

Un modello di programmazione multicriteriale di supporto alla selezione di interventi di politica agro-ambientale a scala regionale

Cesare Dosi**, Paolo Rosato***

Presentazione del Lavoro (Danilo Agostini*)

Non entro in merito alla relazione che è stata predisposta dal dr. Dosi e Rosato, che è frutto di una ricerca affidata dalla Regione all'E.S.A.V nell'ambito di indagini sui problemi ambientali avviate circa 6 anni fa.

Approfitto della parola che mi è stata cortesemente data dal Presidente, per ringraziare e congratularmi con il Ce.S.E.T. per aver affrontato il problema della sostenibilità ed eco-compatibilità dell'attività agricola.

C'è bisogno di chiarimenti, a cominciare dal significato che viene attribuito ai termini sopra menzionati, e per definire i contenuti e i percorsi tecnici da seguire perchè la nostra agricoltura, tanto efficiente, sia anche eco-compatibile o meglio sostenibile.

Non si tratta di un discorso accademico, ma di un'esigenza operativa, perchè è necessario un comune punto di riferimento per tutti coloro che sono chiamati, a titolo diverso, ad operare nel settore primario e che si propongono di limitare, se non eliminare, gli impatti negativi sull'ambiente delle tecniche colturali in atto.

E' importante a mio avviso, che vi siano apporti scientifici e tecnici in merito alle problematiche sopra indicate, al fine di sollecitare la "Mano Pubblica" a fare la sua parte, evitando lungaggini politico-burocratiche in un comparto tanto delicato quale è quello della tutela dell'ambiente in presenza di attività produttive quali l'agricoltura.

Venezia e il suo entroterra, è un classico esempio di incapacità operativa e decisionale, pur in presenza di tutte le condizioni che sono ritenute necessarie per agire e cioè: la grande sensibilità per la tutela della laguna, la legge speciale, i piani di intervento, i finanziamenti e i pronunciamenti politici che si sarebbe proceduto.

In sintesi, bene ha fatto il Ce.S.E.T. a proporre e approfondire il tema della sostenibilità perchè sarà il problema con il quale volenti o nolenti ci si dovrà confrontare negli anni a venire.

* Prof. ordinario di Estimo r. nell'Università di Padova

** Ricercatore presso la Facoltà di Scienze economiche e bancarie nell'Università di Udine

*** Ricercatore presso il Dipartimento territorio e sistemi agro-forestali nell'Università di Padova

1. Introduzione

Analogamente a quanto avvenuto in altre regioni europee, anche nel Veneto sono andate intensificandosi e diffondendosi preoccupanti forme di degrado delle risorse idriche, quali l'aumento delle concentrazioni di nitrati e pesticidi negli acquiferi e i ricorrenti *bloom* algali nel medio ed alto Adriatico, attribuibili, in tutto o in parte, alla perdita di inquinanti dai suoli coltivati.

L'attenzione crescente nei confronti del rapporto agricoltura-ambiente è testimoniata dai numerosi studi condotti in questi anni aventi per oggetto la ricerca di soluzioni "produttive" ed "istituzionali" in grado di contribuire a mitigare la pressione ambientale esercitata da alcuni settori del comparto primario.

Il progetto di ricerca del quale viene qui di seguito proposta una sintesi di alcuni risultati preliminari appartiene a questo filone di studi e si propone di fornire un contributo alla selezione di interventi di politica agro-ambientale attraverso l'elaborazione di procedure in grado di simulare i plausibili impatti ⁽¹⁾.

La formulazione di tali interventi presuppone, ovviamente, una valutazione circa la natura e l'estensione degli scostamenti tra le *performance* del comparto agricolo e i *desiderata* del decisore pubblico. Nel presente lavoro, l'identificazione degli scostamenti in parola viene affidata al confronto tra le simulazioni ottenute attraverso un modello di ricerca operativa settoriale e le soluzioni ottenute a partire da un modello di programmazione multicriteriale nel quale viene assunta a funzione obiettivo una stilizzata rappresentazione delle plausibili preferenze del *policy-maker*.

La difficoltà di estrarre da quest'ultimo giudizi di valore suscettibili di essere tradotti in un *set* di "pesi" in grado di descrivere, in senso cardinale, l'importanza assegnata al perseguimento di obiettivi quali la riduzione delle emissioni inquinanti, la tutela dei redditi delle imprese agricole e/o la salvaguardia dei livelli occupazionali, ha suggerito di rivolgere l'attenzione ad una particolare metodologia di analisi multicriteriale, la "programmazione lessicografica ad obiettivi definiti prioritari" (*Lexicographic Goal Programming*), la cui implementazione presuppone solo la formulazione di plausibili ordinamenti degli obiettivi del decisore.

Al fine di tarare la metodologia proposta è stato selezionato come caso di studio il bacino "Isola di Ariano", una zona spiccatamente rurale situata nella porzione meridionale della regione Veneto.

Per quanto concerne le emissioni, nell'attuale fase di sviluppo della ricerca l'attenzione è stata concentrata sulle perdite di nutrienti (azoto e fosforo), sia in ragione della rilevanza che tali perdite rivestono nei

confronti della qualità dei corpi idrici, sia per la maggiore disponibilità di informazioni sui processi che regolano l'impiego di tali input nonchè su quelli che presiedono la formazione ed il trasporto dei carichi inquinanti.

Le principali caratteristiche dell'area di studio sono sommariamente descritte nel paragrafo seguente mentre i paragrafi 3 e 4 sono rispettivamente dedicati alla descrizione della struttura del modello di simulazione e alla presentazione dei primi risultati ottenuti.

2. Descrizione dell'area di studio

Il bacino "Isola di Ariano", situato nella provincia di Rovigo e comprendente i comuni di Taglio di Po, Ariano nel Polesine e Corbola, ha una superficie territoriale di circa 16.000 ettari (Fig. A).

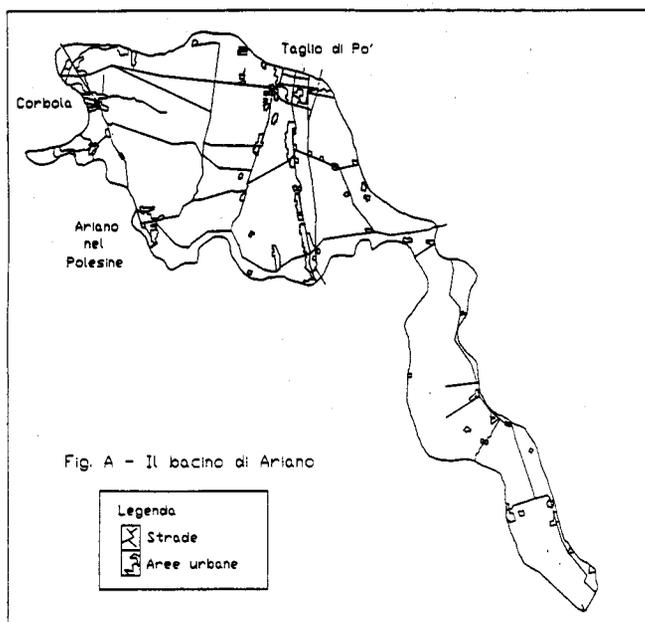


Fig. A - Il bacino di Ariano

Circondata da tre bracci del fiume Po, l'Isola di Ariano si caratterizza per una situazione idraulica particolare in quanto, se dovesse venir meno l'attuale regime artificiale idraulico, verrebbe invasa dalle acque e buona parte del territorio compreso nel bacino tornerebbe a costituire un tratto di mare. Le prime opere di bonifica risalgono alla prima metà del sedicesimo secolo e sono proseguite con alterne fortune sino alla seconda metà degli

anni settanta cui risale il più recente riordino idraulico con la realizzazione della nuova idrovora di Goro.

