6. INTRODUZIONE AL PROGETTO DI UN IMPIANTO A BIOMASSA NEL COMUNE DI CALCI

L'idea di costruire un impianto cogenerativo a biomassa di circa 1 MWe, nel comune di Calci (PI), nasce ad una piccola associazione pisana denominata “EEE”, ovvero “Energia, Ecologia, Economia”. Tale impianto permetterebbe di produrre energia (elettrica e termica) in modo rinnovabile, non aumentando la CO2 nell'atmosfera, ed apportando quindi un impatto positivo sull'ambiente. L’idea di questo progetto è principalmente dovuta all'incendio che ha violentemente colpito i monti Pisani, in particolare il territorio di Calci, nel Settembre del 2009 e che ha distrutto circa 200 ettari di bosco e diversi uliveti. La costruzione di un impianto a biomasse dovrebbe proprio aiutare ad evitare il ripetersi di situazioni del genere. Infatti la biomassa, che dovrebbe essere utilizzata nell'impianto, sarebbe ottenuta principalmente in 3 modi:

- dalla manutenzione del bosco e dalla sostituzione delle conifere di recente rimboschimento con essenze (soprattutto sughere), piante storicamente presenti sul territorio e più resistenti agli incendi
- utilizzando la sansa di olive prelevata presso la cooperativa che gestisce il frantoio; la sansa di olive è un sottoprodotto del processo di estrazione dell'olio d'oliva composto dalle buccette, dai residui della polpa e dai nocciolini
- dal conferimento gratuito e a domicilio delle potature di ulivo, altrimenti destinate ad essere bruciate in uliveto.

Una delle principali opportunità di creare biomassa proviene dal taglio dei pini marittimi affetti dal matsucoccus feytaudi, una cocciniglia appartenente a un gruppo di insetti fitomizi cioè succhiatori di linfa vegetale, che vive esclusivamente sul pino marittimo (Pinus pinaster) dislocandosi nella parte viva della corteccia da cui succhia la linfa elaborata. Nel giro di 5 anni la maggior parte delle piante muore per l'eccessivo indebolimento a cui sono portate dal matsucoccus. Uno dei modi per combattere questo insetto è quello di sostituire il pino marittimo con altre specie arboree, ad esempio con latifoglie diverse a seconda degli habitat interessati. Questo intervento potrebbe portare a produrre una gran quantità di cippato di legno (legno ridotto in scaglie, con dimensioni variabili, utilizzato come combustibile

rinnovabile e appartenete alle biomasse ligno-cellulosiche).
Generando la biomassa necessaria in questa maniera, si riduce il rischio di incendi: la manutenzione dei boschi e la sostituzione delle conifere, piante che bruciano con facilità estrema, con sughere fanno in modo che un eventuale incendio si propaghi a minore velocità.
Inoltre, obbligando gli agricoltori a consegnare le potature, si evita l'accensione di fuochi in campagna.
Per quanto riguarda la sansa di olive, al momento, non viene utilizzata a nessuno scopo anzi la cooperativa che gestisce il frantoio è costretta a pagare per il suo smaltimento.
Ovviamente costruire un impianto a biomasse e successivamente gestirne la raccolta, oltre alle spese operative per l'impianto, rappresenta un costo non indifferente. Bisogna però considerare che ci sono gli incentivi statali, forniti dal GSE (Gestore dei Servizi Energetici), che possono rendere redditizio l'investimento. L'obiettivo dell'associazione è proprio quello di sfruttare il ricavo prodotto dall'incentivo sull'energia prodotta, per costruire una filiera che raccolga la biomassa. I costi legati alla filiera sono da ritenere "positivi" dal punto di vista sociale e ambientale, in quanto essa permette la creazione di posti di lavoro ed una migliore gestione del bosco e del territorio. Poiché vogliamo che la ricaduta economica dell'investimento sia locale, la filiera deve essere necessariamente corta; la biomassa, cioè, deve provenire dal territorio comunale con il solo coinvolgimento del comune di Buti ed eventualmente di Vicopisano (o degli altri comuni limitrofi).
La scelta di un impianto cogenerativo, invece di un semplice impianto di generazione elettrica (che rimane comunque la produzione "principale"), è legata al fatto che il rendimento energetico totale aumenta molto e quindi si ha un beneficio ambientale maggiore. Nell'analisi economica la produzione termica sarà trascurata in quanto, per ora, la vogliamo considerare come un servizio che ripaghi semplicemente le spese legate ad essa.
Per quanto riguarda la proprietà dell'impianto vi sono diverse alternative: la migliore sarebbe quella dell'azionariato diffuso per tutto il capitale o per un'ampia quota e l'eventuale quota non distribuita di proprietà comunale; in questo modo anche la redditività che l'investimento può produrre andrebbe a beneficio della comunità locale. C'è anche la speranza, per ridurre l'esborso iniziale, di poter usufruire di alcuni incentivi in conto capitale da parte della regione Toscana; ma al momento, non essendo possibile avere conforme, non lì considereremo.
In definitiva questa parte della tesi prova ad analizzare i principali aspetti economici (gestionali) legati alla costruzione e gestione di questo impianto.
Si ricorda che i problemi principali, legati a tale tipologia di investimento, non sono di natura

gestionale bensì sono di natura politica e di accettabilità sociale; ovviamente noi non ci occuperemo di tali problemi perchè essi esulano dagli scopi propri della trattazione.

7. LE BIOMASSE COME COMBUSTIBILE

Ai sensi della legislazione comunitaria (Dir. 2009/28/CE) sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, con il termine "biomassa" deve intendersi "la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla selvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acqua coltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani".

La definizione include una vastissima gamma di materiali, vergini o residuali di lavorazioni agricole e industriali, che si possono presentare in diversi stati fisici, con un ampio spettro di poteri calorifici. In funzione della tipologia di biomassa e quindi della tecnologia più appropriata per la relativa valorizzazione energetica, così come a seconda della taglia di interesse e degli usi finali dell'energia prodotta, termici e/o elettrici, è possibile adottare una pluralità di soluzioni impiantistiche. La combustione diretta della biomassa, in forni appositi, ne comporta una ossidazione totale ad alta temperatura. Essa può essere condotta secondo differenti tecnologie: in sospensione, su forni a griglia fissa o mobile, su letto fluido.

Gassificazione, pirolisi e carbonizzazione sono processi che comportano invece una ossidazione parziale della biomassa, in modo da ottenere sottoprodotti solidi, liquidi e gassosi, più puri rispetto alla fonte di partenza, che possono poi essere combusti completamente in un passaggio successivo. Particolarmente interessante appare la gassificazione in quanto il syngas (gas di sintesi) ottenuto ha il vantaggio di essere versatile, di garantire elevati rendimenti di combustione ed emissioni più contenute.

Le centrali termoelettriche alimentate da biomasse solide o liquide effettuano la conversione dell'energia termica, contenuta nel combustibile biomassa, in energia meccanica e successivamente in energia elettrica. Le taglie delle centrali possono variare dalle medie centrali termoelettriche alimentate da biomasse solide, solitamente da cippato di legno, sino ai piccoli gruppi elettrogeni alimentati da biocombustibili liquidi.

Al di là di una fase preliminare di trattamento della biomassa, gli impianti termoelettrici alimentati a biomasse possono essere anche abbastanza simili a quelli alimentati con combustibili tradizionali, e come per questi è possibile avere differenti cicli termici.

Le tipologie impiantistiche più diffuse sono le seguenti:

- impianti tradizionali con forno di combustione della biomassa solida e caldaia che alimenta una turbina a vapore accoppiata ad un generatore;
- impianti con turbina a gas alimentata dal syngas ottenuto dalla gassificazione di biomasse;
- impianti a ciclo combinato con turbina a vapore e turbina a gas;impianti termoelettrici ibridi, che utilizzano biomasse e fonti convenzionali (il caso più frequente è la co-combustione della biomassa e della fonte convenzionale nella stessa fornace);
- impianti alimentati da biomasse liquide (oli vegetali, biodiesel), costituiti da motori accoppiati a generatori.

