizzazione a un notevole incremento della potenza installata, che supera in maniera significativa la domanda espressa dal comune e viene quindi esportata verso l'esterno. Questo ruolo di esportatore di energia elettrica ha comportato la creazione di un'estesa rete di distribuzione che segna il paesaggio ravennate, talvolta in modo notevole.

8.1.2 Il sistema degli indicatori

Indicatore	Obiettivo/Target	DPSIR	Fonte	Stato	Trend	Unità di misura
Consumo di energia elettrica	Diminuire il consumo di energia elettrica. Obiettivi nazionali di risparmio energetico come da decreto 24/04/01	P	ENEL			tep/anno
Consumo procapite di energia elettrica	Valore <= media regionale pari a 0.49 tep/ab/anno	P	ENEL			tep/ab/anno
Vendite di prodotti petroliferi	Diminuire il consumo dei prodotti petroliferi	P	Bollettino petrolifero			tep/anno
Produzione di energia da fonti energetiche rinnovabili	Portare la produzione di energia da fonti rinnovabili pari all'8% dell'energia primaria consumata entro il 2005 e pari al 12% entro il 2010 in base agli obiettivi fissati dal Libro Verde sulle Energie Rinnovabili	R	Comune Ravenna			tep/anno
Produzione di energia tramite recupero energetico	Aumentare la quota di energia prodotta tramite recupero energetico.	R	HERA Provincia Comune			tep/anno
Consumo di gas naturale per autotrazione e altri usi come fonte a basso impatto ambientale	Sostituire entro l'anno 2020 il 10% dei carburanti classici con gas naturale come sottolineato nel Libro verde "Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico"	R	RER ARPA HERA			tep/anno

8.2 CONSUMI ENERGETICI

I possibili utilizzi dell'energia sono molteplici, e sarebbe arduo indicarli tutti. Inoltre, per uno stesso uso vengono usate, in molti casi, differenti forme di energia, e viceversa. Per poter avere degli elementi confrontabili, occorre quindi innanzitutto definire un'unica unità di misura per tutte le forme di energia ed occorre schematizzare tutti gli utilizzi in alcuni gruppi ristretti particolarmente rappresentativi.

Per quanto riguarda l'unità di misura, verrà usato in questo caso il TEP (Tonnellata Equivalente di Petrolio), in quanto questa unità permette di riportare tutte le quantità di combustibile ad un unico combustibile di riferimento ed è abbondantemente utilizzata in tutte le statistiche sull'energia.

I fattori di conversione utilizzati sono quelli della Circolare n° 219/F del 2/3/92 del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato riportati nella tabella seguente.

**Equivalente energetico di alcuni prodotti combustibili
(valori indicativi espressi in t.e.p. primari per unità fisica di prodotto)**

Prodotto	Equivalenza in tonnellate di petrolio (tep)
Gasolio	1 t = 1,08 t.e.p.
Olio combustibile	1 t = 0,98 t.e.p.
G.P.L.	1 t = 1,10 t.e.p.
Benzine	1 t = 1,20 t.e.p.
Gas naturale	1.000 Nm ³ = 0,82 t.e.p.
Energia Elettrica	1 MWh = 0,23 t.e.p.

In funzione dei dati disponibili, le elaborazioni sono state fatte a partire da dati effettivi di consumo o in base a necessarie stime, partendo dalla disponibilità di dati aggregati a livello provinciale.

I dati raccolti sono relativi a:

- consumi di gas naturale annuali (tep/anno) serie storica completa dal 1991 al 2002
- consumi di energia elettrica (tep/anno) serie storica completa dal 1993 al 2002
- vendita di prodotti petroliferi (tep/anno) serie storica completa dal 1993 al 2002

8.2.1 Consumi di gas naturale

La quantità di gas erogata nel comune di Ravenna è aumentata di pari passo con lo sviluppo della rete di erogazione (figura 1). Col miglioramento della qualità della vita, infatti, il numero di utenze collegate alla rete (corrispondenti al numero di contatori installati) è passato da 17.714 nel 1971 a 78.539 nel 2002.

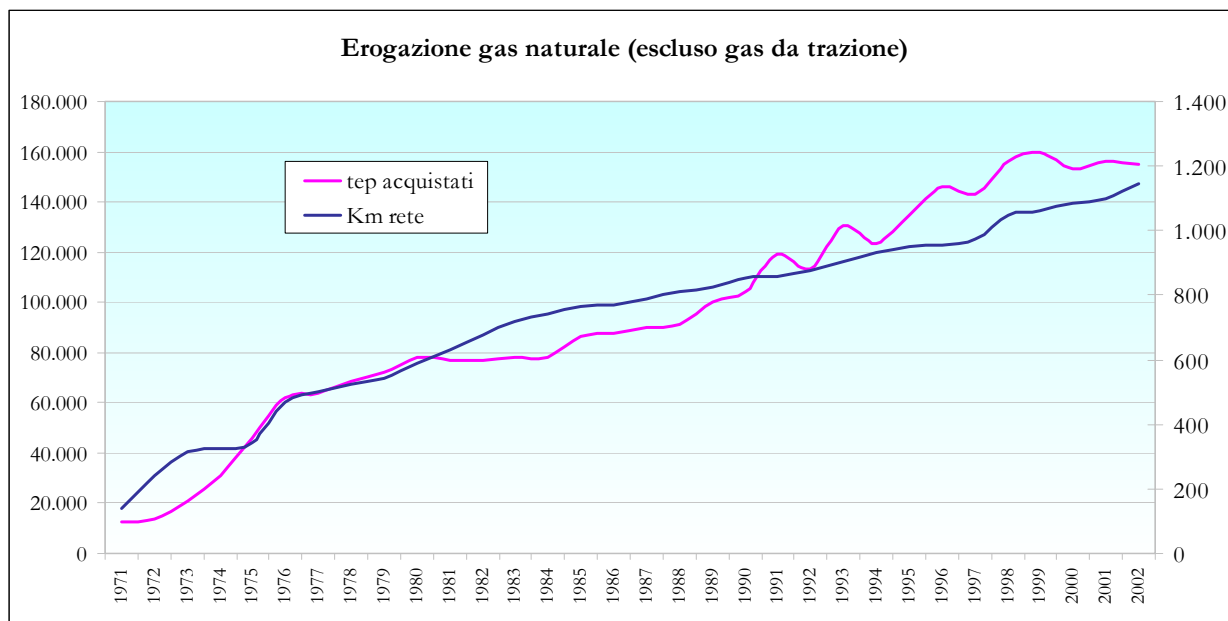


Fig. 1 – Gas naturale erogato (in tep) nel Comune di Ravenna dal 1970 al 2002 e lunghezza della rete di distribuzione. (Bollettino di statistica anno 2002)

Il periodo 1991-2002 è caratterizzato da un andamento positivo con una lieve flessione a partire dal 2000 (figura 2). I consumi di gas naturale destinato ad autotrazione (figura 2 e 3) mostrano un andamento positivo con un massimo nel 2001, anche se nell'economia generale della risorsa il metano destinato ad autotrazione non ha grande incidenza, poiché nel settore dei trasporti sono ancora in prevalenza utilizzati i prodotti petroliferi (vedi § 8.3.3).

L'andamento dei consumi pro-capite nel periodo 1991-2002 a livello comunale è generalmente crescente passando da 0,91 a 1.13 tep/ab/anno.

E' utile ricordare che i consumi energetici sono strettamente legati alle caratteristiche socio-economiche del territorio. In particolare, ai fini della domanda di servizi termici, l'andamento del numero delle famiglie, direttamente relazionata alle abitazioni a cui questi servizi sono associati, incide in misura importante sui consumi energetici di gas naturale destinato a riscaldamento.

Nel periodo 1991-2002 l'aumento delle numero delle famiglie registrato è stato mediamente più consistente rispetto all'aumento della popolazione a causa sia dell'andamento demografico che della costante diminuzione del numero di componenti medio per famiglia che è passato da 2,59 unità del 1991 a 2,31 unità del 2002. Ciò ha contribuito sensibilmente all'aumento dei consumi pro-capite di gas metano.