Le ragioni che hanno suggerito di scegliere l'Isola di Ariano come caso di studio sono sostanzialmente due. In primo luogo, il comparto agricolo, nel suo complesso, possiede adeguate caratteristiche di rappresentatività dell'agricoltura intensiva praticata in ampie porzioni della pianura veneta. In secondo luogo, le particolari caratteristiche idrologiche dell'area rendono l'Isola di Ariano una sorta di "laboratorio" nell'ambito del quale tarare modelli di simulazione della formazione e trasferimento dei carichi inquinanti attribuibili alle attività agricole; non solo, infatti, sono quasi assenti altre significative sorgenti inquinanti (almeno per quanto concerne le perdite di azoto e fosforo), ma la quasi totalità dei carichi viene "recapitata" in un singolo punto e ciò dovrebbe consentire di valutare il grado di corrispondenza tra valori simulati e valori effettivi.

La superficie agricola utilizzata ammonta a circa 11,500 ettari ⁽²⁾.

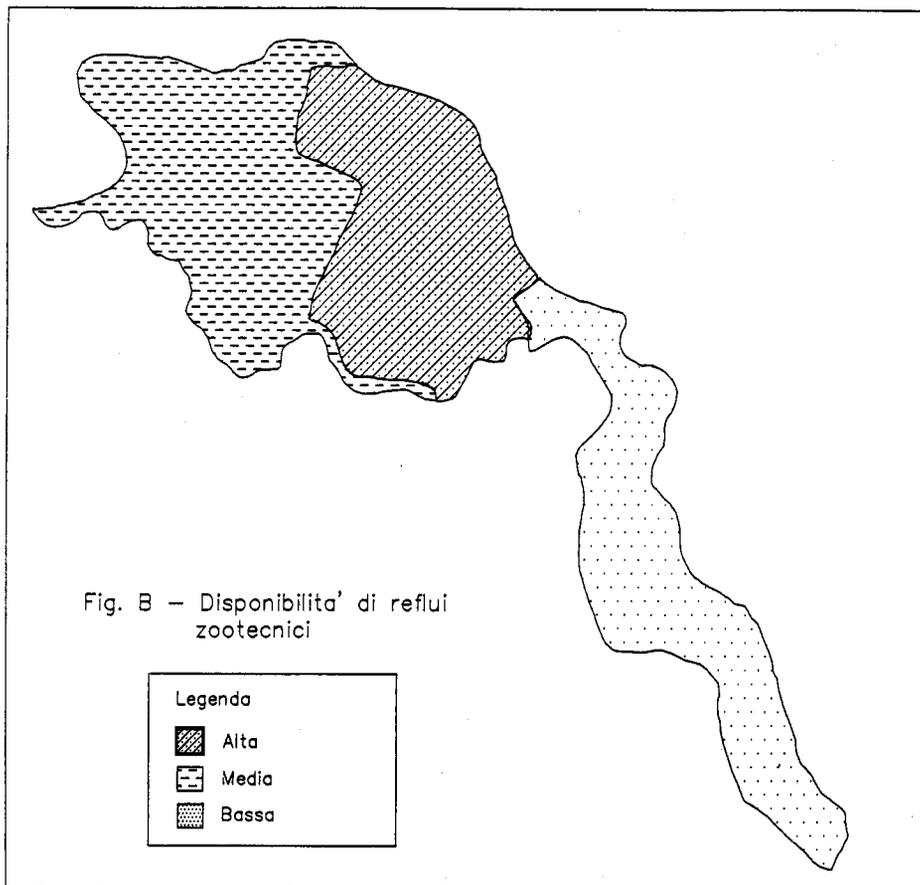
A differenza di quanto avvenuto in altre porzioni della regione Veneto, l'area non è stata interessata nel recente passato da fenomeni di contrazione della superficie agricola e pare legittimo ritenere che anche nel prossimo futuro non dovrebbero manifestarsi significative domande d'uso del suolo concorrenti.

Alla data dell'ultimo Censimento (1981), gli occupati in agricoltura costituivano oltre il 20% degli occupati totali; rilevazioni più recenti indicano in circa 1,400 le unità lavorative, di cui circa 500 salariati ⁽³⁾.

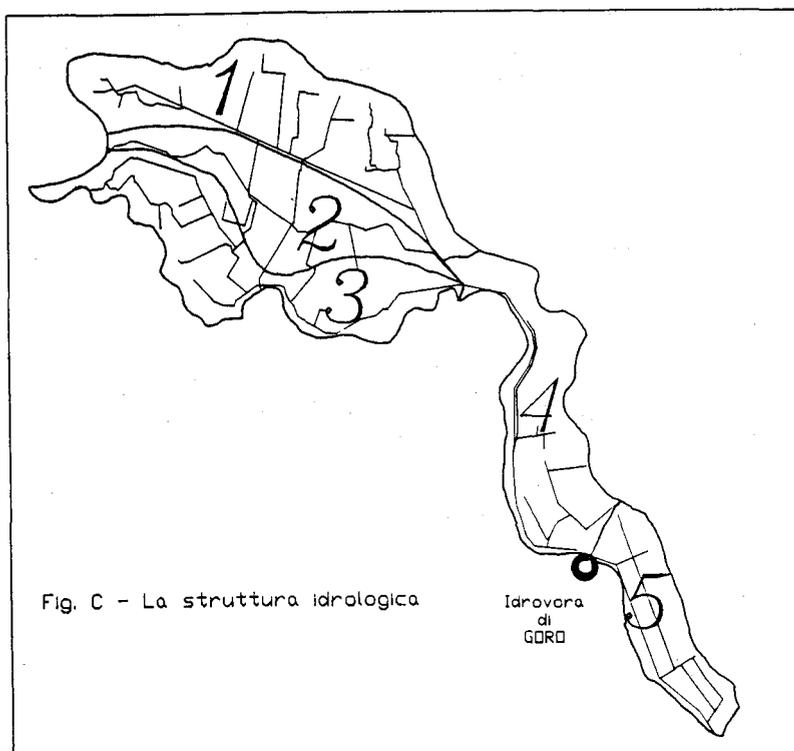
Per quanto concerne la tipologia delle imprese agricole, l'area si caratterizza per una significativa presenza di aziende con salariati ("capitalistiche") che posseggono oltre il 25% della superficie agricola ⁽⁴⁾ e per una superficie media aziendale superiore ai valori medi regionali. Nel corso degli ultimi anni si è peraltro accentuata la tendenza alla concentrazione della proprietà e dell'attività di conduzione, un fenomeno in buona parte ascrivibile al limitato sviluppo extra-agricolo dell'area che, a differenza di quanto avvenuto in molte aree del Veneto, limita la sostenibilità di attività agricole part-time.