Oggi spesso le centrali alimentate da biomasse sono diventate cogenerative, in quanto la produzione di solo energia elettrica ha un rendimento piuttosto basso con questo tipo di combustibile.
L'elenco delle soluzioni impiantistiche appena menzionate dà solo un'idea dei principali modi di sfruttamento delle biomasse, ma non è completo, tant'è che la soluzione che noi proporremo non rientrerà propriamente in nessuna delle soluzioni impiantistiche riportate.
Finalmente in tempi recenti si è capito che una delle sorgenti energetiche che potrebbero realmente sostituire parte dei combustibili fossili tradizionali sembrano proprio essere le biomasse.
I vantaggi, che si possono riscontrare nell'uso di biomasse, dal punto di vista energetico sono principalmente i seguenti:

- rinnovabilità della fonte energetica nel tempo;
- l'anidride carbonica prodotta nei processi di combustione viene assorbita dalla biomassa durante il ciclo vitale, ottenendo così emissione globale nulla;
- possibilità di creare colture specializzate dirette alla produzione di piante energeticamente migliori;
- i combustibili liquidi derivati da biomasse contengono minime quantità di zolfo, riducendo così le emissioni di SO2 (acido solforico) e conseguentemente il fenomeno delle piogge acide;
- anche le emissioni di NOx possono essere ridotte tramite temperature di combustione minori e con l'uso di moderne tecnologie per il controllo dell'inquinamento.

Il potenziale produttivo di biomassa, in Italia, è molto elevato anche se, fino ad ora, non è particolarmente sfruttato. Comunque il settore dello sfruttamento energetico delle biomasse è probabile che abbia un importante sviluppo nei prossimi anni.

7.1 Incentivi alla produzione di energia attraverso l'uso di biomasse

Con la firma del Protocollo di Kyoto l'Italia si impegna a ridurre le proprie emissione di gas serra. Il trattato prevede l'obbligo per i paesi industrializzati di operare una riduzione, nel periodo 2008-2012, delle emissioni di elementi inquinanti (biossido di carbonio -CO2, metano -CH4, ossido di diazoto -N2O, idrofluorocarburi -HFC, perfluorocarburi -PFC ed esafluoruro di zolfo -SF6) in una misura non inferiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990. In realtà gli impegni di riduzione previsti dal Protocollo di Kyoto si differenziano da paese a paese. All'interno dell'Unione Europea, che si è prefissa un obiettivo di riduzione della CO2 dell'8%, per l'Italia ciò si traduce in un impegno di riduzione del 6,5% delle emissioni. Per raggiungere tale scopo una delle azioni che sono state effettuate è il varo di un insieme di incentivi economici nel campo delle energie rinnovabili.
Il GSE ha un ruolo centrale nella promozione, incentivazione e sviluppo delle fonti rinnovabili in Italia. Essendo l'ente attuatore del sistema di incentivazione dell'energia prodotta da fonti rinnovabili il GSE dispone, su richiesta dell'Operatore:

- il rilascio di certificati verdi;
- la tariffa omnicomprensiva (solo per impianti di potenza inferiore ad 1 MW).

I certificati verdi sono titoli negoziabili che attestano la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile; essi rappresentano un beneficio per l'Operatore in quanto sono utilizzabili per ottemperare all'obbligo di immissione nel sistema elettrico di una quota di energia elettrica da fonte rinnovabile. Si tratta quindi di certificati che corrispondono ad una certa quantità di emissioni di CO2: se un impianto produce energia da fonti rinnovabili emettendo meno CO2 di quanto avrebbe fatto un impianto alimentato con fonti fossili (petrolio, gas naturale, carbone ecc.), il produttore ottiene dei certificati verdi che può rivendere (a prezzi di mercato) a industrie o attività che sono obbligate a produrre una quota di energia mediante fonti rinnovabili ma non lo fanno autonomamente. La percentuale obbligatoria di energia prodotta mediante fonti rinnovabili, per tutti i produttori di energia, incrementa ogni anno. Per il 2010 la percentuale obbligatoria è pari al 6,05% dell'energia prodotta.

Per gli impianti di produzione di energia da fonte rinnovabile entrati in esercizio in data successiva al 31 dicembre 2007, di potenza nominale media annua superiore a 1 MW e a 0,2 MW per gli impianti eolici, il GSE rilascia i CV (certificati verdi) per 15 anni, moltiplicando l'energia netta prodotta riconosciuta per le costanti, differenziate per fonte, della Tabella 2 della Legge Finanziaria 2008. La Tabella 2 della Legge Finanziaria è stata aggiornata dalla Legge 23/07/2009 n.99; i valori delle costanti, valide attualmente, sono riportate nella seguente tabella (fonte GSE):

N°	FONTE	COEFFICIENTE
1	Eolica per impianti di taglia superiore a 200 kW	1
1-bis	Eolica offshore	1,5
3	Geotermica	0,9
4	Moto ondoso e maremotrice	1,8
5	Idraulica diversa da quella del punto precedente	1
6	Rifiuti biodegradabili, biomasse diverse da quelle di cui al punto successivo	1,3
7	Biomasse e biogas prodotti da attività agricola, allevamento e forestale da filiera corta	1,8
8	Gas di discarica e gas residuati dai processi di depurazione e biogas diversi da quelli del punto precedente	0,8

Quindi nel caso della biomassa da filiera corta il coefficiente è pari ad 1,8.

I certificati verdi possono essere venduti sul mercato elettrico (gestito dal GME) quindi a prezzo di mercato, oppure possono essere ceduti al GSE ad un valore stabilito anno per anno; tale valore è corrispondente al prezzo medio ponderato delle contrattazioni di CV, registrate sul Mercato del GME, nel triennio 2007-2009 ed è pari a 88,91 €/Mwh al netto di IVA.

Il secondo "metodo" di incentivazione è la tariffa omnicomprensiva che è applicabile, su richiesta dell'Operatore, agli impianti entrati in esercizio in data successiva al 31 dicembre

2007, di potenza nominale media annua non superiore ad 1 MW (di potenza elettrica non superiore a 0,2 MW per gli impianti eolici), per i quantitativi di energia elettrica netta prodotta e contestualmente immessa in rete. Diversamente da quanto accade per i CV, dove l'incentivazione si applica alla produzione netta dell'impianto e l'energia immessa in rete resta nella disponibilità del produttore che decide come commercializzarla, nel sistema della TO (tariffa omnicomprensiva) l'incentivazione si applica all'energia immessa in rete dall'impianto che deve necessariamente essere ritirata dal GSE: l'incentivazione dell'impianto qualificato si attua quindi per mezzo della vendita al GSE dell'energia che viene remunerata con la tariffa detta "omnicomprensiva" proprio perché comprende sia il valore dell'energia che quello dell'incentivazione. Come per i certificati verdi, il periodo di durata della tariffa omnicomprensiva è di 15 anni. Le tariffe riconosciute sono differenziate rispetto alla fonte utilizzata e sono costanti nel tempo, ad esempio a seguito della Legge 23/07/2009 n.99 le tariffe sono state modificate. Le attuali tariffe sono riportate dalla seguente tabella:

N°	**FONTE**	**TARIFFA (€cent/kWh)**
1	Eolica per impianti di taglia inferiore a 200 kW	30
3	Geotermica	20
4	Moto ondoso e maremotrice	34
5	Idraulica diversa da quella del punto precedente	22
6	Biogas e biomasse, esclusi i biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento (CE) n. 73/2009 del Consiglio, del 19 gennaio 2009	28
8	Gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento (CE) n. 73/2009 del Consiglio, del 19 gennaio 2009	18

Dalla tabella (fonte GSE) si deduce che la tariffa omnicomprensiva per la produzione di energia elettrica da biomassa è pari a 280 €/Mwh.

Le tariffe onnicomprensive possono essere variate ogni tre anni, con decreto del Ministro dello sviluppo economico, assicurando la congruità della remunerazione ai fini dell'incentivazione delle fonti energetiche rinnovabili.

Il diritto di opzione tra i certificati verdi e la tariffa fissa è esercitato all'atto della richiesta di qualifica IAFR presentata al GSE. Da notare che anche dopo aver scelto uno dei due metodi di incentivazione, è consentito, prima della fine del periodo d'incentivazione, un passaggio da un sistema incentivante all'altro; in tal caso la durata del periodo di diritto al nuovo sistema di incentivante è ridotta del periodo già fruito con il precedente sistema.

È ammessa la cumulabilità con altri incentivi pubblici di natura nazionale, regionale, locale o comunitaria in conto capitale o in conto interessi con capitalizzazione anticipata, purché non eccedenti il 40 % del costo totale dell'investimento.