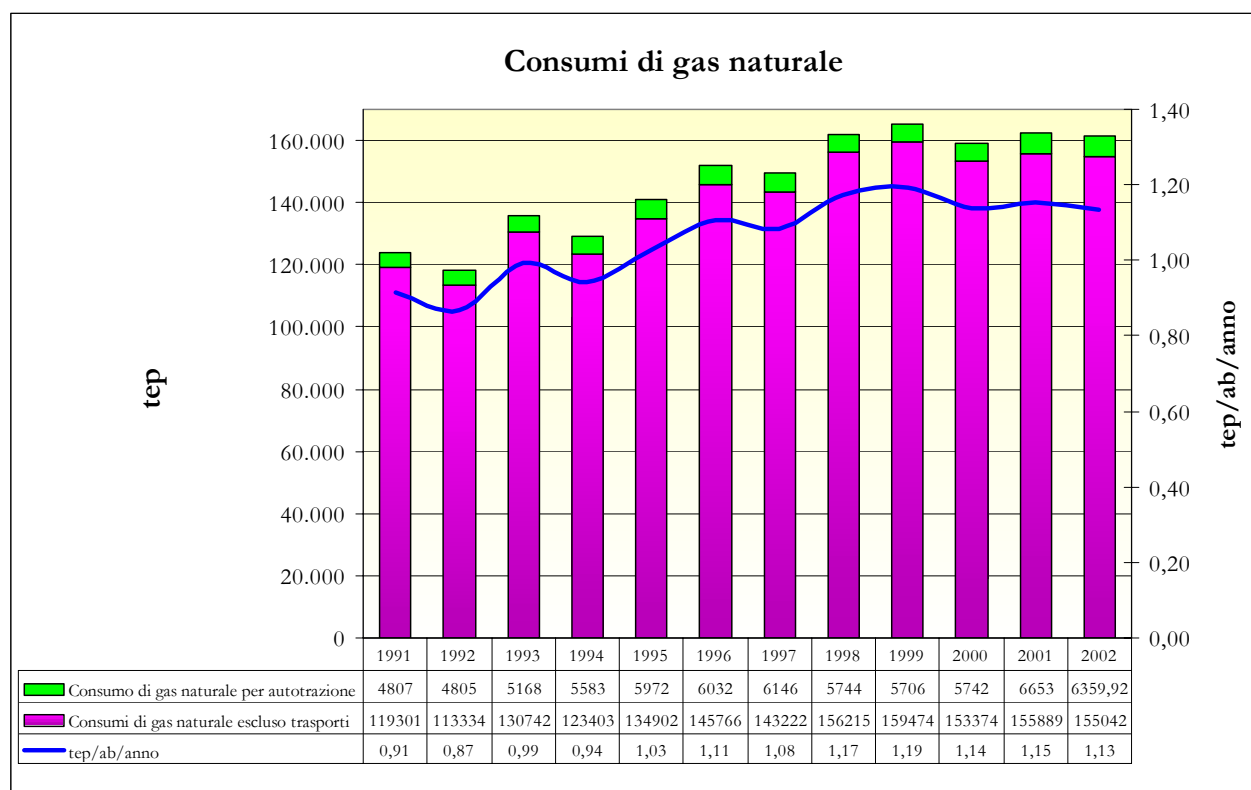


Fig. 2 – Consumo di gas naturale per autotrasporti e per i restanti usi (serie storica dal 1991 al 2002) e consumi procapite (Fonte: Bollettino di statistica anno 2002 - Comune di Ravenna e RER)

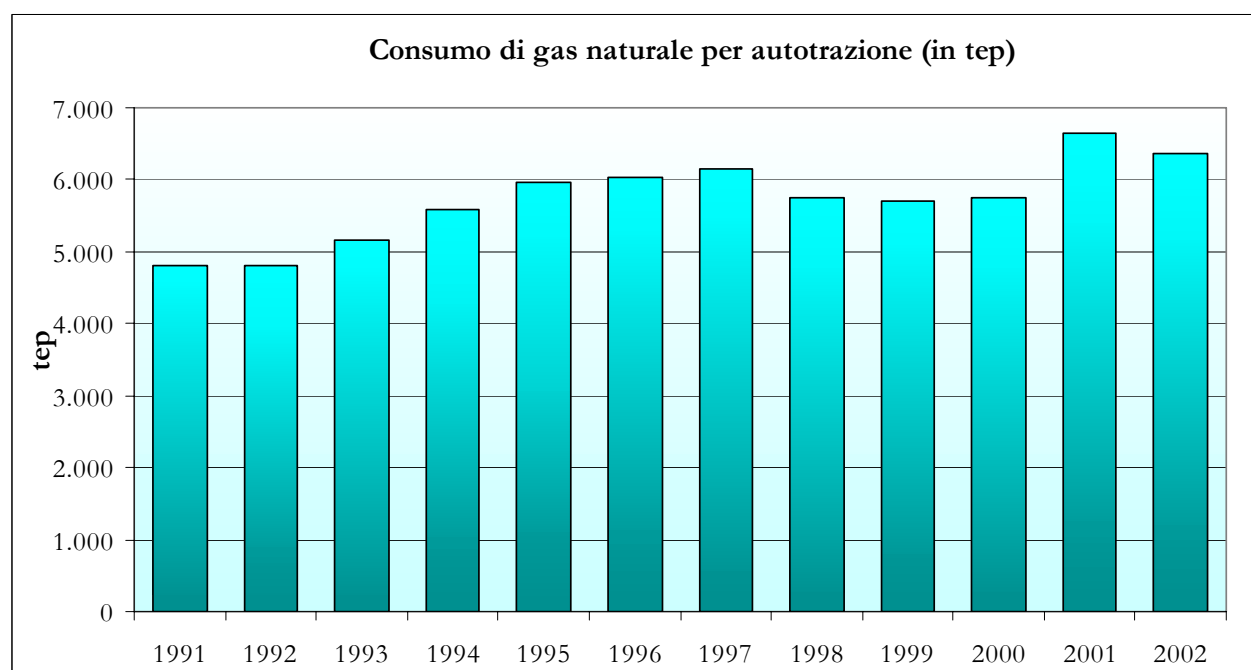


Fig. 3 – Andamento dell'erogazione di metano per autotrazione nel comune di Ravenna. (Fonte regionale)

8.2.2 Consumo di energia elettrica

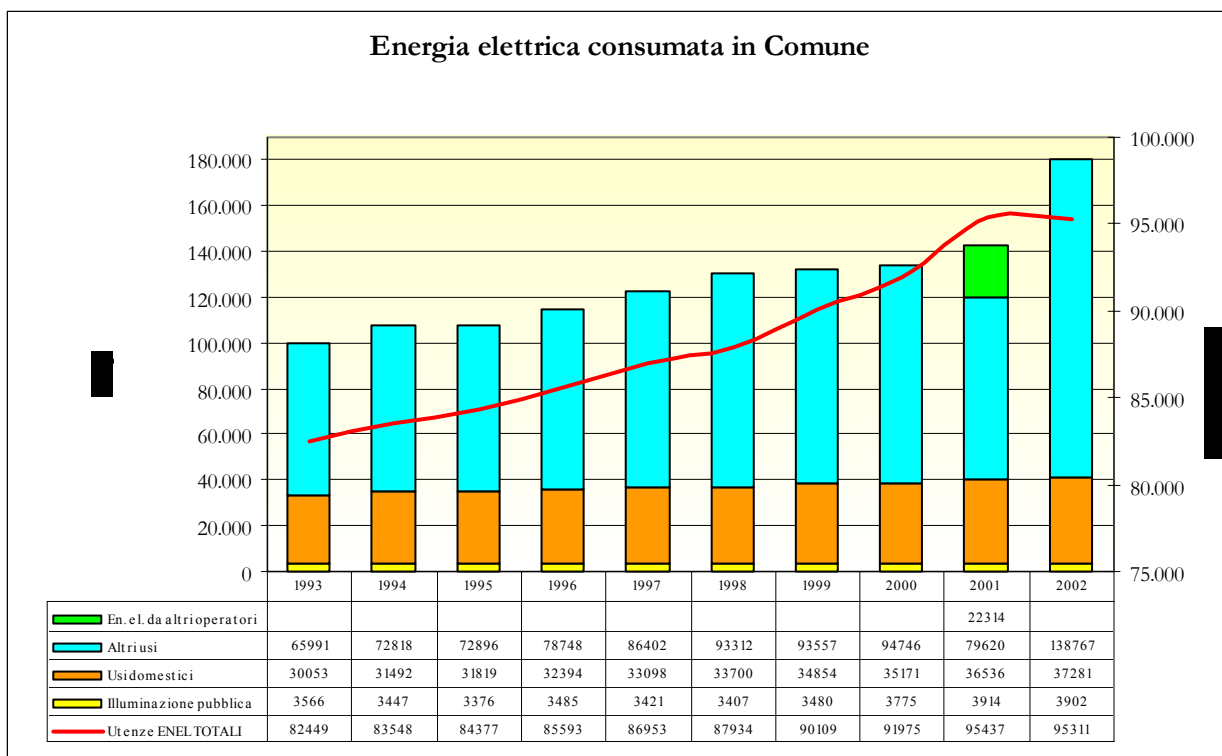


Fig. 4 – Energia elettrica consumata nel comune di Ravenna fatturata da Enel e vettoriata da altri operatori e numero di utenze servite da Enel. (Bollettino di statistica 2002, Comune di Ravenna)

Analogamente a quanto osservato per il gas naturale, il trend di consumo di energia elettrica è in continuo aumento (figura 4). Anche qui si può osservare che, insieme alla crescita dei consumi, aumentano le utenze allacciate.

