

SESSIONE TEMATICA: GEOSFERA

Presiede Walter Vescovi
Direttore ARPA Piemonte

Quadro delle attività svolte dal CTN_SSC nel 2000 e programmi 2001

Antonio Pugliese

Responsabile ANPA del CTN_SSC

I Centri Tematici Nazionali rappresentano il principale strumento di supporto operativo dell'ANPA per l'espletamento di quelle attività di formazione delle regole, volte favorire l'integrazione territoriale e tematica delle informazioni ambientali, e di coordinamento generale delle attività di alimentazione della base conoscitiva a livello nazionale.

Il CTN Suolo e Siti Contaminati (CTN_SSC) opera su dati e informazioni che sono ritenuti utili per descrivere la matrice ambientale "suolo" a livello nazionale e pertanto propedeutiche all'implementazione delle politiche di salvaguardia ambientale ed utilizzo del territorio, secondo i criteri dello sviluppo sostenibile.

In particolare il CTN opera sulle tematiche SINAnet riportate nella Tabella seguente.

Tabella n. 1 Tematiche SINAnet di competenza del CTN_SSC

- Qualità dei suoli
- Degradazione fisica e biologica dei suoli
- Contaminazione dei suoli da fonti diffuse
- Contaminazione puntuale e siti contaminati

Inoltre, tutte le attività del CTN sono riconducibili ai dieci obiettivi generali, comuni a tutti i CTN, che per comodità sono indicati in Tabella n. 2.

Tabella n. 2 Obiettivi generali del CTN_SSC

OB1	Gestione CTN e coordinamento
OB2	Supporto alle attività tecniche dell'ANPA
OB3	Rassegna della domanda di informazione
OB4	Sistema di indici e indicatori
OB5	Censimento delle sorgenti di dati
OB6	Raccolta, adeguamento e integrazione delle informazioni
OB7	Reti di monitoraggio
OB8	Standard di qualità ambientale
OB9	Osservatorio dei modelli
OB10	Reporting ambientale

Il primo periodo di attività del CTN, novembre 1998 - dicembre 1999, ha messo in evidenza che, a fronte di un nutrito numero di indicatori ritenuti necessari per descrivere, a livello nazionale, la matrice ambientale suolo, pochi dei numerosi dati disponibili sono di immediato utilizzo a fini conoscitivi. Ciò è principalmente causato sia dalla disomogeneità delle metodologie utilizzate per la formazione del dato sia dalla grande dispersione di competenze istituzionali. Inoltre in assenza di apposite reti di monitoraggio è praticamente impossibile una efficace ed efficiente alimentazione della base conoscitiva.

Sulla base di queste indicazioni si è ritenuto necessario modificare lo schema di ripartizione

delle risorse adottato nel primo periodo, in modo da privilegiare quelle attività volte a garantire il flusso di informazione, anche pregressa, per l'alimentazione della base conoscitiva. La drastica riduzione delle risorse dedicate alle attività afferenti agli obiettivi OB3, OB4 e OB5, è giustificata dal fatto che le banche dati ODN (Osservatorio della Domanda di informazione proveniente dalla Normativa), FONTI (Catalogo italiano delle fonti di dati ambientali) e INDICATORI (Set di indici e indicatori, organizzati secondo il modello DPSIR, con il quale contribuire al reporting sullo stato dell'ambiente), sviluppati nel corso del primo anno di attività del CTN, richiedono sostanzialmente un aggiornamento.

Come evidenziato in Figura n. 1, circa il 60% delle risorse è stato riservato alle attività finalizzate all'alimentazione della base conoscitiva, percentuale che sarà praticamente confermata anche per il 2001.