Per concludere si ricorda che questo argomento è più complesso di quanto si possa pensare, in quanto la legislazione che lo riguarda è in continua evoluzione. Quindi per avere un quadro maggiormente dettagliato si consiglia di consultare i documenti e i decreti pubblicati sul sito internet del GSE.

8. LA BIOMASSA PROVENIENTE DALL'AGRICOLTURA E DAL BOSCO

Le biomasse residuali derivanti dal comparto agricolo producono una ingente quantità di scarti legnosi che attualmente non vengono valorizzati in maniera adeguata. Infatti ancora oggi gli agricoltori considerano la gestione dei residui di potatura come un problema di smaltimento, piuttosto che un'operazione potenzialmente produttiva. La gran parte di tali residui finiscono per essere bruciati contribuendo così ad aumentare il rischio di incendi.

La quantità di residuo prodotto varia con il tipo di pianta e con la posizione geografica. Questo è confermato dalla tabella sottostante che riporta i residui prodotti (t/ha) ogni anno per il nord, il centro ed il sud Italia. Le variazioni sono dovute alle differenti caratteristiche sia climatiche che del suolo. I seguenti dati sono stati determinati dal CESTAAT (Centro Studi sull'Agricoltura, l'Ambiente ed il Territorio).

Pianta:	*Nord*	*Centro*	*Sud*

Vite	2,9	2,9	2,8
Olivo	1,6	2,2	2,1
Melo	2,6	1,6	1,4
Pero	2,3	1,5	1,2
Pesco	2,9	2,6	3
Agrumi	0,7	1	1,9
Mandorlo	1,9	1,1	1,7
Nocciolo	2,5	2,9	2,8

Questa tabella mette anche in evidenza che, da ogni ettaro di terreno utilizzato dalle piante da frutto, si ha un consistente quantitativo di residui derivanti dalle potature. Si deduce quindi che l'agricoltura può diventare uno dei principali settori per la produzione di combustibili rinnovabili, in particolare di biomassa. Purtroppo al momento tale risorsa non è adeguatamente sfruttata.

La situazione è simile se si passa a considerare lo sfruttamento della biomassa derivante dai boschi. Eppure i dati forniti dall'Inventario Forestale Nazionale (IFN) stimano in circa 10,5 milioni di ettari la superficie boscata in Italia. Quindi, ad oggi, circa un terzo della superficie nazionale può essere classificata come forestale. Ogni anno un ettaro di bosco produce un quantitativo di biomassa prelevabile, nel pieno rispetto dei criteri di rinnovabilità della risorsa e di tutela ambientale, in media di circa 5-7 tonnellate ogni anno. Ovviamente non tutta la biomassa legnosa messa a disposizione dal bosco è prelevabile, in quanto alcune zone sono difficilmente raggiungibili. Bisogna tenere in considerazione che, con il prelievo della biomassa dalla foresta, si contribuisce anche ad una migliore gestione del bosco: sussisterebbe infatti una minore probabilità di incendio e, in caso questo scoppiasse, si avrebbe comunque una minore velocità di diffusione delle fiamme. Inoltre la manutenzione del bosco aiuta a renderlo vivibile in quanto un bosco "pulito" consente a tutti, o al proprietario se è un terreno di proprietà, di poterlo sfruttare per il proprio tempo libero.

Ancora maggiore è la biomassa che potenzialmente può essere ottenuta dai piani di sostituzione di alcune tipologie di piante (come le conifere) con altre piante che meglio si adattano all'habitat locale. Inoltre è da valutare anche l'opportunità di creare biomassa dal taglio dei pini marittimi affetti dal matsucoccus feytaudi (diffuso soprattutto lungo le regioni tirreniche). In questi casi si potrebbe sostituire il pino marittimo con altre specie arboree, ad

esempio con latifoglie diverse a seconda degli habitat interessati. Anche questo intervento potrebbe portare a produrre una gran quantità di cippato di legno (legno ridotto in scaglie, con dimensioni variabili, utilizzato come combustibile rinnovabile e appartenete alle biomasse ligno-cellulosiche).

Un altra possibile fonte di biomassa legnosa è l'industria che lavora il legno: gli scarti di lavorazione sono utilizzabili in maniera agevole dalle centrali a biomassa.

In definitiva possiamo affermare che le disponibilità di biomasse, in Italia, sono molto consistenti.

Anche il territorio del comune di Calci risulta essere molto produttivo di biomassa, ciò è dovuto alla larga estensione del paesaggio boscoso (15 kmq) e del sistema di terrazzamenti in gran parte coltivato con l'ulivo (7,5 kmq), che possono produrre rispettivamente massa legnosa dalla manutenzione del bosco e massa legnosa dalle potature (e indirettamente con la sansa proveniente dalla produzione d'olio).

9. LA COGENERAZIONE

La produzione combinata di energia elettrica e calore in uno stesso impianto prende generalmente il nome di cogenerazione. Essa può incrementare l'efficienza di utilizzo del combustibile fossile o di qualsiasi altro combustibile fino ad oltre l'80%; a ciò corrispondono minori costi per l'approvvigionamento del combustibile fossile e minori emissioni di inquinanti e di gas ad effetto serra (cosiddetti gas climalteranti), rispetto alla produzione separata di elettricità e di calore. E' bene tuttavia sottolineare che, in termini rigorosi, le due dizioni "produzione combinata" e "cogenerazione" non sono equivalenti. La normativa vigente in Italia, infatti, stabilisce che un impianto di produzione combinata può essere considerato impianto di cogenerazione soltanto se soddisfa determinati requisiti tecnici. Più precisamente, la cogenerazione è la produzione combinata di energia elettrica e calore che garantisce un significativo risparmio di energia primaria rispetto agli impianti separati, secondo le modalità definite dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas. L'Autorità ha pertanto emanato, il 19 marzo 2002, la delibera n. 42/02, con la quale stabilisce che un impianto produce con caratteristiche di cogenerazione quando alcune grandezze caratteristiche del proprio funzionamento, quali il suo Indice di Risparmio di Energia (IRE) ed

il suo Limite Termico (LT), sono rispettivamente maggiori di due valori limite fissati nella delibera stessa, rivista ed integrata dalla normativa successiva.

Le centrali termiche per la produzione di energia elettrica hanno, in generale, una bassa efficienza energetica: solo una parte dell'energia termica contenuta nei combustibili viene trasformata in energia elettrica, mentre la restante quantità è dissipata nell'ambiente senza alcun utilizzo.

Ma, in alcuni casi, tale energia termica residuo può trovare impiego nell'industria, ad esempio sotto forma di vapore, oppure può essere destinata ad usi civili, come il riscaldamento degli edifici. In tal caso, si parla di produzione combinata di energia elettrica e calore (o, semplicemente, produzione combinata): gli impianti di produzione combinata, dunque, convertono energia primaria, di una qualsiasi fonte, in energia elettrica ed in energia termica (calore), prodotte congiuntamente ed entrambe considerate effetti utili.

Il Parlamento Europeo riconosce la produzione combinata come un provvedimento importante tra quelli necessari per soddisfare il raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto e, già da tempo, ha incluso tra le proprie priorità la diffusione progressiva di una corretta produzione combinata di energia elettrica e calore. La produzione combinata presuppone la possibilità di utilizzare il calore in prossimità del luogo stesso di produzione. In generale, infatti, trasmettere il calore a grande distanza non è tecnicamente realizzabile, a causa soprattutto dell' elevata dissipazione che si avrebbe durante la trasmissione. Per questo motivo, gli impianti di cogenerazione sorgono di solito in prossimità di utilizzatori termici. Se il calore viene prodotto a temperatura relativamente bassa, si tratterà di impieghi di tipo civile, come il riscaldamento di ambienti o il teleriscaldamento urbano; il fluido vettore è quasi sempre acqua. Se il calore prodotto è più “pregiato” (temperatura e pressione elevate), sarà utilizzato, sotto forma di vapore, in lavorazioni industriali. Non mancano situazioni miste, in cui si ha produzione contemporanea di calore a vari livelli di temperatura, anche molto diversi. In tali casi, di solito, vi è un unico luogo di utilizzo (ad esempio, uno stabilimento industriale), dove il vapore pregiato viene destinato alle lavorazioni, e quello a bassa temperatura al riscaldamento degli ambienti produttivi. In alcuni casi, l'utilizzatore termico produce, a sua volta, gas con un contenuto energetico significativo; questi gas vengono ceduti all'impianto di cogenerazione, per essere utilizzati come combustibili. Ciò accade, ad esempio, negli impianti petrolchimici o siderurgici e nelle raffinerie.

