



PIANO ENERGETICO COMUNE DI AREZZO

VALUTAZIONE DEI POTENZIALI ENERGETICI VOLUME III

NOVEMBRE 2011

SOMMARIO

Introduzione	3
1. Le strategie di razionalizzazione energetica	4
1.1. Razionalizzazione energetica degli edifici	4
1.2. Interventi sui trasporti	4
1.3. Interventi sull'illuminazione pubblica	12
1.4. Riepilogo: interventi per il contenimento dei consumi	14
2. Valorizzazione delle fonti rinnovabili di energia	16
2.1. Eolico	16
2.2. Mini-Idraulico	18
2.3. Energia da Rifiuti	18
2.4. Fotovoltaico	19
2.5. Solare Termico	21
3. Energia da Biomasse	22
3.1. Caratterizzazione del Comparto Agricolo e Zootecnico nel 2007	22
3.1.1. Il Comparto Agricolo	22
3.1.2. Il Comparto Zootecnico	23
3.2. Ipotesi di produzione delle Agroenergie nel 2013	25
3.2.1. Filiere delle Biomasse Lignocellulosiche	25
3.2.2. Filiera dei Biocarburanti	31
3.2.3. Ipotesi di Sfruttamento dei Reflui Zootecnici e dei Residui delle Coltivazioni Ortive	32
3.2.4. Ipotesi di sfruttamento delle biomasse residue agroindustriali	33
3.2.5. Altre potenziali fonti di recupero di biomassa legnosa	36
3.3. Riepilogo: potenziale energetico da biomasse – Scenario al 2013	40
3.3.1. Produzione energetica da Combustione delle Biomasse	41
3.3.2. Produzione energetica da Combustione del Biogas da Biomasse	41
4. Conclusioni	43
Indice delle tabelle	44
Indice delle figure	45
Bibliografia	47

INTRODUZIONE

Il presente documento rappresenta il Volume III del Piano Energetico del Comune di Arezzo. L'obiettivo specifico di questo rapporto è quello di individuare le potenzialità di risparmio energetico e di sfruttamento delle fonti rinnovabili nel territorio comunale di Arezzo da considerare in un futuro piano operativo. Le potenzialità oggetto della valutazione derivano innanzitutto da una migliore efficienza energetica, e quindi da minori consumi a parità di prodotti e servizi resi. Viene poi valutato il potenziale di produzione di energia da fonti rinnovabili, la cui applicazione consente un risparmio delle fonti tradizionali e riduce l'impatto ambientale derivante tipicamente dall'utilizzo di combustibili fossili.

1. LE STRATEGIE DI RAZIONALIZZAZIONE ENERGETICA

L'indagine sulle possibili strategie di razionalizzazione energetica effettuata per la stesura del PEC ha preso in analisi una serie di possibili interventi per il risparmio energetico. Nei prossimi paragrafi si procede alla descrizione quali-quantitativa degli elementi presi in analisi.

1.1. RAZIONALIZZAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Per quanto riguarda il tema del risparmio energetico conseguibile dalla razionalizzazione energetica degli edifici esistenti, si riportano le stime effettuate da un precedente studio che interessa l'area comunale di Arezzo redatto da AICOM.

Il primo tema affrontato è il riscaldamento domestico, in cui si può realizzare un contenimento dei consumi intervenendo sull'involucro edilizio (superfici vetrate, isolamento termico delle pareti e dei tetti). Un secondo campo di intervento è rappresentato da azioni di ammodernamento sull'impianto termico (sostituzione caldaia o recupero efficienza tramite manutenzione, termoregolazione e contabilizzazione sulle reti di distribuzione). Entrambe le tematiche sono considerate elementi strategici per il contenimento dei consumi da parte del Comune, come espressamente esposto nel Piano di Azione Comunale.

In questa sede si sceglie di conservare le valutazioni in merito alla potenziale efficienza energetica degli edifici, elaborate nel suddetto documento, in quanto rappresentano una possibile strategia verso cui orientare la cittadinanza, anche attraverso azioni di sensibilizzazione. Tuttavia tali contributi non verranno considerati nella prossima analisi di scenario in quanto trattasi di interventi di difficile realizzazione e su cui l'amministrazione comunale non ha diretto controllo.

Le stime citate sono sintetizzate in Tabella 1.1.

TABELLA 1.1 – RISULTATI DELL'INDAGINE SULLE POSSIBILI STRATEGIE DI RAZIONALIZZAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

	Alto Scenario [tep/anno risparmiate]	Basso scenario [tep/anno risparmiate]
Interventi sull'involucro edilizio	5.723	3.434
Interventi sugli impianti termici	7.482	3.741
TOT edilizia	13.205	7.175

Fonte: Documento AICOM, 2004

1.2. INTERVENTI SUI TRASPORTI

Il contenimento del consumo per i trasporti viene affrontato elaborando una stima del risparmio energetico ottenibile dal rinnovo del parco macchine, anche alla luce delle più recenti novità normative e tecnologiche.

Si trascurano in questa sede gli effetti di riduzione sui consumi energetici della riorganizzazione del traffico in quanto si tratterebbe di stime molto approssimative. In tal senso infatti, seppure il Piano Urbano della Mobilità

Comunale promuova il trasporto pubblico, non offre spunti quantitativi di riferimento, rendendo di fatto impossibile una quantificazione della sottrazione di mezzi privati a favore della mobilità pubblica ed il relativo risparmio di combustibile. Ciò non toglie, comunque, che tali interventi possano contribuire al risparmio energetico ed al contenimento delle emissioni in atmosfera.

Relativamente all'elaborazione del risparmio energetico ottenibile dal rinnovo del parco veicolare, gli scenari presi a riferimento per la valutazione delle riduzioni di consumi di carburante sono i seguenti:

- scenario attuale al 2010: stima effettuata sulla base dei veicoli immatricolati al 31/12/2009 nel Comune di Arezzo;
- scenario futuro al 2020: stima effettuata a partire dallo scenario attuale tenendo conto delle modifiche indotte dal regolamento CE n. 449/2009 del 23/04/2009 che impone al 2020 un'emissione media di CO₂ del parco autoveicoli passeggeri pari a 95 gCO₂/km.

Per entrambi gli scenari è stata eseguita la valutazione dei seguenti indicatori:

- Tonnellate di carburante consumato (t)
- Tonnellate di petrolio equivalente consumato (tep)
- Tonnellate di CO₂ emesse in atmosfera (t CO₂)

Nell'analisi dei due scenari, il processo di stima dei consumi di carburante e delle emissioni di CO₂ è stato realizzato facendo riferimento alla sezione "Road Transport" della quarta edizione dell'inventario CORINAIR (European Environment Agency (EEA), "EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2007", EEA, Copenhagen, 2007]. Da tale documento, in particolare sono state estrapolate le percorrenze medie annuali in Italia per singola macroclasse veicolare (veicoli passeggeri benzina e/o gpl e/o metano, veicoli passeggeri diesel, veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti, autobus e motoveicoli, vedi Tabella 1.2) e le formule di stima dei consumi di carburante e delle emissioni di CO₂.

TABELLA 1.2 – PERCORRENZE MEDIE ANNUALI IN ITALIA PER MACROCLASSE VEICOLARE

Macroclasse veicolare	Percorrenze medie annue [km/anno]
Veicoli passeggeri benzina, gpl e metano	15.000
Veicoli passeggeri gasolio	25.000
Veicoli commerciali leggeri benzina	32.000
Veicoli commerciali leggeri gasolio	27.000
Veicoli commerciali pesanti	62.000
Autobus	66.000
Motoveicoli	8.000

Per lo scenario attuale, in primo luogo sono stati valutati i consumi totali dei singoli vettori energetici finali utilizzati (gasolio, gpl, metano, benzina). Tali consumi sono generalmente misurati in tonnellate (t) o normal metri cubi (Nm³); per uniformare tutte le grandezze e poter effettuare un bilancio energetico complessivo i singoli contributi sono stati espressi anche in termini di tonnellate di petrolio equivalente (tep) facendo riferimento alla circolare del ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato del 2 marzo 1992, n. 219/f nella quale sono riportate le modalità di conversione a tonnellate di petrolio equivalente per i principali vettori energetici (vedi Tabella 1.3).

TABELLA 1.3 – MODALITÀ CONVERSIONE IN TONNELLATE DI PETROLIO EQUIVALENTE

EQUIVALENTE ENERGETICO DI ALCUNI PRODOTTI COMBUSTIBILI (Valori indicativi espressi in tep primari per unità fisica di prodotto)	
Prodotto	Equivalenza in tep
Combustibili liquidi	
Gasolio	1 t = 1,08 tep
Gas di petrolio liquefatti (GPL)	1 t = 1,10 tep
Benzine	1 t = 1,20 tep
Combustibili gassosi	
Gas naturale (Metano)	1000 Nm ³ = 0,82 tep

La stima delle emissioni di CO₂ connessa ai consumi dei singoli vettori energetici è stata realizzata successivamente attraverso l'utilizzo della seguente espressione della sezione "Road Transport" della quarta edizione dell'inventario CORINAIR:

$$E_{CO_2} = 44,011 \cdot \frac{FC}{12,011 + 1,088 \cdot r_{H,C}}$$

dove E_{CO₂} sono le tonnellate di emissioni di CO₂, FC è il consumo di carburante in tonnellate e r_{H,C} è il rapporto tra atomi di idrogeno e di carbonio nel combustibile (3,9 per il gas naturale [metano da autotrazione], ~ 2,6 per il GPL, ~ 2 per il gasolio, e ~ 1,8 per la benzina).

Per determinare la consistenza e la composizione per tipologia, alimentazione, età e taglia del parco veicolare è stato scelto come riferimento, per lo scenario attuale, il parco circolante dell'archivio ACI del Comune di Arezzo, aggiornato al 31/12/2009 (il più recente disponibile). I dati ACI sono dettagliati secondo la classificazione COPERT e sono stati rielaborati in modo da ottenere la composizione per tipologia di veicoli, alimentazione, età e taglia congruente con le analoghe classi definite nella metodologia CORINAIR.

Nelle tabelle seguenti sono riportati il numero di veicoli immatricolati del Comune di Arezzo (Tabella 1.4) e le suddivisioni percentuali del parco veicolare in classi per tipologia, alimentazione, età e taglia (Tabella 1.5).

TABELLA 1.4 – NUMERO VEICOLI IMMATRICOLATI AL 31/12/2009 NEL COMUNE DI AREZZO SUDDIVISI IN CLASSI PER TIPOLOGIA, ALIMENTAZIONE, ETÀ E TAGLIA

MacroClasse	Alimentazione	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	TOTALE
AUTOVEICOLI PASSEGGERI	BENZINA	5.771	2.956	10.371	6.666	10.423	265	36.452
	<1400 cc	4.429	2.257	7.939	5.117	7.851	184	27.777
	1400-2000 cc	1.220	636	2.211	1.408	2.338	74	7.887
	>2000 cc	122	64	221	141	234	7	789
	METANO	331	222	683	373	1.268	105	2.982
	GPL	452	218	572	245	1.224	10	2.721
	GASOLIO	719	361	3.003	8.187	10.823	342	23.435
	<2000 cc	590	296	2.462	6.713	8.875	280	19.217
	>2000 cc	129	65	541	1.474	1.948	62	4.218
Totale AUTOVEICOLI PASSEGGERI		7.273	3.757	14.629	15.471	23.738	722	65.590
MOTOVEICOLI	<250 cc	5.692	2.332	2.225	1.983			12.233
	250-750 cc	737	302	288	257			1.583
	> 750 cc	268	110	105	93			576
Totale MOTOVEICOLI		6.697	2.744	2.618	2.333			14.392
VEICOLI COMM. LEGGERI	BENZINA	136	68	139	145	254	1	743
	GASOLIO	954	702	1.484	2.313	1.572	35	7.060
Totale VEICOLI COMM. LEGGERI		1.090	770	1.623	2.458	1.826	36	7.803
VEICOLI COMM. PESANTI	BENZINA	31	1					32
	GASOLIO	624	149	313	382	125	23	
	3,6 - 7,5 t	120	33	57	99	23	8	340
	7,5 - 16 t	235	56	71	76	17	9	464
	16 - 32 t	267	57	184	206	85	6	805
	oltre 32 t	2	3	1	1			7
Totale VEICOLI COMM. PESANTI		655	150	313	382	125	23	1.648
TOTALE VEICOLI COMMERCIALI		1.745	920	1.936	2.840	1.951	59	9.451
Totale AUTOBUS		48	27	65	69	2	9	220
TOTALE		15.763	7.448	19.248	20.713	25.691	790	89.653

TABELLA 1.5 – SUDDIVISIONE PERCENTUALE PER TIPOLOGIA, ALIMENTAZIONE, ETÀ E TAGLIA DEI VEICOLI IMMATRICOLATI AL 31/12/2009 NEL COMUNE DI AREZZO

MacroClasse	Alimentazione	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	TOTALE
AUTOVEICOLI PASSEGGERI	BENZINA	6,44%	3,30%	11,57%	7,44%	11,63%	0,30%	40,66%
	<1400 cc	4,94%	2,52%	8,86%	5,71%	8,76%	0,20%	30,98%
	1400-2000 cc	1,36%	0,71%	2,47%	1,57%	2,61%	0,08%	8,80%
	>2000 cc	0,14%	0,07%	0,25%	0,16%	0,26%	0,01%	0,88%
	METANO	0,37%	0,25%	0,76%	0,42%	1,41%	0,12%	3,33%
	GPL	0,50%	0,24%	0,64%	0,27%	1,37%	0,01%	3,04%
	GASOLIO	0,80%	0,40%	3,35%	9,13%	12,07%	0,38%	26,14%
	<2000 cc	0,66%	0,33%	2,75%	7,49%	9,90%	0,31%	21,43%
	>2000 cc	0,14%	0,07%	0,60%	1,64%	2,17%	0,07%	4,71%
Totale AUTOVEICOLI PASSEGGERI		8,11%	4,19%	16,32%	17,26%	26,48%	0,81%	73,16%
MOTOVEICOLI	<250 cc	6,35%	2,60%	2,48%	2,21%			13,65%
	250-750 cc	0,82%	0,34%	0,32%	0,29%			1,77%
	> 750 cc	0,30%	0,12%	0,12%	0,10%			0,64%
Totale MOTOVEICOLI		7,47%	3,06%	2,92%	2,60%			16,05%
VEICOLI COMM. LEGGERI	BENZINA	0,15%	0,08%	0,16%	0,16%	0,28%	0,00%	0,83%
	GASOLIO	1,06%	0,78%	1,66%	2,58%	1,75%	0,04%	7,87%
Totale VEICOLI COMM. LEGGERI		1,22%	0,86%	1,81%	2,74%	2,04%	0,04%	8,70%
VEICOLI COMM. PESANTI	BENZINA	0,03%	0,00%					0,03%
	GASOLIO	0,70%	0,17%	0,35%	0,43%	0,14%	0,03%	1,81%
	3,6 - 7,5 t	0,13%	0,04%	0,06%	0,11%	0,03%	0,01%	0,38%
	7,5 - 16 t	0,26%	0,06%	0,08%	0,08%	0,02%	0,01%	0,52%
	16 - 32 t	0,30%	0,06%	0,21%	0,23%	0,09%	0,01%	0,90%
	oltre 32 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%			0,01%
Totale VEICOLI COMM. PESANTI		0,73%	0,17%	0,35%	0,43%	0,14%	0,03%	1,84%
TOTALE VEICOLI COMMERCIALI		1,95%	1,03%	2,16%	3,17%	2,18%	0,07%	10,54%
Totale AUTOBUS		0,05%	0,03%	0,07%	0,08%	0,00%	0,01%	0,25%
TOTALE		17,58%	8,31%	21,47%	23,10%	28,66%	0,88%	100,00%

Sulla base della consistenza delle diverse tipologie di veicoli del parco macchine, così come definiti dal modello CORINAIR, sono stati calcolati i consumi di carburante, per ciascuna tipologia di veicolo, in dipendenza dalla velocità di marcia, espressi in g/km/veicolo. Le velocità medie di percorrenza sono state ipotizzate pari a 50 km/h. I consumi annuali di carburante per lo scenario al 2010 sono stati ottenuti tramite la seguente formula:

$$FC [g/anno] = \sum_z FC_z \cdot L_z \cdot n_z$$

FC_z : fattore di consumo specifico di carburante per la tipologia di veicolo z , calcolato alla velocità di riferimento di 50 km/h [g/km veicolo]

L_z : percorrenza media annuale della categoria di veicolo z [km/anno]

n_z : numero di veicoli di ciascuna categoria di veicolo z che costituisce il parco macchine [veicoli]

In maniera analoga sono state determinate anche le tonnellate di petrolio equivalente (tep), le emissioni di CO₂ e le emissioni dei principali macroinquinanti atmosferici (NO_x, SO_x, CO, PM10 e polveri totali sospese [TSP]). In particolare le tonnellate di petrolio equivalente sono state ottenute moltiplicando i fattori di consumo FC_z rispettivamente per i coefficienti di conversione tra tonnellata di combustibile e tonnellata di petrolio equivalente (1,10 per il GPL, 1,08 per gasolio, 1,20 per la benzina e 1,14 per il gas naturale [metano da autotrazione] considerando una densità media del metano di 0,72 kg/Nm³), mentre le emissioni di CO₂ moltiplicando i fattori di consumo FC_z per il fattore di conversione E_{CO_2} precedentemente descritto.

