

**LE FUNZIONI  
AGRO-AMBIENTALI  
DELLE COLTURE  
ENERGETICHE  
LIGNOCELLULOSICHE  
POLIENNALI**



## 4. LE FUNZIONI AGRO-AMBIENTALI DELLE COLTURE ENERGETICHE LIGNOCELLULOSICHE POLIENNALI

Il concetto di sostenibilità di una coltura energetica o, in senso più ampio, di una filiera agro-energetica, concerne diversi aspetti, di paritaria e fondamentale importanza. Tra questi possono essere identificati gli aspetti tecnici, economici, energetici, ambientali e sociali.

Gli aspetti tecnici ed economici raccolgono il maggior interesse della comunità agricola professionale, in quanto imprescindibili i primi e del tutto legittimi i secondi. In particolare, gli aspetti economici sono necessari per lo sviluppo e la diffusione di una coltura energetica: congiunture favorevoli di mercato o accesso a specifiche misure di sostegno alla produzione di energia rinnovabile possono rendere più o meno appetibili alcune coltivazioni rispetto ad altre. In un'ottica di lungo periodo, di pianificazione e di diffusione su larga scala delle colture energetiche (si pensi ai ragguardevoli obiettivi posti dalla Comunità europea per la produzione di biocarburanti e le relative superfici agricole necessarie), risulta essere fondamentale il rispetto del concetto di sostenibilità energetica ed ambientale. L'affermazione e la diffusione di sistemi monocolturali intensivi, come quelli basati sulla coltivazione del mais, hanno determinato un rilevante impatto sull'ambiente, con l'instaurarsi di problematiche relative all'inquinamento da nitrati, fosforo ed altri composti chimici delle acque superficiali e di profondità, alla riduzione della biodiversità (alcuni naturalisti definiscono le distese di mais in pianura come un "deserto agricolo"), all'erosione del suolo, alla perdita dei valori paesaggistici e ricreativi.

Infine, un cenno all'aspetto sociale delle colture agro-energetiche. La sostituzione delle fonti energetiche fossili con quelle energetiche rinnovabili è in grado di creare un significativo cambiamento strutturale del mercato e di sortire effetti di natura socio-economica con rilevanti ricadute su occupazione e produzione. Molti sono gli studi che hanno stimato le ricadute occupazionali legate allo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili. In sintesi è possibile affermare che quella delle biomasse è una filiera ad elevata intensità di lavoro; questo vale in particolare per i biocarburanti, per i quali l'intensità di lavoro è stimata da 50 fino a 100 volte superiore rispetto alle fonti fossili, da 10 a 20 volte superiore per la bioenergia e di due volte rispetto alle fonti tradizionali per il biocalore (Visintin, 2006).

L'inserimento di nuove colture energetiche, o la riaffermazione di colture già esistenti, deve quindi sottostare ad un insieme di criteri che vanno a definire la sostenibilità ambientale. D'altra parte, l'organizzazione dei relativi interventi di promozione e sostegno deve tenere in considerazione quelle che sono le esternalità positive in termini socio-ambientali di una filiera agro-energetica.

I principali criteri di sostenibilità ambientale sono riferiti al suolo agricolo (es. erosione dei suoli, inquinamento da fertilizzanti, pesticidi, metalli pesanti), all'acqua (es. utilizzo delle acque per irrigazione, inquinamento delle acque a seguito di utilizzo di fertilizzanti e pesticidi), all'aria (es. emissioni di gas clima alteranti e/o acidificanti) e alla biodiversità (es. ordinamenti agricoli in monocoltura, inserimento di specie vegetali invasive).

Nel presente capitolo si vuole presentare una panoramica degli effetti ambientali conseguenti all'inserimento negli attuali ordinamenti colturali delle colture energetiche poliennali e del ruolo che può quindi svolgere l'azienda agricola nella tutela e nel miglioramento delle risorse dell'ecosistema. La trattazione degli aspetti economici ed energetici delle colture lignocellulosiche poliennali è invece rimandata ai capitoli successivi.

### 4.1 L'impatto ambientale delle colture poliennali

La multifunzionalità di un'azienda agricola può esprimersi anche attraverso il suo ruolo nella tutela ambientale dell'ecosistema agricolo. Nel paniere di attività che possono essere intraprese in tal senso, la coltivazione di colture a fini energetici, in particolare quelle a ciclo poliennale, può fornire una serie di servizi ambientali di rilievo, che non si limitano alla sola riduzione delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera o alla produzione di energia rinnovabile. Infatti, una coltura energetica perennante presenta caratteristiche agronomiche dai notevoli effetti ambientali, tra cui:

- la possibilità di utilizzo di tecniche estensive, con modesto impiego di mezzi tecnici (es. fertilizzanti, erbicidi, antiparassitari), e quindi con rapporti molto vantaggiosi tra *output* ed *input* energetici;

- i minori fabbisogni idrici; si contrae quindi l'utilizzo di un'importante e limitata risorsa, nonché si riducono gli effetti determinati dal dilavamento dei nutrienti durante la pratica irrigua;
- la copertura invernale del terreno che riduce i fenomeni di erosione superficiale e favorisce la capacità di attenuazione dei suoli a fronte dello spargimento delle deiezioni zootecniche;
- le minori lavorazioni del terreno, che determinano una diminuzione delle perdite di sostanza organica e l'aumento della capacità di trattenere i nutrienti da parte dei suoli.