Un impianto di produzione combinata, nella sua forma più semplice, comprende almeno un motore primo (turbina a vapore, turbina a gas, oppure motore a combustione interna), ed un

generatore elettrico. Nel caso, ad esempio, di una turbina a vapore, un combustibile primario, bruciando in una caldaia, cede energia termica all'acqua trasformandola in vapore. Una parte di tale energia è trasferita dal vapore al motore primo che, trascinando l'alternatore, la trasforma in energia elettrica. Un'altra parte è invece utilizzata direttamente come energia termica, e può essere destinata, come già visto, a vari impieghi civili o industriali. Tale prelievo di energia termica utile dal fluido di processo può avvenire in vari modi diversi. Infine, la parte rimanente, nella forma di un calore residuo non più utilizzabile, è dispersa nell'ambiente. Utilizzando, però, impianti cogenerativi (o a produzione combinata) la dispersione di calore nell'ambiente è molto inferiore rispetto alle normali centrali termiche.
Nella nostra trattazione utilizzeremo il termine generico di "cogenerazione" in tutti i casi.

10. LE POTENZIALITÀ DEL TERRITORIO DEL COMUNE DI CALCI E DEI TERRITORI LIMITROFI

10.1 La storia e le potenzialità del territorio del comune di Calci

Il comune di Calci ha 6509 abitanti (secondo dati ISTAT) ed è situato in Toscana, più precisamente nella provincia di Pisa. Il suo territorio coincide con la Valle Graziosa e le due valli laterali contigue ovvero quelle di Crespignano e Vicascio (o Val di Vico), per una superficie totale di poco superiore ai 25 kmq.
Lo sviluppo altitudinale è compreso fra i 4 e i 917 metri s.l.m. dovuti alla sommità di Cima alla Taneta (comunemente detta Monte Serra, il rilievo più alto dei Monti Pisani).
La storia di questa cittadina è lunga più di 2000 anni, infatti i primi documenti comprovanti la sua presenza risalgono al periodo romano. Nella toponomastica comune, l'origine del nome di Calci deriva dal latino calx, calcis, ossia calce, largamente presente nelle cave di pietra poste lungo la costa del lungomonte. Il locus calcis è la primitiva espressione del nucleo abitato che si trova nelle documentazioni di epoca romana, e coincise con la valorizzazione dell'industria calcarea. Il borgo sorse al centro della conca di una vallata, disseminata di casolari, corti, romitori, conventi, chiese fra oliveti e selve di castagno, che costituirà nei secoli quella che verrà chiamata la Valle Graziosa. Nell'alto medioevo Calci era un operoso borgo agricolo e industriale insediato sulle sponde del torrente Zambra, dominato dal castello del Vescovo pisano, feudatario della valle. L'olivicoltura forniva l'olio finissimo e la Zambra dava la forza

idrica per gli opifici. Questa attività era conosciuta con il nome di Arte Bianca ed era una delle più importanti nel paese, insieme all'Arte della Lana, che offriva una pregiata produzione tessile. Altre arti minori erano la raccolta della mortella, un arbusto aromatico che cresce spontaneo sul Monte e che anticamente era usato per la concia dei cuoi animali, il lavaggio della biancheria e la concia delle pelli animali. Fin dall'alto medioevo gli eremiti Santi Jacopo e Verano alla Costa d'acqua e Sant'Alessandro vivevano all'ombra di quei boschi nelle spelonche delle pendici verrucane. La santità di questi romiti ebbe così vasta risonanza che si possa presumere che Bernardo da Chiaravalle abbia tradizionalmente visitato quei luoghi, durante il suo soggiorno a Pisa per il Sinodo del 1135. Nel medioevo la vita civica dei calcesani era organizzata in una istituzione comunale composta di sei consoli, rappresentanti delegati di altre comunità sparse nel territorio calcesano, che dal monte si spingeva fino alla sponda destra dell'Arno. La vita gravitava intorno alle chiese di S. Maria a Willarada, chiesa madre non più esistente, e di S. Andrea a Lama. I boschi dei suoi monti erano protetti da leggi molto severe e davano legname ai cantieri navali della Repubblica Pisana. La grande Pieve Romanica fu costruita all'epoca del Vescovo Dalberto, fra il 1080 ed il 1111, anno in cui vi fu deposto il corpo del Santo Patrono Ermolao Martire. Calci si trovò spesso coinvolto, con la sua Fortezza Verrucana, nelle sanguinose, alterne vicende della lunga guerra tra Firenze e Pisa. Fedelissimo alla Repubblica, con Pisa cadde all'inizio del XVI secolo sotto il dominio fiorentino e, nella sconfitta, per punizione non gli venne riconosciuto il diritto all'autonomia comunale e venne aggregato alla comunità di Vicopisano. Dopo oltre due secoli Calci fu distaccato da Vicopisano e riunito a Pisa finché, nel 1867, i calcesani chiesero ed ottennero dal governo di Vittorio Emanuele I la separazione dalla comunità di Pisa e la possibilità di erigersi in comune autonomo.

Anche oggi la coltura dell'ulivo è una delle principali attività agricole della zona di Calci e dintorni, dando origine all'olio extravergine di oliva dei Monti Pisani D.O.C.. Grazie ad un progetto di salvaguardia delle tecniche di raccolta e lavorazione tradizionale, senza l'utilizzo di elementi chimici nella produzione e nella spremitura delle olive, il prodotto ha ottenuto la denominazione I.G.P. Toscano (Indicazione Geografica Protetta).

Per quanto riguarda il territorio odierno del comune di Calci, esteso per 26.5 kmq, possiamo individuare 4 tipi differenti di ecosistemi:

- l'ecosistema paesaggistico forestale del monte esteso per ben 15 kmq, pari a 1500 ha
- l'ecosistema dei "terrazzamenti" che è esteso per circa 7.5 kmq (750 ha). I

terrazzamenti sono una soluzione adottata in agricoltura per rendere coltivabili territori di particolare e accentuata pendenza, in questo caso la coltura di gran lunga dominante è l'olivo

- l'insieme dei suoli urbanizzati che occupano circa 2.5 kmq (250 ha)
- i territori appartenenti alla pianura alluvionale non urbanizzata con estensione di circa 1.5 kmq (150 ha).

Ai fini del progetto il primo ecosistema ha la funzione di produrre la massa legnosa proveniente dalla manutenzione del bosco e dalla sostituzione delle conifere di recente rimboschimento con essenze (soprattutto sughere), piante storicamente presenti sul territorio e più resistenti agli incendi. È da valutare anche l'opportunità di creare biomassa dal taglio dei pini marittimi affetti dal matsucoccus feytaudi. Uno dei modi per combattere questo insetto è quello di sostituire il pino marittimo con altre specie arboree, come le latifoglie (diverse a seconda degli habitat interessati). Questo intervento potrebbe portare a produrre una gran quantità di cippato di legno (legno ridotto in scaglie, con dimensioni variabili, utilizzato come combustibile rinnovabile e appartenete alle biomasse ligno-cellulosiche). Le maggiori estensioni le hanno le pinete di pino marittimo (che sono preda del matsucoccus feytaudi) e i boschi di sclerofille sempreverdi (come leccio e sughera) e caducifoglie. Inoltre vi è anche un importante presenza di castagni e di conifere diverse dal pino marittimo.

Purtroppo la manutenzione del bosco e soprattutto il taglio delle conifere (soprattutto pini) non potrà avvenire in zone troppo distanti dalle strade che passano attraverso il monte. Questo è dovuto alla particolare conformazione dei Monti Pisani in questa zona, in quanto tutto il versante del monte è terrazzato, e ciò rende impossibile l'uso di macchinari adeguati senza causare danni irreversibili al terreno. Per riuscire a sfruttare il taglio degli alberi in zone più distanti dalla strada, è necessario l'uso di canalette per l'esbosco (risine) in PEHD ovvero in polietilene ad alta densità molecolare. Usando queste canalette è possibile trasportare i tronchi, derivanti dall'esbosco, fino alla strada senza danneggiare i terrazzamenti presenti sul monte. Questo strumento permette quindi di ampliare la zona in cui è possibile prelevare gli alberi abbattuti.