Nelle tabelle seguenti si riportano i consumi annuali di carburante (sia in tonnellate che in tep), le emissioni di CO₂ e dei macroinquinanti atmosferici ottenute sulla base della metodologia appena esposta per lo scenario attuale al 2010; in particolare si riportano sia i valori complessivi, che la ripartizione per tipologia di alimentazione e macroclasse veicolare sia in termini assoluti che percentuali.

TABELLA 1.6 – CONSUMI DI CARBURANTE, EMISSIONI DI CO₂ E MACROINQUINANTI PER TIPOLOGIA DI ALIMENTAZIONE: SCENARIO ATTUALE AL 2010

SCENARIO 2010	CO	NO _x	SO _x	PM ₁₀	TSP	FC	TEP	CO ₂	n° veicoli	km percorsi
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno		
Gasolio	311,4	1.347,5	5,09	95,19	113,07	63.568,0	68.653,4	199.450,4	32.337	891.357.000
Benzina	2.556,1	269,4	2,39	21,83	30,21	29.920,1	35.904,1	95.246,0	51.632	687.836.000
Metano	52,2	12,7	0,16	1,31	1,91	1.959,6	2.233,9	5.409,7	2.982	44.730.000
Gpl	29,3	18,9	0,00	1,27	1,81	1.978,4	2.176,2	5.938,5	2.721	40.815.000
Totale	2.949,0	1.648,6	7,64	119,60	147,00	97.426,1	108.967,7	306.044,6	89.672	1.664.738.000

TABELLA 1.7 – CONSUMI DI CARBURANTE, EMISSIONI DI CO₂ E MACROINQUINANTI PER MACROCLASSI VEICOLARI: SCENARIO ATTUALE

SCENARIO 2010	CO	NO _x	SO _x	PM ₁₀	TSP	FC	TEP	CO ₂	n° veicoli	km percorsi
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno		
Autoveicoli passeggeri	1.013,0	576,8	4,39	54,02	70,16	56.803,4	65.095,3	178.356,2	65.604	1.218.470.000
Veicoli commerciali leggeri	137,6	192,2	1,11	22,78	26,33	13.864,5	14.973,6	43.588,9	7.803	214.396.000
Veicoli commerciali pesanti	257,6	739,9	1,65	34,73	40,93	20.669,5	22.323,0	64.872,8	1.648	102.176.000
Autobus	25,4	116,0	0,27	5,02	5,90	3.403,3	3.675,6	10.678,1	220	14.520.000
Motoveicoli	1.515,3	23,7	0,21	3,05	3,68	2.685,4	2.900,3	8.548,6	14.397	115.176.000
Totale	2.949,0	1648,6	7,64	119,60	147,00	97.426,1	108.967,7	306.044,6	89.672	1.664.738.000

TABELLA 1.8 – SUDDIVISIONE PERCENTUALE DI CONSUMI DI CARBURANTE, EMISSIONI DI CO₂ E MACROINQUINANTI PER TIPOLOGIA DI ALIMENTAZIONE: SCENARIO ATTUALE AL 2010

SCENARIO 2010	CO	NO _x	SO _x	PM ₁₀	TSP	FC	TEP	CO ₂	n° veicoli	km percorsi
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno		
Gasolio	10,6%	81,7%	66,6%	79,6%	76,9%	65,2%	63,0%	65,2%	36,1%	53,5%
Benzina	86,7%	16,3%	31,3%	18,3%	20,6%	30,7%	32,9%	31,1%	57,6%	41,3%
Metano	1,8%	0,8%	2,1%	1,1%	1,3%	2,0%	2,1%	1,8%	3,3%	2,7%
Gpl	1,0%	1,1%	0,0%	1,1%	1,2%	2,0%	2,0%	1,9%	3,0%	2,5%

TABELLA 1.9 – SUDDIVISIONE PERCENTUALE DI CONSUMI CARBURANTE, EMISSIONI DI CO₂ E MACROINQUINANTI PER MACROCLASSI VEICOLARI: SCENARIO ATTUALE AL 2010

SCENARIO 2010	CO	NO _x	SO _x	PM ₁₀	TSP	FC	TEP	CO ₂	n° veicoli	km percorsi
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno		
Autoveicoli passeggeri	34,4%	35,0%	57,4%	45,2%	47,7%	58,3%	59,7%	58,3%	73,2%	73,2%
Veicoli commerciali leggeri	4,7%	11,7%	14,5%	19,0%	17,9%	14,2%	13,7%	14,2%	8,7%	12,9%
Veicoli commerciali pesanti	8,7%	44,9%	21,7%	29,0%	27,8%	21,2%	20,5%	21,2%	1,8%	6,1%
Autobus	0,9%	7,0%	3,6%	4,2%	4,0%	3,5%	3,4%	3,5%	0,2%	0,9%
Motoveicoli	51,4%	1,4%	2,8%	2,6%	2,5%	2,8%	2,7%	2,8%	16,1%	6,9%

Sulla base dei risultati appena riportati è possibile ricavare una stima delle emissioni medie del parco autoveicoli passeggeri allo stato attuale, che risulta pari a 146,4 gCO₂/km.

Il valore medio di emissione di CO₂ posto come obiettivo al 2020, dal Regolamento CE n. 449/2009, è pari a 95 gCO₂/km, con riferimento al parco autoveicoli passeggeri. Sulla base di questo valore è stato possibile

effettuare una stima delle emissioni totali di CO₂ degli autoveicoli passeggeri per lo scenario al 2020. Al contrario, è stata formulata l'ipotesi che le emissioni di CO₂ delle macroclassi veicoli commerciali, autobus e motoveicoli rimanessero invariate, dal momento che il Regolamento CE n. 449/2009 non si riferisce a queste classi veicolari. Infine, la consistenza e la suddivisione percentuale del parco macchine al 2010 sono state ipotizzate invariate. Sulla base delle precedenti assunzioni, sono stati ricavati i consumi di carburante, le tonnellate di petrolio equivalente e le emissioni totali di CO₂ per lo scenario al 2020 tramite l'utilizzo a ritroso delle formule della metodologia CORINAIR.

Nelle tabelle seguenti si riportano i consumi annuali di carburante (sia in tonnellate che in tep) e le emissioni di CO₂ ottenute sulla base della metodologia appena esposta per lo scenario futuro al 2020; in particolare si riportano sia i valori complessivi, che la ripartizione per tipologia di alimentazione e macroclasse veicolare sia in termini assoluti che percentuali.

TABELLA 1.10 – CONSUMI DI CARBURANTE ED EMISSIONI DI CO₂ PER TIPOLOGIA DI ALIMENTAZIONE: SCENARIO FUTURO AL 2020

SCENARIO 2020	FC	TEP	CO ₂	n° veicoli	km percorsi
	t/anno	t/anno	t/anno		
Gasolio	55.233,4	59.652,1	173.292,6	32.337	891.357.000
Benzina	22.516,3	27.019,5	71.679,5	51.632	687.836.000
Metano	1.374,7	1.567,2	3.800,7	2.982	44.730.000
Gpl	1.381,2	1.519,3	4.170,3	2.721	40.815.000
Totale	80.505,6	89.758,1	252.943,1	89.672	1.664.738.000

TABELLA 1.11 – CONSUMI DI CARBURANTE ED EMISSIONI DI CO₂ PER MACROCLASSI VEICOLARI: SCENARIO FUTURO AL 2020

SCENARIO 2020	FC	TEP	CO ₂	n° veicoli	km percorsi
	t/anno	t/anno	t/anno		
Autoveicoli	39.883,0	45.885,7	125.254,7	65.604	1.218.470.000
Veicoli commerciali leggeri	13.864,4	14.973,6	43.588,9	7.803	214.396.000
Veicoli commerciali pesanti	20.669,5	22.323,0	64.872,8	1.648	102.176.000
Autobus	3.403,3	3.675,6	10.678,1	220	14.520.000
Motoveicoli	2.685,4	2.900,2	8.548,6	14.397	115.176.000
Totale	80.505,6	89.758,1	252.943,1	89.672	1.664.738.000

TABELLA 1.12 – SUDDIVISIONE PERCENTUALE DI CONSUMI DI CARBURANTE ED EMISSIONI DI CO₂ PER TIPOLOGIA DI ALIMENTAZIONE: SCENARIO FUTURO AL 2020

SCENARIO 2020	FC	TEP	CO ₂	n° veicoli	km percorsi
	t/anno	t/anno	t/anno		
Gasolio	68,6%	66,5%	68,5%	36,1%	53,5%
Benzina	28,0%	30,1%	28,3%	57,6%	41,3%
Metano	1,7%	1,7%	1,5%	3,3%	2,7%
Gpl	1,7%	1,7%	1,6%	3,0%	2,5%

TABELLA 1.13 – SUDDIVISIONE PERCENTUALE DI CONSUMI CARBURANTE ED EMISSIONI DI CO₂ PER MACROCLASSI VEICOLARI: SCENARIO FUTURO AL 2020

SCENARIO 2020	FC	TEP	CO ₂	n° veicoli	km percorsi
	t/anno	t/anno	t/anno		
Autoveicoli	49,5%	51,1%	49,5%	73,2%	73,2%
Veicoli commerciali leggeri	17,2%	16,7%	17,2%	8,7%	12,9%
Veicoli commerciali pesanti	25,7%	24,9%	25,6%	1,8%	6,1%
Autobus	4,2%	4,1%	4,2%	0,2%	0,9%
Motoveicoli	3,3%	3,2%	3,4%	16,1%	6,9%

Infine si riportano le variazioni di consumi di carburante e di emissioni di CO₂ tra scenario attuale al 2010 e scenario futuro al 2020; in particolare si mostrano sia i valori complessivi, che la ripartizione per tipologia di alimentazione.

TABELLA 1.14 – RIDUZIONE DI CONSUMI DI CARBURANTE ED EMISSIONI DI CO₂ PER TIPOLOGIA DI ALIMENTAZIONE TRA SCENARIO ATTUALE AL 2010 E SCENARIO FUTURO AL 2020

	FC	TEP	CO ₂
	t/anno	t/anno	t/anno
Gasolio	8.334,6	9.001,3	26.157,8
Benzina	7.403,8	8.884,6	23.566,4
Metano	584,8	666,7	1.609,0
Gpl	597,2	656,9	1.768,3
Totale	16.920,4	19.209,6	53.101,5

TABELLA 1.15 – RIDUZIONE PERCENTUALE DEI CONSUMI DI CARBURANTE PER TIPOLOGIA DI ALIMENTAZIONE TRA SCENARIO ATTUALE AL 2010 E SCENARIO FUTURO AL 2020

Gasolio	13%
Benzina	25%
Metano	30%
Gpl	30%
Totale	18%

1.3. INTERVENTI SULL'ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Uno studio redatto nel maggio 2009 dalla Direzione Servizi Infrastrutturali del Comune di Arezzo propone la possibilità di installare apparecchi illuminanti a LED in sostituzione di quelli a vapori di sodio. Tra le motivazioni della scelta lo studio evidenzia che:

- i LED emettono luce bianca fredda che permette di raggiungere un'illuminazione sicura per gli utenti della strada (abbassa i tempi di reazione)
- la luce bianca attraversa molto meglio la nebbia, rendendo i veicoli più visibili
- i dispositivi a LED hanno vita più lunga quindi necessitano di minori interventi per la manutenzione

- si ha un minor consumo di energia e di conseguenza una riduzione delle emissioni di anidride carbonica che con le sorgenti luminose al LED si abbattano del 40% (lo studio afferma che all'applicazione di tale intervento risulteranno non immesse nell'atmosfera circa 1.850 tonnellate di CO₂ all'anno)

Operativamente, la proposta è quella di sostituire:

- circa n° 3000 apparecchi illuminanti vetusti e con lampada ai vapori di mercurio, con sorgente LED
- circa n° 524 apparecchi illuminanti vetusti e con lampada ai vapori di mercurio, con una nuova armatura stradale a vapori di sodio ad alta pressione o ioduri metallici

In questa sede si è tentato di fornire una stima quantitativa del corrispondente risparmio energetico, espresso in maniera indiretta nel sopra citato studio. Infatti alla riduzione delle emissioni di CO₂ del 40% corrisponde un equivalente contenimento dell'impiego di elettricità rispetto ai valori 2009 (anno della redazione dello studio).

La Figura 1.1 riporta lo storico dei consumi di energia elettrica per l'illuminazione pubblica, disponibili fino all'anno 2007 corrispondente al periodo temporale di aggiornamento riportato nel Volume II. Al fine di stimare il consumo per l'illuminazione pubblica all'anno 2009 – anno di riferimento dello studio di sostituzione dei corpi illuminanti – è stata applicata una proiezione lineare. La previsione dei consumi per l'illuminazione pubblica al 2009 viene riportata in Tabella 1.16. Rispetto a tale valore di consumo, la sostituzione dei corpi illuminanti analizzata dalla Direzione Servizi Infrastrutturali del Comune di Arezzo permette una riduzione stimata pari al 40%, un corrispondente ad un risparmio di energia elettrica pari a circa 340 tep/anno.