L'aspetto che più caratterizza alcune colture energetiche è soprattutto il ridotto fabbisogno in fertilizzanti azotati e fosfatici, sotto mirino per essere tra i maggiori responsabili dell'inquinamento nell'areale del Bacino Scolante. Per la loro nutrizione azotata, alcune specie vegetali possono infatti utilizzare l'azoto organicato da batteri azotofissatori, liberi o associati all'apparato radicale (Azospirilli, Cianobatteri). Detta potenzialità è stata osservata in alcune graminacee, famiglia cui appartengono due colture erbacee perennanti come la canna comune e il panico. In particolare, le ricerche effettuate dal C.E.T.A. hanno permesso di constatare i ritmi molto elevati con cui i canneti producono biomassa anche per decenni grazie alla loro capacità di procurarsi ed immagazzinare riserve nutritive azotate e fosfatiche nei rizomi. L'azotofissazione è fortemente condizionata dalla presenza di tenori elevati di sostanza organica nel terreno, originati dalle foglie cadute e dai residui radicali (rizomi non più vitali, in decomposizione). Parimenti, la sostanza organica del terreno favorisce lo sviluppo di endomicorrize in associazione con le radici, dotate di una forte capacità di assorbimento del fosforo. Peraltro, le esperienze di concimazione effettuate dal C.E.T.A. hanno messo in evidenza che la concimazione minerale è poco influente agli effetti dell'aumento della produttività nella canna comune (Vecchiet e Jodice, 1996).

Nel caso del pioppo, coltura che non depaupera la fertilità chimica del terreno per l'abbondante restituzione di foglie, la modesta richiesta di nutritivi azotati è dovuta alla composizione della biomassa legnosa, estremamente ridotta quanto ad elementi minerali; è noto, invece, che detta coltura è particolarmente influenzata dallo stato idrico e dalla tessitura del terreno. In altri termini, la restituzione al terreno di sostanza organica più ricca di azoto (foglie, essudati radicali ecc.), la presenza di azotofissatori e la simbiosi micorrizica, permettono di limitare fortemente gli apporti di fertilizzanti minerali al terreno (determinanti solo nelle prime fasi del ciclo colturale).

Occorre inoltre evidenziare che colture perennanti

a ciclo  $C_4$ , come il miscanto, sono caratterizzate da un'elevata efficienza nello sfruttamento delle risorse a disposizione (Lewandowsky e Schmidt, 2006).

Numerose sono le esperienze, nazionali ed internazionali, in grado di dimostrare la forte valenza ambientale delle colture perennanti; di seguito vengono riportate alcune di queste per i diversi criteri di sostenibilità ambientale relativi all'aria, al suolo, all'acqua ed alla biodiversità.

#### 4.1.1 RIDUZIONE DELL'EMISSIONE DI GAS CLIMA ALTERANTI

Lo sfruttamento energetico di una fonte rinnovabile, quale è una coltura dedicata, in luogo di una fonte di origine fossile, permette un sostanziale abbattimento delle emissioni in atmosfera, in quanto considerata "*CO<sub>2</sub> neutrale*": l'anidride carbonica atmosferica è assorbita dalle piante grazie al processo fotosintetico durante la fase di sviluppo vegetativo ed è successivamente rilasciata in atmosfera a seguito della combustione della biomassa. In realtà, il bilancio non è propriamente zero, in quanto una quota parte di  $CO_2$  viene emessa durante il ciclo produttivo della biomassa, a causa del necessario consumo di fonti fossili (es. carburante dei mezzi agricoli, produzione e distribuzione di fertilizzanti, ecc.).

Le colture energetiche poliennali sono inoltre attive nella rimozione e nello stoccaggio del carbonio atmosferico nella biosfera, in particolare nel suolo; tale attività viene denominata "*carbon sequestration*". Venturi e Monti (2005) riportano che una parte considerevole di carbonio assimilato (40-60%) è destinata all'accrescimento dell'apparato radicale e quindi viene sottratta all'atmosfera in modo durevole. L'effetto di "*carbon sequestration*" costituisce un grande vantaggio delle colture da biomassa, non solo nei confronti dei combustibili fossili, ma anche rispetto alle colture tradizionali. McLaughlin e Walsh (1998) hanno calcolato che, durante il ciclo vitale, una coltura erbacea perennante può sequestrare 20-30 volte più  $CO_2$  di una coltura annuale.

I gas ad effetto serra non si limitano comunque alla sola anidride carbonica: il comparto agricolo è responsabile di emissioni di gas serra pari al 6,7% del totale nazionale (Córdoba e De Laurentis, 2009), dove i principali gas serra emessi sono il metano ( $CH_4$ ) ed il protossido di azoto ( $N_2O$ ).

Il minore apporto di fertilizzanti azotati alle colture energetiche dedicate, in luogo delle tradizionali colture a pieno campo, riduce le emissioni di protossido di azoto ( $N_2O$ ) dirette e indirette (dalle acque percolate e ruscellate) che da essi derivano.