L'ecosistema dei terrazzamenti fornisce biomassa in 2 modi diversi: grazie alle potature annuali che gli olivicoltori effettuano e grazie agli scarti di frangitura delle olive, cioè la sansa. Per quanto riguarda quest'ultima, possiamo quantificare bene a quanto ammonti perché il frantoio di Calci ci ha fornito la stima. Ogni anno il frantoio produce 1000 tonnellate di

sansa di olive vergine, cioè senza la presenza di alcun solvente in aggiunta. Da notare che la sansa di olive ha un potere calorifico inferiore superiore rispetto agli scarti legnosi derivanti dal bosco o dalle potature e si attesta circa sui 18-19 MJ/Kg. Inoltre attualmente la sansa di olive non viene venduta ma anzi i frantoi sono costretti a smaltirla. Stimare la quantità disponibile di scarti derivanti dalle potature è più complesso, ma è comunque possibile effettuare una stima di massima. Secondo i dati determinati dal CESTAAT (Centro Studi sull'Agricoltura, l'Ambiente ed il Territorio) ogni ettaro coltivato ad olivo fornisce 2,2 tonnellate di residuo, nelle regioni del centro Italia, mentre la media italiana è di 1,9 tonnellate. Un calcolo approssimativo, della biomassa disponibile dalle potature sul territorio di Calci, è quindi relativamente facile:

$$1{,}9\,t/ha * 750\,ha = 1425\,t$$

Viene utilizzato 1,9 invece che 2,2, pur essendo Calci in centro Italia, in quanto si considera che una parte dei residui prodotti dagli olivi vada perso. Ovviamente questa stima riguarda la massa potenzialmente sfruttabile, che è differente rispetto a quella che ipotizzeremo di sfruttare. Ciò è dovuto al fatto che purtroppo diversi oliveti sono stati abbandonati, per cui non viene effettuata la potatura. Per i calcoli della biomassa utilizzabile, nel proseguimento della tesi, è meglio considerare 600 ettari di oliveto invece che 750.

Il terzo ecosistema, ovvero quello delle pianure urbanizzate, può comunque svolgere un ruolo importante nel progetto perché fornisce possibili utilizzatori del calore prodotto dall'impianto, che ricordiamo essere cogenerativo. Per trasportare il calore dalla centrale agli utilizzatori sarà necessario creare un a rete di teleriscaldamento adeguata.

L'ultimo ecosistema individuato è quello della pianura alluvionale. Ai fini del progetto questo territorio è il più adatto ad ospitare l'impianto, in quanto vi si trovano aree estese su cui è possibile costruire la centrale e ciò che serve ad essa. Inoltre è possibile che in queste zone sorgano nuovi insediamenti artigianali o abitativi che possano diventare nuovi potenziali utilizzatori del calore prodotto dall'impianto.

Si può provare a quantificare quale sia l'apporto di biomassa proveniente dalle risorse presenti a Calci non considerando l'apporto del bosco, che al momento risulta essere il più difficile da quantificare ma anche quello potenzialmente maggiore. Il calcolo viene svolto valutando l'energia che le biomasse ottenibili dalla zona possono produrre. Si ipotizza un potere calorifico pari a 12 MJ/Kg per le potature di olivo (sarebbero 12,58 MJ/Kg secondo i dati ricavabili dall'università Tuscia) e 18 MJ/kg (fonte ARSIA) per la sansa di olive. L'energia

così calcolata è pari a:

$$1000\,t * 18\,GJ/t + 1425\,t * 12\,GJ/t = 35100\,GJ$$

tale energia è compresa fra un quarto e un quinto dell'energia necessaria per far funzionare l'impianto per 8000 ore in un anno. Ricordiamo di nuovo che questa stima è eccessivamente ottimista in quanto non tutti i 750 ettari di oliveto sono ancora oggi coltivati.
Il territorio di Calci è sicuramente un territorio adatto ad ospitare una centrale a biomassa; per raggiungere però 1 MWe di potenza è più prudente programmare il ricorso anche a risorse provenienti da aree vicine, coinvolgendo nel progetto anche i comuni limitrofi. Questa necessità è dovuta soprattutto all'incertezza legata alla quantità di biomassa ricavabile dal bosco in maniera corretta per l'ambiente.

10.2 I comuni limitrofi

Come abbiamo visto, il coinvolgimento di altre realtà territoriali è importante perchè c'è il rischio che le sole risorse di Calci non bastino a saturare 1 MWe di potenza. Inoltre, dopo aver verificato che la costruzione di quest'impianto sia positiva e che via sia la disponibilità di altre risorse, c'è la possibile di replicare il tutto costruendo un nuovo impianto.
Il primo comune, dopo Calci, a cui il gruppo EEE si è rivolto è il comune di Buti. Questo Comune ha un estensione simile a quello di Calci ed anche le proporzioni tra le diverse tipologie di ecosistemi sono simili; in più i due comuni sono confinanti. Questo è uno dei motivi che ha spinto l'associazione a rivolgersi prima a Buti.
Inoltre il comune in passato aveva avviato un progetto di costruzione di un impianto a biomassa, poi fallito a causa dell'opposizione popolare forse dovuta alla dimensione eccessiva (10 MWe). Quindi si deduce che l'amministrazione del comune di Buti sia ben disposta verso un progetto di questo tipo. Per quanto riguarda le risorse che il suo territorio possiede sono da ritenersi simili a quelle del territorio di Calci. L'oleificio sociale di Buti produce almeno 600 tonnellate l'anno di sansa di olive vergine, inoltre sul territorio vi sono alcuni frantoi minori di cui non è nota però la quantità di sansa prodotta. Per quanto riguarda le potature, è ipotizzabile una quantità simile a quella di Calci. Anche la conformazione del bosco è simile fra i due comuni, sia per tipologia di piante presenti sia per la conformità del terreno (ovvero la presenza di terrazzamenti lungo tutto il versante del monte). Anche in questo territorio può

essere avviato un programma di taglio delle conifere (soprattutto pini marittimi che sono attaccati dal matsucoccus feytaudi) e manutenzione del bosco, che possa da un lato portare ad una gran quantità di biomassa e dall'altro un miglioramento del patrimonio boschivo.
Un altro comune confinante con Calci, che potrebbe essere coinvolto nel progetto, è quello di Vicopisano. Esso ha un estensione simile a quello di Calci ma una popolazione un po' maggiore. L'estensione boscosa è inferiore rispetto a quella di Calci per cui è inferiore la biomassa boscosa potenzialmente prelevabile. É importante valutare la possibilità di raccogliere, dai numerosi mobilifici presenti (e dalle falegnamerie), gli scarti del legno che possono agilmente essere combusti nell'impianto ipotizzato. Secondo uno studio ARSIA (Agenzia Regionale lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale) i residui dell'industria del legno, complessivamente prodotti ogni anno a Vicopisano, sono più di 5000 tonnellate.
Gli altri comuni limitrofi, o per differente conformazione geografica rispetto a Calci o per dimensioni molto superiori (ad esempio San Giuliano), sono forse da escludere come potenziali partner al progetto.

11. CALCOLO APPROSSIMATIVO DELLA BIOMASSA NECESSARIA E LA SUDDIVISIONE NELLE VARIE FONTI

In questo paragrafo si vuole effettuare una stima della biomassa necessaria affinché l'impianto, da 1 MWe di potenza, funzioni per il numero di ore previsto. Il numero di ore annue previste, per il funzionamento dell'impianto, è di 8000 ore a pieno regime che corrisponde a circa 333 giorni ogni anno. Ovviamente al primo e secondo anno si suppone che tale numero di ore di funzionamento non sia raggiunto.
Per cominciare valutiamo approssimativamente l'energia necessaria all'impianto per funzionare a regime. Supponendo 0,21 il rendimento del sistema di produzione di energia elettrica e 0,88 il rendimento della caldaia, il calcolo dell'energia necessaria da immettere sotto forma di combustibile è il seguente:

$$Energia\,combustibile = \frac{potenza\,impianto * ore\ \ funzionamento}{rendimento\,caldaia * rendimento\,elettrico}$$

ovvero:

$$Energia\ combustibile = \frac{1\,MW * 8000\,ore}{0{,}88 * 0{,}21} = 43290\,MWh$$

in questo modo si suppone un rendimento totale del sistema pari a: 0,88*0,21=0,1848. Un rendimento pari al 18,5% è da ritenersi realistico ma piuttosto basso; per il nostro tipo di stima è preferibile essere cautelativi perciò utilizziamo tale valore.
Ora che è stata calcolata l'energia necessaria, bisogna valutare quanta energia possono fornire i diversi tipi di biomassa.
La biomassa che è più facilmente quantificabile è la sansa vergine di oliva che ha principalmente due fonti:

- 1000 tonnellate circa di sansa vergine prodotta dall'oleificio presente nel comune di Calci
- almeno 600 tonnellate di sansa vergine dal più grande frantoio del comune di Buti

rimane da quantificare quale sia la produzione di sansa dai frantoi minori presenti sul territorio di Buti. Comunque considerando solamente queste due fonti di sansa vergine e ipotizzando un potere calorifico di tale pari a 18 MJ/Kg (dato ricavato da ARSIA, Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale) otteniamo un energia disponibile pari a:

$$1000\,t * 18\,MJ/Kg + 600\,t * 18\,GJ/t = 28800\,GJ$$

che riportato in MWh:

$$28800\,GJ = \frac{28800\,GJ * 1000\,MJ/GJ}{3600\,sec/h} = 8000\,MWh$$

ciò significa che la sansa vergine soddisfa tra un quinto e un sesto della richiesta totale di biomassa da parte dell'impianto (ipotizzando 8000 ore di funzionamento). Considerando che vi sono altri frantoi minori, che non sono stati considerati, è possibile che tale quantità

aumenti sensibilmente.