FIGURA 1.1 – CONSUMI COMUNALI PER L'ILLUMINAZIONE PUBBLICA [TEP]. FONTE: BOLLETTINO ENERGETICO COMUNALE

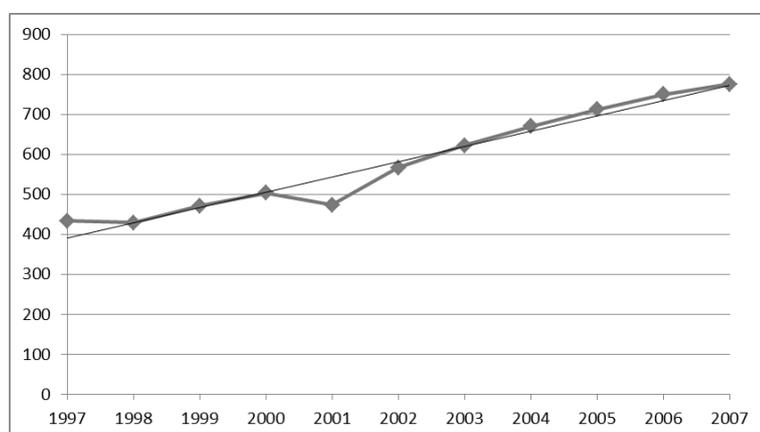


TABELLA 1.16 – RISULTATI DELL'INDAGINE SULLE POSSIBILI STRATEGIE DI RAZIONALIZZAZIONE ENERGETICA DELL'ILLUMINAZIONE

	[tep/anno]
Proiezione consumi illuminazione pubblica al 2009	849,6
Risparmio sull'illuminazione pubblica (riduzione = 40%)	339,7

1.4. RIEPILOGO: INTERVENTI PER IL CONTENIMENTO DEI CONSUMI

In questo paragrafo, viene riportata una sintesi degli interventi volti alla riduzione dei consumi comunali precedentemente analizzati.

La Tabella 1.17 mostra che il totale risparmio energetico ammonta a 32.754 tep/anno per l'AS e a 26.724 tep/anno nel caso del BS, dove i termini che differiscono fra AS e BS sono quelli relativi al risparmio energetico nel settore civile.

Il contributo più significativo è quello risultante dall'introduzione del Regolamento CE n. 449/2009, che pone obiettivi elevati di riduzione delle emissioni specifiche per i veicoli. Tale contributo, pari a 19.210 tep/anno, ammonta al 58,6% per l'AS e al 71,9% per il BS. Il risparmio dovuto all'ammodernamento dell'illuminazione pubblica fornisce un contributo minimo, pari a 340 tep/anno, corrispondente a circa l'1%, comunque da non trascurarsi, vista la relativa semplicità di intervento in questo settore e considerati gli ulteriori benefici che se ne traggono. Gli interventi su involucro edilizio e sugli impianti termici danno contributi intermedi.

In tabella, inoltre, viene riportata la fonte energetica su cui agisce il risparmio energetico.

TABELLA 1.17 – RISPARMIO ENERGETICO DOVUTO ALL'INTRODUZIONE DEGLI INTERVENTI DI RIDUZIONE CONSUMI

Intervento	AS [tep risparmiate]	BS [tep risparmiate]	Fonte energetica risparmiata	% AS	%BS
Involucro Edilizio	5.723	3.434	Gas naturale	17,5%	12,8%
Impianti termici	7.482	3.741	Gas naturale	22,8%	14,0%
Rinnovo parco mezzi	19.210	19.210	Carburanti (benzina, diesel GPL, metano)	58,6%	71,9%
Illuminazione pubblica	340	340	Elettricità	1,0%	1,3%
TOT	32.754	26.724		100,0%	100,0%

FIGURA 1.2 – RISPARMIO ENERGETICO DOVUTO ALL'INTRODUZIONE DEGLI INTERVENTI DI RIDUZIONE CONSUMI

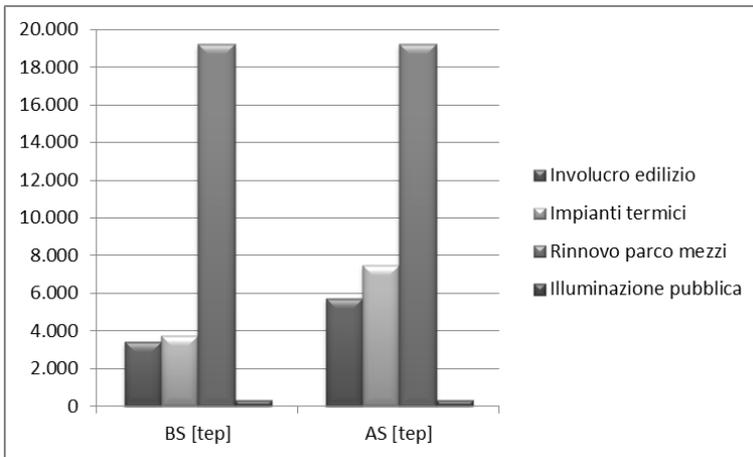


FIGURA 1.3 – RIPARTIZIONE DEL RISPARMIO ENERGETICO DOVUTA ALL'INTRODUZIONE DEGLI INTERVENTI DI RIDUZIONE CONSUMI

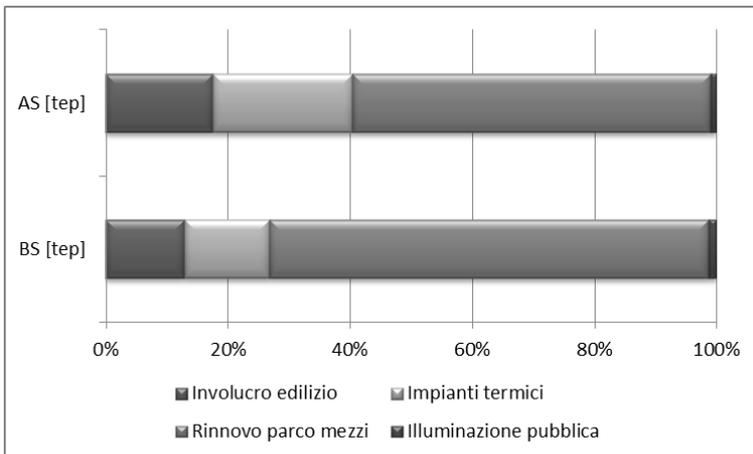
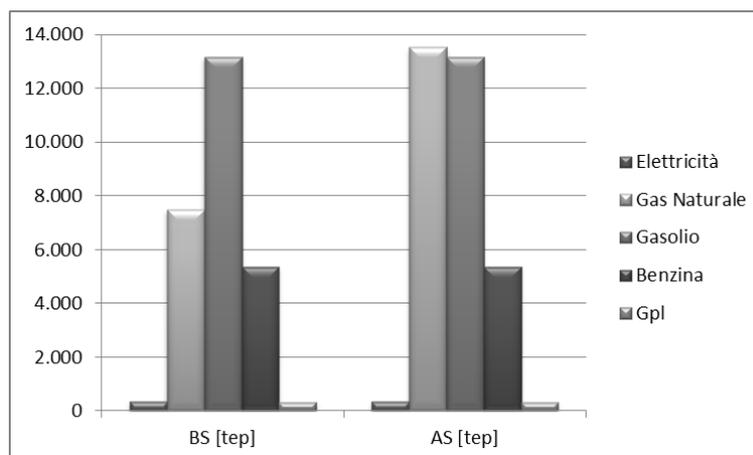


FIGURA 1.4 – RISPARMIO ENERGETICO (PER FONTE) DOVUTO ALL'INTRODUZIONE DEGLI INTERVENTI DI RIDUZIONE CONSUMI



2. VALORIZZAZIONE DELLE FONTI RINNOVABILI DI ENERGIA

L'indagine sulle potenzialità ottenibili da fonti di energia rinnovabile prende in considerazione l'ipotesi di sfruttamento del potenziale eolico, idroelettrico, solare, delle biomasse e del recupero energetico dai rifiuti urbani. Di seguito si riporta una disamina dei potenziali teorici di sfruttamento energetico ottenibile.

2.1. EOLICO

Relativamente al potenziale eolico, si ritiene che il parco precedentemente previsto nel sito Alpe di Poti non sia più realizzabile, in quanto tale area è ricadente all'interno di una ZPS (Zona a Protezione Speciale) entro la quale, secondo, il Decreto del Ministero dell'Ambiente del 17 ottobre 2007, è vietata la realizzazione di nuovi impianti eolici, fatti salvi quelli per cui alla data di emanazione del Decreto era già stato depositato il progetto.

Avendo verificato l'assenza di vincoli, è stata presa in considerazione la possibilità di realizzare un nuovo parco eolico in località Sassi Bianchi, situato al confine con la provincia di Perugia, così come proposto nel progetto "Parco Eolico "Sassi Bianchi" in Loc. Bivignano (AR)" della Società A.L.I. s.n.c. di Arezzo.

Si tratta di un parco eolico con 7 aerogeneratori da 800 kW, per una potenza complessiva di 5,6 MW. Per tale installazione è stata stimata una producibilità elettrica di 12,2 GWh/anno. Tuttavia la stima delle potenziali perdite dovute a molteplici cause, tra cui il fermo impianto per manutenzione, restituisce un valore di producibilità netta di 11,3 GWh che corrisponde a 2.008 ore equivalenti annue di funzionamento. La Tabella 2.1 riassume le caratteristiche dell'impianto e la potenzialità di produzione energetica dalla risorsa eolica.

TABELLA 2.1 – PRODUCIBILITÀ ELETTRICA DALL' IMPIANTO EOLICO DI SASSI BIANCHI

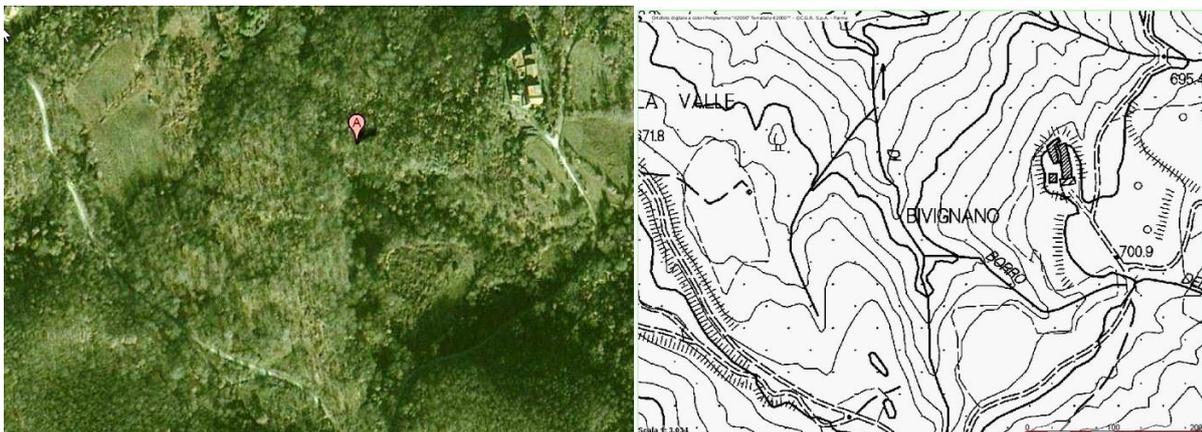
aerogeneratori	7	n.
potenza aerogeneratori	800	kW
potenza totale	5,6	MW
ore di funzionamento	2.008	ore/anno
Produzione elettrica	11,3	GWh/anno

Il procedimento di fase preliminare previsto dalla LR 10/2010 è stato avviato in data 05/04/2011 e risulta ad oggi concluso. La Regione Toscana, con atto del Dirigente n. 2447 del 20/06/2011, pone l'onere di rispondere a tutta una serie di prescrizioni e adeguamenti da apportare ad integrazione e modifica dello schema dei contenuti dello Studio di Impatto Ambientale, ai fini della valutazione di impatto ambientale del progetto di "Impianto eolico Sassi Bianchi".

FIGURA 2.1 – LOCALIZZAZIONE PARCO EOLICO SASSI BIANCHI

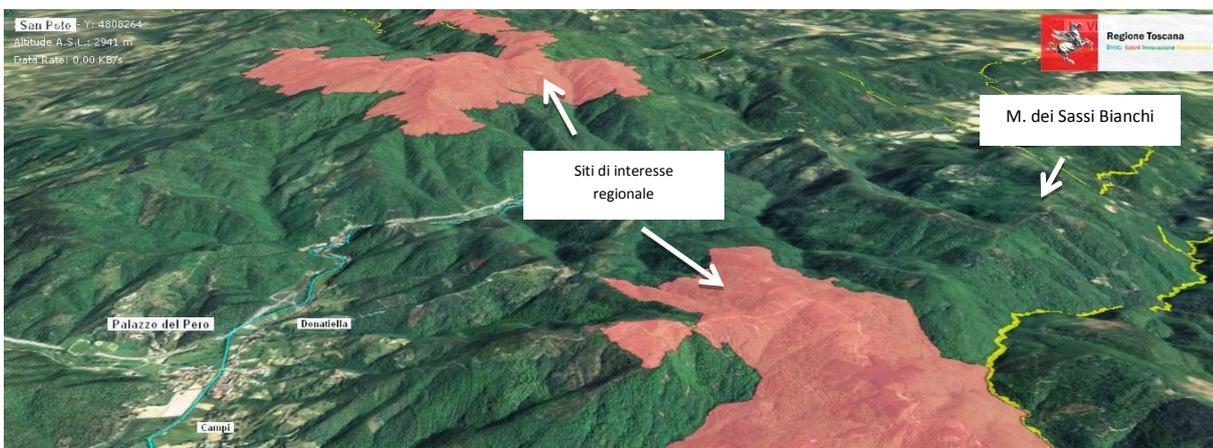


FIGURA 2.2 – LOCALIZZAZIONE PARCO EOLICO SASSI BIANCHI – DETTAGLIO (IMMAGINE DA SATELLITE ED ESTRATTO DA CTR)



Fonte: Sistema Informativo Regionale Ambientale della Toscana

FIGURA 2.3 – LOCALIZZAZIONE PARCO EOLICO SASSI BIANCHI – DETTAGLIO 3D



Fonte: Terra Flyer 2

2.2. MINI-IDRAULICO

La stima del potenziale da mini-idraulico è tratta dal documento AICOM, in cui viene stimato un potenziale per il Comune a partire da quello riportato dal Piano Energetico Regionale, in base al rapporto che sussiste tra l'estensione della superficie territoriale del Comune di Arezzo e quella della porzione montuosa della Regione Toscana. Dal calcolo emerge un valore di potenzialità di sfruttamento della risorsa idrica di circa 4,6 MW di potenza installabile e 14 GWh annui di energia elettrica producibile.

Occorre comunque precisare che al giorno d'oggi l'ostacolo principale allo sviluppo della mini-idraulica per la produzione di elettricità, è costituito dalla difficoltà di ottenere le varie autorizzazioni che le amministrazioni locali richiedono prima di realizzare un progetto di questo tipo.

2.3. ENERGIA DA RIFIUTI

Relativamente al settore rifiuti, il Piano Straordinario di Area Vasta ATO Toscana Sud prevede un revamping del termovalorizzatore di San Zeno dalle attuali 38.000 t/anno a 75.000 t/anno di trattamento di rifiuto derivante da selezione meccanica.

La Tabella 2.2 riporta la stima di produzione energetica da combustione dei rifiuti, ottenuta assumendo una potenzialità di produzione di sola energia elettrica compresa tra 550 e 650 kWh/t. Non presente

TABELLA 2.2 – PRODUCIBILITÀ ELETTRICA ANNUA DA TERMOVALORIZZAZIONE DEI RIFIUTI

	AS	BS	udm
Rifiuti a combustione	75.000	70.000	t/anno
PCI medio rifiuti	3.300	3.000	kcal/kg
Producibilità elettrica	650	550	kWh/t
Producibilità elettrica	48,8	38,5	GWh elettrici

Fonte: Piano Straordinario di Area Vasta ATO Toscana Sud

Come seconda ipotesi, si è proceduto alla stima del recupero nell'ipotesi di implementare sull'impianto uno schema di tipo cogenerativo, ossia prevedendo il contemporaneo recupero di energia elettrica e termica. I valori di potenziale produzione elettrica e termica utilizzati sono:

- energia elettrica di 0,550 (BS) – 0,650 (AS) MWh elettrici/tonnellata di rifiuto
- energia termica di 0,875 (BS) – 0,9375 (AS) MWh termici/tonnellata di rifiuto

Con tali assunzioni, la producibilità energetica che si ottiene è riportata in Tabella 2.3.