A partire dal 1999, anno di liberalizzazione del mercato energetico (decreto legislativo n. 79 del 16 marzo 1999) sono entrati nel mercato dell'energia elettrica altri operatori il cui contributo sul territorio comunale è stato quantificato solo per l'anno 2001 in quanto per gli anni 1999, 2000 e 2002 il dato non è al momento disponibile.

Nel 2001 sono stati venduti 120.070 tep da ENEL e 22.314 tep da altri operatori del mercato elettrico. L'energia immessa dagli altri operatori è destinata quasi totalmente al settore industriale.

Nella fornitura di elettricità, sono i contratti "altri usi" (sopra i 30 kW/h), generalmente legati all'industria ed in piccola parte al terziario, a prevalere ormai in maniera netta: infatti si ha che dal 1993 al 2002 questi sono più che raddoppiati, innalzando il fabbisogno da 66 ktep a 139 ktep.

Gli usi civili (cioè i contratti residenziali fino a 3 kW/h e i non residenziali dai 3 ai 30 kW/h) aumentano del 24%, mentre i consumi destinati all'illuminazione pubblica sono aumentati del 10%.

Il consumo complessivo di energia elettrica è dunque aumentato del 42% rispetto al 2003 ed i consumi per abitante sono passati da 0.73 a 1.26 tep/ab/anno (vedi figura 5).

Il consumo pro-capite regionale di energia elettrica, registrato nell'anno 2000, è stato pari a 0,49 tep/ab/anno contro un consumo pro-capite comunale pari a 0,96 tep/ab/anno, quasi il doppio rispetto alla media regionale dello stesso anno. Ciò è dovuto alla elevata concentrazione di attività produttive presenti sul territorio.

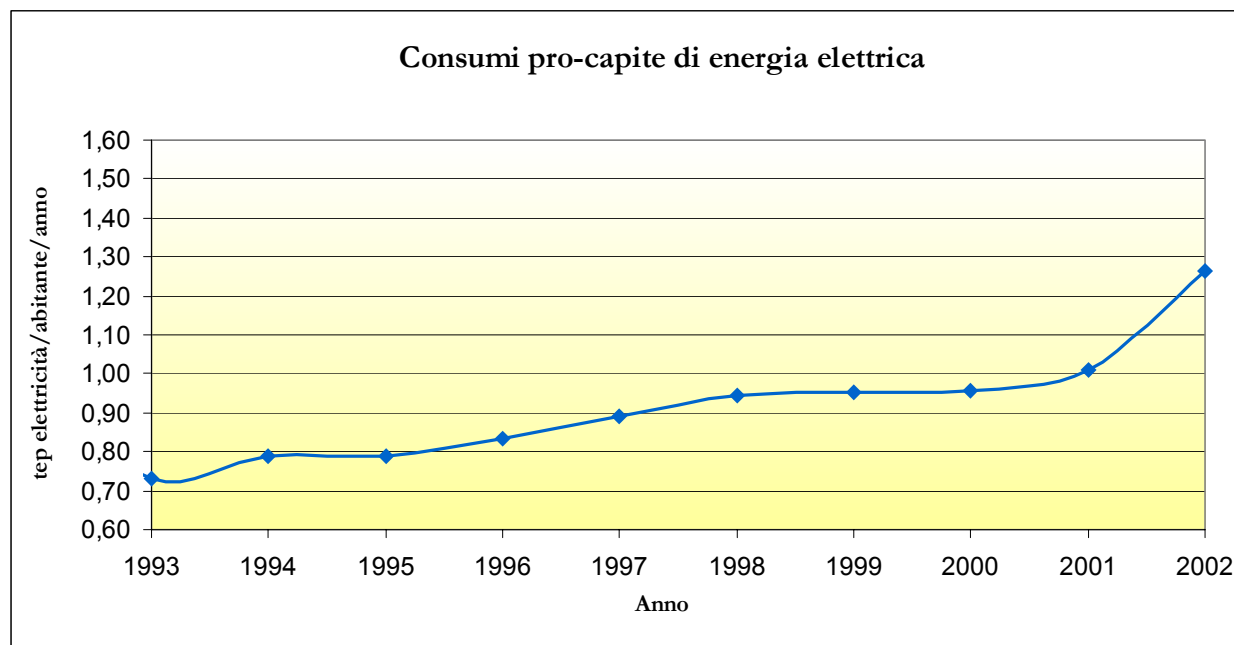


Fig. 5 – Andamento dei consumi procapite di energia elettrica nel comune di Ravenna.

8.2.3 Vendita di prodotti petroliferi

I consumi complessivi di prodotti petroliferi a livello comunale riportati di seguito sono stati stimati in parte da dati aggregati a livello comunale (fonte RER), ed in parte estrapolati dai dati aggregati a livello provinciale riportati nel Bollettino petrolifero (fonte Ministero delle attività produttive) opportunamente riscalate sul territorio comunale.

Non sono state considerate le vendite di olio combustibile pur essendo, a livello provinciale, molto consistenti. Infatti, dalle informazioni raccolte, tali quantitativi sono da addebitarsi in larga misura ai consumi delle centrali termoelettriche presenti sul territorio sia comunale che extracomunale. Non è perciò possibile ottenere una stima attendibile dei consumi di olio combustibile sul territorio comunale.

Per non avere un quadro falsato dei consumi energetici del Comune si è proceduto all'analisi dei dati di vendita degli altri prodotti petroliferi (figura 6) e si è desunto quanto segue:

- i consumi di benzina senza piombo sono triplicati andando gradualmente a sostituire la vecchia benzina super.
- nel periodo indagato il consumo complessivo di benzine è diminuito del 23% circa a favore di un aumento del gasolio.
- il consumo di gasolio per autotrazione è aumentato del 45%, passando da 21 a 30 ktep.
- il consumo di GPL per autotrazione è diminuito del 37% a favore di un aumento del 32% del consumo di metano per autotrazione (vedi § 8.3.1).
- il consumo di gasolio per riscaldamento è più che raddoppiato, mentre quello di gasolio agricolo ha subito un incremento del 82%.
- il consumo di GPL per riscaldamento, i cui dati sono disponibili solo a partire dal 1998, è aumentato dell'11%.

La vendita di prodotti petroliferi, nell'intervallo di tempo monitorato, presenta un trend globalmente crescente e la maggior parte di questi prodotti appare destinata al settore dei trasporti il cui contributo percentuale nel 2002 è stato stimato attorno al 50%, mentre una porzione rilevante è consumata in agricoltura e per il riscaldamento con una quota rispettivamente pari al 27% e 23% (figura 7).