Il secondo tipo di biomassa che consideriamo è la potatura delle piante effettuata dagli agricoltori. Nei territori di Calci e Buti sostanzialmente si ha un unico tipo di coltivazione che è effettuata in modo prevalente, ovvero l'ulivo. Attualmente, nella maggior parte dei casi, le potature sono bruciate in loco da parte dell'olivicoltore stesso. Facendo ciò, viene aumentato il rischio di avviamento di un incendio e inoltre si va a sprecare un'importante quantità di energia che con l'impianto in progetto è possibile sfruttare. Si prevede quindi che gli addetti all'approvvigionamento della biomassa dell'impianto vadano a prelevare a domicilio e gratuitamente le potature che gli agricoltori accumulano. In questo modo gli agricoltori non devono più smaltire le potature dandogli fuoco, ottenendo un buon risparmio di tempo; inoltre se gli addetti devono andare a prelevare le potature presso le varie proprietà significa che le strade di accesso debbano essere rese facilmente percorribili da piccoli camioncini, ciò creerà un vantaggio per l'olivicoltore Dall'altro lato si ottiene una consistente quantità di biomassa da utilizzare nell'impianto.

Nel comune di Calci ci sono circa 750 ettari di terreno terrazzato, quasi esclusivamente coltivato con olivi; leggermente minore è l'estensione delle coltivazioni di olivi nel comune di Buti. Secondo i dati determinati dal CESTAAT (Centro Studi sull'Agricoltura, l'Ambiente ed il Territorio) ogni ettaro coltivato ad olivo fornisce 2,2 tonnellate di residuo, derivante dalle potature, nelle regioni del centro Italia; mentre la media italiana è di 1,9 tonnellate per ettaro. Nel calcolare la biomassa disponibile per l'impianto è meglio utilizzare il secondo dato; in questo modo si considera che una parte dei residui vada perso per diversi motivi ed effettuiamo una stima cautelativa. Si può ipotizzare un potere calorifico pari a 12 MJ/Kg per le potature di olivo (12,58 MJ/Kg secondo i dati ricavabili dall'università Tuscia, calcolati nella provincia di Viterbo). Oggi purtroppo alcuni oliveti non sono più coltivati da nessuno, quindi gli ettari di oliveto che ipotizzeremo nei nostri calcoli, per entrambi i comuni, sono pari a 600. A partire da questi dati, è quindi possibile calcolare prima la quantità totale di residui che la potatura fornisce ogni anno (considerando entrambi i comuni):

$$1{,}9\,t/ha * 600\,ha + 1{,}9\,t/ha * 600\,ha = 2280\,t$$

e successivamente è possibile calcolare la quantità di energia che i residui rendono disponibile con la combustione:

$$2280\,t * 12\,MJ/Kg = 27360\,GJ$$

che riportato in MWh (visto che gli altri dati sono tutti espressi in tale unità):

$$27360\,GJ = \frac{27360\,GJ * 1000\,MJ/GJ}{3600\,s/h} = 7600\,MWh$$

ciò significa che i residui di potatura, considerati da soli, soddisfano più di un sesto della richiesta totale di biomassa da parte dell'impianto (ipotizzando 8000 ore di funzionamento).
La quantità totale di energia che si ricava dalla sansa vergine di olive e dal prelievo delle potature sarà:

$$8000\,MWh + 7600\,MWh = 15600\,MWh$$

che equivale a poco più del 36% del totale dell'energia richiesta.
Avendo calcolato questo dato, possiamo ora passare a calcolare quanta energia e conseguentemente biomassa deve essere prelevata dall'ecosistema del bosco. Tale energia, necessaria affinché l'impianto funzioni al massimo per 8000 ore annue, deriva dal seguente calcolo:

$$Energia\ combustibile\ \ proveniente\ dal\ bosco = 43290\,MWh - 15600\,MWh = 27690\,MWh$$

che risulta essere poco meno del 64% del totale. Questo valore rimane valido nel caso in cui non venga coinvolto anche il comune di Vicopisano, altrimenti avremmo altra biomassa derivante dall'intera filiera dell'olio (sansa e potature) e derivante dalle industrie di lavorazione del legno.
Adesso passiamo quindi a valutare la quantità di biomassa legnosa che equivale a 27690 MWh. Bisogna notare che il potere calorifico del residuo boscoso differisce da quello che possiede il tronco dell'albero. La differenza fra i due poteri calorifici non è esagerata ma è comunque considerevole: circa 12,5 MJ/Kg per quanto riguarda i pini (e più o meno per tutte le conifere, questo valore è valido per legno non stagionato) contro i 10 MJ/kg ipotizzabile per i residui legnosi derivanti dalla manutenzione del bosco. Dal punto di vista dell'impianto non ci sono quasi differenze in quanto entrambi i tipi dovranno essere cippati prima

dell'utilizzo, anzi i due tipi dopo la cippatura potranno essere mischiati senza alcun tipo di problema.

Si ipotizza che 2/3 del fabbisogno siano coperti dalla sostituzione dei pini e delle altre conifere e il resto sia coperto attraverso la manutenzione del bosco. Allora possiamo calcolare quante tonnellate di conifere devono essere tagliate, ogni anno, per ottenere la biomassa necessaria:

$$\frac{\frac{2}{3} * 27690\,MWh}{\frac{12{,}5\,MJ/Kg}{3600\,s/h}} = 5316480\,Kg = 5316\,t$$

considerando che ogni ettaro di bosco di conifere ha circa 125 tonnellate di legno prelevabile, è semplice calcolare il numero di ettari annui di cui è necessario effettuare l'esbosco:

$$Ettari\ annui\ da\ esboscare = \frac{5316\,t}{125\,t/ha} = 42{,}5\,ha$$

quindi sono necessari poco più di 40 ettari di conifere da abbattere ogni anno per raccogliere tale quantità di legno. Tale estensione non è affatto piccola perché in 15 anni significa sboscare più di 600 ettari. Si ricorda che, dove viene effettuato l'esbosco, vogliamo si abbia il rimboschimento con le latifoglie. La maggior parte del rimboschimento avverrà in maniera naturale, cioè lasciando che la latifoglia si espanda da sola negli spazi lasciati vuoti. In alcuni terreni esboscati, invece, il rimboschimento sarà artificiale con piante opportunamente scelte. I costi per queste operazioni saranno prevalentemente coperti con i fondi regionali messi a disposizione per questi tipi di operazioni. Eventualmente alcuni costi di tale rimboschimento potranno anche rientrare nell'economia dell'impianto.

Una valutazione importante da fare è verificare se esistono 600 ettari di pino marittimo (o altre conifere) nei territori coinvolti nel progetto. Una tale estensione di conifere è presente già solamente nel comune di Calci. Pur considerando che alcune zone sono difficilmente agibili e quindi da escludere, non vi saranno comunque problemi a trovare i 600 ettari di pineta (o altre conifere) necessari nei territori di Calci e Buti.