TABELLA 2.3 – PRODUCIBILITÀ ELETTRICA E TERMICA (COGENERAZIONE) ANNUA DA TERMOVALORIZZAZIONE DEI RIFIUTI

	AS	BS	udm
Rifiuti a combustione	75.000	70.000	t/anno
PCI medio rifiuti	3.300	3.000	kcal/kg
Producibilità elettrica	650	550	kWh elettrici/t
Producibilità termica	1062,5	875,0	kWh termici/t
Producibilità elettrica	48,8	38,5	GWh elettrici
Producibilità termica	79,7	61,3	GWh termici

Fonte: Piano Straordinario di Area Vasta ATO Toscana Sud

2.4. FOTVOLTAICO

Il già citato documento AICOM relativo alla valutazione dei potenziali energetici nel Comune di Arezzo ipotizza una produzione di energia elettrica da installazioni di pannelli fotovoltaici sugli edifici civili, secondo la loro classificazione in edifici storici e non storici e secondo diverse percentuali di applicazione. Tale stima è stata oggetto di una verifica di massima rispetto alla plausibilità delle superfici considerate e del risparmio energetico conseguibile per cui tali risultati vengono adottati dal presente PEC (Tabella 2.4).

TABELLA 2.4 – PRODUCIBILITÀ ELETTRICA ANNUA DA INSTALLAZIONE DI FOTVOLTAICO SUGLI EDIFICI CIVILI

	AS	BS	udm
Potenza installabile	18,26	9,13	MW
Producibilità elettrica	18,3	9,1	GWh/anno

Fonte: Documento AICOM, 2004

Con il presente documento si propone di incrementare la potenziale produzione di energia elettrica da fotovoltaico attraverso installazioni su edifici di competenza comunale.

In particolare, uno studio svolto dall'Ufficio Ambiente del Comune di Arezzo ha evidenziato l'esistenza di una convenienza economica per questo intervento grazie al sistema degli incentivi, che prevede che la tariffa base venga incrementata del 5% nel caso di impianti il cui soggetto responsabile sia una scuola pubblica/paritaria o una struttura sanitaria pubblica. Nel corso del citato studio, sono stati esaminati gli edifici scolastici del territorio comunale al fine di predisporre un quadro conoscitivo completo sia delle caratteristiche strutturali che dei consumi elettrici. Sono stati analizzati 51 edifici scolastici di cui 20 si sono rivelati idonei allo scopo sia per condizioni delle strutture sia dal punto di vista della posizione-esposizione, sia della manutenzione dell'edificio.

Un gruppo di lavoro interno all'amministrazione comunale, nominato con provvedimenti del Direttore Generale nn. 2730/2008 e 2560/2009, ha dunque lavorato alla predisposizione di un bando di gara pubblico per l'affidamento in concessione della progettazione esecutiva, della realizzazione, della gestione e manutenzione

della rete di impianti fotovoltaici da installare su edifici scolastici di proprietà comunale. Il bando è stato pubblicato per tre volte, andando sempre deserto:

- La prima volta dal 01.02.2010 al 15.02.2010 poi prorogato al 22.02.2010;
- La seconda volta, con revisione approvata dalla G.C. n. 158 del 09.03.2010 è stato pubblicato fino al 12.04.2010;
- La terza volta, con ulteriore revisione a seguito di provvedimento dirigenziale n. 1564 del 13.05.2010 è stato nuovamente pubblicato dal 14.05 al 24.05.2010.

In tal senso risulterà opportuna la riproposizione di tale bando, anche con una maggiore pubblicizzazione, al fine di riuscire ad utilizzare i potenziali stimati (Tabella 2.5).

TABELLA 2.5 – PRODUCIBILITÀ ELETTRICA ANNUA DA INSTALLAZIONE DI FOTOVOLTAICO SUGLI EDIFICI SCOLASTICI

superficie utile	12.984	mq
potenza installabile	989,3	kWp
Producibilità elettrica	1.333.619	kWh/anno

Fonte: Stralcio del Piano Energetico Comunale relativo alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili da installare su edifici scolastici di proprietà comunale

Per quanto riguarda lo stato attuale di realizzazione di impianti fotovoltaici nel territorio comunale, si fa riferimento al dato pubblicato dal GSE nel database AtlaSole, con aggiornamento al settembre 2011.

TABELLA 2.6 – INSTALLAZIONI DI FOTOVOLTAICO REALIZZATE SUL TERRITORIO COMUNALE

	fino a 20 kW	da 20 a 50 kW	oltre 50 kW	TOTALE
N. impianti	473	23	41	537
Potenza kW	3.043	934	9.488	13.465
Producibilità EE [GWh/anno]	3,50	1,07	10,91	15,48

Fonte: AtlaSole GSE, aggiornamento al settembre 2011

Rispetto al dato di AtlaSole, si specifica che il Comune ha contribuito all'installazione di impianti fotovoltaici attraverso tre installazioni poste su due scuole medie. La Tabella 2.7 riporta le informazioni ad essi relative.

TABELLA 2.7 – INSTALLAZIONI DI FOTOVOLTAICO REALIZZATE SU EDIFICI SCOLASTICI

Sede impianto	Tipologia impianto	Potenza nominale installata [kWp]
Scuola media Vasari	90 moduli monocristallini da 220Wp	19,80
Palestra Scuola media Vasari	84 moduli monocristallini da 220Wp	18,48
Scuola media IV novembre	122 moduli	16,59
TOTALE		54,87

2.5. SOLARE TERMICO

Come per il solare fotovoltaico, il già citato documento AICOM relativo alla valutazione dei potenziali energetici nel Comune di Arezzo ipotizza una produzione di energia termica da installazioni di pannelli solari termici mediante sistemi applicati sulle superfici adatte per questa tecnologia (tetti e terrazze). Anche in questo caso, la stima è stata oggetto di una verifica di massima rispetto alla plausibilità delle superfici considerate e del risparmio energetico conseguibile per cui i risultati vengono adottati dal presente PEC.

Per completezza di informazione, si riporta che Comune di Arezzo, in linea con l'allegato V del Piano di Indirizzo Energetico Regionale, all'interno del proprio Piano di Azione Comunale, nell'anno 2008 ha incentivato l'installazione degli impianti solari termici attraverso l'emanazione del Bando solAR che ha erogato un contributo in conto capitale del 20% del costo ammissibile. In tale occasione sono stati erogati circa 24.000€ di contributi corrispondenti ad un totale di 42 impianti incentivati (circa 190 mq di pannelli solari installati).

TABELLA 2.8 – PRODUCIBILITÀ TERMICA ANNUA DA INSTALLAZIONE DI SOLARE TERMICO

	AS	BS	udm
Producibilità termica	79,2	39,6	GWh termici

Fonte: Documento AICOM, 2004

Per quanto riguarda altre installazioni, sono stati realizzati 6 impianti solari con collettori selettivi sottovuoto finalizzati alla produzione di acqua calda sanitaria a servizio di due scuole e degli spogliatoi di tre impianti sportivi. Nella scuola elementare di Rigutino l'impianto solare installato oltre a produrre acqua calda sanitaria integra la caldaia per il riscaldamento a pannelli radianti. La Tabella 2.9 riporta le informazioni ad essi relative.

- Acqua calda sanitaria – Palestra scuola media Severi;
- Acqua calda sanitaria – Scuola media di Rigutino;
- Integrazione impianto di riscaldamento e acqua calda sanitaria – Scuola elementare di Rigutino
- Acqua calda sanitaria – Campo da rugby;
- Acqua calda sanitaria – Campo da calcio Giotto est;
- Acqua calda sanitaria – Campo Sportivo di Battifolle.

TABELLA 2.9 – INSTALLAZIONI DI SOLARE TERMICO REALIZZATE SU EDIFICI SCOLASTICI

N. impianti	6	-
superficie lorda installata totale	62,56	mq
Energia prodotta totale	55.303	kWh/anno

3. ENERGIA DA BIOMASSE

Il presente paragrafo riporta l'analisi condotta a partire dall'indagine "Stima della potenzialità produttiva delle agrienergie in Toscana" (2009) redatto da ARSIA – Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel Settore Agricolo-Forestale su indicazione della Regione Toscana. Questo documento racchiude i risultati dell'indagine sui bacini agroenergetici nell'ambito del Programma Nazionale Biocombustibili e fornisce una stima della produttività energetica da biomassa.

Nel presente paragrafo, vengono sintetizzati i principali risultati dell'indagine ARSIA, che verranno poi utilizzati per le successive elaborazioni.

La regione Toscana è caratterizzata da una grande estensione del territorio boschivo e da un ingente patrimonio agricolo. Il sistema agriforestale regionale ha quindi potenzialità non trascurabili come fonte di produzione di biomasse, la gran parte delle quali proviene da sottoprodotti degli utilizzi forestali, dalle potature ed da altri residui agricoli. In tale contesto, il PIER individua in questi materiali una importante risorsa per la produzione energetica, anche in considerazione del fatto che si tratta di valorizzare scarti che altrimenti costituirebbero rifiuti senza alcun valore economico e che andrebbero a gravare sul sistema di trattamento e smaltimento.

3.1. CARATTERIZZAZIONE DEL COMPARTO AGRICOLO E ZOOTECNICO NEL 2007

3.1.1. IL COMPARTO AGRICOLO

La caratterizzazione del comparto agricolo e zootecnico fa riferimento alla base dei dati ISTAT.

Per la stima dei quantitativi di biomassa residua mediamente prodotti dall'attività agricola, la metodologia si è basata sulla stima delle superfici annue destinate alle principali colture erbacee e arboree e sulle rese medie rilevate.

TABELLA 3.1 – SAU (SUPERFICIE AGRICOLA UTILIZZATA) SUDDIVISA PER MACROCATEGORIE DI COLTURA - 2007

[ha]	Erbacee	Foraggiere permanenti	Arboree	TOT	%variazione risp. alla media 2004-2006
Provincia di Arezzo	29.026	18.300	18.777	66.103	-9%
Toscana	355.055	160.798	159.870	675.723	-6%

FIGURA 3.1 – SAU (SUPERFICIE AGRICOLA UTILIZZATA) 2007 SUDDIVISA PER MACROCATEGORIE DI COLTURA – PROVINCIA DI AREZZO

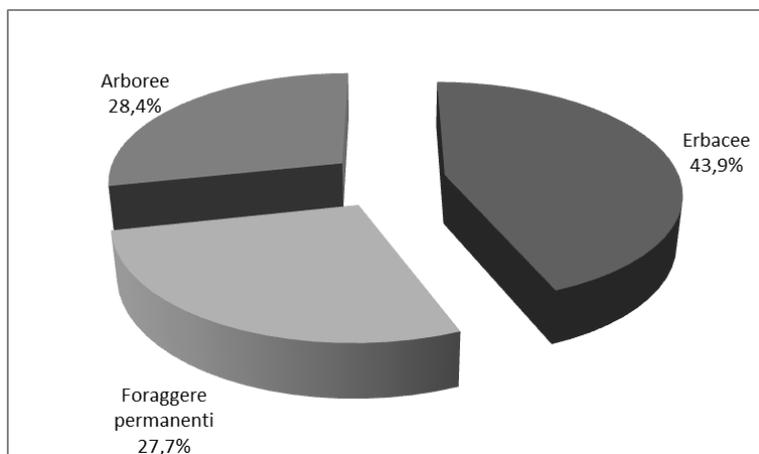
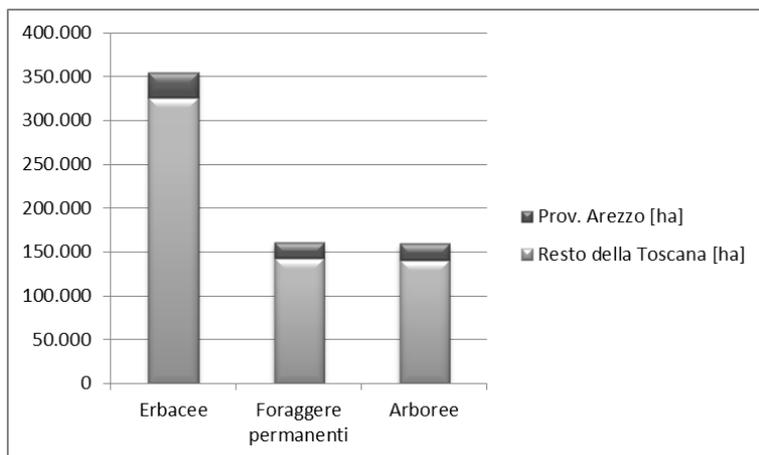


FIGURA 3.2 – SAU 2007 SUDDIVISA PER MACROCATEGORIE DI COLTURA – PROVINCIA DI AREZZO E REGIONE TOSCANA



3.1.2. IL COMPARTO ZOOTECNICO

I dati relativi al tipo e al numero di capi sono stati estrapolati dal V Censimento generale dell’Agricoltura (2000), mentre il peso medio per ciascuna tipologia è tratto dai “Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell’utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento”.

TABELLA 3.2 – UBA (UNITÀ DI BOVINO ADULTO) PER MACROCATEGORIE DI ALLEVAMENTO - 2007

	Bovini	Suini	Avicoli	Altri	TOT
Provincia di Arezzo	12.673	24.048	13.571	10.252	60.544
Toscana	80.750	54.825	45.292	111.448	292.315

FIGURA 3.3 – UBA (UNITÀ DI BOVINO ADULTO) PER MACROCATEGORIE DI ALLEVAMENTO – PROVINCIA DI AREZZO

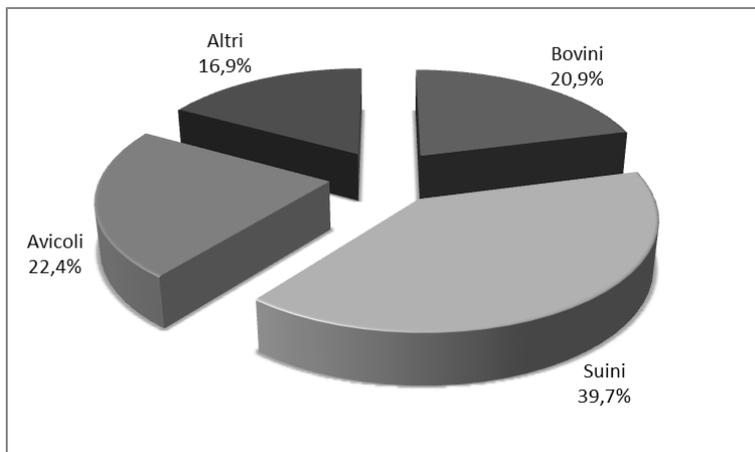
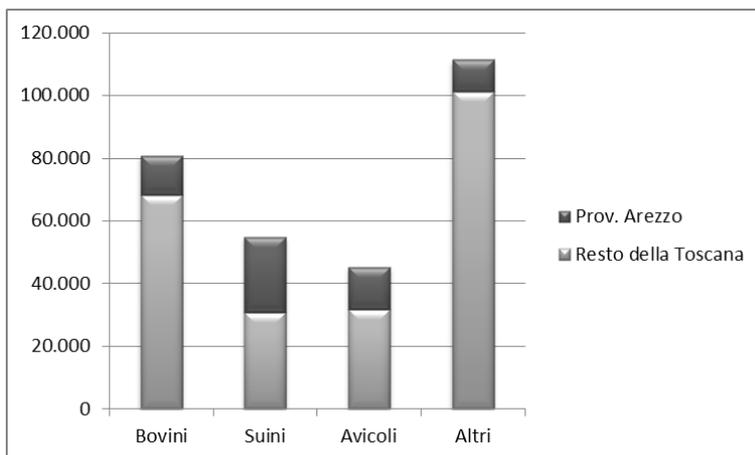