Le colture industriali e i seminativi sono largamente prevalenti, anche se negli ultimi anni si è registrato un aumento delle colture orticole; soia, mais, cereali autunno-vernini, barbabietola e medica coprono circa il 90% dell'intera superficie agricola utilizzata ⁽⁵⁾. L'affermarsi della soia costituisce un fenomeno relativamente recente, ed è avvenuto essenzialmente a scapito del mais il quale, tuttavia, ha manifestato, rispetto ad altre aree, una maggiore tenuta; la produzione di medica è legata essenzialmente alla presenza di impianti di disidratazione; l'ettarato dei cereali autunno-vernini e della barbabietola appaiono sostanzialmente stabili.

L'attività zootecnica risulta relativamente modesta e concentrata in un numero limitato di aziende localizzate soprattutto nella porzione settentrionale del bacino. Sulla base delle informazioni disponibili riguardo la numerosità dei capi presenti ⁽⁶⁾, il territorio del bacino è stato suddiviso in tre sub-aree, ciascuna caratterizzata da una diversa disponibilità media per ettaro di nutrienti di origine animale (Fig. B) ⁽⁷⁾ ⁽⁸⁾.

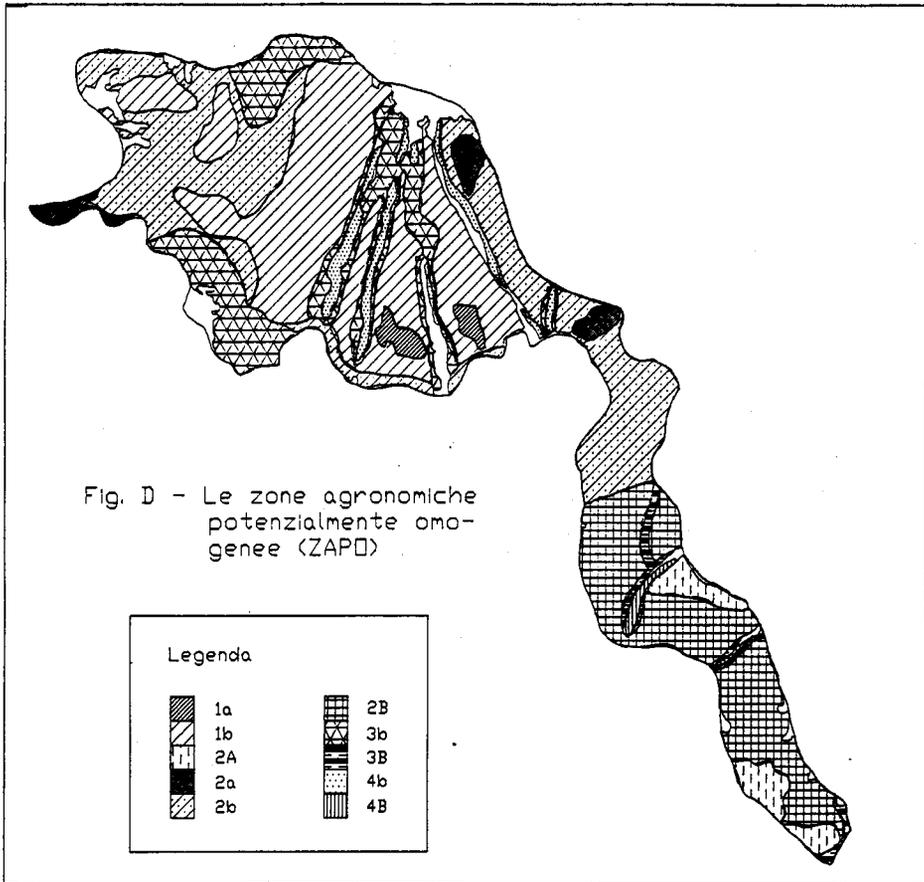


Le caratteristiche idrologiche dell'Isola di Ariano consentono di identificare al suo interno cinque sottobacini idraulici (Fig. C).



Ai fini del presente lavoro la suddivisione in sottobacini rileva soprattutto per la stima del "rapporto di consegna", vale a dire, del rapporto tra la quantità di nutrienti effettivamente recapitata nel corpo idrico di riferimento (fiume Po) e i rilasci a livello di campo ⁽⁹⁾.

Questi ultimi sono stati stimati attraverso un modello empirico sviluppato presso l'Istituto di Agronomia dell'Università di Padova (Giardini, Giupponi, 1987) ⁽¹⁰⁾. L'applicazione di questo modello - che fornisce una stima delle perdite a livello di campo su base annuale - presuppone una classificazione del territorio in "zone agronomiche potenzialmente omogenee" (ZAPO), le quali sono definite sulla base delle disponibilità idriche e delle caratteristiche pedologiche. Le indagini fin qui condotte, curate dall'Istituto di Agronomia, hanno consentito di identificare nell'Isola di Ariano 10 tipologie di terreni (Fig. D), le cui caratteristiche sono riportate nella Tab. 1.

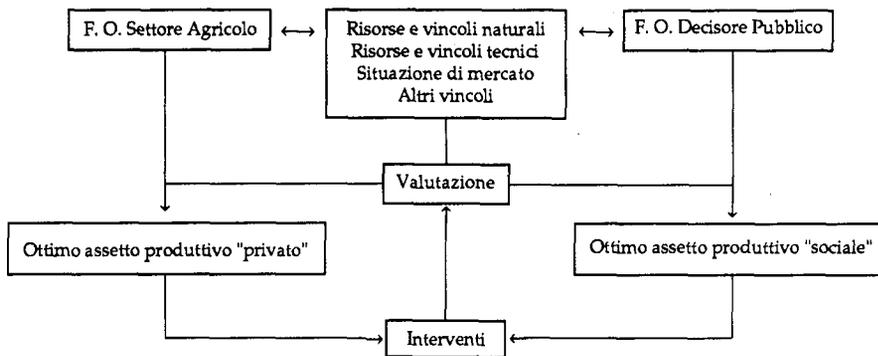


TAB. 1 - BACINO DI ARIANO
 CARATTERISTICHE DELLE ZONE AGRONOMICHE POTENZIALMENTE OMOGENEE (ZAPD)

| Zapo | Tipo di Terreno | Umidità | Irrigazione |
|------|-----------------------|---------|-------------|
| 1a | Argilloso | + | Soccorso |
| 1b | Argilloso | - | Soccorso |
| 2a | Medio-Impasto | + | Soccorso |
| 2A | Medio-Impasto | + | Imp. Fisso |
| 2b | Medio-Impasto | - | Soccorso |
| 2B | Medio-Impasto | - | Imp. Fisso |
| 3b | Medio-Impasto-Leggero | - | Soccorso |
| 3B | Medio-Impasto-Leggero | - | Imp. Fisso |
| 4b | Sabbioso | - | Soccorso |
| 4B | Sabbioso | - | Imp. Fisso |