Dopo aver trattato la questione del disboscamento, passeremo a valutare la biomassa che ancora manca per saturare la 8000 ore previste. Rimangono ancora da approvvigionare:

$$\frac{1}{3} * 27690\,MWh = 9230\,MWh$$

quindi manca ancora una importante quota di biomassa, per far funzionare a pieno regime l'impianto. Contiamo di prelevare tale energia dalla manutenzione annuale del bosco. Secondo diverse stime l'incremento annuo di un ettaro di bosco si attesta attorno le 6 tonnellate. Questo valore rappresenta quindi la quantità di biomassa prelevabile da un ettaro di bosco in maniera rinnovabile. Questa stima è un valore medio che, in realtà, dipende da diversi fattori soprattutto dal tipo di piante presenti. Per le stime che vogliamo effettuare, non ci sono problemi all'utilizzo di quel valore. Si ricorda che il potere calorifico inferiore dei residui legnosi, derivanti dalla manutenzione, è ipotizzato essere 10 MJ/kg.
È possibile calcolare la quantità di residui legnosi necessari annualmente ai fini del progetto:

$$\frac{9230\,MWh}{\frac{10\,MJ/Kg}{3600\,s/h}} = 3322800\,Kg = 3023\,t$$

Adesso possiamo quindi calcolare quanti ettari di bosco sono necessari affinché si ottenga la biomassa richiesta:

$$\frac{3323t}{6\,t/ha} = 554\,ha$$

ciò significa che, per ottenere la biomassa utile all'impianto, occorre effettuare annualmente la manutenzione di 554 ettari. In realtà la prima volta che su un certo terreno verrà effettuata la manutenzione la resa sarà maggiore di 6 tonnellate. Inoltre, essendo la copertura boscosa nei comuni di Calci e Buti molto maggiore di 554 ettari, è possibile che la manutenzione del bosco non sia ripetuta ogni anno sullo stesso terreno; ciò porta ad una resa per ettaro maggiore di quella stimata. Naturalmente queste stime di provenienza della biomassa non sono da ritenersi completamente valide, ma ci forniscono un'idea più precisa del problema di approvvigionamento della biomassa.
Le stime effettuate in questo capitolo, che abbiamo detto non essere precise, ci tornano comunque utili nell'organizzare la filiera e ci servono a dimostrare che è possibile ottenere la

biomassa necessaria per un impianto da 1 MW.
Questi risultati andrebbero ovviamente modificati nel caso in cui si pervenisse ad un accordo anche con il territorio di Vicopisano. Da questo territorio infatti otterremmo un'ulteriore quantità di sansa vergine e di potature e soprattutto si potrebbero ottenere i residui legnosi prodotti dal fiorente settore dell'industria del legno. Se si verificasse questa ipotesi avremmo quindi più facilità nel riuscire a far funzionare l'impianto per il numero di ore previste.

12. ANALISI DELL'IMPIANTO COGENERATIVO A BIOMASSA IDEATO PER CALCI

12.1 Generalità

Il gruppo EEE, "Energia, Ecologia, Economia", ha pensato alla costruzione di un impianto da 1 MWe, perché fino a tale potenza l'incentivo prevede una tariffa omnicomprensiva di 280 €/MWh. Inoltre, già per questa potenza, si necessita di una quantità molto elevata di biomassa che non è semplice da reperire.
Il progetto coinvolgerà i comuni di Calci, Buti ed eventualmente Vicopisano; con quest'ultimo comune il gruppo EEE sta avendo dei contatti per provare a convincerlo della validità del progetto. L'idea sarebbe quella di costruire un primo impianto da 1 MWe e successivamente, se l'investimento avrà dato i risultati sperati, realizzarne un altro in modo da avere 2 impianti su 3 realtà territoriali. La scelta di un impianto cogenerativo invece di un semplice impianto di generazione elettrica, che rimane comunque il tipo di produzione "principale", è legata al fatto che il rendimento energetico è molto superiore e quindi si ha un beneficio ambientale maggiore. Questo tipo di impianto renderà necessaria la costruzione di una rete di teleriscaldamento per portare il calore prodotto dalla centrale direttamente alle utenze. Essendo però la produzione elettrica l'unica ad essere incentivata, la produzione di calore si considera più un servizio che un possibile introito. Per questo motivo nelle valutazioni economiche successive è stato deciso di non prendere in considerazione né le spese specifiche né gli introiti legati alla produzione di energia termica. Comunque la scelta cogenerativa condiziona il luogo in cui costruire l'impianto, in quanto la centrale deve sorgere vicina a potenziali utilizzatori del calore prodotto.
La difficoltà maggiore, legata a questo progetto, non è la costruzione dell'impianto bensì la realizzazione della filiera, che deve approvvigionare la biomassa necessaria all'impianto.

Inoltre la filiera deve raccogliere la biomassa direttamente dal territorio dei comuni coinvolti, sennò l'idea di fondo con cui è nato il progetto viene tradita.
Non menzioniamo nuovamente i principi di fondo che hanno ispirato questo progetto, in quanto sono già stati trattati nel capitolo d'introduzione all'impianto, ma bisognerà ricordarcene nel corso di tutta l'analisi.
Per quanto riguarda la tempistica, si può supporre che dal momento in cui viene deciso di costruire l'impianto a quando diventa operativo debbano trascorrere almeno 12-15 mesi.
Dal punto di vista del capitale, l'idea era quella di costituire una società ad azionariato diffuso, cioè una azienda che suddivide il proprio capitale di rischio tra moltissimi azionisti. La frammentazione del capitale di rischio viene mantenuta impedendo ai soci di possedere un numero di azioni superiore ad una percentuale minima del totale (tipicamente dal 3 al 5%). Questo comporta che non sia presente un gruppo di controllo tra i possessori di azioni. Sarà, invece, il gruppo dirigente a prendere le decisioni. I motivi per scegliere un azienda di questo tipo sono essenzialmente due:

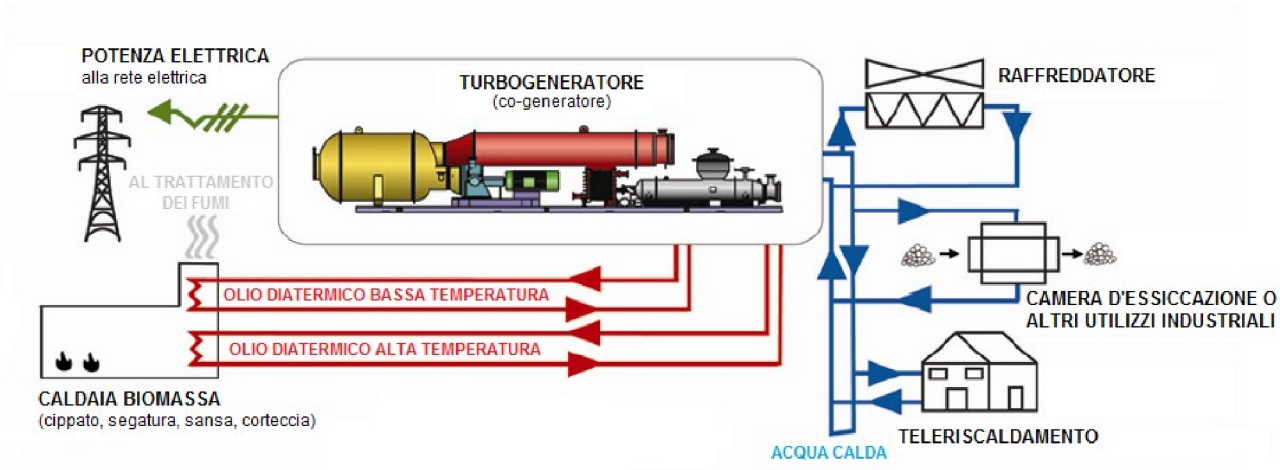
- non essendoci un gruppo di controllo fra i proprietari, si evita che la direzione dell'impianto si concentri sul profitto “dimenticandosi” dei fini ambientali con cui è nato il progetto
- la redditività che il progetto produce viene distribuita fra molti cittadini, avendo quindi una ricaduta economica positiva “diffusa” su tutto il territorio.

Come remunerazione del capitale è previsto il 5% lordo annuo, che per essere un investimento sicuro è un buon tasso. Ovviamente anche il capitale residuo dopo i 15 anni sarà suddiviso fra gli azionisti. Se non fosse possibile coprire una parte del capitale con la partecipazione diffusa, essa potrebbe essere coperta attraverso un prestito della Banca Etica. Altrimenti anche gli enti pubblici locali (i comuni, la provincia) possono entrare a far parte del capitale. C'è anche la speranza che una piccola parte del capitale sia coperta da un contributo in conto capitale versato dalla regione Toscana. È ammessa la cumulabilità dell'incentivo erogato dal GSE con altri incentivi pubblici di natura nazionale, regionale, locale o comunitaria in conto capitale, purché non eccedenti il 40 % del costo totale dell’investimento.
Ci sono diverse opportunità di gestire la filiera: la migliore è fare in modo che la stessa società che possiede l'impianto si occupi anche dell'approvvigionamento; così si evita maggiormente il rischio che la biomassa non sia ricavata nelle modalità migliori per il territorio.