### Il protossido di azoto

Il protossido di azoto ( $N_2O$ ) è un gas con un elevato potenziale di riscaldamento globale (GWP - Global Warming Potential): con questo termine si intende il contributo all'assorbimento delle radiazioni termiche solari in un certo arco di tempo (es. 100 anni) da parte di un gas emesso nell'atmosfera, rispetto all'assorbimento di un'uguale quantità in peso di  $CO_2$ , che viene presa come riferimento ed alla quale viene quindi assegnato GWP pari a 1.

I GWP sono calcolati dall'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e sono utilizzati come fattori di conversione per calcolare le emissioni di tutti i gas serra in emissioni di  $CO_2$  equivalente. Il protossido di azoto ha un GWP pari a 310.

gli apporti azotati è quindi fondamentale per contenere le emissioni di gas serra in agricoltura. Allo stesso modo, anche le emissioni indirette, di cui la lisciviazione ed il ruscellamento sono i principali responsabili, possono essere fortemente ridotte con lo sfruttamento di colture poliennali in luogo delle tradizionali colture annuali.

Inoltre, la conversione dei terreni a coltivazioni energetiche poliennali determina un effetto di sequestro dell'anidride carbonica, in ragione della minor frequenza delle lavorazioni preparatorie del terreno e del maggior accumulo di sostanza organica nello stesso (perdita degli apparati fogliari in inverno e sviluppo/stoccaggio radicale).



Occorre infatti ricordare che i suoli agricoli contribuiscono con circa il 50% alle emissioni (metano e protossido di azoto) del settore agricoltura (Tabella 4.1). Le emissioni dirette, cui i principali responsabili sono l'uso dei fertilizzanti, contribuiscono con circa il 50% delle emissioni totali dei suoli agricoli e con circa il 23% del totale nazionale dei gas serra di provenienza agricola (Tabella 4.2): la riduzione de-

**Tabella 4.1: emissioni complessive di gas serra (protossido di azoto e metano) dall'agricoltura in Italia (Condor e De Laurentis, 2009).**

Anno	Emissioni gas serra (Gg $CO_2$ equivalenti) per fonte emissiva					
	Fermentazione enterica	Gestione deiezioni	Coltivazione risaie	Suoli agricoli	Combustione residui agricoli	Totale
1990	12.179	7.383	1.562	19.435	17	40.576
1995	12.267	7.068	1.657	19.340	17	40.349
2000	12.165	7.140	1.382	19.237	16	39.940
2005	10.844	6.877	1.472	18.032	17	37.242
2006	10.629	6.649	1.477	17.856	17	36.627
2007	11.027	6.853	1.523	17.791	17	37.210

**Tabella 4.2: emissioni di gas serra (protossido di azoto) dalla fonte emissiva suoli agricoli in Italia (Condor e De Laurentis, 2009).**

Anno	Emissioni dirette di protossido di azoto (Gg $CO_2$ eq.)					Pascolo (Gg $CO_2$ eq.)	Emissioni indirette di protossido di azoto (Gg $CO_2$ eq.)		Totale
	Uso dei fertilizzanti	Spandimento	Azoto-fissazione leguminose	Incorporazione residui agricoli	Coltivazione suoli organici		Deposizione atmosferica	Lisciviazione, ruscellamento	
1990	4.212	2.885	1.551	898	35	1.736	1.851	6.267	19.435
1995	4.423	2.761	1.163	866	35	1.995	1.756	6.341	19.340
2000	4.356	2.787	1.154	879	35	2.047	1.692	6.287	19.237
2005	4.329	2.684	1.076	884	35	1.518	1.575	5.931	18.032
2006	4.324	2.628	1.067	782	35	1.556	1.564	5.900	17.856
2007	4.196	2.728	978	757	35	1.570	1.607	5.920	17.791

#### 4.1.2 RIDUZIONE DELL'EROSIONE DEL SUOLO

L'erosione del suolo è considerata una delle maggiori problematiche nelle aree agricole del mondo e rappresenta una grave minaccia per la riduzione della fertilità e per l'inquinamento delle acque.

La limitazione dei fenomeni di erosione del suolo grazie all'utilizzo di colture erbacee perennanti è ben documentata; Shifflet e Darby (1985) stimano che le perdite per erosione nella coltivazione del mais siano 70 volte maggiori rispetto alle colture erbacee perennanti. Risser *et al.* (1981) riportano che, durante pesanti eventi piovosi, le perdite di terreno per erosione e *runoff* nelle colture annuali, tipo mais, possono superare anche di 200 volte quelle relative a colture erbacee perennanti. Anche le colture legnose in SRF hanno un positivo impatto sulla riduzione dell'erosione del suolo e sulle perdite di sostanze chimiche via *runoff*: Ranney e Mann (1994) hanno stimato che il fenomeno di erosione del terreno in queste coltivazioni avviene principalmente nei primi due anni di impianto, per poi diminuire progressivamente negli anni seguenti. L'erosione stimata in impianti in SRF varia tra 2 e 17 t/ha/anno nelle prime fasi di impianto, per poi scendere a 2-4 t/ha/anno, valori nettamente inferiori rispetto alle 18 t/ha/anno di terreno eroso in colture come il mais (Pimental e Krummel, 1987).