FIGURA 3.4 – UBA PER MACROCATEGORIE DI ALLEVAMENTO – PROVINCIA DI AREZZO E REGIONE TOSCANA

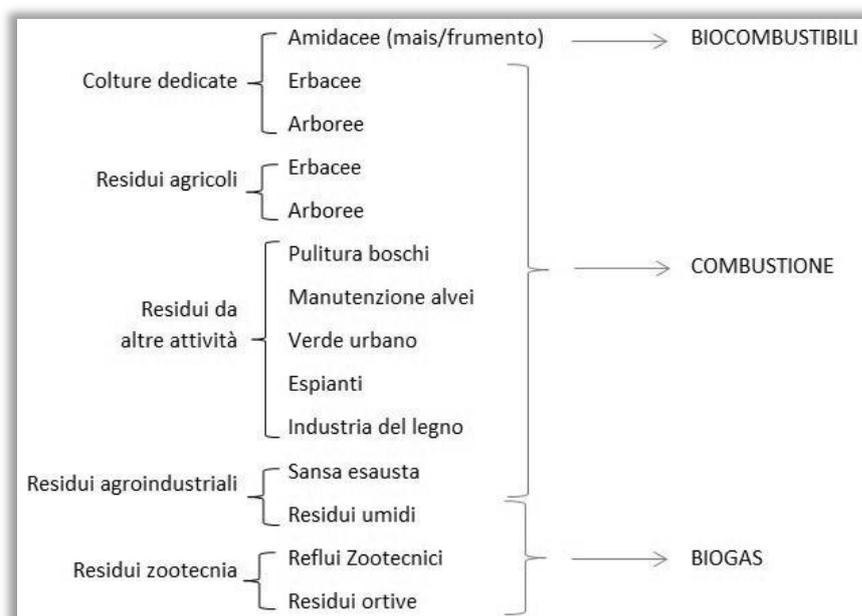


3.2. IPOTESI DI PRODUZIONE DELLE AGROENERGIE NEL 2013

Per la produzione di energia da biomassa si definiscono tre filiere agroenergetiche:

- Filiera dei **biocombustibili solidi**: produzione elettrica/termica attraverso la combustione del materiale in forma di cippato o densificata (pellet, bricchetto). Le biomasse in questione possono essere di tipo erbaceo o legnoso, provenienti da colture dedicate o residuali dalle coltivazioni agrarie.
- Filiera dei **biocarburanti**: produzione di biodiesel/bioetanolo da colture dedicate di oleaginose e zuccherine/amidacee.
- Filiera del **biogas**: conversione dei reflui zootecnici e dei residui organici in biogas attraverso impianti di digestione anaerobica e successivo utilizzo energetico.

FIGURA 3.5 – FILIERE AGROENERGETICHE



3.2.1. FILIERE DELLE BIOMASSE LIGNOCELLULOSICHE

Il recupero energetico da combustione di biomasse lignocellulosiche avviene attraverso lo sfruttamento di combustibili originati sia da colture dedicate sia da residui agricoli.

COLTURE DEDICATE

L'indagine a livello regionale ha evidenziato un'ampia disponibilità di suolo potenzialmente sfruttabile in tal senso, con l'individuazione di 453.000 ha di superficie totale di cui 252.500 ha concentrati soprattutto nelle zone di pianura per la coltivazione del pioppo (coltura di maggior pregio), 120.000 ha in zone pedecollinari per seminativi non irrigui e 61.000 ha da destinare alla coltivazione del sorgo. Nel territorio provinciale di Arezzo si collocano ben 40.000 ha per la potenziale coltivazione del pioppo, soprattutto nell'area della Val di Chiana e del Val d'Arno.

Del suolo potenzialmente sfruttabile, si ipotizza per lo scenario comunale 2013 uno sfruttamento massimo del 10% del totale, quota che nel recente passato era destinata al set-aside¹ e che al 2007 è risultata comunque incolta, dato il progressivo abbandono di seminativi soprattutto nel settore cerealicolo. Di seguito si riportano le superfici per le colture dedicate, la massa ottenibile e la resa loro energetica secondo lo scenario 2013.

Il Comune di Arezzo con i suoi 726 ha per colture dedicate contribuisce al 14% del totale provinciale (Tabella 3.4). Tale superficie è destinata per il 45,9% alla coltivazione del pioppo, per il 35,2% a quella dell'arundo e per il restante 18,9% alla coltivazione della canna. Non è previsto l'impianto di colture destinate a miscanto e sorgo.

Le rese adottate per le colture da biomassa lignocellulosica [t s.s./ha] sono determinate a partire dai dati di produzione Istat dal 2004 al 2007, e mediate su base provinciale. Tali valori portano ai risultati di Tabella 3.5.

Infine si adottano valori di potere calorifico (Tabella 3.3) ottenendo le stime di resa energetica (Tabella 3.6). La disponibilità energetica stimata per il Comune di Arezzo è di 247.000 GJ/anno, il 50% della quale è dovuta al contributo della combustione dell'arundo, coltura con elevata resa in t s.s./ha. Il Comune di Arezzo contribuisce per il 19,4% alla disponibilità energetica provinciale da colture dedicate.

TABELLA 3.3 – VALORI DI PCI ADOTTATI PER COLTURE DEDICATE

Coltura	PCI [GJ/t s.s.]
Pioppo	20,0
Arundo	18,0
Miscanto	17,0
Sorgo	16,5
Canna	14,0

TABELLA 3.4 – SUPERFICI DESTINABILI ALLE DIVERSE COLTURE DEDICATE DI TIPO LIGNOCELLULOSICO – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

Area	colture arboree [ha]	colture erbacee [ha]	Totale colture dedicate [ha]
Comune di Arezzo	333	393	726
Provincia di Arezzo	2.565	2.591	5.156
Regione Toscana	25.250	20.065	45.315

¹ Finanziato dall'Unione europea, il set-aside è stato introdotto nella politica agricola comunitaria (PAC) con il Regolamento CEE n. 1094/88. Il set-aside prevedeva lo stop produttivo dei terreni per vent'anni, sostituendo le normali coltivazioni agricole con interventi di rinaturalizzazione o di zone umide. Il ritiro obbligatorio dei seminativi è stato completamente abolito a partire dal 2009. CEE n. 1094/88. Il set-aside prevedeva lo stop produttivo dei terreni per vent'anni, sostituendo le normali coltivazioni agricole con interventi di rinaturalizzazione o di zone umide. Il ritiro obbligatorio dei seminativi è stato completamente abolito a partire dal 2009.

TABELLA 3.5 – MASSE DI SOSTANZA COMBUSTIBILE DA COLTURE DEDICATE DI TIPO LIGNOCELLULOSICO – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

Area	colture arboree [t s.s./anno]	colture erbacee [t s.s./anno]	Totale colture dedicate [t s.s./anno]
Comune di Arezzo	5.198	8.250	13.448
Provincia di Arezzo	25.851	33.814	59.665

TABELLA 3.6 – RESE ENERGETICHE DELLE COLTURE DEDICATE DI TIPO LIGNOCELLULOSICO – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

Area	colture arboree [GJ/anno]	colture erbacee [GJ/anno]	Totale colture dedicate [GJ/anno]
Comune di Arezzo	103.954	143.056	247.010
Provincia di Arezzo	596.930	678.244	1.275.174

FIGURA 3.6 – RIPARTIZIONE DELLE SUPERFICI DESTINABILI ALLE DIVERSE COLTURE DEDICATE DI TIPO LIGNOCELLULOSICO PER IL COMUNE DI AREZZO – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

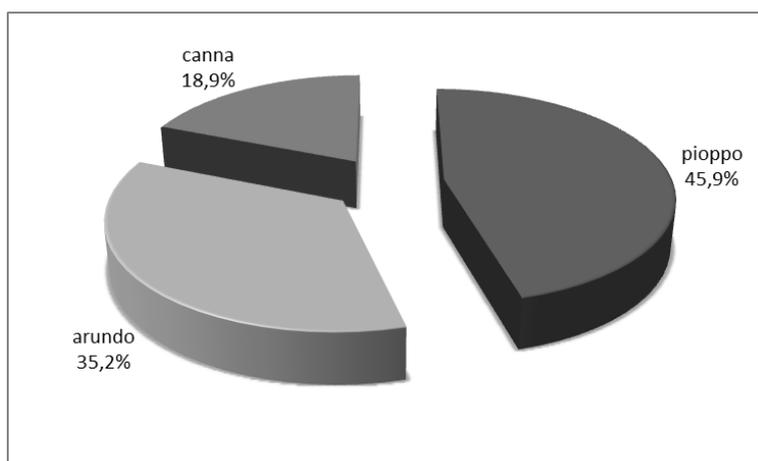


FIGURA 3.7 – RIPARTIZIONE RESE ENERGETICHE SULLE DIVERSE COLTURE DEDICATE DI TIPO LIGNOCELLULOSICO PER IL COMUNE DI AREZZO – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

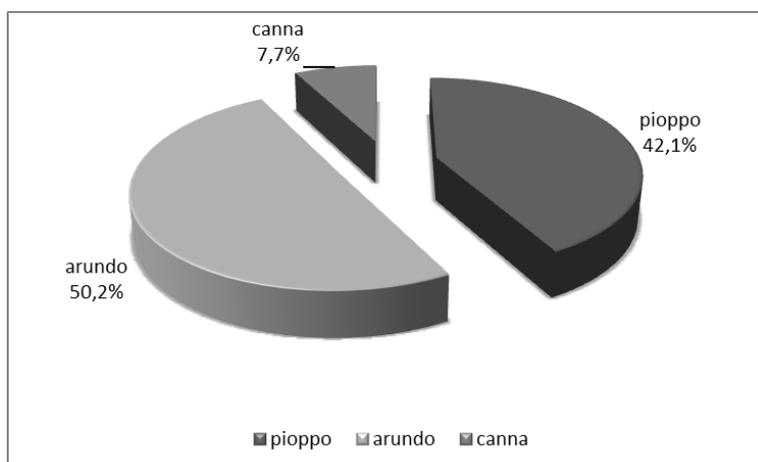
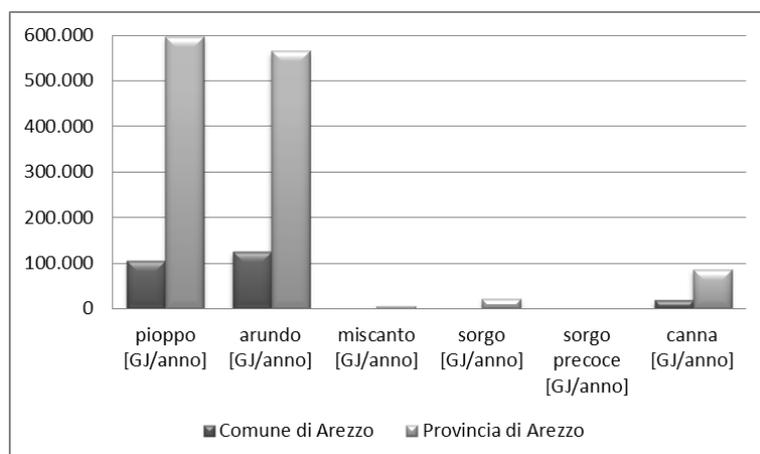


FIGURA 3.8 – RESE ENERGETICHE DELLE DIVERSE COLTURE DEDICATE DI TIPO LIGNOCELLULOSICO – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013



RESIDUI AGRICOLI

La produzione di energia da residui agricoli attraverso la loro combustione dipende dalla disponibilità allo sfruttamento di biomasse di tipo erbaceo (paglie e stocchi) e di residui legnosi (potature ed espanti). La costruzione dello scenario al 2013 pone come ipotesi di massimo sfruttamento il 75% dei residui legnosi e il 20% di quelli erbacei potenzialmente disponibili. Tali percentuali dipendono sia dalla difficoltà di captare i residui dalle piccole aziende, sia dalla volontà di evitare un eccessivo impoverimento in sostanza organica nei suoli agrari.

La Tabella 3.8 mostra una produzione comunale annua di 4.442 t di sostanza secca, composta al 15,6% da residui di colture erbacee. Tale massa rappresenta il 20,1% della produzione provinciale. In termini di resa energetica, con 80.176 GJ/anno il Comune di Arezzo contribuisce al 18,5% della produzione della provincia.

TABELLA 3.7 – VALORI DI PCI ADOTTATI PER RESIDUI AGRICOLI

Coltura	PCI [GJ/t s.s.]
Residui colture erbacee	17,4
Residui vite	18,0
Residui fruttiferi	18,2
Residui olivo	18,2

TABELLA 3.8 – MASSE DI SOSTANZA COMBUSTIBILE DA RESIDUI AGRICOLI – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

Area	Residui colture erbacee [t s.s./anno]	Residui colture legnose [t s.s./anno]	Totale residui agricoli [t s.s./anno]
Comune di Arezzo	695	3.748	4.442
Provincia di Arezzo	3.674	18.394	22.069

TABELLA 3.9 – RESE ENERGETICHE DEI RESIDUI AGRICOLI – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

Area	Residui colture erbacee [GJ/anno]	Residui colture legnose [GJ/anno]	Totale residui agricoli [GJ/anno]
Comune di Arezzo	12.091	68.085	80.176
Provincia di Arezzo	69.630	364.910	434.539

FIGURA 3.9 – RIPARTIZIONE RESE ENERGETICHE SUI DIVERSI TIPI DI RESIDUO AGRICOLO PER IL COMUNE DI AREZZO – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

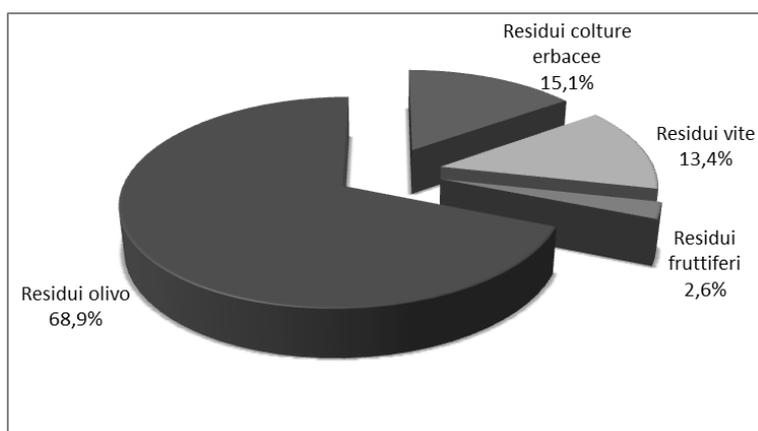
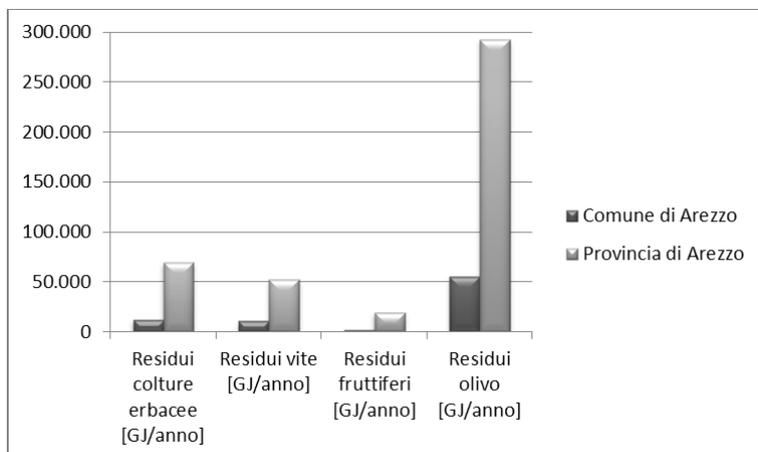


FIGURA 3.10 – RESE ENERGETICHE DEI DIVERSI TIPI DI RESIDUO AGRICOLO – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013



TOTALE LIGNOCELLULOSICHE

Il recupero energetico da combustione di biomasse lignocellulosiche nel territorio comunale di Arezzo ammonta a 327.186 GJ/anno, il 19,1% del totale provinciale (Tabella 3.11). Le colture dedicate contribuiscono al totale per il 75,5% (Figura 3.11).