3. La struttura del modello di simulazione

L'identificazione di possibili scostamenti tra le *performance* del comparto agricolo ed i presumibili *desiderata* del *policy-maker* è stata affidata, nel presente lavoro, al confronto tra le simulazioni ottenute a partire da un modello di programmazione multicriteriale nel quale la funzione obiettivo degli imprenditori agricoli, utilizzata per simulare l'attuale assetto produttivo, viene rimossa e sostituita da una funzione obiettivo definita a partire da alcune ipotesi riguardo le plausibili "preferenze" di un ipotetico decisore pubblico (DP) (Fig. E).



All'interazione tra i due blocchi del modello viene affidata l'identificazione di interventi di politica agro-ambientale in grado di indurre cambiamenti rispetto alle attuali decisioni produttive e, per questa via, moderare l'intensità degli scostamenti tra l'assetto produttivo e quello compatibile con i *desiderata* del *policy-maker*. A tutt'oggi è stata tuttavia approfondita solo la costruzione dei due modelli di base mentre l'identificazione degli interventi costituirà oggetto della seconda fase del progetto di ricerca

Il modello settoriale (blocco 1)

Sulla base dei risultati delle indagini condotte sul territorio, delle informazioni statistiche e delle conoscenze disponibili riguardo le "funzioni di produzione" e i processi di formazione e trasferimento dei carichi inquinanti, è stato costruito un modello di programmazione lineare a scala settoriale mirante a rappresentare alcune tra le principali interrelazioni tra dotazione di risorse (superficie, qualità dei terreni, disponibilità di lavoro, etc...), variabili economiche (prezzo dell'output, costo delle unità fertilizzanti, salari, etc...) e decisioni produttive, concentrando l'attenzione soprattutto su quelle aventi per oggetto il riparto colturale ed i piani di concimazione. Il modello comprende 750 "attività", ciascuna delle quali è definita nel modo seguente:

$$(Xc) f b w a t$$

dove:

c = medica, mais, soia in primo raccolto, barbabietola, cereali autunno-vernini, soia in secondo raccolto;

f = livello di impiego di nutrienti (azoto e fosforo);

b = sottobacino idrologico di appartenenza;

w = zona di carico zootecnico di appartenenza;

z = zona agronomia potenzialmente omogenea di appartenenza ⁽¹¹⁾;

t = tipologia dell'impresa agricola.

Per quanto concerne il livello di impiego di nutrienti, sono state considerate quattro ipotesi:

"0" = livelli di impiego di fertilizzanti chimici attualmente prevalenti con aggiunta delle deiezioni di origine animale disponibili nelle rispettive zone di carico zootecnico;

"1" = parziale sostituzione di fertilizzanti chimici con i reflui zootecnici disponibili nell'area, fino al raggiungimento di un livello di impiego di "nutrienti equivalenti" pari ai livelli attuali di fertilizzazione chimica;

"2" = riduzione del 25% degli impieghi attuali complessivi di nutrienti;

"3" = riduzione del 50% degli impieghi attuali complessivi di nutrienti.

Al fine di simulare il comportamento delle imprese agricole, si è assunto che le scelte produttive non possano essere interpretate alla luce della mera preoccupazione di massimizzare il reddito atteso, ma siano influenzate da un certo grado di avversione al rischio. Mutuando un

formalizzata attribuendo agli operatori agricoli la seguente funzione obiettivo:

$$\max L$$

dove:

$$L = E_x - \phi O_x$$

E_x : reddito atteso imputabile ad una particolare decisione produttiva;

O_x : deviazione standard;

ϕ parametro che descrive il grado di avversione al rischio ($\phi \leq 0$).

Si noti che se, come assumiamo, i risultati economici attribuibili ad una certa decisione produttiva (coltura praticata e/o livelli di impiego dei fattori produttivi) tendono a distribuirsi normalmente, allora, dato un certo valore di Φ , l'adozione dell'*expected gain-confidence limit criterion* suggerito da Baumol "...leads to the selection of the farm plan having the largest value of the corresponding income fractile" (Hazell-Norton, 1986, pp. 91-92).

L'adozione di tale regola decisionale presuppone, ovviamente, l'identificazione di un plausibile valore di Φ .

In alcuni lavori empirici il parametro viene stimato "direttamente" attraverso procedure miranti ad elicere il grado di avversione al rischio degli agenti.

In altri contributi viene invece seguito un approccio "indiretto", che prevede la formulazione di ipotesi circa un plausibile intervallo per Φ , la soluzione del modello ipotizzato utilizzando diversi valori compresi nell'intervallo e la selezione quindi del valore di Φ cui corrisponde il fit migliore tra i piani di produzione simulati e quelli osservati (Hazell-Norton, 1986).

In questo lavoro abbiamo seguito il secondo degli approcci menzionati, sicuramente prevalente nei lavori empirici aventi per oggetto la costruzione di modelli a scala "regionale" ⁽¹²⁾ ⁽¹³⁾.

La rappresentazione delle preferenze del decisore pubblico (blocco 2)

Al fine di poter esprimere un giudizio circa la necessità o meno di interventi volti ad alterare l'assetto produttivo descritto dalle simulazioni ottenute attraverso il modello settoriale, è evidentemente necessario for-

mulare alcune ipotesi riguardo i *desiderata* del decisore pubblico.

Al riguardo, pare legittimo assumere che la "massimizzazione dei profitti privati" costituisca solo una delle preoccupazioni rilevanti, e che le preferenze del *policy-maker* possano essere meglio descritte attraverso una funzione obiettivo multidimensionale.

Benchè sia plausibile assumere che il perseguimento di obiettivi quali:

- il mantenimento di accettabili condizioni di redditività per le aziende diretto-coltivatrici ⁽¹⁴⁾;

- il mantenimento di accettabili condizioni di redditività per le aziende capitalistiche;

- la salvaguardia dei livelli occupazionali presso le aziende con salariati;

- la riduzione delle "esternalità ambientali" associate alle attività produttive ⁽¹⁵⁾ svolgono un ruolo importante nella formulazione di interventi di politica agro-ambientale, è di regola difficile, se non impossibile, estrarre dal decisore pubblico un esplicito set di giudizi di valore atti a descrivere il "peso" relativo assegnato al conseguimento dei singoli obiettivi (16). E' possibile, tuttavia, ipotizzare ordinamenti di tali obiettivi, e ciò ha suggerito di rivolgere l'attenzione ad un particolare metodo di programmazione, denominato, nell'ambito della letteratura specialistica in tema di analisi multicriteriale, "programmazione ad obiettivi definiti prioritari" (*Lexicographic Goal Programming, LGP*), appartenente alla classe dei metodi di "programmazione ad obiettivi definiti" (*Goal Programming, GP*).