##### Il run off

Il ruscellamento superficiale (*run off*) è responsabile del trasporto delle particelle minerali inquinanti insolubili in sospensione e delle sostanze più fortemente legate al suolo (compreso il fosforo ed alcuni prodotti fitosanitari). Nei confronti dei deflussi superficiali, le colture poliennali possono svolgere principalmente una funzione di filtro operata dalla lettiera, dagli apparati radicali superficiali e dal cotico erboso eventualmente sviluppato: le particelle di terreno vengono intercettate e le sostanze adsorbite sono immobilizzate ed eventualmente cedute o trasformate gradualmente nell'ambito dei processi pedogenetici.

Le colture poliennali da energia, sia erbacee che arboree ad alta densità di impianto, mostrano quindi una buona efficacia nel ridurre i rischi di erosione del terreno, soprattutto nelle aree in pendio e nei terreni pianeggianti particolarmente sensibili. L'azione antierosiva è correlata sia alla presenza pressoché continua della vegetazione sul terreno, che offre una valida protezione e incrementa la sostanza organica con effetto *mulching* negli strati superficiali, sia agli apparati radicali sviluppati ed attivi che trattengono le masse terrose durante i periodi maggiormente piovosi dell'anno.

#### 4.1.3 AUMENTO DELLA FERTILITÀ DEL SUOLO

L'utilizzo di colture annuali in suoli a rischio di erosione non solo aumenta le perdite di terreno e dei nutrienti associati, ma determina anche una riduzione del contenuto di sostanza organica, diminuendo di conseguenza la capacità di mantenimento dell'acqua ed alterando la densità e l'aerazione del terreno, la disponibilità e la conservazione delle sostanze nutrienti. Le colture legnose ed erbacee poliennali evidenziano maggiori quantità di carbonio organico nel terreno grazie alla formazione di ampi apparati radicali, ai depositi della pianta nella rizosfera (residui della coltura interrati, essudati radicali, materiale del *turnover* radicale) e all'importante contributo delle popolazioni di microrganismi ed invertebrati. Grazie a queste caratteristiche la coltivazione di queste specie fornisce benefici alla fertilità del suolo, quali il miglioramento della struttura e della porosità, l'aumento della capacità di campo, la diminuzione dell'erosione, l'aumento della capacità di conservazione e disponibilità dei nutrienti. Da numerosi studi riguardanti il pioppo, si evidenzia l'incremento nel lungo periodo del contenuto di sostanza organica nel terreno. Smith *et al.* (2000) hanno calcolato che si può ottenere un guadagno annuo sul contenuto in sostanza organica dell'1,17% passando da un terreno arativo ad una produzione in SRF.

#### 4.1.4 ELEVATO POTENZIALE DI SEQUESTRO DI CARBONIO NEL TERRENO

L'immagazzinamento di carbonio nel suolo (*carbon sequestration*) aumenta assieme al contenuto in sostanza organica. Una coltura come il panico, ad esempio, presenta una buona attitudine a sequestrare il carbonio nel suolo, grazie soprattutto all'elevato sviluppo dell'apparato radicale (valutato anche come il 70% della biomassa totale); ciò significa che la maggior parte del carbonio organico nella fotosintesi rimane nel terreno in post-raccolta (Ma *et al.*, 2001). Parrish *et al.* (1997) hanno osservato come la massa radicale di panico nei primi 30 cm di suolo possa superare le 8 t/ha, vale a dire circa 5 volte maggiore rispetto a quella del mais. Va tenuto conto, inoltre, delle minori perdite di respirazione del suolo coperto da colture perenni che, contrariamente alle annuali, non necessitano di arature ripetute (Venturi e Monti, 2005).

Monti e Zatta (2009) hanno evidenziato che colture come la canna comune ed il panico sono in grado di stoccare grandi quantitativi di carbonio nel terreno all'interno dei loro apparati radicali, che si sviluppano molto in profondità, sino a 6 volte in più rispetto al sorgo da fibra (coltura annuale).



Anche la coltura del pioppo in SRF ha dimostrato un'elevata capacità di *carbon sequestration*, dovuta anche alle limitate operazioni colturali che possono portare alla mineralizzazione della sostanza organica (es. aratura). Samson *et al.* (1999), seppur riconoscendo il limitato sviluppo dell'apparato radicale del pioppo (20% della biomassa totale prodotta), hanno ravvisato una buona capacità di immagazzinamento di carbonio nel terreno con cicli colturali superiori ai 10 anni.

#### **4.1.5 RIDUZIONE DEGLI APPORTI DI FERTILIZZANTI, ERBICIDI E PESTICIDI**

Gli apporti di fertilizzanti nelle colture erbacee poliennali sono notevolmente inferiori rispetto alle tradizionali colture annuali: basti pensare che la quota di azoto che tipicamente si fornisce ad una coltura come la canna comune (70-100 kg/ha/anno) rappresenta circa un terzo di quella tradizionalmente utilizzata per la produzione di mais (200-300 kg/ha), con positivi riscontri economici ed ambientali (minori perdite per lisciviazione ed emissioni atmosferiche). La canna comune ed il miscanto normalmente si avvantaggiano dell'utilizzo di erbicidi solamente durante la fase di impianto della coltura, mentre il mais ed altre colture annuali necessitano un'applicazione annuale, con ripercussioni sia in termini di costi colturali che di costi ecologici, in quanto aumentano le quote di prodotti chimici che si infiltrano nelle acque sotterranee che, via *runoff*, vanno verso i corsi d'acqua superficiali. Inoltre, canna comune e miscanto non evidenziano patologie di rilievo che richiedano interventi fitosanitari.