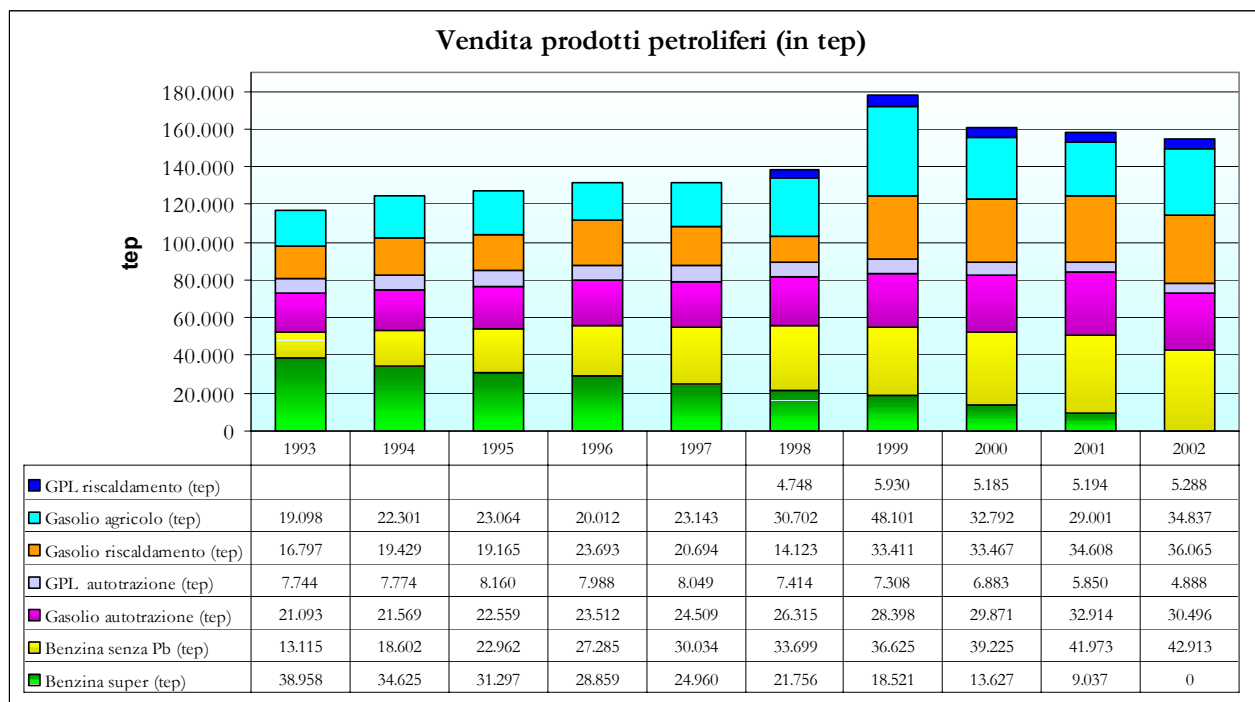


Fig. 6 - Vendita dei prodotti petroliferi nel Comune di Ravenna. Quantitativi espressi in tep (ns. elaborazioni su dati MAP e regionali)

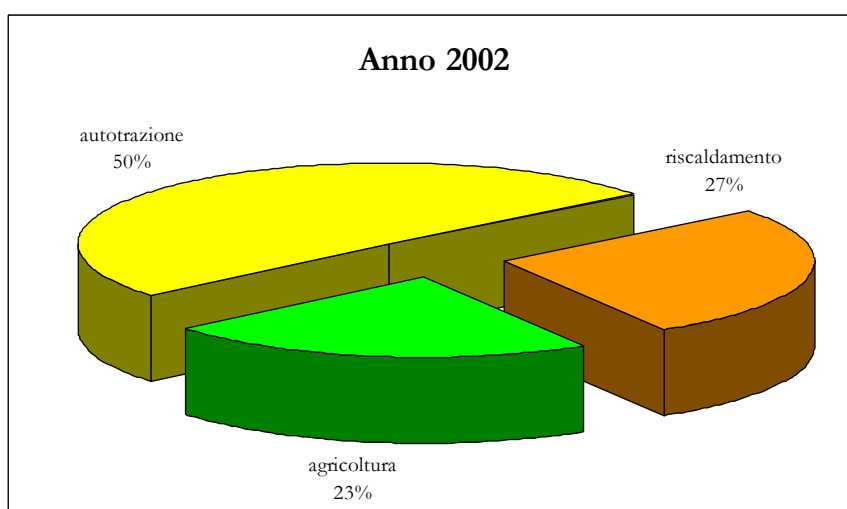


Fig. 7 – Contributo percentuale dei diversi usi finali al consumo di prodotti petroliferi. Anno 2002

8.3 INTERVENTI DI PROMOZIONE DEL RISPARMIO, DEL RECUPERO ENERGETICO E DELL'UTILIZZO DI FONTI RINNOVABILI

Il comune di Ravenna ha avviato diverse azioni in materia di promozione del risparmio energetico e delle energie rinnovabili. Le iniziative vertono sia sul fronte “dell’offerta” (impianti di produzione energetica, impianti fotovoltaici, teleriscaldamento) che su quello della gestione “della domanda” (telecontrollo degli impianti di riscaldamento, biodiesel).

8.3.1 Offerta di energia: tecnologie a risparmio energetico

Nel campo dell’offerta di energia numerosi enti ed aziende pubbliche e private hanno dimostrato un crescente impegno nella razionalizzazione dell’uso dell’energia e nel contenimento dei consumi in sintonia con le direttive nazionali ed internazionali.

Gli impianti di produzione energetica presenti nel comune di Ravenna sono elencate in tabella 1. Attualmente esistono due centrali termoelettriche convertite a ciclo combinato (centrale Enel e centrale Enipower). I MWe autorizzati riportati in tabella 1 sono riferiti alla massima potenza erogabile dall’impianto. In realtà durante il funzionamento ordinario i MWe prodotti mediamente in un ora sono molto inferiori.

Le centrali termoelettriche a ciclo combinato si differenziano dalle centrali termoelettriche tradizionali per il loro maggior rendimento energetico. La centrale ENEL infatti prima della conversione aveva un rendimento di circa il 38% e nell’anno 2000 per produrre 1.267.416 MWh di energia elettrica aveva consumato circa 286.496 tep di olio combustibile, quindi per produrre 1 MWh impiegava 0,226 tep di combustibile. Il rendimento della centrale dopo la conversione è circa del 55%, grazie al miglior sfruttamento dell’energia termica prodotta.

Tab. 1 – Centrali termoelettriche presenti nel comune di Ravenna. * I MWe autorizzati sono riferiti alla produzione oraria

AZIENDA	Tipo impianto	MWe autorizzati*
ENEL Produzione S.p.A.	Centrale termoelettrica – turbogas a metano (realizzato ed avviato)	850
ENIPOWER S.p.A.	Centrale termoelettrica – turbogas a metano (realizzato ed avviato)	780 +122,7 = 902,7
TOTALE AUTORIZZATO A LAVORI ULTIMATI		1752,7

Dall’analisi dei dati di produzione di energia elettrica nella centrale ENEL dopo la conversione (vedi tabella 2) si ricava che per ogni MWh di energia elettrica prodotta si sono impiegati 0,156 tep di combustibile. Quindi la nuova tecnologia ha consentito un risparmio di 0.070 tep di combustibile per ogni MWh di energia elettrica prodotta per un risparmio complessivo di 128.578 tep di combustibile sulla produzione da giugno ad ottobre 2003 portando cioè ad una riduzione dei consumi di combustibile rispetto all’energia prodotta pari al 31%.

Tab. 2 – Dati di produzione di energia elettrica e di consumo di gas naturale della centrale ENEL di Ravenna dopo la conversione (fonte ENEL Produzione S.p.A.)

Anno 2003	giu-03	lug-03	ago-03	set-03	ott-03	totale
Produzione di energia elettrica in MWh	327.570	405.828	237.080	443.843	418.620	1.832.941
Consumo di gas naturale in Nm3	63.417.278	78.506.385	44.183.670	83.809.753	78.456.425	348.373.511
Consumo di gas naturale in tep	52.002	64.375	36.231	68.724	64.334	285.666

La conversione delle centrali ENEL ed ENIPOWER in centrali a turbogas a ciclo combinato, sfruttando come combustibile il metano, oltre a garantire maggiori rendimenti consente, nonostante i significativi ripotenziamenti previsti, una riduzione nell'emissione dei principali inquinanti emessi. Nelle figure 8 e 9 relative alle centrali Enel e Enipower, vengono riportate stime fondate principalmente sulle emissioni massime autorizzate, a seguito delle approvazioni con decreti del Ministero dell'Ambiente degli studi di Valutazione di Impatto Ambientale dei progetti di conversione delle centrali suddette. Le emissioni massime autorizzate, laddove definite, sovrastimano certamente i valori reali, ma risultano comunque indicativi dell'andamento delle emissioni potenziali. I valori delle emissioni sono state poi integrate, per le polveri da stime ricavate da controlli Arpa ER e Cesi (Istituto di Milano) su turbogas di dimensioni simili a quelli Enel ed Enipower, stime che appaiono assolutamente in linea con i dati dei primi controlli effettuati sui turbogas ENEL attualmente in fase di messa a regime e che attestano valori estremamente contenuti.