L'utilizzo di procedure di GP presuppone la specificazione, da parte del decisore, degli obiettivi rilevanti e, per ciascuno di essi, di un livello di raggiungimento (*target*) desiderato; l'ottima soluzione è quella che consente di minimizzare gli scarti, positivi o negativi, rispetto ai *target* definiti per ciascun obiettivo. Di regola, tuttavia, il decisore non attribuisce la stessa importanza al perseguimento dei singoli *target*, e ciò importa la necessità di tener conto, nella costruzione del modello, della gerarchia esistente nell'ambito dell'insieme degli obiettivi rilevanti. Se l'analista è in grado di identificare una serie di "pesi" in grado di esprimere l'importanza relativa attribuita ai diversi obiettivi, potrà essere formulato un modello di "programmazione ad obiettivi definiti pesati" (*Weighted Goal Programming*). Se l'analista, come in genere accade, non è in grado di identificare un set di pesi ma solo di individuare un'ordine di priorità, la soluzione metodologica consisterà nella formalizzazione di un modello di LGP.

In estrema sintesi la soluzione di un modello di LGP ⁽¹⁷⁾ richiede, preliminarmente, la definizione di variabili "deviazionali" che esprimono

lo scostamento rispetto ai singoli *target*. Vengono quindi introdotte per prime nella funzione obiettivo quelle relative all'obiettivo prioritario e ne viene calcolato il valore che viene quindi inserito come costante in una nuova matrice assieme alle variabili deviazionali relative al secondo obiettivo da conseguire e così via fino all'esaurimento degli obiettivi stessi.

Ritornando al nostro problema, sia per la difficoltà di decifrare gli orientamenti del decisore pubblico, sia per garantire un sufficiente grado di flessibilità alle simulazioni sia, infine, per descrivere le possibili implicazioni di ordinamenti alternativi degli obiettivi indicati in precedenza, sono stati ipotizzati due scenari (vedi Tab. 2) attraverso cui si è tentato di rappresentare, in modo stilizzato, due diversi orientamenti del decisore pubblico in materia di politica "agro-ambientale".

Il primo (Scenario-1) tenta di mimare le preferenze di un ipotetico decisore pubblico che considera prioritaria la tutela dei redditi agricoli e

TAB. 2 - LE PRIORITÀ DI DECISORE PUBBLICO

| Scenario "1" | Scenario "2" | |
|--|--|---|
| | "A" | "B" |
| Redditi delle aziende diretto-coltivatrici | Riduzione dei rilasci di nutrienti | Riduzione dei rilasci di nutrienti |
| Occupazione salariata | Redditi delle aziende diretto-coltivatrici | Redditi delle aziende diretto-coltivatrici & Redditi delle aziende capitalistiche |
| Redditi delle aziende capitalistiche | Occupazione salariata | |
| Riduzione dei rilasci di nutrienti | Redditi delle aziende capitalistiche | Occupazione salariata |

dell'occupazione e, fatto salvo questo obiettivo, tenta di mitigare la pressione ambientale esercitata dal settore primario.

Il secondo scenario è stato costruito assumendo che l'ipotetico decisore pubblico consideri invece prioritaria la riduzione delle perdite di inquinanti e, fatto salvo questo obiettivo, ricerchi soluzioni allocative in grado di mitigare le eventuali implicazioni reddituali. Più in particolare, si è tentato di rappresentare due possibili orientamenti del decisore pubblico

in tema di distribuzione intra-settoriale dei "costi" associati alla riduzione dell'impatto ambientale. Il primo (Scenario-2A) corrisponde all'assunzione che il decisore pubblico reputi socialmente desiderabile un contenimento dei costi a carico delle imprese diretto-coltivatrici e dei lavoratori salariati, concentrando i costi del riorientamento delle decisioni produttive soprattutto sulle imprese capitalistiche; con il secondo (Scenario-2B), invece, si è tentato di rappresentare la preoccupazione di distribuire "uniformemente" tali costi sui due tipi di impresa agricola.

4. Risultati ottenuti e considerazioni finali.

I principali risultati ottenuti sono le diverse ipotesi riguardo le priorità assegnate dal decisore pubblico al perseguimento degli obiettivi richiamati in precedenza sono proposti nella tab. 3.

I valori proposti riguardano, da un lato, le decisioni produttive - in particolare riparto colturale a livello aggregato, localizzazione delle colture e livelli di impiego dei nutrienti - compatibili con l'ordinamento degli obiettivi "sociali" di volta in volta ipotizzato; dall'altro i risultati, sotto il profilo reddituale, occupazionale ed "ambientale" (rilasci di azoto e fosforo a livello di campo e di bacino) conseguenti l'adozione di tali decisioni produttive.

Quando si assume che il decisore pubblico consideri comunque prioritaria la massimizzazione dei redditi (attesi) delle imprese agricole e la salvaguardia dei livelli occupazionali presso le aziende che utilizzano lavoratori salariati, e che solo subordinatamente al conseguimento di questo obiettivo persegui la minimizzazione delle perdite di inquinanti, i risultati ottenuti indicano la sostanziale compatibilità tra l'attuale assetto produttivo e quello "socialmente" ottimizzante. La soluzione ottenuta a partire da un modello di programmazione multicriteriale nel quale la funzione obiettivo è definita in modo da riflettere le priorità appena descritte (Scenario-1), infatti, non indica la necessità di significativi cambiamenti nei riparti colturali a livello aggregato, nell'attuale localizzazione delle colture e nei livelli di impiego fertilizzanti minerali. Le riduzioni nelle perdite di azoto e fosforo (rispettivamente circa 18% e 22%) sono da attribuirsi esclusivamente ad una razionalizzazione dell'impiego dei nutrienti di origine animale disponibili nelle diverse zone di carico zootecnico appartenenti al bacino di studio.

In sintesi, quindi, nella misura in cui lo Scenario-1 sia sufficientemente adeguato a rappresentare i *desiderata* del decisore pubblico, una riduzione delle perdite di nutrienti dovrebbe essere affidata ad interventi in grado

di promuovere un impiego "agronomico" dei reflui zootecnici evitando che la distribuzione di questi sui terreni agricoli si configuri come mero spargimento e che il loro apporto venga trascurato nella formulazione dei piani di concimazione.