Il pioppo in SRF richiede concimazioni azotate valutabili in 50-150 kg/ha/anno; le quantità non sono trascurabili ma sicuramente inferiori a quelle applicate ad esempio al mais farinoso nella zona del Bacino Scolante. Nelle stesse colture SRF, l'utilizzo nelle fasi iniziali dell'impianto di *cover crop* quali specie erbacee azoto-fissatrici può consentire un'ulteriore riduzione dell'impiego di elementi nutritivi e al tempo stesso proteggere il terreno fino al momento in cui la vegetazione arborea non lo abbia completamente coperto (AA.VV., 2004).

#### **4.1.6 ELEVATA EFFICIENZA NELL'UTILIZZO DEI NUTRIENTI E RIDUZIONE DELLE PERDITE PER LISCIVIAZIONE DEI NUTRIENTI**

La coltura del miscanto, con concimazioni medie che prevedono da 0 a 60 kg N/ha/anno, evidenzia una lisciviazione di nitrati estremamente ridotta, praticamente limitata al solo primo anno di impianto, in cui la coltura è in fase di affrancamento (Christian e Riche, 1998).

Le colture in SRF, allo stesso modo, possono avere

perdite di nutrienti per lisciviazione nel caso di fertilizzazioni intensive erroneamente applicate nelle fasi iniziali dell'impianto, quando il terreno non è ancora completamente esplorato dagli apparati radicali. Makeschin (1994) riporta comunque una riduzione media del 50% dei nitrati nelle acque di percolazione da terreni coltivati con SRF (fertilizzati e non), se comparate con i terreni di controllo coltivati con colture intensive. L'azoto annualmente apportato in limitata quantità al pioppo in SRF viene infatti immobilizzato dagli apparati radicali che scendono in profondità nel terreno (Stanturf *et al.*, 2001).

Le colture perennanti appaiono essere quindi interessanti in zone vulnerabili all'inquinamento delle acque da nitrati. Tolbert *et al.* (1998) hanno confermato i dati di Pimental e Krummel (1987) riguardo il positivo ed essenziale effetto della copertura del suolo con vegetazione sulla minimizzazione delle perdite di terreno di materiale organico e di nutrienti.

#### **La lisciviazione**

Il termine è utilizzato in idrogeologia e pedologia per indicare il processo per cui gli elementi solubili del suolo sono trasportati o migrano negli strati più profondi, fino alle falde acquifere. Dalle falde, seguendo la direzione del flusso idrico sotterraneo (nelle falde freatiche secondo la direzione di massima pendenza e nelle falde artesiane secondo le differenze di pressione), questi elementi raggiungono i corpi idrici superficiali ed infine il mare.

La tendenza alla lisciviazione è molto variabile per i differenti composti presenti nel suolo. I nitrati sono gli ioni più mobili, seguiti dai cationi alcalini e alcalino-terrosi e dagli alogenuri; le forme cationiche dei metalli di transizione, invece, tendono a precipitare come idrossidi od ossidi insolubili e si accumulano nel terreno; borati, fosfati e silicati presentano una scarsa tendenza alla lisciviazione.

#### **La percolazione**

La percolazione è il processo per cui le sostanze anche insolubili sono veicolate in direzione degli orizzonti più profondi e delle acque sotterranee per effetto dell'infiltrazione dell'acqua nelle cavità capillari del sottosuolo. Si verifica in terreni e rocce permeabili, attraverso i pori, le fratture e le stratificazioni degli orizzonti attraversati.

Il ricorso a impianti "a fasce" (tipo fasce tampone), costituiti da colture poliennali a destinazione energetica, potrebbe essere di ausilio anche nell'intercettazione dei nutrienti in uscita dai tradizionali ordi-

namenti colturali (AA.VV., 2004). Di questo aspetto si discuterà nei paragrafi successivi, relativi all'effetto tampone delle colture energetiche poliennali.

#### 4.1.7 AUMENTO DELLA BIODIVERSITÀ ED ELEVATO VALORE ECOLOGICO

Un particolare argomento di riflessione per un'introduzione consapevole e sostenibile delle colture da energia nel panorama dell'agricoltura italiana è quello relativo all'effetto sulla biodiversità. A livello globale la biodiversità è stata drasticamente ridotta da un'agricoltura intensiva che ha previsto pratiche a forte impatto e modifiche ambientali importanti. Il numero delle specie vegetali e animali presenti, delle varietà, degli ecotipi e delle popolazioni, nonché la loro consistenza, nel giro di solo 50 anni di storia è stato stravolto da scelte di sviluppo miranti all'aumento incondizionato della produttività di poche specie privilegiate.

L'inserimento di impianti arborei in SRF ha evidenziato il potenziale impatto positivo sull'ambiente, in termini di aumento della biodiversità vegetale ed animale, specie se raffrontato con le tradizionali colture agricole. A tal riguardo, diversi autori hanno riportato che l'aumento della diversità strutturale del paesaggio agricolo dato dall'introduzione di colture arboree in SRF favorisce l'incremento della diversità faunistica (Twed *et al.*, 1999; Berg, 2002; Karačić, 2005). Makeschin (1994) riporta che oltre il 60% dei nutrienti può essere riciclato attraverso la caduta delle foglie al suolo, stoccato nella sostanza organica del *topsoil* e rilasciato gradualmente nella soluzione circolante nel terreno, con positivi effetti sulla fauna, sulla attività microbica e sulla struttura del suolo.