Va ricordato che i dati sulle polveri totali comprendono anche tutte le "categorie" di materiale particolato a dimensioni ridotte (PM10, polveri fini e ultrafini)

**Emissioni massime autorizzate e stimate
Centrale Enel**

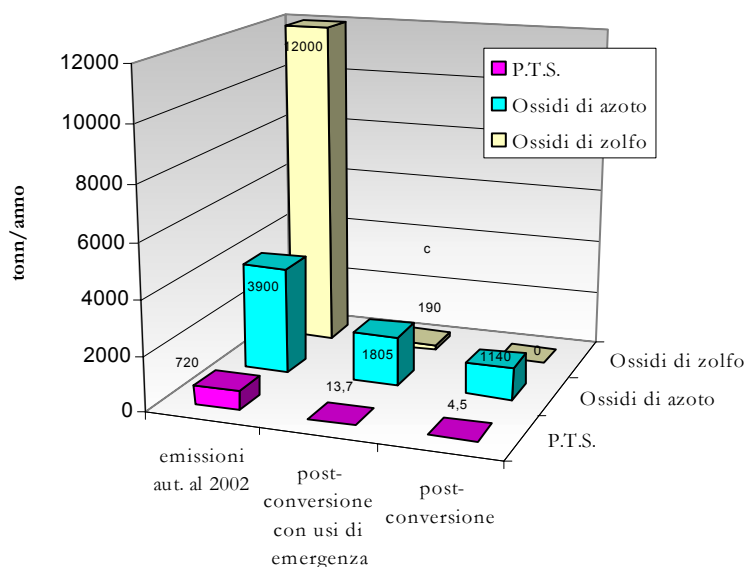


Fig. 8 - Stima delle emissioni (in tonn/anno) dopo la riconversione a metano – Centrale Enel (Fonte: Ministero Ambiente, ARPA E-R, CESI)

Come si può vedere dal grafico di figura 8 per la centrale Enel si assiste inoltre alla sostanziale eliminazione (salvo utilizzo di gasolio in situazioni di emergenza per il quale comunque è fissato un limite massimo di 500 ore di funzionamento) delle emissioni di ossidi di zolfo, che nel 2002 erano pari a 12.000 t/anno in riferimento alle emissioni massime autorizzate, e delle emissioni di polveri totali, nel 2002 pari a 720 t/anno e ad una riduzione molto significativa degli ossidi di azoto (oltre 2700 t/anno di riduzione a regime). Il tutto riferito a 6000 ore di funzionamento.

Nel grafico successivo (figura 9) è possibile osservare la riduzione riguardante le emissioni massime autorizzate della Centrale Enipower. A seguito della conversione la centrale Enipower è costituito da due gruppi di cogenerazione a ciclo combinato alimentati esclusivamente a gas naturale e dalle seguenti due unità già esistenti : un generatore di vapore funzionante ad olio combustibile e a gas naturale che sarà mantenuta in riserva fredda per i periodi di fermata e manutenzione dei turbogas, un turbogas di ridotte dimensioni alimentato esclusivamente a gas naturale.

Nel grafico oltre ad essere rappresentata la situazione pre-conversione vengono rappresentate 3 possibili scenari post-conversione, elencati di seguito:

- emissioni in funzionamento di emergenza con utilizzo di gasolio e nell'ipotesi che siano funzionanti tutte e quattro le unità,
- emissioni in funzionamento ordinario con utilizzo di solo gas metano e nell'ipotesi che siano funzionanti tutte e quattro le unità
- emissioni nell'ipotesi che solo i due moduli in ciclo combinato siano in attività

Tali emissioni sono state ricavate dalle emissioni massime autorizzate considerando un periodo di attività dell'impianto di 8000 ore all'anno; pertanto tali scenari rappresentano gli scenari peggiori possibili.

Per quanto riguarda l'emissione delle Polveri Totali Sospese (PTS), una riduzione molto significativa (in termini di emissioni massime autorizzate), è già osservabile al 1997 (data di scadenza per gli interventi di adeguamento previsti dal DM 12/07/90 per gli impianti esistenti), ma tale riduzione prosegue ulteriormente negli anni successivi, ciò codificato da precisi atti autorizzativi della Provincia (che ha la competenza in materia di emissioni in atmosfera), in linea con gli obiettivi previsti dal Protocollo per la riduzione dell'impatto ambientale 1997-2000 e successivo 2000-2003, che prevede la già ricordata conversione a metano della Centrale.

In regime di funzionamento ordinario, le emissioni massime autorizzate di PTS si riducono a valori estremamente bassi.

Altrettanto significative sono le riduzioni relative agli ossidi di zolfo (che da 18000 t/anno sostanzialmente si azzerano, salvo gli utilizzi di emergenza che porterebbero le emissioni a poco più di 150 t/anno), mentre meno evidenti sono le riduzioni relative agli ossidi di azoto, in termini di flussi di massa, comunque importanti perché avvengono nonostante il ripotenziamento.

Emissioni autorizzate e stimate - Centrale Enipower

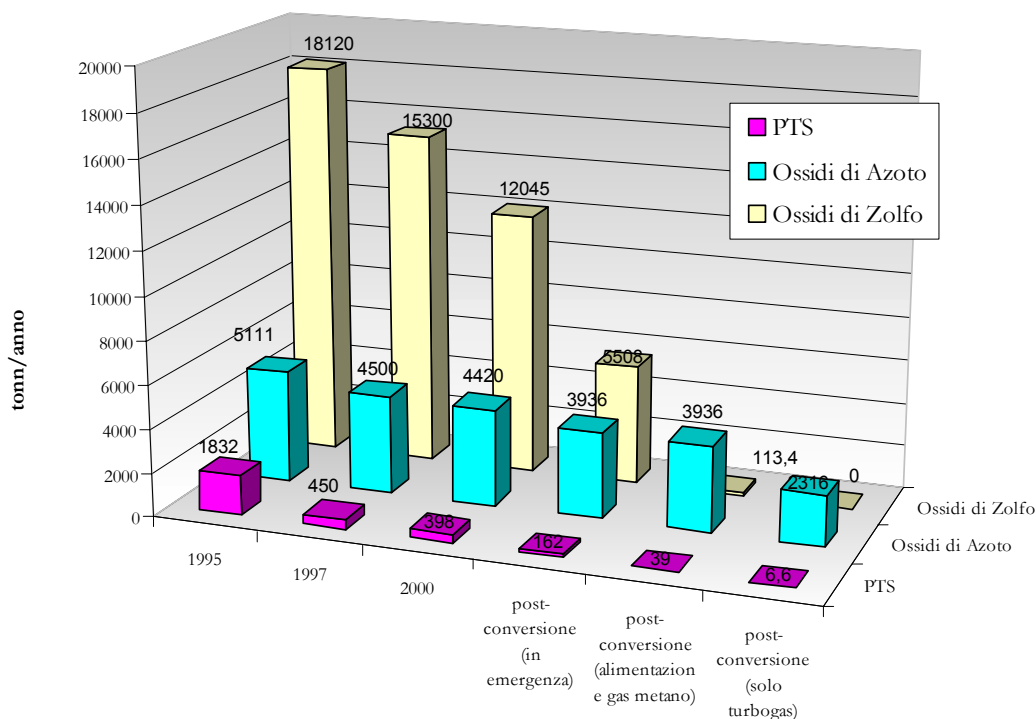


Fig. 9 - Stima delle emissioni (in tonn/anno) dopo la riconversione a metano – Centrale Enipower. Nota: In emergenza si intende con uso di gasolio, in funzionamento ordinario si intende con uso di gas metano. (Fonte: Ministero Ambiente, ARPA E-R, CESI)

Ndr: Recente letteratura ha sollevato dubbi e perplessità sul fatto che le centrali a ciclo combinato emettano come unici inquinanti di rilievo ossidi di azoto, dando così l'avvio ad un acceso dibattito scientifico tuttora in corso.