Tuttavia, quando si assume un diverso ordinamento degli obiettivi di politica agro-ambientale, ed in particolare, si assume la priorità della riduzione della pressione esercitata nei confronti della qualità dei corpi idrici, i risultati ottenuti suggeriscono la necessità di interventi in grado di riorientare le decisioni produttive al fine di promuovere un diverso riparto colturale a livello aggregato, una diversa localizzazione delle colture sul territorio e riduzioni negli attuali livelli totali di impiego di nutrienti. Il contenuto di tale riorientamento, tuttavia, differisce a seconda delle ipotesi che introduciamo riguardo gli orientamenti del decisore pubblico in tema di distribuzione intrasettoriale dei "costi" del riorientamento nell'attuale assetto produttivo; in particolare, se prevalga (Scenario-2A), o meno (Scenario-2B), la preoccupazione di contenere i costi a carico delle imprese familiari e dei lavoratori salariati.

Con riferimento allo Scenario-2A, le simulazioni suggeriscono l'opportunità, a livello aggregato, di un'espansione dei cereali autunnovernalini (+82%) - con una riduzione tuttavia degli apporti complessivi di nutrienti - a scapito di barbabietola (-40%), mais (-22%) e soia (-20%). Quanto alla distribuzione ottimale sul territorio delle colture - la quale evidentemente tiene conto non solo della vocazione "produttiva" ma anche di quella "ambientale" dei diversi suoli - appare desiderabile una "migrazione" rispetto all'attuale localizzazione soprattutto per la medica e la barbabietola.

Anche con riferimento allo Scenario-2B appare desiderabile influenzare l'attuale riparto colturale a livello aggregato; tuttavia, le variazioni necessarie appaiono più contenute (+25% per i cereali a.v., -18% per il mais). Quanto alla localizzazione delle colture, si evince l'opportunità di promuovere una riallocazione spaziale per il mais e la barbabietola.

Per quanto concerne l'impiego di nutrienti, con riferimento ad entrambi gli scenari le simulazioni indicano che, ferma restando la necessità di promuovere una razionalizzazione dell'impiego di quelli di origine zootecnica, sarebbero "socialmente" desiderabili sensibili riduzioni negli apporti complessivi per il mais ed i cereali a.v. (25-50%) e, in talune tipologie di terreno, per la barbabietola.

Un dato interessante che emerge dalle simulazioni condotte con riferimento agli scenari nei quali viene assunta la priorità delle preoccupazioni di natura ambientale è costituito dall'espansione dell'impiego di lavoro presso le aziende diretto-coltivatrici (e la sostanziale stabilità

dell'occupazione salariata nello Scenario-2B). In altre parole, almeno per quanto concerne le perdite di nutrienti, la riduzione della pressione ambientale sembra passare attraverso assetti produttivi a maggiore intensità di lavoro.

Un confronto dei risultati ottenuti nei diversi scenari consente di svolgere alcune considerazioni circa i possibili trade-off tra abbattimento delle perdite di nutrienti e redditi delle imprese agricole. Con riferimento allo Scenario-1, notiamo che una riduzione delle perdite di azoto e fosforo pari rispettivamente a circa il 17% e 22% potrebbe essere conseguita senza riduzioni nei redditi derivanti dalle produzioni vegetali. E' opportuno tuttavia sottolineare che tale risultato deriva dall'assunzione che i costi connessi con una più corretta gestione dei reflui zootecnici restino a carico degli allevatori e/o dell'operatore pubblico; d'altra parte se, come indicano da più parti, l'adozione di appropriati interventi gestionali (ad esempio l'istituzione di consorzi per la raccolta, il trattamento e la distribuzione dei reflui) consentisse di mettere a disposizione dell'utente finale unità fertilizzanti a costi inferiori rispetto a quella di origine minerale, si potrebbero conseguire, accanto a quelli "ambientali", anche benefici sotto il profilo reddituale non considerati esplicitamente nel presente lavoro.

Rispetto ai livelli stimati attuali delle emissioni, in corrispondenza degli Scenari-2/A/B sono state calcolate riduzioni pari a circa il 30% cui, tuttavia, si accompagnerebbe una contrazione nel reddito aggregato delle imprese agricole. Nello Scenario-2A tale riduzione risulta pari al 15% (aziende diretto coltivatrici: -3%; aziende capitalistiche: -52%) e al 5% nello Scenario-2B (aziende diretto coltivatrici: -6%; aziende capitalistiche: -3%). In altre parole, il perseguimento dell'obiettivo di preservare al massimo i redditi delle aziende diretto-coltivatrici (Scenario-2A) implicherebbe una significativa riduzione di quello delle aziende capitalistiche e, più in generale, una consistente riduzione del reddito a livello aggregato.

Il fenomeno appena richiamato deriva dal fatto che, stanti le attuali "funzioni di produzione" e differenze nel grado di "efficienza" delle diverse tipologie aziendali, il conseguimento di target ambientali definiti a livello aggregato attraverso interventi che tendono a concentrare il riorientamento nelle decisioni produttive su quelle capitalistiche importerebbe "costi", a livello aggregato, superiori. Ovviamente, il giudizio sul rapporto costo-efficacia delle diverse politiche di intervento muterà se, al fine di valutarne i costi "sociali", il parametro di valutazione reddito aggregato viene integrato da considerazioni di natura distributiva.

Prima di concludere, è opportuno sottolineare che i risultati proposti costituiscono il risultato di simulazioni ottenute a partire da un modello che sicuramente necessita di rifiniture e miglioramenti anche se riteniamo

che il prototipo sviluppato possieda un grado di flessibilità tale da consentire di incorporare i progressi dell'attività di ricerca in corso.

Tali progressi dovrebbero riguardare, in particolare:

- la stima dei rilasci di nutrienti a livello di campo;
- la stima dei rilasci di inquinanti (in particolare i pesticidi) diversi da azoto e fosforo;
- la rappresentazione dei processi di trasferimento dei carichi inquinanti (in particolare per quanto concerne l'azoto);
- la stima dei costi e benefici finanziari inerenti un più corretto uso agronomico delle unità fertilizzanti di origine animale;
- una più attenta rappresentazione del comportamento degli operatori agricoli, specie per quanto concerne il grado di avversione al rischio.

Da ultimo occorre sottolineare che l'attenzione è stata concentrata sugli aspetti modellistici inerenti l'identificazione delle trasformazioni nei processi produttivi e nelle modalità di uso del suolo suscettibili di ridurre il *gap* tra le *performance* del comparto agricolo ed i *desiderata* di un ipotetico decisore pubblico. La realizzazione di tali trasformazioni presuppone ovviamente l'identificazione di interventi di politica agro-ambientale, in grado di modificare l'attuale sistema delle convenienze. Con riferimento alla Fig. E, si tratta quindi di sviluppare la fase di valutazione e di simulazione degli interventi. Tale sviluppo costituisce uno degli obiettivi assegnati alle successive fasi di questa ricerca.