Anche le colture erbacee possono contribuire notevolmente allo sviluppo della biodiversità; il miglioramento delle caratteristiche del terreno porta all'au-



mento delle popolazioni di microrganismi e alla formazione di sistemi associativi (micorrizze) tra funghi e le colture native di panico (Clark *et al.*, 1999).

Vari studi sul miscanto hanno indicato un incremento della presenza di flora, invertebrati, mammiferi ed uccelli rispetto alle colture cerealicole (Semere e Slater, 2007a, b) ed un analogo discorso può essere fatto per la canna comune.

#### 4.1.8 IMPATTO SOCIALE DELL'INSERIMENTO DELLE COLTURE ENERGETICHE

Venturi e Monti (2005) riportano un dato importante relativamente all'impatto sul mondo del lavoro a seguito dello sviluppo, a livello europeo, delle colture energetiche; hanno calcolato infatti che possa essere generato un nuovo posto di lavoro ogni 540 t di biomassa secca ottenuta da colture dedicate.

Nella Tabella 4.3 è riportata un'estrema sintesi degli effetti ambientali della coltivazione di colture energetiche poliennali in luogo delle tradizionali colture erbacee annuali.

**Tabella 4.3: aspetti ambientali delle colture da energia (AA.VV., 2004).**

Agente e causa	Azione	Effetto ambientale
Copertura vegetale	1. Protezione del terreno dalla pioggia	Riduzione dei rischi di erosione
	2. Trattenimento del suolo dagli apparati radicali	Minori perdite di nutrienti nelle acque
	3. <i>Mulching</i> lettiera	Minore rischio di diffusione del fosforo nell'ambiente
	4. Incremento sostanza organica	Minori perdite di azoto nelle acque
Sostituzione superfici a seminativo	1. Minori lavorazioni	Riduzione emissione anidride carbonica
	2. Maggior accumulo di sostanza organica	
	3. Maggiore periodicità di ritorno nell'atmosfera dei prodotti di combustione	
	4. Minori concimazioni fosfatice e maggior bloccaggio del fosforo da parte della sostanza organica	Minore rischio di diffusione del fosforo nell'ambiente
	5. Minori concimazioni azotate	Minore rischio di lisciviazione e/o ruscellamento dell'azoto nitrico

## 4.2 Le colture energetiche poliennali per la riduzione dell'inquinamento diffuso in agricoltura

Il comparto agricolo, attraverso la coltivazione di colture energetiche poliennali, può svolgere un ruolo positivo nel disinquinamento delle acque, grazie alla contestuale riduzione dei carichi inquinanti provenienti dai terreni coltivati e alla depurazione attraverso processi naturali basati sull'impiego di vegetazione.

### 4.2.1 RIDUZIONE DEI CARICHI INQUINANTI PROVENIENTI DAI TERRENI COLTIVATI

I tipici inquinanti di origine agricola presenti nelle acque di deflusso sono i composti azotati (nitrati in particolare), i sedimenti ed i fitofarmaci, con concentrazioni variabili dai g/l per i sedimenti alle parti per miliardo per i fitofarmaci.

Questo comporta, per esempio nelle pianure del territorio veneto, dove il mais e poche altre colture sono prevalenti, perdite annue di massa per ettaro misurabili in tonnellate per i sedimenti, qualche decina di kg per l'azoto, intorno al kg per i composti fosfatici e sull'ordine del grammo per i fitofarmaci (Borin, 1999).

Per ridurre i carichi complessivi di inquinanti di origine agricola è possibile intervenire mediante un drenaggio controllato (mantenendo la falda vicino alla superficie del terreno si incrementa l'attività di denitrificazione da parte dei microrganismi) e una riduzione della concentrazione di sostanze inquinanti (riducendo le dosi di fertilizzante e con precisi piani di concimazione, con lavorazioni del terreno minime o nulle, ecc.). Canna comune, miscanto e pioppo in SRF ottemperano a questo secondo aspetto in relazione alle ridotte esigenze nutrizionali ed alla positiva attività di stoccaggio dei nutrienti.

### 4.2.2 DEPURAZIONE ATTRAVERSO PROCESSI NATURALI BASATI SULL'IMPIEGO DI VEGETAZIONE

Lo sfruttamento del sistema suolo-vegetazione quale filtro naturale per la depurazione ed il miglioramento di acque già degradate (fitodepurazione) può essere utilizzato in diversi modi, come l'impiego irriguo di acque inquinate (sistema estensivo di fitodepurazione), la bonifica operata dalla vegetazione ripariale (fascia tampone o *buffer strip*), e la fitodepurazione in ambiente sommerso o saturo (*wetland*).

Le colture energetiche poliennali evidenziano una buona capacità tamponante e possono fornire un importante contributo alla salvaguardia delle risorse idriche dagli inquinanti trasportati dai deflussi di origine agricola.