E' vero infatti che in quasi tutti gli studi di impatto ambientale relativi a centrali termoelettriche a metano viene presentato un dato di emissione nulla per inquinanti quale il particolato sottile e alcuni altri microinquinanti pericolosi. Alcuni studiosi, partendo dai fattori di emissione dell'EPA invece, sostengono che la combustione del gas naturale negli impianti a turbogas causa la produzione di quote significative di polveri fini ed ultrafini (PM2.5, PM0.1) principalmente di natura secondaria quindi non rilevabili ai camini di un impianto.

La legislazione vigente invece richiede la valutazione del particolato filtrabile (particolato ultragrossolano) misurato ai camini, quindi tale misura risulterebbe scarsamente significativa per la stima delle polveri prodotte da centrali a gas.

Va evidenziato tuttavia che altri autori considerano tale contributo decisamente più ridotto e, almeno per quanto riguarda la porzione filtrabile (anche PM10), i dati sui turbogas esistenti attestano valori molto contenuti.

Si rileva inoltre che le conoscenze scientifiche acquisite nell'ultimo decennio sulla rilevanza sanitaria di PM2.5 e PM0.1 sta portando ad un progressivo adeguamento della legislazione europea, questo a fronte di iter autorizzativi che per le turbogas al momento, non contemplano neppure la stima del PM10.

Rimane comunque la convinzione che le centrali turbogas siano il meglio che la tecnologia termoelettrica possa oggi offrire in termini di contenimento dell'inquinamento atmosferico ed efficienza di produzione elettrica e quindi certamente preferibili alle centrali ad olio e carbone.

8.3.2 Offerta di energia: tecnologie a recupero energetico e fonti rinnovabili

Sul fronte della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili o “assimilate alle rinnovabili” si sottolineano alcune importanti iniziative, tra cui l'utilizzo del biodiesel, il recupero energetico tramite la caldaia a letto fluido e il turboespansore, che complessivamente hanno prodotto nel 2002 oltre 37.000 MWh, più del doppio rispetto al 2000. Nel 2002 sono diventati operativi anche 4 impianti fotovoltaici (collocati su scuole comunali) per la produzione di energia elettrica, che hanno prodotto, nel corso dall'attivazione al 30/10/2003 3,973 tep (17,274 MWh).

		Unità di misura	2000	2001	2002
Diffusione impianti fotovoltaici negli edifici pubblici		Numero	0	0	4
Produzione di energia da impianti fotovoltaici (*)		MWh	0	0	17,274
		tep	0	0	3,973
Sistemi di riscaldamento a basso impatto	Edifici pubblici riscaldati a Biodiesel	Numero	0	6	8
Energia prodotta con recupero energetico (biogas discarica, caldaia a letto fluido, turboespansore, ecc)		MWh	15.100	31.171	37.175
		tep	3473	7169	8550

(*) La produzione di energia da fotovoltaico è considerata dall'attivazione al 30-10-2003.

Il Comune è impegnato anche sul fronte della riduzione delle emissioni da riscaldamento. Nel 2002 il numero di edifici pubblici riscaldati a metano si è attestato a 168 unità, mentre altri 8 edifici pubblici hanno iniziato ad utilizzare come combustibile il biodiesel. In 7 edifici comunali sono stati inoltre introdotti sistemi di telecontrollo degli impianti di riscaldamento, per ottimizzare l'uso di combustibili.

Gli impianti per la produzione di energia, già realizzati o in progetto che sfruttano tecnologie per il recupero energetico o risorse rinnovabili (riportati in tabella 3) sono i seguenti:

- **Impianto turboespansore di gas metano:** sistema di produzione di energia elettrica che sfrutta i processi di decompressione del gas naturale tramite turbine per produrre energia elettrica. Questo sistema è in grado di produrre una potenza fino ad 1 MWh. L'energia elettrica prodotta viene immessa in rete e attualmente ceduta alla rete nazionale elettrica.
- **Impianto di captazione del biogas:** attivo da gennaio 2001, è un sistema che consente di aspirare il gas sviluppato dalla fermentazione delle componenti organiche e putrescibili del rifiuto in discarica. Il biogas, aspirato tramite appositi pozzi, viene convogliato ad un unico collettore, filtrato e successivamente avviato a due gruppi di recupero energetico, dove è utilizzato come combustibile per la produzione di energia elettrica. La potenza elettrica installata è pari a 1 Mwh.
- **Impianto per il recupero energetico da inceneritore:** sistema in cui si produce elettricità dalla combustione di rifiuti solidi.
- **Caldaia a letto fluido a CDR:** il recupero di elettricità dai rifiuti solidi è basato su un ciclo che impiega un fluido condensabile (generalmente acqua), raccolto nel serbatoio di alimentazione. La produzione di energia è basata sull'alternarsi tra due stati dell'acqua: liquido e vapore. Il liquido viene vaporizzato nella caldaia, in seguito l'energia potenziale del vapore viene

trasformata in energia cinetica nei condotti che il vapore percorre prima di arrivare in turbina. In turbina il flusso di vapore investe le palette mobili mettendo in moto il rotore che, collegato ad un alternatore, produce energia elettrica. All'uscita della turbina il vapore entra nel condensatore dove parte del calore viene recuperato (es. riscaldamento fumi per il trattamento) e avviene il passaggio dalla fase vapore alla fase liquida.

- **Sistema per il recupero energetico off gas:** sistema composto da un bruciatore off gas abbinato ad un generatore di vapore a recupero per la produzione di vapore surriscaldato che viene utilizzato in una turbina a vapore per la produzione di energia elettrica e termica.

Tab. 3 – Impianti industriali per la produzione e il recupero di energia presenti nel comune di Ravenna

AZIENDA	Tipo impianto	MWe ⁽¹⁾ autorizzati
Ambiente S.p.A.	Forno smaltimento rifiuti	4,000*
HERA	Combustione biogas discariche	2,285*
HERA	Caldaia a letto fluido a CDR	6,000*
HERA	Turboespansore	1,000
CABOT ITALIANA S.p.A.	Recupero energetico off gas	2,000*
CABOT ITALIANA S.p.A.	Recupero energetico off gas (in progetto)	18,700*
Degussa Italia S.p.A.	Recupero energetico off gas	24,800*
LONZA S.p.A.	Recupero energetico off gas	20,000*
TOTALE AUTORIZZATO		78,785

Note: *un'aliquota dell'energia elettrica prodotta viene destinata all'autoconsumo. ⁽¹⁾ I MWe autorizzati sono riferiti alla produzione oraria.

In tabella 4 è evidenziata l'energia elettrica prodotta e immessa in rete da Hera Spa al netto degli autoconsumi.

Tab. 4– Energia elettrica (in MWh e in tep) immessa in rete da Hera Spa, con alcuni dei suoi impianti.

Impianto	2000		2001	
	MWh	tep	MWh	tep
Caldaia a letto fluido a CDR	12.402	2852	23.574.000	5.422.020
Combustione biogas discarica	//		5.338.200	1.227.786
Turboespansore	2.387,446	549113	1.752.140	402.992

8.3.3 Tetti fotovoltaici

Un impianto fotovoltaico (FV, figura 10-11), converte l'energia solare direttamente in energia elettrica, senza l'ausilio di parti in movimento. Questi impianti sono caratterizzati da elevata affidabilità (al punto che il costruttore garantisce il mantenimento delle caratteristiche elettriche per oltre 20 anni), silenziosità e bassa manutenzione. L'inquinamento atmosferico di questi sistemi, utilizzando una fonte energetica pulita (la luce del sole), è praticamente nullo.

Recentemente sono stati ultimati gli impianti fotovoltaici che il Comune di Ravenna ha installato in 4 scuole, nell'ambito del programma nazionale "Tetti Fotovoltaici" avviato dal Ministero dell'Ambiente. Il programma ha riscosso enorme successo, con oltre 570 progetti presentati e 442 approvati. L'Emilia Romagna è risultata la regione che ha presentato il maggior numero di progetti (126) ottenendo anche il maggior numero di approvazioni (62).

Il Servizio Edilizia del Comune di Ravenna nel maggio del 2001, ha presentato al Ministero i progetti di massima per l'installazione di impianti FV da 3 kWp in 4 scuole e precisamente:

- 1) scuola materna Lametta – Ravenna;
- 2) scuola materna Peter Pan – Ponte Nuovo;
- 3) scuola materna I Delfini – Punta Marina Terme;
- 4) scuola elementare G. Mameli – Marina di Ravenna (figura 9).

Gli impianti del Comune di Ravenna rientrano fra i primi 24 completati e sono i primi della regione.