TAB. 3 - PRINCIPALI RISULTATI

| Variabili | Scenario | Scenario | Scenario "2" | |
|-------------------------------------|----------|----------|--------------|------|
| | | | "A" | "B" |
| | Base | "1" | | |
| Riparto colturale | | | | |
| medica ha | 1265 | 1265 | 1265 | 1265 |
| barbabietola ha | 1523 | 1523 | 921 | 1419 |
| Mais ha | 2632 | 2632 | 2038 | 2144 |
| Cereali a.v. ha | 2317 | 2317 | 4228 | 2908 |
| Soia I ha | 3866 | 3866 | 3150 | 3866 |
| Soia II ha | 729 | 729 | 543 | 610 |
| Localizzazione delle colture medica | | | | |
| Zapo "A" ha | 299 | 299 | 1253 | 758 |
| " " "B" ha | 421 | 421 | 0 | 420 |
| " " "C" ha | 459 | 459 | 0 | 0 |
| " " "D" ha | 12 | 12 | 12 | 12 |
| " " "E" ha | 74 | 74 | 0 | 74 |
| Barbabietola | | | | |
| Zapo "A" ha | 749 | 749 | 273 | 749 |
| " " "B" ha | 648 | 648 | 648 | 347 |
| " " "C" ha | 126 | 126 | 0 | 0 |
| " " "D" ha | 0 | 0 | 0 | 323 |
| " " "E" ha | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mais | | | | |
| Zapo "A" ha | 651 | 651 | 56 | 137 |
| " " "B" ha | 564 | 564 | 564 | 864 |
| " " "C" ha | 557 | 557 | 557 | 1142 |
| " " "D" ha | 709 | 709 | 709 | 0 |
| " " "E" ha | 151 | 151 | 151 | 0 |
| Cereali a.v. | | | | |
| Zapo "A" ha | 726 | 726 | 841 | 780 |
| " " "B" ha | 697 | 697 | 1417 | 697 |
| " " "C" ha | 489 | 489 | 1491 | 489 |
| " " "D" ha | 309 | 309 | 309 | 695 |
| " " "E" ha | 96 | 96 | 170 | 247 |
| Soia I | | | | |
| Zapo "A" ha | 1211 | 1211 | 1211 | 1211 |
| " " "B" ha | 1165 | 1165 | 866 | 1165 |
| " " "C" ha | 815 | 815 | 398 | 815 |
| " " "D" ha | 514 | 514 | 514 | 514 |
| " " "E" ha | 161 | 161 | 161 | 161 |
| Soia II | | | | |
| Zapo "A" ha | 228 | 228 | 188 | 165 |
| " " "B" ha | 219 | 219 | 163 | 219 |
| " " "C" ha | 152 | 152 | 74 | 117 |
| " " "D" ha | 99 | 99 | 97 | 99 |
| " " "E" ha | 31 | 31 | 21 | 10 |

TAB. 3 - continuazione

| Variabili | Scenario Base | Scenario "1" | Scenario "2" | |
|---------------------------|------------------|-----------------|--------------|-----|
| | | | "A" | "B" |
| Impieghi nutrienti | | | | |
| Medica | | | | |
| Livello "0" % | 45 | 0 | 0 | 0 |
| " " "1" % | 55 | 100 | 100 | 100 |
| " " "2" % | 0 | 0 | 0 | 0 |
| " " "3" % | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Barbabetola | | | | |
| Livello "0" % | 80 | 0 | 0 | 0 |
| " " "1" % | 20 | 100 | 100 | 53 |
| " " "2" % | 0 | 0 | 0 | 47 |
| " " "3" % | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mais | | | | |
| Livello "0" % | 72 | 0 | 0 | 0 |
| " " "1" % | 28 | 100 | 3 | 0 |
| " " "2" % | 0 | 0 | 97 | 100 |
| " " "3" % | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cereali a.v. | | | | |
| Livello "0" % | 68 | 0 | 0 | 0 |
| " " "1" % | 32 | 100 | 33 | 20 |
| " " "2" % | 0 | 0 | 8 | 80 |
| " " "3" % | 0 | 0 | 59 | 0 |
| Soia I | | | | |
| Livello "0" % | 68 | 0 | 0 | 0 |
| " " "1" % | 32 | 100 | 91 | 54 |
| " " "2" % | 0 | 0 | 0 | 17 |
| " " "3" % | 0 | 0 | 9 | 29 |
| Soia II | | | | |
| Livello "0" % | 0 | 0 | 0 | 0 |
| " " "1" % | 100 | 100 | 60 | 30 |
| " " "2" % | 0 | 0 | 40 | 70 |

TAB. 3 - *continuazione*

| Variabili | Scenario Base | Scenario "1" | Scenario "2" | |
|----------------------------------|------------------|-----------------|--------------|---------|
| | | | "A" | "B" |
| Impieghi sostanze chimiche (kg) | | | | |
| Azoto | 1505960 | 1505946 | 1125937 | 1059984 |
| Fosforo | 1780990 | 1780992 | 1370481 | 1398756 |
| Pesticidi | 102504 | 102504 | 79911 | 94323 |
| Rilasci a livello di campo (kg) | | | | |
| Azoto | 15515 | 126686 | 78668 | 76326 |
| Fosforo | 4439 | 3433 | 2240 | 2183 |
| Rilasci a livello di bacino (kg) | | | | |
| Azoto | 79381 | 65852 | 39690 | 39690 |
| Fosforo | 2247 | 1762 | 1124 | 1123 |
| Produzioni totali (quintali) | | | | |
| Medica | 161792 | 161792 | 137398 | 148801 |
| Barbabietola | 844023 | 844067 | 50992 | 743401 |
| Mais | 293688 | 293680 | 224635 | 252822 |
| Cereali a.v. | 141998 | 141998 | 230137 | 167340 |
| Sola | 185697 | 185697 | 143927 | 174937 |
| Lavoro impiegato (ore) | | | | |
| Aziende Diretto-coltivatrici | 376176 | 376178 | 438088 | 391912 |
| Aziende Capitalistiche | 100811 | 100811 | 75179 | 99275 |
| Totale | 476987 | 476989 | 513267 | 491188 |
| Redditi attesi (milioni di lire) | | | | |
| Aziende diretto-coltivatrici | 17160 | 17160 | 16616 | 16083 |
| Aziende Capitalistiche | 5416 | 5416 | 2623 | 5277 |
| Totale | 22576 | 22576 | 19239 | 21361 |

Riferimenti Bibliografici

W.J. Baumol, *An expected Gain Confidence Limit Criterion for Portfolio Selection*, in "Management Scienze", vol. 10, 1963, pp. 174-182.

J.B. Braden, G.V. Johnson, A. Bouzaher e D. Milts, *Optimal Spatial Management of Agricultural Pollution*, in "American Journal of Agricultural Economics", 1989, pp. 404-413

C. Dosi e G. Stellin, *Influencing Land Use Patterns to Reduce Nitrate Pollution from Fertilizers and Animal Manure: A case Study*, in A. Dubgaard e A. Hjortshoj Nielsen (a cura di), *Economic Aspects of Environmental Regulations in Agriculture*, Kiel, Wissenschaftsverlag Vauk, 1989, pp. 217-230.