TABELLA 3.10 – MASSE DI SOSTANZA COMBUSTIBILE LIGNOCELLULOSICA – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

Area	Colture dedicate [t s.s./anno]	Residui agricoli [t s.s./anno]	Totale lignocellulosiche [t s.s./anno]
Comune di Arezzo	13.448	4.442	17.890
Provincia di Arezzo	59.665	22.069	81.734

TABELLA 3.11 – RESA ENERGETICA DELLA BIOMASSA LIGNOCELLULOSICA – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

Area	Colture dedicate [GJ/anno]	Residui agricoli [GJ/anno]	Totale lignocellulosiche [GJ/anno]
Comune di Arezzo	247.010	80.176	327.186
Provincia di Arezzo	1.275.174	434.539	1.709.713

FIGURA 3.11 – RIPARTIZIONE RESE ENERGETICHE SUI DIVERSI TIPI BIOMASSA LIGNOCELLULOSICA PER IL COMUNE DI AREZZO – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

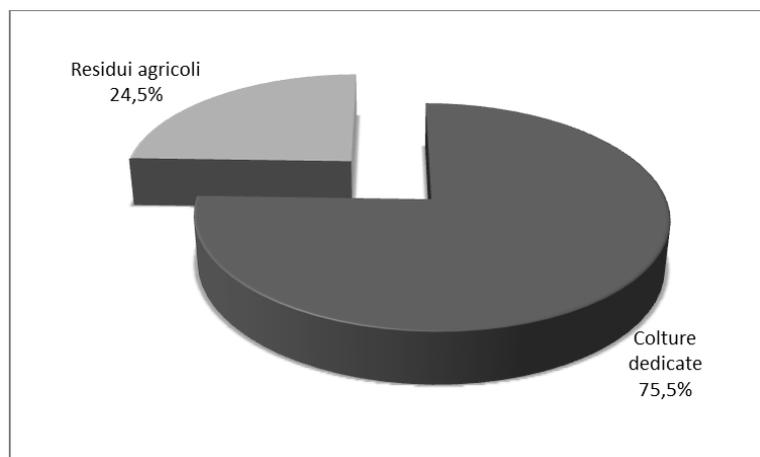
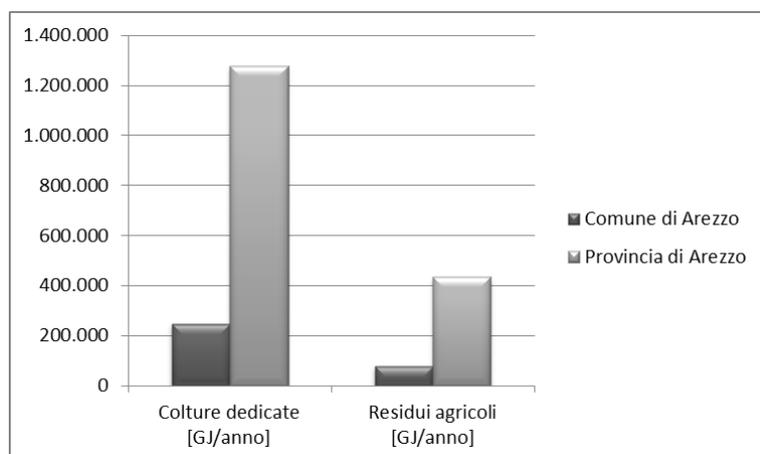


FIGURA 3.12 – RESE ENERGETICHE DEI DIVERSI TIPI BIOMASSA LIGNOCELLULOSICA – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013



3.2.2. FILIERA DEI BIOCARBURANTI

L'analisi delle superfici potenziali da destinare alla produzione di biocarburanti evidenzia a livello provinciale una disponibilità di circa 37.850 ha per le colture di amidacee e 13.700 ha per le oleaginose. Tuttavia, l'ipotesi di produzione di biocarburanti tiene in considerazione che solo parte di tali superfici possa essere utilizzata per questo scopo in quanto lo scenario complessivo considera l'ipotesi di destinare parte delle stesse superfici alle colture di biomasse lignocellulosiche. Quindi è stato supposto di destinare alle colture di oleaginose e amidacee il 18% della superficie globalmente disponibile.

Con queste ipotesi si ottiene la destinazione di suolo per colture dedicate alla produzione di biocarburanti descritta in Tabella 3.12, la quale conduce alla stima di potenziale energetico riportato in Tabella 3.13 (il valore di PCI assunto per il Bioetanolo è 27 GJ/t).

TABELLA 3.12 – SUPERFICI DESTINABILI ALLE COLTURE DEDICATE PER BIOCARBURANTI – SCENARIO IPOTIZZATO AL 2013

Area	Amidacee		Oleaginose		Totale [ha]
	Mais [ha]	Frumento [ha]	Girasole [ha]	Colza [ha]	
Comune di Arezzo	1.047	260	-	-	1.308
Provincia di Arezzo	5.067	1.748	2.402	63	9.281
Regione Toscana	33.261	6.113	29.508	12.685	81.566

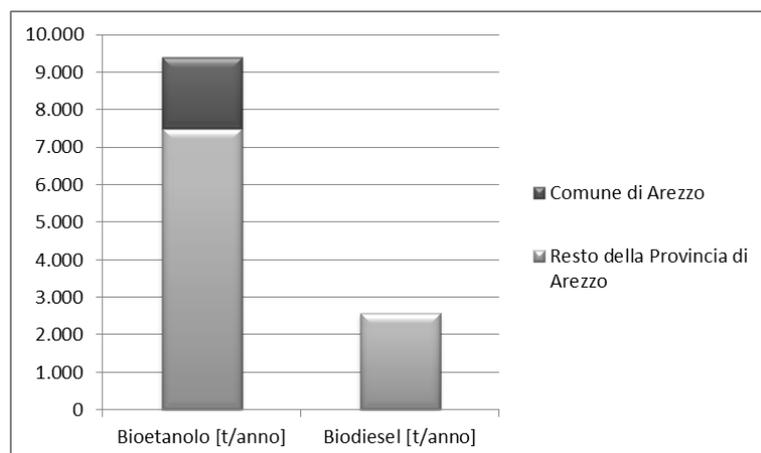
TABELLA 3.13 – STIMA DEL POTENZIALE ENERGETICO DALLA PRODUZIONE DI BIOCARBURANTI – SCENARIO IPOTIZZATO AL 2013

Area	Bioetanolo [t/anno]	Biodiesel [t/anno]	Bioetanolo [GJ/anno]	Biodiesel [GJ/anno]	Biocarburante [t/anno]	Energia da biocarburante [GJ/anno]
Comune di Arezzo	1.875	0	50.628	0	1.875	50.628
Provincia di Arezzo	9.391	2.574	253.559	94.026	11.966	347.585
Regione Toscana	59.333	43.039	1.601.994	1.581.972	102.372	3.183.966

Secondo l'indagine ARSIA, il Comune di Arezzo non ha dunque nessuna superficie destinata alla produzione di biodiesel, mentre contribuisce in maniera sostanziale alla produzione di bioetanolo, rappresentando con le sue 1.875 t/anno quasi il 20% dell'intera produzione provinciale (Figura 3.13) e il 3% della produzione regionale.

In termini energetici, si stima una resa di 50.628 GJ/anno, ovvero il 14,6% della totale stima di produzione energetica della provincia di Arezzo.

FIGURA 3.13 – POTENZIALE ENERGETICO DALLA PRODUZIONE DI BIOCARBURANTI – SCENARIO IPOTIZZATO AL 2013



3.2.3. IPOTESI DI SFRUTTAMENTO DEI REFLUI ZOOTECNICI E DEI RESIDUI DELLE COLTIVAZIONI ORTIVE

La produzione energetica da reflui zootecnici e dei residui del comparto orticolo avviene attraverso la produzione di biogas e si basa sull'ipotesi di sfruttamento totale del quantitativo disponibile. I dati infatti non sono tali da permettere la distinzione tra realtà con produzione intensiva di reflui/residui e realtà isolate sul territorio. È quindi importante precisare l'importanza di successive valutazioni mirate su questo aspetto in quanto la natura di tali tipi di impianti è tale da non risultare conveniente su piccole taglie.

Ciò premesso, in Tabella 4.15 si riporta la potenziale resa energetica a livello comunale, provinciale e regionale. Il Comune di Arezzo, con i suoi 13.308 GJ/anno rappresenta l'8,8% della resa provinciale, ciò ottenuto per la maggior parte dall'utilizzo a scopo energetico dei reflui zootecnici (98,3% – Figura 3.15).

TABELLA 3.14 – PARAMETRI ADOTTATI PER LA QUANTIFICAZIONE DELLA RESA ENERGETICA IN FILIERA BIOGAS

Conversione reflui [Nmc/t t.q.]	15,1
Conversione residui orticoli [Nmc/t s.s.]	131,2
Conversione residui agroindustriali [Nmc/t t.q.]	42,2
PCI biogas [GJ/Nmc]	0,0233

TABELLA 3.15 – RESA ENERGETICA DI REFLUI ZOOTECNICI E SCARTI ORTICOLI - SCENARIO IPOTIZZATO AL 2013

Area	Reflui di allevamenti [GJ/anno]	Residui di leguminose e ortive [GJ/anno]	Totale [GJ/anno]
Comune di Arezzo	13.084	224	13.308
Provincia di Arezzo	147.201	3.566	150.767
Regione Toscana	664.550	170.894	835.444

FIGURA 3.14 – RIPARTIZIONE DELLA RESA ENERGETICA DI REFLUI ZOOTECNICI E SCARTI ORTICOLI - SCENARIO IPOTIZZATO AL 2013

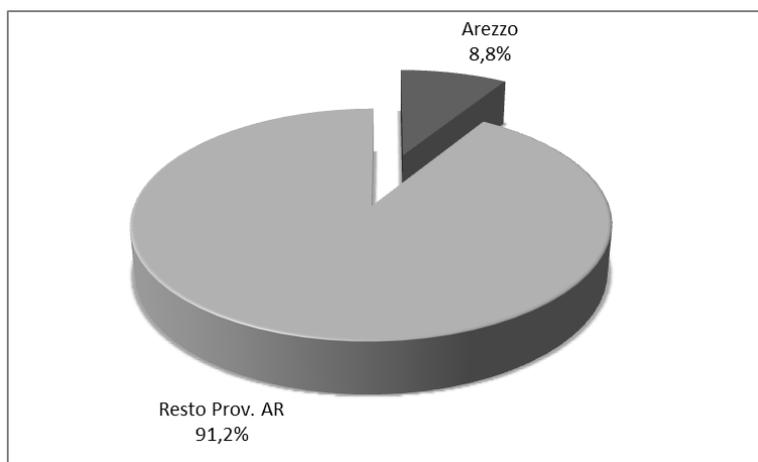
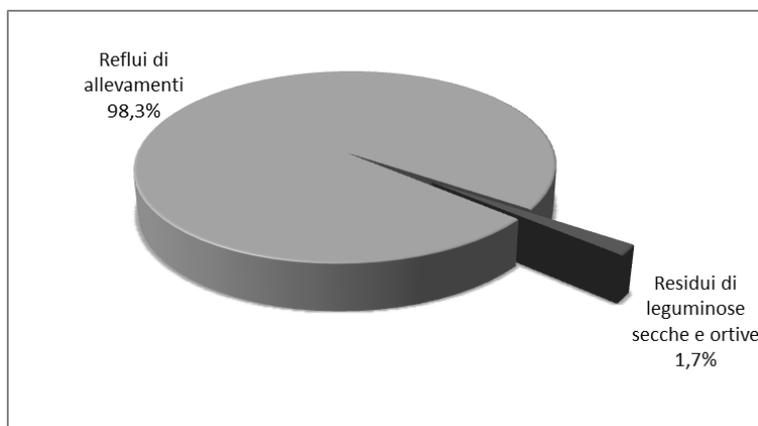


FIGURA 3.15 – RIPARTIZIONE DELLA RESA ENERGETICA COMUNALE - SCENARIO IPOTIZZATO AL 2013



3.2.4. IPOTESI DI SFRUTTAMENTO DELLE BIOMASSE RESIDUE AGROINDUSTRIALI

Lo scenario di produzione di energia a partire dagli scarti agroindustriali si basa sull'ipotesi di utilizzo dei quantitativi massimi disponibili. Le diverse tipologie di residuo sono state discriminate in base ai processi di conversione energetica a valle della filiera: per i residui della macellazione, della produzione casearia e della

vinificazione, caratterizzati da un altro tasso di umidità, è stata ipotizzata la conversione in biogas (parametri di Tabella 3.14) mentre per le sansa esauste è prevista la combustione (PCI = 18 GJ/t).

La Tabella 3.16 riporta la resa energetica degli scarti agroindustriali secondo lo scenario ipotizzato. La produzione energetica totale risulta di 10.972 GJ/anno, che rappresenta il 17,9% della produzione provinciale e l'1,8% di quella regionale. Tale energia proviene per l'89,3% dalla combustione della sansa esausta, mentre la quota parte derivante dalla filiera biogas è ripartita sulle diverse tipologie industriali come in Figura 3.16.