Fig. 10 – Moduli fotovoltaici.



Fig. 11 – Scuola elementare di Marina di Ravenna

Ciascun impianto FV è permanentemente collegato in parallelo alla rete elettrica ENEL. Durante il normale funzionamento della scuola, la rete pubblica interviene integrando all'utenza la quota di energia mancante; nei periodi in cui invece non c'è prelievo di energia, o quella prodotta dall'impianto FV eccede le richieste dell'utenza, l'elettricità in esubero è immessa nella rete pubblica. L'energia elettrica immessa in rete e quella prelevata hanno lo stesso valore economico e quindi a fine anno sarà fatturata da ENEL la differenza fra energia elettrica prelevata dalla rete, ed energia immessa dall'impianto FV.

Sulla base della letteratura corrente ciascun impianto è in grado di produrre ogni anno mediamente 3.150 kWh di energia elettrica "pulita" corrispondenti a 724,5 tep. La produzione della medesima quantità di energia con combustibili fossili, avrebbe determinato l'emissione in atmosfera di circa 1.550 kg/anno di CO₂ (fattore di emissione del mix elettrico italiano alla distribuzione). Considerando l'attuale prezzo dell'energia elettrica, il costo a carico del Comune di Ravenna per ciascun impianto, pari a 5.986,00 Euro, è totalmente ammortizzabile in circa 13 anni.

L'energia prodotta in un anno di funzionamento (figura 12) e dall'attivazione fino al 30 ottobre 2003 è indicata in tabella 3. La produzione annuale di energia elettrica degli impianti delle scuole materne Lametta ed elementari Mameli ha superato le aspettative essendo rispettivamente pari a 0,863 tep (3.753 kWh) e 0,855 (3.718 kWh). L'impianto della scuola materna I Delfini e P. Pan presenta un valore annuo di energia prodotta inferiore agli altri, a seguito di inconvenienti della messa a punto dell'impianto nel primo caso, e dovuti a guasto dell'inverter nel secondo caso. Tali inconvenienti hanno determinato per alcuni periodi, il fermo degli impianti, con conseguente mancata produzione.

Il vantaggio economico ed il beneficio ambientale, devono essere valutati considerando anche la lunga vita di esercizio dei moduli FV. Questi impianti si inseriscono quindi a pieno titolo nel processo di sviluppo sostenibile, avviato dal Comune, per creare un modello concreto di sviluppo che risponda alle necessità del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie esigenze.

Tab. 5 – Energia prodotta dagli impianti FV installati dal Comune di Ravenna

SCUOLA	Attivazione impianto	Energia prodotta dall'attivazione al 30.10.2003 (in tep)	Energia prodotta in un anno di funzionamento (tep)	Energia prodotta al giorno (valor medio in tep)
Materna Lametta	02/08/02	1,102	0,863	0,0028
Materna Peter Pan	06/08/02	0,876	0,638	0,0028
Materna I Delfini	06/08/02	0,938	0,625	0,0029
Elementare Mameli	05/08/02	1,056	0,855	0,0030
Totale		3,973	2,982	0,0115

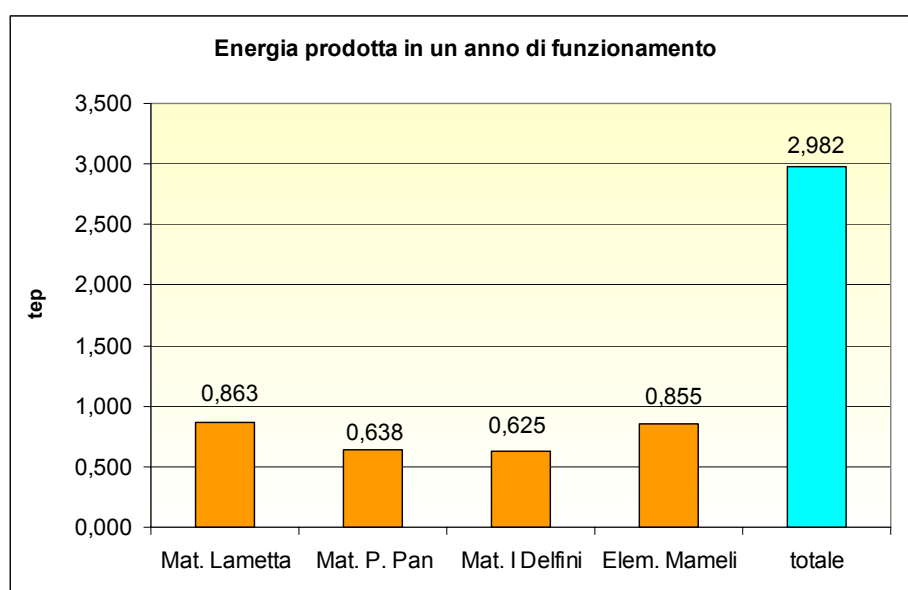


Figura 12 – Energia prodotta in un anno di funzionamento dagli impianti FV installati dal Comune di Ravenna

8.3.4 Utilizzo sperimentale del biodiesel

Il biodiesel è un carburante liquido a base di materie prime rigenerabili, come oli vegetali, e grassi alimentari esausti. Principalmente è prodotto con olio di colza, girasole o soia. Il biodiesel è un'energia rinnovabile, sicura da stoccare e maneggiare, capace di ridurre l'impatto ambientale locale abbattendo i principali inquinanti derivanti dalla combustione e, riducendo le emissioni di anidride carbonica, principale responsabile del riscaldamento globale (effetto serra). Inoltre è più biodegradabile del gasolio, non è tossico ed è il primo ed unico carburante alternativo riconosciuto dall'EPA (*Environmental Protection Agency*). L'assenza della maggior parte degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) riduce la mutagenicità del 50% rispetto al gasolio. Non contiene zolfo e quindi non produce i precursori che originano le piogge acide.

I dati in cifre sono i seguenti:

- 1 kg di gasolio sostituito = 2,5 kg di CO₂ risparmiata;
- biodegradabilità del 75% in 28 giorni contro il 40% del gasolio;
- particolato fine ridotto dal 20% al 60%;

- fumosità ridotta fino al 90%;
- riduzione in forma pura fino al 93% degli idrocarburi incombusti;
- riduzione in forma pura del 100% degli ossidi di zolfo;
- migliore combustione grazie all'11% di ossigeno nel biodiesel;
- elevato numero di cetano (più facile avviamento del motore).

Nel giugno 1999 è stato sottoscritto dal Comune di Ravenna, Provincia di Ravenna, AREA S.p.A. (Azienda Ravennate Energia ed Ambiente), IACP (Istituto Autonomo Case Popolari, ora ACER) e Ditta Novaol s.r.l. il primo accordo volontario per la sperimentazione dell'utilizzo del biodiesel, che è stato il primo assoluto in Italia. A tale Protocollo ne sono seguiti altri (nel 2000 e l'ultimo nel 2002) che hanno visto progressivamente aumentare il numero e la qualità dei sottoscrittori. Nel 2002, hanno aderito al Protocollo anche Aziende private (CONSAR e GRAR).

La sperimentazione ha coinvolto sia una serie di impianti termici ove è stato utilizzato biodiesel allo stato puro sia autoveicoli a gasolio ove è stato sperimentato l'utilizzo di miscele gasolio/biodiesel nel rapporto 80/20 e di biodiesel puro.

Il Protocollo prevede inoltre l'estensione del numero di utenze termiche e la sperimentazione di miscela gasolio/biodiesel da 80/20 a 70/30, su un notevole numero di automezzi (tabella 4), e di biodiesel allo stato puro su un certo numero di mezzi che potrà essere ulteriormente estesa qualora i risultati siano complessivamente positivi. Per quanto riguarda il riscaldamento, l'utilizzo del biodiesel ha evidenziato rendimenti di combustione simili a quelli del gasolio e non si sono verificate particolari problematiche di funzionamento.

I risultati delle prove preliminari effettuate da Arpa nell'uso del biodiesel (in attesa di ulteriori conferme) come combustibile per riscaldamento domestico e carburante per autotrazione possono essere così sintetizzati:

- Prove su 2 caldaie con potenzialità, rendimenti nella combustione e stato di manutenzione simili, utilizzando come combustibili gasolio per riscaldamento in una caldaia e biodiesel puro (100%) nell'altra.
 - Parametri rilevati: Particolato totale, IPA (nel particolato e nella condensa) e Gas (CO, NO, SO₂).