L. Giardini e C. Giupponi, *Stima dei rilasci di azoto e fosforo nelle acque in seguito alle concimazioni eseguite nella provincia di Venezia*, in "ESAV-Studi e Ricerche", vol. 2, 1987, pp. 11-30

P.B.R. Hazell, R.D. Norton, M. Partharathy e C. Pomareda, *The importance of risk in agricultural planning models*, in R. D. Norton e L. Solis (a cura di), *The Book of CHAC: programming studies for mexican agriculture*, Baltimore, The John Hopkins University Press 1983, pp. 225-249.

P.B.R. Hazell e R.D. Norton, *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*, New York, MacMillan Publishing Company, 1986

W.G. Knisel, *Creams: A field-scale model for chemicals runoff and erosion from agricultural management systems*, Iowa, U.S. Department of Agriculture, 1980, rep. n. 26

G.P. Kutcher e P. Scandizzo, *The agricultural economy of northeast Brazil*, Baltimore, The John Hopkins University Press, 1981.

C. Romero e T. Rehman, *Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions*, Amsterdam, Elsevier, 1989.

M. F. Walter e R.D. Black, *Determining Sediment Yield from Agricultural Land*, Ithaca, Cornell University, Dep. Agr. Eng. Ext. Bulletin n. 445 (non datato)

Note

(1) Al progetto "Modelli agricoli alternativi per il Veneto: aspetti agronomici, economici ed ambientali", finanziato dall'Ente di Sviluppo Agricolo del Veneto, partecipano ricercatori dell'Istituto di Agronomia e del Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali dell'Università di Padova e della Facoltà di Scienze Ambientali dell'Università di Venezia.

(2) Valore stimato.

(3) Fonte: S.C.A.U., 1989. La procedura di rilevazione impiegata tende tuttavia a sovrastimare il numero delle unità effettivamente impegnate, specie per quanto concerne gli addetti presso le aziende diretto-coltivatrici.

(4) Valore stimato.

(5) Nostre elaborazioni su dati Ispettorato Provinciale dell'Agricoltura (1989) e Censimento (1982).

(6) Nell'area risultano presenti circa 13,500 bovini all'ingrasso, 2,000 suini, 900 vacche da latte e 176,000 avicoli (Nostre stime su dati Censimento (1982), U.S.S.L. (1990) e informazioni fornite dai Centri di Assistenza Tecnica).

(7) A tale scopo le quantità prodotte di reflui zootecnici sono state convertite in unità fertilizzanti equivalenti.

(8) Disponibilità di nutrienti (kg/ha)

| Densità Zootecnica | Azoto | Fosforo |
|--------------------|-------|---------|
| Bassa | 1,0 | 0,5 |
| Media | 21,0 | 17,0 |
| Alta | 56,0 | 54,0 |

(9) Nel presente lavoro si è tentato di pervenire sia ad una stima dei rilasci di nutrienti a livello di campo, sia ad una stima delle quantità di nutrienti effettivamente recapitate all'uscita del bacino. Al fine di stimare queste ultime, abbiamo mutuato ed adattato un modello proposto da Walter and Black e richiamato in Braden e al. (1989), nel quale viene proposta una relazione inversa tra la distanza fra il luogo di formazione e quello di recapito degli inquinanti, ed il tasso di trasporto degli inquinanti stessi:

$$DELIV\ 1 = \left(\pi\ DIST_1^2 \right)^\alpha$$

dove DELIV 1, è il rapporto di consegna, $\pi=3,14155$, DIST 1, è la distanza lineare più breve tra il confine del sottobacino i ed il fiume Po, e α è un parametro. Walter and Black, richiamandosi a vari studi sperimentali, indicano come plausibile intervallo per il parametro $\alpha - 0,1 + -0,3$; nel presente lavoro è stato seguito il suggerimento degli autori di selezionare un valore pari a $-0,1$.

E' opportuno sottolineare che il modello di Walter-Black è stato concepito essenzialmente per la stima del trasporto di sedimenti; almeno in prima approssimazione, esso appare quindi più appropriato per descrivere il trasporto di fosforo piuttosto che quello di azoto. Ne consegue che i futuri sviluppi della ricerca dovranno prevedere una sostituzione della relazione sopra richiamata in favore di soluzioni modellistiche alternative.

(10) Nell'ambito delle attività del gruppo di ricerca è stata prevista la

taratura del C.R.E.A.M.S. (Chemicals Runoff and Erosion for Agricultural Management Systems; Knisel, 1980) e in futuri sviluppi del modello di simulazione proposto i valori stimati delle perdite di nutrienti a livello di campo ottenute attraverso l'utilizzo questo modello dovrebbero sostituire quelle ottenute attraverso il modello empirico richiamato nel testo.

(11) Per quanto concerne le ZAPO, ai fini della simulazione si provvedute ad accorpate quelle che presentavano un maggior grado di similarità, e, in luogo di considerare tutte le dieci tipologie di terreni identificate sul territorio ne sono state considerate solo cinque. L'accorpamento delle ZAPO è stato eseguito mediante il seguente schema:

| | | |
|------|------|-------------|
| Zapo | "A": | 1A, 1B; |
| " | "B": | 2B, 2A; |
| " | "C": | 2B, 2A, 3B; |
| " | "D": | 3B; |
| " | "E": | 4B, 4B; |

(12) Si vedano, ad esempio, in proposito, i contributi di Hazell e al. (1983), Kutcher-Scandizzo (1981).

(13) Il valore stimato di Φ che, sulla base delle informazioni disponibili, consente il miglior *fit* è risultato essere pari a 1,10.

Si noti che, ai fini della stima, abbiamo assunto un identico grado di avversione per le aziende diretto-coltivatrici e quelle capitalistiche. Nei futuri sviluppi del lavoro appare sicuramente desiderabile rimuovere questa assunzione e, più in generale, verificare la possibilità di avvalersi di indagini dirette al fine di verificare la plausibilità dei valori stimati di Φ .

(14) Il reddito delle imprese diretto-coltivatrici include anche la remunerazione del lavoro familiare, mentre quello delle aziende capitalistiche è definito al netto dei salari corrisposti ai dipendenti.

(15) Nel presente lavoro ci siamo concentrati solo sulle perdite di nutrienti; in mancanza di stime affidabili del danno associato a queste perdite, le quantità stimate di nutrienti annualmente recapitate nel fiume Po sono state assunte come indice dell'intensità del "danno sociale".

(16) Tale problema potrebbe essere "risolto" facendo ricorso a procedure inferenziali miranti a dedurre, a partire dallo studio di decisioni passate, gli orientamenti del decisore pubblico; tali procedure, tuttavia, non forniscono sempre risultati soddisfacenti e/o il loro utilizzo può essere precluso semplicemente dal fatto che il *set* di decisioni dal quale gli orientamenti in parola dovrebbero essere dedotti è costituito da un insieme vuoto!

(17) Per maggiori dettagli sugli algoritmi utilizzati per la soluzione di modelli di LGP si veda Romero-Rehman, 1986, p. 36 e ss.