TABELLA 3.16 – RESA ENERGETICA DEI RESIDUI AGROINDUSTRIALI – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

Area	Residui agroindustriali (filiera biogas) [GJ/anno]	Sansa esausta (filiera combustione) [GJ/anno]	Totale residui agroindustriali [GJ/anno]
Comune di Arezzo	1.174	9.798	10.972
Provincia di Arezzo	9.174	52.167	61.341
Regione Toscana	247.439	351.552	598.991

FIGURA 3.16 – COMPOSIZIONI DEI RESIDUI AGROINDUSTRIALI DESTINATI ALLA FILIERA BIOGAS – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013

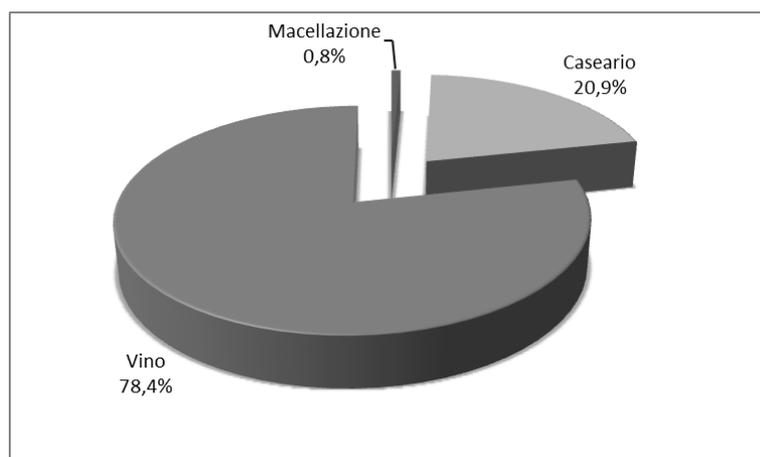
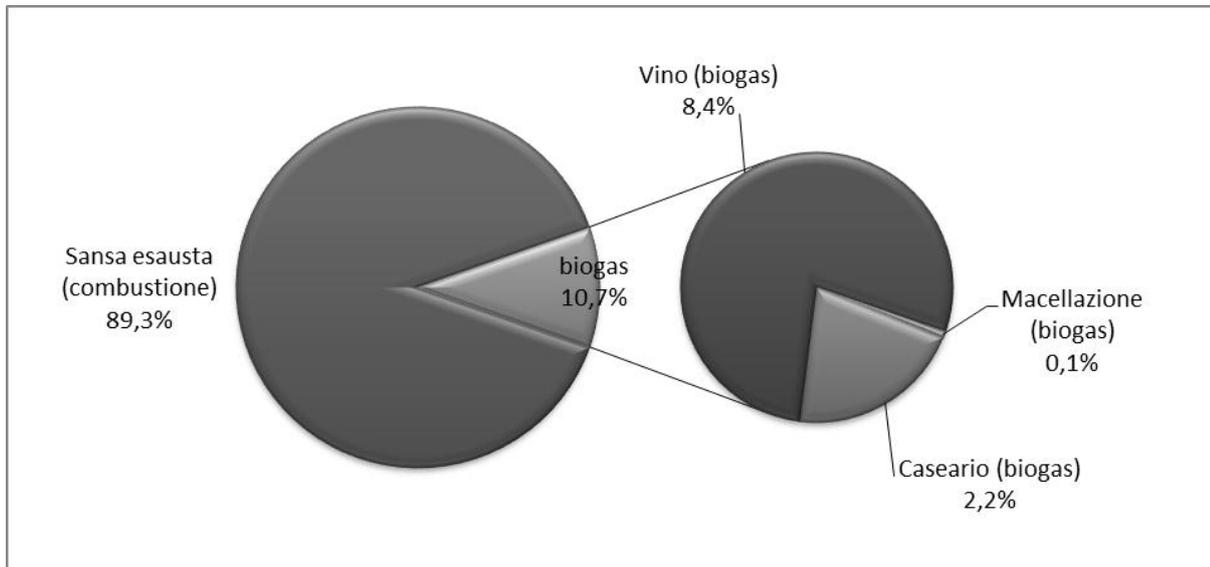


FIGURA 3.17 – COMPOSIZIONE DELLA RESA ENERGETICA DEI RESIDUI AGROINDUSTRIALI – SCENARIO IPOTIZZATO PER IL 2013



3.2.5. ALTRE POTENZIALI FONTI DI RECUPERO DI BIOMASSA LEGNOSA

Lo scenario di recupero energetico da biomassa si conclude andando a considerare altre possibili fonti di materiale lignocellulosico da inviare a combustione. Esistono infatti tutta una serie di attività che produce come scarto questo tipo di materia la quale, se non impiegata diversamente, costituisce di fatto rifiuto. Di seguito si analizzano le potenzialità di recupero di materiale combustibili da:

- comparto forestale
- ripulitura degli alvei fluviali
- silvicoltura
- manutenzione del verde urbano
- industria di trasformazione del legno

COMPARTO FORESTALE

La stima dell'offerta dei prodotti legnosi derivanti dalle risorse forestali è ottenuta in primo luogo stimando la superficie boscata e la quota parte di questa a macchiatico positivo². Queste aree sono sfruttabili per la produzione di materiali destinati al mercato (pali, legna da ardere, eccetera) e per il recupero di residui derivanti dalla stessa attività boschiva che bene si prestano all'inserimento nella filiera del recupero energetico.

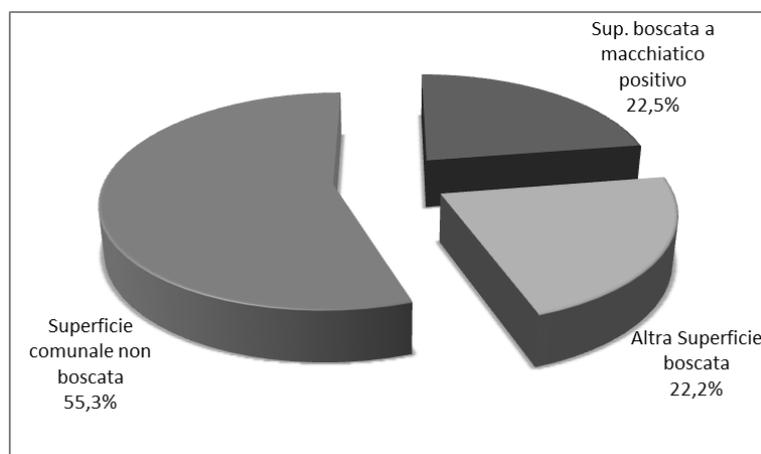
Il territorio comunale di Arezzo è caratterizzato da una copertura boscosa del 45%, e da una superficie sfruttabile per le attività di sfruttamento boschivo di 8.653 ha (il 23% del territorio comunale). Si stima una capacità di recupero dei residui dell'attività boschiva di circa 5.900 t di materiale umido, ovvero di 3.922 t di sostanza secca (Tabella 3.17).

TABELLA 3.17 – SUPERFICI BOSCATE E MATERIALE RECUPERABILE

Area	Superficie totale [ha]	Superficie boscata [ha]	Superficie a macchiatico positivo [ha]	Residui attività boschiva [t s.s./anno]
Comune di Arezzo	38.482	17.188	8.653	3.922
Provincia di Arezzo	323.420	167.276	83.064	36.239

² Il valore di macchiatico rappresenta, in termini finanziari, la differenza tra i ricavi ottenibili dalla vendita degli assortimenti legnosi di un particolare soprassuolo ed i costi totali di produzione degli stessi.

FIGURA 3.18 – ENTITÀ DELLE SUPERFICI BOScate DEL COMUNE DI AREZZO



RESIDUI DELLA RIPULITURA DEGLI ALVEI FLUVIALI

Gli interventi di ripulitura degli alvei fluviali, necessari al fine di garantire il deflusso delle acque meteoriche e minimizzare il rischio di esondazioni, danno l'opportunità di utilizzare i prodotti degli interventi verso il settore delle biomasse da impiegare nel settore energetico. Tale opportunità è economicamente interessante anche grazie alla disponibilità di finanziamenti diretti e all'accessibilità di tali aree.

La superficie relativa agli alvei fluviali è stata stimata considerando una fascia di 5 m dalle sponde, al netto delle zone già ricadenti in aree boscate e di quelle in area urbana. Dunque si sceglie una produttività per unità di superficie di 150 t/ha (valore prudenziale).

TABELLA 3.18 – SUPERFICI DI ALVEI FLUVIALI E MATERIALE RECUPERABILE

Area	Alvei fluviali [ha]	Residui pulitura alvei [t s.s./anno]
Comune di Arezzo	43,3	72,0
Provincia di Arezzo	388,0	646,0

RESIDUI DA SILVICOLTURA

Il regolamento CEE n. 2080 del 30 giugno 1992 ha istituito un regime comunitario di aiuti alle misure forestali nel settore agricolo, considerando che l'imboschimento delle superfici agricole riveste particolare importanza sia per l'utilizzazione del suolo e per la difesa dell'ambiente, sia come contributo alla riduzione della carenza di risorse silvicole.

L'applicazione di tale regolamento ha visto lo svilupparsi di questa attività, i cui residui sono utilizzabili come biomasse per il recupero di energia.

TABELLA 3.19 – SUPERFICI ADIBITE A SILVICOLTURA E MATERIALE RECUPERABILE

Area	Silvicoltura [ha]	Residui espanti silvicoltura [t s.s./anno]
Comune di Arezzo	4,8	3,8
Provincia di Arezzo	504,2	430,3

RESIDUI DELLA MANUTENZIONE DEL VERDE URBANO

La potatura delle alberature stradali in aree urbane, nonché delle piante presenti nei parchi e nei giardini pubblici rappresenta un'operazione di manutenzione ordinaria necessaria a garantire la sicurezza pubblica ed un corretto accrescimento delle specie vegetali tale da non compromettere la funzionalità e l'agibilità delle infrastrutture viarie. Nella maggior parte dei casi gli sfalci e le potature così ottenute vengono avviate alla filiera di smaltimento dei rifiuti. L'utilizzo di questi nella filiera di recupero energetico permette quindi anche un alleggerimento della filiera di trattamento dei rifiuti.

In Tabella 3.20 si riportano le tonnellate di sostanza secca ricavabili dalla manutenzione del verde urbano.

TABELLA 3.20 – RESIDUI DELLA MANUTENZIONE DEL VERDE URBANO

Area	Residui verde urbano [t s.s./anno]
Comune di Arezzo	21,9
Provincia di Arezzo	69,6

RESIDUI DELL'INDUSTRIA DEL LEGNO

La quantità di residui potenzialmente provenienti dall'industria del legno è stata valutata adottando l'ipotesi di correlare l'ammontare dei residui alla produttività aziendale. La Tabella 3.21 riporta i quantitativi di residui avviabili a recupero energetico

TABELLA 3.21 – RESIDUI DELL'INDUSTRIA DEL LEGNO

Area	Residui industria trasformazione legno [t s.s./anno]
Comune di Arezzo	1.378,5
Provincia di Arezzo	21.429,6

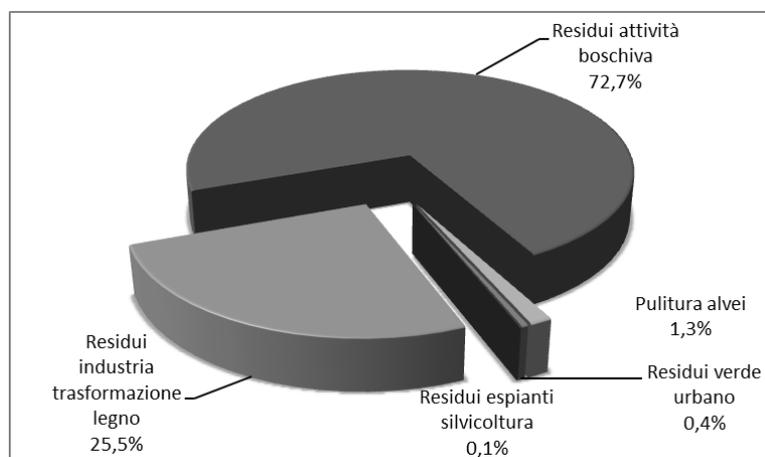
ENERGIA DA ALTRE POTENZIALI FONTI DI BIOMASSA LEGNOSA

Il potenziale energetico viene calcolato assumendo un valore di PCI medio di 18 GJ/t s.s.

TABELLA 3.22 – RESA ENERGETICA DELLE ALTRE POTENZIALI FONTI DI BIOMASSA LEGNOSA

Attività	t s.s./anno	GJ/anno
Residui attività boschiva	3.922,4	70.603
Pulitura alvei	72,0	1.297
Residui verde urbano	21,9	395
Residui espianti silvicoltura	3,8	69
Residui industria trasformazione legno	1.378,5	24.813
TOTALE	5.398,7	97.177

FIGURA 3.19 – COMPOSIZIONE DELLA RESA ENERGETICA DELLE ALTRE POTENZIALI FONTI DI BIOMASSA LEGNOSA



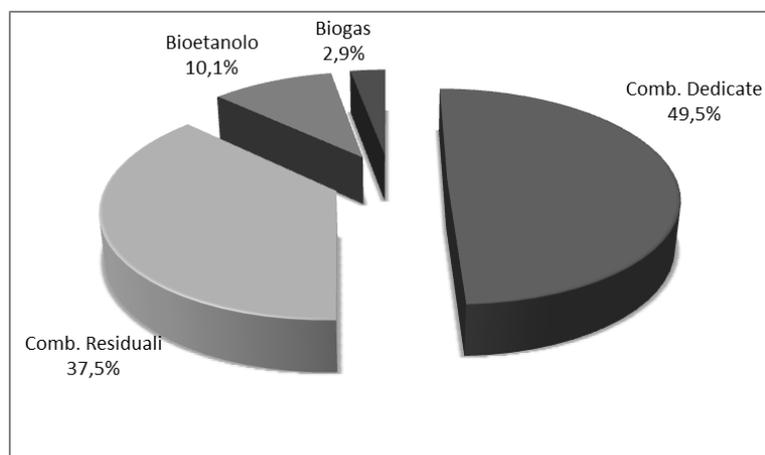
3.3. RIEPILOGO: POTENZIALE ENERGETICO DA BIOMASSE – SCENARIO AL 2013

La Tabella 3.23 riassume tutte le potenzialità derivanti dalle biomasse per il Comune di Arezzo, secondo lo scenario di previsione al 2013, indicando la destinazione di utilizzo energetico più adeguata.

TABELLA 3.23 – SINTESI DELLE POTENZIALITÀ ENERGETICHE DA BIOMASSE – SCENARIO AL 2013

Provenienza	Potenzialità energetica [GJ/anno]	Destino
Colture Dedicare e Residui agricoli	327.186,2	Combustione in Centrale Termoelettrica
Biocarburanti (bioetanolo)	50.627,6	in co-combustione insieme alla benzina
Reflui Zootecnici	13.308,5	il biogas viene usato in MCI per produzione di EE
Residui agroindustriali	1.174,0	il biogas viene usato in MCI per produzione di EE
Sansa esausta	9.798,0	Combustione in Centrale Termoelettrica
Residui attività boschiva	70.602,8	Combustione in Centrale Termoelettrica
Pulitura alvei	1.296,7	Combustione in Centrale Termoelettrica
Residui verde urbano	395,0	Combustione in Centrale Termoelettrica
Residui espanti silvicoltura	69,2	Combustione in Centrale Termoelettrica
Residui industria trasformazione legno	24.813,2	Combustione in Centrale Termoelettrica
TOTALE	499.271,3	

FIGURA 3.20 – RIPARTIZIONE DELLE POTENZIALITÀ ENERGETICHE DA BIOMASSE – SCENARIO AL 2013



3.3.1. PRODUZIONE ENERGETICA DA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE

Se si esaminano i destini delle diverse biomasse, si ha che sui quasi 500.000 GJ/anno di energia, ben 434.000 GJ/anno (circa 120 GWh) trovano come naturale destinazione la combustione.

In questa sede si ipotizza che tale biomassa venga avviata a combustione in impianti di cogenerazione adatti alla produzione di energia elettrica e termica.

La tecnologia impiantistica che si presume di adottare è basata sull'utilizzo di un forno di combustione, adatto alla tipologia di biomassa specifica, associato ad una caldaia a recupero per la produzione di vapore. Con tale tecnologia, e con i vincoli tecnologici che devono necessariamente essere rispettati nel caso della combustione di biomasse, si adottano i seguenti valori di rendimento:

- rendimento elettrico del 20%
- rendimento termico del 27,7%.

La Tabella 3.24 riassume i risultati dell'elaborazione.

Nella costruzione degli scenari di sfruttamento delle biomasse, è stato ipotizzato un utilizzo pari al 50% della potenzialità da colture dedicate nel caso di BS, mentre il 100% della potenzialità viene assunta per l'AS.