Risultati: per quanto riguarda le emissioni di gas, si sono ottenute concentrazioni simili per CO e NO, mentre la SO₂ è risultata, come prevedibile, totalmente assente con l'utilizzo nella caldaie del biodiesel; con quest'ultimo si è inoltre riscontrata, rispetto al gasolio, una diminuzione fino a 6 volte della concentrazione di particolato totale (figura 13).

	Caldaia biodiesel	Caldaia gasolio
Particolato (m g)	2.4	13.7
Volum e campionato (N m³)	3.055	2.690
Concentrazione (m g / N m³)	0.8	5.1

Fig. 13 – Particolato totale nelle emissioni delle caldaie (Arpa – Ravenna)

Anche gli IPA sono risultati inferiori sia nelle emissioni (condensa) sia nel particolato.

- Applicazione nel campo dell'autotrazione:
 - Combustibili usati: gasolio, biodiesel miscela al 20%, biodiesel puro (100%).
 - Parametri rilevati: Particolato totale, IPA (nel particolato e nella condensa), Gas (CO, NO, SO₂) e COV (composti organici volatili).

Risultati: pur necessitando i dati preliminari di ovvie conferme, appare certo il vantaggio dell'utilizzo di biodiesel al 20% e biodiesel puro rispetto al gasolio, in particolare con motore con presa di forza inserita. Per quanto riguarda gli IPA (sia nelle emissioni che nel particolato) si sono ottenuti risultati migliori utilizzando biodiesel puro con motore al minimo e biodiesel in miscela con motore con presa di forza inserita; il biodiesel al 100% ha dato vantaggi anche per quanto riguarda la diminuzione delle concentrazioni di COV, mentre più variabile e meno sicuro l'uso di biodiesel in miscela. Tra i gas l'effetto più evidente si è avuto nella totale scomparsa della SO₂ con entrambi i combustibili a biodiesel.

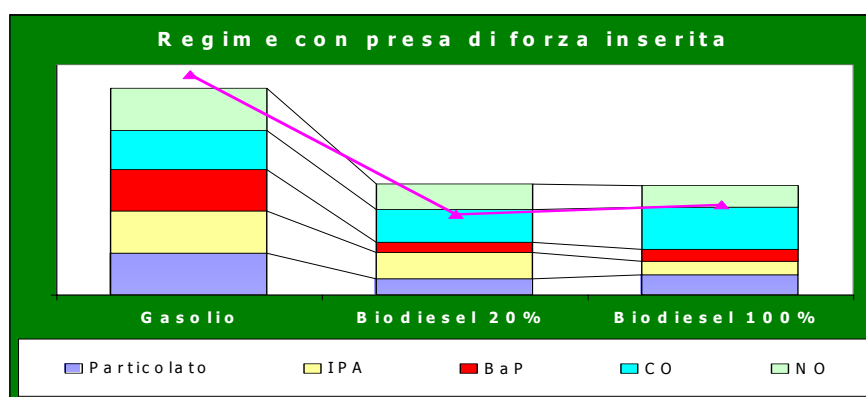


Fig. 11 – Valutazione dei diversi inquinanti in motori con presa di forza inserita (Arpa – Ravenna)

Nella tabella 6 che segue sono elencati gli interventi di sperimentazione del biodiesel previsti e attuati (dal Protocollo di intesa) sia per gli impianti termici che per gli automezzi, nel Comune di Ravenna.

Tab. 6 – Riassunto interventi di sperimentazione del biodiesel (Arpa – Ravenna)

ENTE O AZIENDA	SETTORE INTERVENTO SPERIMENTAZIONE	UTILIZZO GIA' AVVIATO (fine 2002)	IMPEGNI COMPLESSIVI AL 31/12/2003
COMUNE DI RAVENNA	Riscaldamento edifici comunali – impianti termici	Edifici utilizzati: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Pinacoteca Comunale ◆ Edificio di Viale Farini 21 degli Assessorati Ambiente ed Urbanistica 	Edifici utilizzati: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Pinacoteca Comunale ◆ Edificio di Viale Farini 21 degli Assessorati Ambiente ed Urbanistica
PROVINCIA DI RAVENNA	Riscaldamento edifici provinciali - Impianti termici	Edifici utilizzati: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Scuola Olivetti ◆ Istituto Professionale Stoppa di Lugo 	Edifici utilizzati: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Scuola Olivetti ◆ Istituto Professionale Stoppa di Lugo
HERA	Automezzi servizi ambientali	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 20 automezzi con sperimentazione a miscela 80/20 gasolio/biodiesel 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Estensione della sperimentazione a biodiesel in miscela 80/20 e fino a 30/70 all'intero Parco automezzi attualmente a gasolio (170 mezzi circa) salvo quelli utilizzati a biodiesel puro
HERA	Automezzi servizi ambientali	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 10 automezzi con sperimentazione a biodiesel puro. Sperimentazione avviata 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Utilizzo di biodiesel allo stato puro su 10 automezzi
A.C.E.R.	Riscaldamento edifici dell'Istituto - Caldaia	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Centrale termica centralizzata di Via Gulli, 261; ◆ Centrale in Via Gulli, 265 1 centrale termica centralizzata 	Impianti termici utilizzati: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Centrale termica centralizzata via Gulli 263; ◆ Centrale termica centralizzata via Gulli 267; ◆ Centrale termica centralizzata via Gulli 253/259; ◆ Centrale termica centralizzata via Gulli 273/279; ◆ Centrale termica centralizzata di Via Gulli, 261; ◆ Centrale in Via Gulli, 265 1 centrale termica centralizzata
CONSAR E GRAR	Automezzi aziendali	Sperimentazione avviata	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sperimentazione all'utilizzo di biodiesel allo stato puro su 10 automezzi
CONSAR E GRAR	Automezzi aziendali	Sperimentazione non ancora avviata	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sperimentazione all'utilizzo di biodiesel in miscela da 80/20 a 70/30 (gasolio/biodiesel) su 50 automezzi
TE.AM	Automezzi	Sperimentazione non ancora avviata	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sperimentazione all'utilizzo di biodiesel allo stato puro su 10 automezzi
ARPA	Riscaldamento edifici – impianti termici		<ul style="list-style-type: none"> ◆ Impianto termico sede ARPA

8.3.5 Il teleriscaldamento

Il teleriscaldamento è un sistema basato su di un impianto centralizzato che produce acqua calda a 90°C (vettore energetico) e la distribuisce con una rete di condutture interrata in vari punti della città.

L'acqua, trasportata attraverso una rete di tubazioni precoibentate, giunge fino agli edifici allacciati. Qui, tramite uno scambiatore, l'acqua cede il calore all'impianto condominiale e consente di:

- riscaldare gli ambienti
- usufruire di acqua calda per impieghi domestici ed igienico-sanitari.

Una volta ceduto il calore, l'acqua del teleriscaldamento, scesa a circa 70°C, ritorna in centrale per essere riportata alla massima temperatura e per ricominciare il suo viaggio.

Inoltre gli impianti di teleriscaldamento consentono la produzione di energia termica combinata alla produzione di energia elettrica (cogenerazione) incrementando il risparmio e dell'efficienza energetica complessiva.

Il teleriscaldamento è quindi in grado di garantire elevati rendimenti energetici, con applicazione di metodologie a basse emissioni, e quindi impatti ambientali nettamente inferiori a quelli determinati dai sistemi convenzionali di produzione termica ed energetica.

Si sta attualmente valutando la possibilità di realizzare impianti di teleriscaldamento in ambito comunale, utilizzando soprattutto impianti di produzione di energia già esistenti, al fine di perseguire gli obiettivi di risparmio, riduzione delle emissioni inquinanti e controllo/riduzione dell'effetto serra.

8.4 NORME DI RIFERIMENTO

Gli strumenti legislativi per il perseguimento degli obiettivi di risparmio ed efficienza energetica e di sviluppo delle fonti rinnovabili sono:

- **Legge n°10 del 9 gennaio 1991**
- **DPR 412/93 e successive modifiche (DPR 551/99)**
- **"Piano nazionale di riduzione dei gas serra"** presentato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e approvato dal CIPE con delibera n. 123 del 19 dicembre 2002 ("Revisione delle linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas di serra")
- **Decreti ministeriali del 24 Aprile 2001** per la promozione dell'efficienza energetica negli usi finali.