### 4.2.2.1 L'effetto tampone delle colture energetiche poliennali

Le fasce tampone sono formazioni, generalmente a sviluppo lineare (mono o plurifilari), caratterizzate da elementi arborei e/o arbustivi. Sono piantumate in prossimità dei corsi d'acqua, a margine degli appezzamenti coltivati, ed intercettano le acque in uscita dai terreni agricoli, garantendo un effetto tampone sui potenziali carichi inquinanti generati dalle pratiche agronomiche (nitrati, fosfati, fitofarmaci, ecc.).

Al pari delle fasce tampone, gli impianti con colture poliennali, in particolare quelle erbacee, garantendo la continua copertura del suolo nel corso dell'anno, possono svolgere un'azione di filtro dei deflussi superficiali e subsuperficiali e contribuiscono all'abbattimento dei nitrati ed altri inquinanti nelle acque che li attraversano.

#### **N.B.**

Il flusso e il destino dei principali inquinanti di origine agricola sono controllati fondamentalmente dalle dinamiche idrologiche; i meccanismi attraverso i quali i nutrienti e i fitofarmaci si muovono nel terreno sono in primo luogo il ruscellamento (*run off*) e il deflusso subsuperficiale:

- il ruscellamento avviene a seguito di piogge ed irrigazioni, quando il suolo, saturandosi ed essendo impermeabile per un eccessivo compattamento, non consente un ulteriore assorbimento del flusso idrico, che tende a scorrere in superficie asportando particelle del terreno e trasportando le molecole ad esse adsorbite;
- il deflusso subsuperficiale avviene quando l'acqua penetra nel terreno e, incontrando strati meno permeabili, defluisce al di sotto del piano di campagna arricchendosi delle molecole solubili che vengono disciolte. In questo modo il deflusso subsuperficiale dilava e trasporta le molecole caratterizzate da una elevata solubilità (principalmente i nitrati) e quindi potenzialmente più inquinanti.



La condizione essenziale che permette alle fasce vegetate di svolgere l'azione di rimozione dei nutrienti dai corpi idrici è il contatto tra gli apparati radicali delle piante e l'acqua che dalle coltivazioni agricole fluisce verso i canali per flusso superficiale o subsuperficiale.

L'azione tampone delle fasce vegetate è svolta attraverso tre processi fondamentali:

- l'attività microbica di denitrificazione;
- l'assimilazione dei nutrienti da parte delle piante;
- la filtrazione fisica delle acque con deposizione dei sedimenti.

Nel processo di denitrificazione gli ossidi di azoto vengono rimossi dal terreno e dall'acqua e convertiti in azoto gassoso inerte ( $N_2$ ) rilasciato quindi nell'atmosfera senza produrre effetti inquinanti. La denitrificazione ad opera di batteri anaerobi facoltativi avviene se vi sono condizioni di anossia ed in particolare quando il suolo viene saturato dall'acqua. Il ruolo che la vegetazione svolge nel processo di denitrificazione è indiretto, in quanto essa contribuisce a sostenere le popolazioni microbiche fornendo loro energia attraverso la decomposizione della lettiera, ed un habitat "rizosfera", ricco di essudati radicali. L'apparato radicale delle piante aumenta inoltre i tempi di permanenza dell'acqua nel terreno, con una maggior efficienza del processo di immobilizzazione e rimozione definitiva dell'azoto dal sistema.

L'assimilazione dei nutrienti avviene attraverso l'attività metabolica delle piante che captano gli elementi nutritivi (fosforo, azoto nitrico ed ammoniacale) presenti nella soluzione circolante e li assorbono per mezzo del cappillizio radicale. L'efficienza delle pian-



te nella rimozione dei nutrienti è influenzata dall'età delle stesse, dalla composizione specifica e dalla stagione vegetativa. L'assorbimento dei composti azotati e del fosforo è maggiore nelle piante giovani e nelle specie a rapido accrescimento, mentre è nullo durante il periodo di riposo vegetativo.

La filtrazione meccanica è il processo in seguito al quale le particelle terrose trasportate dall'acqua e le molecole ad esse adsorbite sono intercettate dagli apparati radicali e dalla lettiera prodotta dalla vegetazione, mitigando il riversamento di sostanze potenzialmente inquinanti come fosfati, azoto organico ed alcuni fitofarmaci, nel corpo idrico recettore.

#### **N.B.**

In conclusione le colture energetiche poliennali evidenziano positivi effetti ambientali in quanto consentono:

- una decisa riduzione dell'emissione di "gas serra" per unità d'energia prodotta dal sistema colturale;
- un netto incremento dei livelli di carbonio catturato in conseguenza dell'aumento della sostanza organica presente nel terreno;
- un sostanziale controllo del fenomeno erosivo, sia per il miglioramento indotto dalle caratteristiche fisiche degli strati superficiali del terreno sia per l'effetto protettivo direttamente operato sul suolo;
- una riduzione nell'impiego dei fitofarmaci normalmente usati per la difesa delle colture agrarie;
- una consistente riduzione dei rischi di inquinamento delle acque superficiali per le minori perdite di nutrienti dal suolo interessato;
- un notevole miglioramento dell'habitat per la fauna selvatica derivante dall'abbondante e prolungata presenza di biomassa sul terreno e dalla protezione fornita dalla vegetazione per buona parte dell'anno;
- il potenziale miglioramento della qualità paesaggistica dei territori rurali.