TABELLA 3.24 – RECUPERO ELETTRICO E TERMICO DA COMBUSTIONE DELLE BIOMASSE

Biomasse a combustione	Potenzialità		AS		BS	
	GJ	GWh	GWh Elettrici	GWh termici	GWh Elettrici	GWh termici
Colture dedicate	247.010	68,61	13,72	19,00	6,86	9,50
Residui agricoli	80.176	22,27	4,45	6,17	4,45	6,17
Sansa esausta (combustione)	9.798	2,72	0,54	0,75	0,54	0,75
Residui Boschi	70.603	19,61	3,92	5,43	3,92	5,43
Residui alvei	1.297	0,36	0,07	0,10	0,07	0,10
Verde urbano	395	0,11	0,02	0,03	0,02	0,03
Espianti arboricoltura 2080	69	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01
Residui industria legno	24.813	6,89	1,38	1,91	1,38	1,91
TOT	434.161	120,60	24,12	33,39	17,26	23,89

3.3.2. PRODUZIONE ENERGETICA DA COMBUSTIONE DEL BIOGAS DA BIOMASSE

La potenzialità energetica da biogas derivante dalle biomasse è di circa 14.480 GJ/anno. Ai fini della conversione energetica, l'ipotesi è che tutto il biogas venga usato in MCI, inoltre si considera la sola produzione di energia elettrica. Il rendimento di questa tecnologia di conversione viene assunto pari al 35%.

A lato della trattazione principale, si ritiene necessario citare – almeno da un punto di vista qualitativo – l'ipotesi di utilizzo alternativo del biogas attraverso il processo di up-grading finalizzato alla produzione di biometano, da utilizzare in sostituzione del gas naturale, sia per iniezione nella rete gas che per eventuali usi veicolari. Tale applicazione sta guadagnando interesse sempre crescente a livello europeo e risulta, anche nel

caso specifico del territorio comunale, di interesse dati gli elevati consumi di gas naturale. In realtà, con le potenzialità attualmente stimate di produzione di biogas, si potrebbe al momento coprire una percentuale irrisoria del consumo comunale (0,4% rispetto al consumo 2007), che potrebbe però crescere nel caso in cui venisse promosso l'utilizzo di processi anaerobici per trattare reflui biodegradabili.

La Tabella 3.25 riassume i risultati dell'elaborazione.

TABELLA 3.25 – RECUPERO DA COMBUSTIONE DEL BIOGAS

Biogas da biomasse	Potenzialità		GWh Elettrici
	GJ	GWh	
Reflui allevamenti	13.084	3,63	1,27
Residui orticoltura	224	0,06	0,02
Residui agroindustriali	1.174	0,33	0,11
TOT	14.482	4,02	1,41

4. CONCLUSIONI

La valutazione dei potenziali energetici derivanti da interventi di riduzione dei consumi e dall'impiego di fonti di energia rinnovabile si conclude fornendo un quadro complessivo in termini di energia primaria sostituibile con le FER. In questo calcolo si intende stimare l'energia primaria, in termini di combustibili fossili, che si dovrebbe impiegare – e che quindi si va a sostituire/risparmiare – per la stessa produzione elettrica/termica da fonti tradizionali (termoelettrico).

Per effettuare questa conversione sono stati assunti i rendimenti di conversione energetica di Tabella 4.1. La Tabella 4.2 riporta i risultati dell'elaborazione.

Per quanto riguarda il bioetanolo, si fa l'ipotesi di utilizzo in diluizione al 5% con la benzina. In realtà, rispetto ai consumi di benzina a livello comunale, che rappresenta il fattore limitante di utilizzo del bioetanolo, si evidenzia una potenziale sovrapproduzione. Quindi, solo una parte del bioetanolo producibile può essere utilizzato a livello locale. La restante parte potrebbe essere disponibile per esportazione extra-comunale.

TABELLA 4.1 – RENDIMENTI PER CONVERSIONE IN ENERGIA PRIMARIA

Rendimento caldaia (generazione en. Termica)	0,90
Rendimento centrale termoelettrica (generazione en. Elettrica)	0,39

TABELLA 4.2 – POTENZIALITÀ DELLE FER IN TERMINI DI ENERGIA PRIMARIA

Fonte	Energia producibile BS	Energia producibile AS	udm	Energia primaria BS [GWh]	Energia primaria AS [GWh]
Eolico	11,3	11,3	GWh e	29,0	29,0
Mini-idraulico	14,0	14,0	GWh e	35,9	35,9
Solare Termico	39,6	79,2	GWh t	44,0	88,0
Solare Termico Altre installazioni	0,1	0,1	GWh t	0,1	0,1
Fotovoltaico EDIFICI	9,1	18,3	GWh e	23,4	46,8
Fotovoltaico SCUOLE	1,3	1,3	GWh e	3,4	3,4
Fotovoltaico Altre installazioni	15,5	15,5	GWh e	39,7	39,7
Termovalorizzatore (EE)	38,5	48,8	GWh e	98,7	125,0
Termovalorizzatore (ET)	61,3	79,7	GWh t	68,1	88,5
Biomasse a combustione (EE)	17,3	24,1	GWh e	44,3	61,8
Biomasse a combustione (ET)	23,9	33,4	GWh t	26,5	37,1
Biomasse biogas	1,4	1,4	GWh e	3,6	3,6
bioetanolo diluito con benzina	958,3	958,3	t/anno	13,4	13,4
bioetanolo a mercato extracomunale	916,8	916,8	t/anno		

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.1 – Risultati dell’indagine sulle possibili strategie di razionalizzazione energetica degli edifici	4
Tabella 1.2 – Percorrenze medie annuali in Italia per macroclasse veicolare	5
Tabella 1.3 – Modalità conversione in tonnellate di petrolio equivalente	6
Tabella 1.4 – Numero veicoli immatricolati al 31/12/2009 nel Comune di Arezzo suddivisi in classi per tipologia, alimentazione, età e taglia.....	7
Tabella 1.5 – Suddivisione percentuale per tipologia, alimentazione, età e taglia dei veicoli immatricolati al 31/12/2009 nel Comune di Arezzo	8
Tabella 1.6 – Consumi di carburante, emissioni di CO ₂ e macroinquinanti per tipologia di alimentazione: scenario attuale al 2010	9
Tabella 1.7 – Consumi di carburante, emissioni di CO ₂ e macroinquinanti per macroclassi veicolari: scenario attuale.....	10
Tabella 1.8 – Suddivisione percentuale di consumi di carburante, emissioni di CO ₂ e macroinquinanti per tipologia di alimentazione: scenario attuale al 2010.....	10
Tabella 1.9 – Suddivisione percentuale di consumi carburante, emissioni di CO ₂ e macroinquinanti per macroclassi veicolari: scenario attuale al 2010	10
Tabella 1.10 – Consumi di carburante ed emissioni di CO ₂ per tipologia di alimentazione: scenario futuro al 2020	11
Tabella 1.11 – Consumi di carburante ed emissioni di CO ₂ per macroclassi veicolari: scenario futuro al 2020....	11
Tabella 1.12 – Suddivisione percentuale di consumi di carburante ed emissioni di CO ₂ per tipologia di alimentazione: scenario futuro al 2020	11
Tabella 1.13 – Suddivisione percentuale di consumi carburante ed emissioni di CO ₂ per macroclassi veicolari: scenario futuro al 2020.....	12
Tabella 1.14 – Riduzione di consumi di carburante ed emissioni di CO ₂ per tipologia di alimentazione tra scenario attuale al 2010 e scenario futuro al 2020	12
Tabella 1.15 – Riduzione percentuale dei consumi di carburante per tipologia di alimentazione tra scenario attuale al 2010 e scenario futuro al 2020	12
Tabella 1.16 – Risultati dell’indagine sulle possibili strategie di razionalizzazione energetica dell’illuminazione	13
Tabella 1.17 – Risparmio energetico dovuto all’introduzione degli interventi di riduzione consumi	14
Tabella 2.1 – Producibilità elettrica dall’ impianto eolico di Sassi Bianchi	16
Tabella 2.2 – Producibilità elettrica annua da termovalorizzazione dei rifiuti	18
Tabella 2.3 – Producibilità elettrica e termica (cogenerazione) annua da termovalorizzazione dei rifiuti	19
Tabella 2.4 – Producibilità elettrica annua da installazione di fotovoltaico sugli edifici civili	19
Tabella 2.5 – Producibilità elettrica annua da installazione di fotovoltaico sugli edifici scolastici	20
Tabella 2.6 – Installazioni di fotovoltaico realizzate sul territorio comunale	20
Tabella 2.7 – Installazioni di fotovoltaico realizzate su edifici scolastici	20
Tabella 2.8 – Producibilità termica annua da installazione di solare termico	21
Tabella 2.9 – Installazioni di solare termico realizzate su edifici scolastici.....	21
Tabella 3.1 – SAU (Superficie Agricola Utilizzata) suddivisa per macrocategorie di coltura - 2007	22
Tabella 3.2 – UBA (Unità di Bovino Adulto) per macrocategorie di allevamento - 2007.....	23
Tabella 3.3 – Valori di PCI adottati per colture dedicate	26
Tabella 3.4 – Superfici destinabili alle diverse colture dedicate di tipo lignocellulosico – scenario ipotizzato per il 2013	26

Tabella 3.5 – Masse di sostanza combustibile da colture dedicate di tipo lignocellulosico – scenario ipotizzato per il 2013	27
Tabella 3.6 – Rese energetiche delle colture dedicate di tipo lignocellulosico – scenario ipotizzato per il 2013	27
Tabella 3.7 – Valori di PCI adottati per residui agricoli	28
Tabella 3.8 – Masse di sostanza combustibile da residui agricoli – scenario ipotizzato per il 2013	28
Tabella 3.9 – Rese energetiche dei residui agricoli – scenario ipotizzato per il 2013	29
Tabella 3.10 – Masse di sostanza combustibile lignocellulosica – scenario ipotizzato per il 2013	30
Tabella 3.11 – Resa energetica della biomassa lignocellulosica – scenario ipotizzato per il 2013	30
Tabella 3.12 – Superfici destinabili alle colture dedicate per biocarburanti – scenario ipotizzato al 2013	31
Tabella 3.13 – Stima del potenziale energetico dalla produzione di biocarburanti – scenario ipotizzato al 2013	31
Tabella 3.14 – Parametri adottati per la quantificazione della resa energetica in filiera biogas	32
Tabella 3.15 – Resa energetica di reflui zootecnici e scarti orticoli - Scenario ipotizzato al 2013	33
Tabella 3.16 – Resa energetica dei residui agroindustriali – scenario ipotizzato per il 2013	34
Tabella 3.17 – Superfici boscate e materiale recuperabile	36
Tabella 3.18 – Superfici di alvei fluviali e materiale recuperabile	37
Tabella 3.19 – Superfici adibite a silvicoltura e materiale recuperabile	38
Tabella 3.20 – Residui della manutenzione del verde urbano	38
Tabella 3.21 – Residui dell’industria del legno	38
Tabella 3.22 – Resa energetica delle altre potenziali fonti di biomassa legnosa	39
Tabella 3.23 – Sintesi delle potenzialità energetiche da biomasse – scenario al 2013	40
Tabella 3.24 – Recupero elettrico e termico da combustione delle biomasse	41
Tabella 3.25 – Recupero da combustione del biogas	42
Tabella 4.1 – Rendimenti per conversione in energia primaria	43
Tabella 4.2 – Potenzialità delle FER in termini di energia primaria	43

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 – Consumi comunali per l’illuminazione pubblica [tep]. Fonte: Bollettino Energetico Comunale	13
Figura 1.2 – Risparmio energetico dovuto all’introduzione degli interventi di riduzione consumi	15
Figura 1.3 – Ripartizione del risparmio energetico dovuta all’introduzione degli interventi di riduzione consumi	15
Figura 1.4 – Risparmio energetico (per fonte) dovuto all’introduzione degli interventi di riduzione consumi	15
Figura 2.1 – Localizzazione Parco Eolico Sassi Bianchi	17
Figura 2.2 – Localizzazione Parco Eolico Sassi Bianchi – dettaglio (immagine da satellite ed estratto da CTR)	17
Figura 2.3 – Localizzazione Parco Eolico Sassi Bianchi – dettaglio 3D	17
Figura 3.1 – SAU (Superficie Agricola Utilizzata) 2007 suddivisa per macrocategorie di coltura – provincia di Arezzo	23
Figura 3.2 – SAU 2007 suddivisa per macrocategorie di coltura – provincia di Arezzo e regione toscana	23
Figura 3.3 – UBA (Unità di Bovino Adulto) per macrocategorie di allevamento – provincia di arezzo	24
Figura 3.4 – UBA per macrocategorie di allevamento – provincia di arezzo e regione toscana	24
Figura 3.5 – Filiere agroenergetiche	25

Figura 3.6 – Ripartizione delle superfici destinabili alle diverse colture dedicate di tipo lignocellulosico per il Comune di arezzo – scenario ipotizzato per il 2013	27
Figura 3.7 – Ripartizione rese energetiche sulle diverse colture dedicate di tipo lignocellulosico per il Comune di arezzo – scenario ipotizzato per il 2013.....	27
Figura 3.8 – Rese energetiche delle diverse colture dedicate di tipo lignocellulosico – scenario ipotizzato per il 2013	28
Figura 3.9 – Ripartizione rese energetiche sui diversi tipi di residuo agricolo per il Comune di arezzo – scenario ipotizzato per il 2013	29
Figura 3.10 – Rese energetiche dei diversi tipi di residuo agricolo – scenario ipotizzato per il 2013	29
Figura 3.11 – Ripartizione rese energetiche sui diversi tipi biomassa lignocellulosica per il Comune di arezzo – scenario ipotizzato per il 2013.....	30
Figura 3.12 – Rese energetiche dei diversi tipi biomassa lignocellulosica – scenario ipotizzato per il 2013.....	31
Figura 3.13 – Potenziale energetico dalla produzione di biocarburanti – scenario ipotizzato al 2013	32
Figura 3.14 – Ripartizione della Resa energetica di reflui zootecnici e scarti orticoli - Scenario ipotizzato al 2013	33
Figura 3.15 – Ripartizione della Resa energetica comunale - Scenario ipotizzato al 2013	33
Figura 3.16 – Composizioni dei residui agroindustriali destinati alla filiera biogas – scenario ipotizzato per il 2013	34
Figura 3.17 – Composizione della resa energetica dei residui agroindustriali – scenario ipotizzato per il 2013 ..	35
Figura 3.18 – Entità delle superfici boscate del Comune di Arezzo	37
Figura 3.19 – Composizione della resa energetica delle altre potenziali fonti di biomassa legnosa	39
Figura 3.20 – Ripartizione delle potenzialità energetiche da biomasse – scenario al 2013	40

BIBLIOGRAFIA

- PIER – Piano di Indirizzo Energetico Regionale
- Piano Straordinario di area vasta ATO Toscana Sud
- Stima della potenzialità produttiva delle Agrienergie in Toscana - ARSIA (2009)
- European Commission - Integrated Pollution Prevention and Control - Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration (2006)
- European Environment Agency (EEA) - "EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2007" - EEA, Copenhagen, 2007
- Stralcio del Piano Energetico Comunale relativo alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili da installare su edifici scolastici di proprietà comunale – Servizi per il Territorio, Ufficio Ambiente, Comune di Arezzo
- Linee strategiche di intervento e valutazione dei potenziali energetici – AICOM, Aprile 2004
- Relazione Tecnica: Gestione di attività connesse all'illuminazione pubblica e semaforica e realizzazione di interventi finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica e adeguamento normativo sugli impianti comunali. Proposta corpi illuminanti a LED - Direzione Servizi Infrastrutturali, Ufficio Manutenzione, Comune di Arezzo (2009)
- Progetto: Parco Eolico "Sassi Bianchi" in Loc. Bivignano (AR)
- Relazioni tecniche su installazioni di impianti solari termici e fotovoltaici sul territorio comunale