Comunque questi assetti specifici non saranno stabiliti finché il progetto non si trova in uno stato più avanzato di realizzazione.
L'analisi economica che successivamente verrà condotta sarà effettuata in maniera diversa da quella standard. Generalmente si calcolano i ricavi e i costi con cui si trova il guadagno previsto (in genere utilizzando il VAN). Invece in questo caso, dopo aver calcolato i ricavi, si fissa un certo guadagno (un certo VAN) e si deducono i costi massimi che dobbiamo avere. Questo tipo di analisi prende il nome di “design to cost”. In realtà i costi di investimento iniziali e di manutenzione saranno da subito sottratti ai ricavi, mentre i costi massimi di gestione della centrale e i costi massimi d'approvvigionamento della biomassa saranno calcolati in questo modo. Dopo aver allocato i costi di gestione della centrale, passeremo a realizzare un progetto molto generale della filiera per poter “assegnare” i costi legati alla filiera d'approvvigionamento.

12.2 Breve illustrazione tecnica dell'impianto

Prima di passare all'analisi dal punto di vista economico, si illustra molto rapidamente il funzionamento di un impianto cogenerativo. Naturalmente questo breve capitolo non affronta in maniera esaustiva il problema. Per chi volesse approfondire il funzionamento di un impianto cogenerativo è consigliabile l'utilizzo di manuali specialistici. Inoltre, l'ipotesi tecnica che utilizzeremo in questa spiegazione ha solo fine esemplificativo, non è detto che debba coincidere perfettamente con quella che verrà applicata nella realizzazione dell'impianto.
Precisiamo subito che quando parliamo di cogenerazione non escludiamo la trigenerazione, cioè la produzione, oltre che di elettricità e di calore, anche di “freddo” tramite un unico combustibile. Ribadiamo che gli utilizzi dell'energia termica, ricavata dal co-generatore, non sono ancora stabiliti e comunque saranno secondari dal punto di vista economico rispetto alla produzione dell'energia elettrica.
Il seguente schema è utile a illustrare i principali componenti che si trovano in un impianto cogenerativo a biomassa:



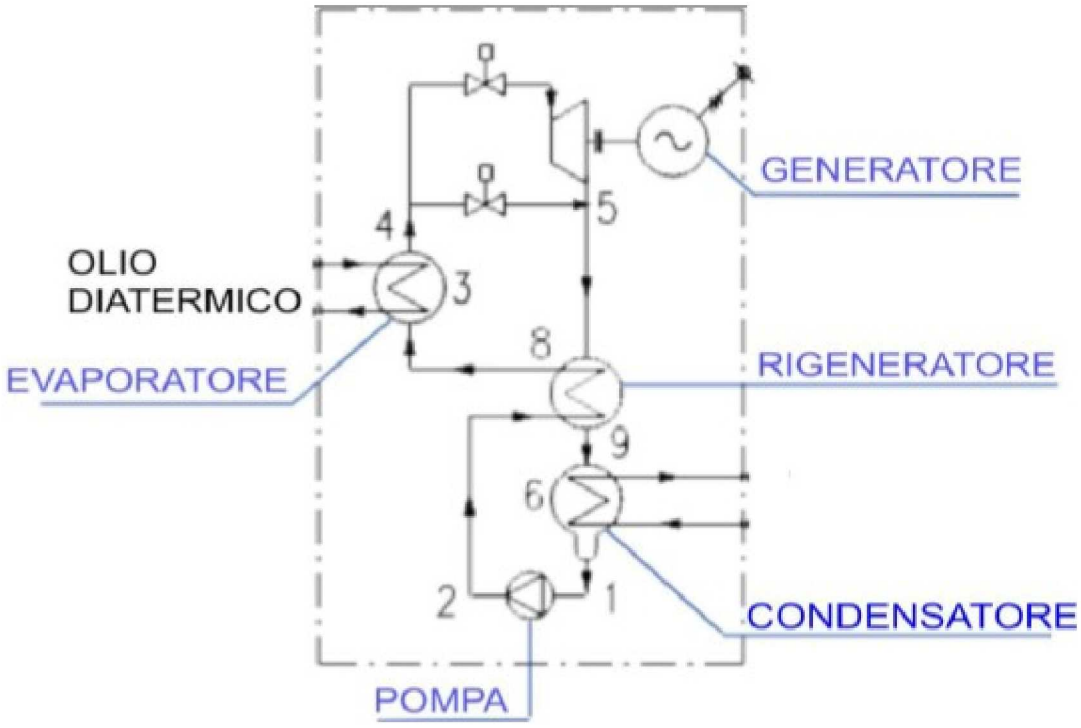
Schema di un sistema cogenerativo (o trigenerativo)

Il primo elemento che troviamo in un sistema di questo tipo è la caldaia a biomassa in cui, nel nostro caso, brucerà il cippato di legno, la sansa vergine d'oliva e gli altri residui legnosi. Dando uno sguardo più generale, nelle caldaie può essere bruciato qualsiasi combustibile. Ad esempio esistono caldaie a carbone, a gasolio o ad altri derivati del petrolio, a metano o ad altre sostanze gassose, a biomassa, a rifiuti e a molte altre sostanze ancora.

In questa prima fase l'energia chimica, contenuta nel combustibile, viene liberata tramite la combustione sotto forma di energia termica (calore). Il calore che si libera nella combustione viene trasmesso ad un fluido liquido, nel nostro caso olio diatermico, per mezzo di scambiatori. Gli scambiatori hanno il compito di trasferire il calore dei fumi al fluido liquido senza che essi vengano a diretto contatto fisico. I fumi, dopo aver scambiato l'energia termica negli scambiatori, hanno ancora una parte della propria energia che può essere sfruttata per scaldare l'aria in ingresso alla caldaia o per scaldare l'acqua del teleriscaldamento. Dopo aver effettuato anche quest'ultimo scambio di calore, i fumi sono appositamente trattati e depurati in modo che risultino meno inquinanti quando escono dalla bocca del camino. In realtà, nell'impianto, la caldaia sarà alimentata in maniera automatica attraverso un opportuno sistema che sposti il combustibile dal deposito all'interno alla camera di combustione.

Il secondo elemento del sistema è il turbogeneratore cogenerativo; questo è il più complesso e importante componente che compone l'intero sistema. All'interno di questo elemento abbiamo la conversione dell'energia termica, che si è accumulata nell'olio diatermico, in energia elettrica. Ciò avviene tramite una turbina che sfrutta l'espansione di un fluido motore che, precedentemente, è stato riscaldato (e fatto evaporare) dall'olio diatermico. La turbina è poi

accoppiata ad un generatore asincrono trifase a bassa tensione.
Nello schema successivo si ha una spiegazione più completa di un possibile ciclo che avviene all'interno di un turbogeneratore.



Schema di funzionamento di un turbogeneratore:

Il turbogeneratore utilizza l'olio diatermico ad alta temperatura per preriscaldare e vaporizzare un adatto fluido organico di lavoro nell'evaporatore (8-3-4). Il vapore organico espande nella turbina (4-5), che è direttamente collegata al generatore elettrico attraverso un giunto elastico. Il vapore passa attraverso il rigeneratore (5-9) e in questo modo preriscalda il fluido organico (2-8). Il vapore viene poi condensato nel condensatore, raffreddato dall'acqua che andrà poi a scambiare calore con la rete di teleriscaldamento (9-6-1). Il liquido organico viene in fine pompato(1-2)nel rigeneratore e da qui nell'evaporatore, completando così la sequenza di operazioni nel circuito chiuso.

In uscita al turbogeneratore abbiamo: l'energia elettrica a bassa tensione, che sarà trasferita alla rete elettrica nazionale tramite un trasformatore; l'energia termica accumulatasi nell'acqua di condensazione. L'energia elettrica trasferita alla rete verrà opportunamente remunerata dal GSE. L'energia termica accumulata nell'acqua di condensazione sarà invece trasmessa,