### 4.3 Attività sperimentali del progetto Biocolt – controllo e monitoraggio delle acque

#### 4.3.1 MONITORAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI, INTERSTIZIALI E SOTTERRANEE

Il sistema di monitoraggio e controllo delle acque superficiali, interstiziali e sotterranee, realizzato nell'ambito del progetto Biocolt, ha previsto l'installazione di 12 unità lisimetriche, una per ogni parcella sperimentale e dimostrativa, posizionata all'atto della costituzione ad una profondità di 90 cm (Figura 4.1) e di 6 unità piezometriche, posizionate nelle parcelle di canna comune e panico ad una profondità di circa 5-6 m ad intercettare la falda più superficiale (Figura 4.2).

Il monitoraggio delle acque nelle unità lisimetriche e piezometriche ha avuto frequenza trimestrale (Figura 4.3); contestualmente sono stati realizzati i controlli sulla qualità delle acque dei canali circostanti le parcelle sperimentali, compresi il Canale dei Cuori ed il fiume Dese.

Sono stati analizzati i seguenti parametri: pH, concentrazione in COD (*Chemical Oxygen Demand*), fosforo totale, azoto totale, azoto nitroso, azoto nitrico ed azoto ammoniacale.

**Figura 4.1: unità lisimetrica presso una parcella a canna comune (sopra) e pioppo (sotto).**



**Figura 4.2: allestimento dell'unità piezometrica presso una parcella sperimentale.**



**Figura 4.3: campionamento delle acque lisimetriche presso una parcella sperimentale a canna comune.**



I dati ottenuti nel corso del controllo e monitoraggio delle acque di ogni sito sperimentale hanno permesso di verificare la qualità delle acque interstiziali delle diverse colture dedicate.

In sintesi, nel sito sperimentale di Cona (VE), dove sono state confrontate le colture di canna comune, loiessa, festuca e panico, l'analisi dei profili ottenuti evidenzia che le parcelle coltivate a canna comune presentano soluzioni interstiziali caratterizzate da un minore contenuto in nutrienti rispetto a festuca e loiessa (il panico non è stato considerato in relazione al mancato affrancamento della coltura), in particolar modo per nitrati ed azoto ammoniacale. A conferma del quadro offerto dalla letteratura, la canna comune dimostra di sfruttare i nutrienti presenti nel terreno in forma solubile nella soluzione circolante, facendone riserva nei rizomi ed impiegandoli per lo sviluppo della grande quantità di biomassa epigea e dell'esteso apparato radicale.

Nel sito sperimentale di Trebaseleghe (PD), dove sono state confrontate le colture di canna comune e miscanto (entrambe in impianti che avevano già raggiunto la piena maturità di sviluppo), nonché di panico e loiessa, le differenze complessivamente riscontrate nella composizione delle soluzioni interstiziali non permettono di stabilire un diverso comportamento delle colture nei confronti della lisciviazione dei composti ad effetto eutrofizzante.

#### **4.3.2 ATTENUAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE NEL SUOLO CAUSATO DA APPORTI AZOTATI DI ORIGINE ZOOTECNICA MEDIANTE L'IMPIEGO DELLA COLTURA DI CANNA COMUNE**

La canna comune ottempera alla duplice finalità di sequestrare l'azoto dal terreno per il suo fabbisogno e di produrre biomassa da impiegare a scopi energetici. Questo approccio permette di favorire un'attenuazione del forte impatto ambientale nel suolo causato dall'azoto di origine agricola e zootecnica.

Per questo motivo è stato testato, in un sistema chiuso, l'effetto della canna comune sulla movimentazione e sull'assorbimento dell'azoto a seguito dello spandimento di reflui zootecnici (Figura 4.4). Allo scopo è stata allestita una sperimentazione, durante la quale il liquame bovino è stato applicato come fonte azotata (quantitativi pari a circa 165 e 330 kg N/ha), in uno stesso tipo di terreno piantumato con canna comune o privo di vegetazione (Figura 4.5). La mobilità dell'azoto è stata valutata monitorando la concentrazione di questo macroelemento nella soluzione interstiziale del suolo mediante il prelievo dai lisimetri predisposti in metà delle tesi sperimentali allestite, mentre, per valutare l'effetto della canna comune sul sequestro dell'azoto, sono stati controllati i contenuti residui di questo elemento nei terreni.

**Figura 4.4: test sperimentale in un sistema chiuso piantumato con canna comune e privo di vegetazione (inizio sperimentazione).**



**Figura 4.5: applicazione del liquame bovino (tesi canna comune).**



La sperimentazione condotta, seppure scontrandosi con difficoltà tecniche legate alla riproduzione alla micro-scala di un sistema complesso come quello di un suolo agrario, ha consentito di confermare l'effetto protettivo che la canna comune è in grado di esercitare nei confronti della lisciviazione dell'azoto. In particolare, gli esiti del controllo della soluzione interstiziale del terreno hanno messo in evidenza come la canna comune contribuisca all'instaurarsi di un equilibrio tra la solubilizzazione dell'azoto apportato dalle pratiche agronomiche, che incrementa il rischio di lisciviazione, ed il suo asporto per assorbimento da parte dell'apparato radicale.