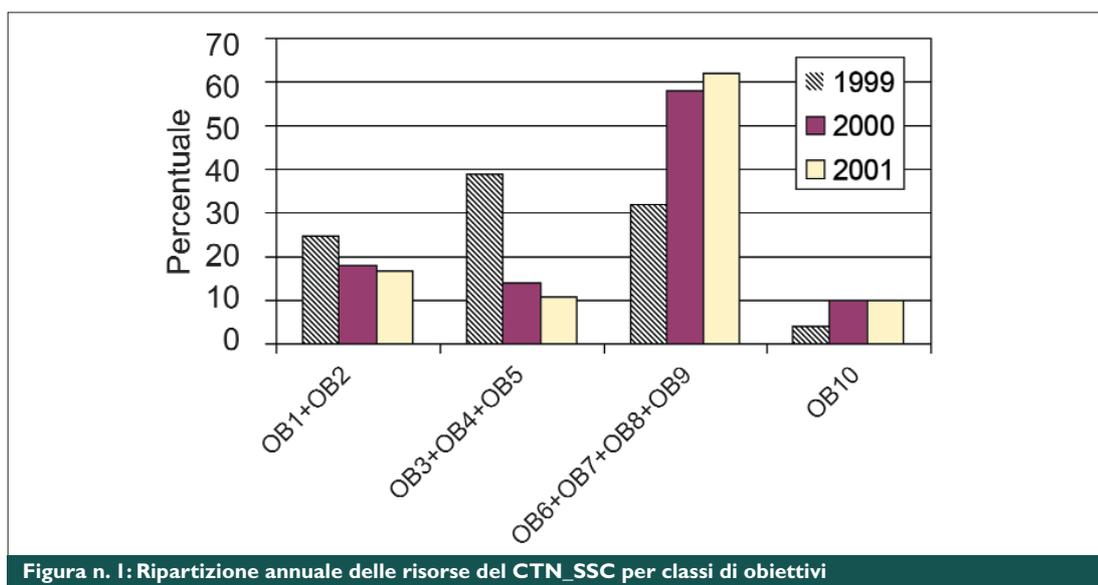


Figura n. 1: Ripartizione annuale delle risorse del CTN_SSC per classi di obiettivi

Nel 2000, parte consistente delle risorse del progetto sono state utilizzate per il popolamento degli indicatori ritenuti prioritari ed è stata avviata l'individuazione un set di indicatori in grado di dare una valutazione della qualità biologica del suolo.

L'oggettiva difficoltà di reperimento dati di immediato utilizzo, il mancato avvio dei Punti Focali Regionali (PFR) e i tempi di attesa, a volte troppo lunghi, necessari a ottenere le autorizzazioni all'uso delle informazioni, non hanno consentito di completare entro il presente anno il popolamento di tutti gli indicatori prioritari. Sulla base delle autorizzazioni recentemente acquisite si ritiene che tale attività possa essere conclusa positivamente nel corso del primo semestre del 2001.

Alcuni degli indicatori prioritari sono stati popolati utilizzando stime ottenute con modelli sviluppati in ambito internazionale e adattati alla realtà nazionale. Un contributo significativo è stato fornito dal modello ELBA (Environmental Liveliness and Blent Agriculture) che è un modello econometrico, settoriale e integrato di analisi economica e ambientale delle attività di produzione primaria.

L'attività attinente all'Osservatorio dei modelli, quest'ultimi finalizzati alla valutazione delle relazioni tra gli elementi dello schema DPSIR, sarà opportunamente proseguita nel corso del 2001, organizzando, tra l'altro, un apposito seminario tecnico che vuole essere occasione di

discussione di alcuni dei più importanti lavori di ricognizione e validazione di modelli per il suolo condotti in questi ultimi anni in Italia.

Nel corso del 2000 il CTN ha eseguito una ricognizione delle reti di monitoraggio già esistenti in altri paesi, ponendo particolare attenzione ai principali aspetti tecnici e concettuali quali modalità di gestione, strutturazione e selezione dei siti, e ha individuato gli elementi di base da considerare nella progettazione della rete nazionale.

Nel prossimo anno, 2001, una parte consistente delle risorse del CTN sarà dedicata alla progettazione della rete nazionale di monitoraggio per il suolo poiché, tale rete, permetterebbe di ricavare con continuità i dati necessari al monitoraggio dei principali parametri di qualità del suolo e dei principali fenomeni di degrado.

Infine, il CTN è stato impegnato in attività di *reporting*. Sono stati, infatti, predisposti rapporti tecnici quali “Lo stato dell’arte relativo agli indicatori e indici ecotossicologici e biologici applicati al suolo” e la “Raccolta dei metodi di analisi del suolo”, che saranno resi disponibili anche sul sito web SINAnet. E’ stato, inoltre, organizzato il seminario nazionale “Il contributo del CTN_SSC alla conoscenza del suolo”, i cui atti saranno, a breve, disponibili in rete.

L’attività di *reporting* proseguirà nel 2001 e sarà affiancata da attività di informazione e formazione rivolte agli operatori del settore e riguardanti i prodotti consolidati ottenuti nel corso della realizzazione del progetto.

Indicatori individuati per l'Annuario dei dati ambientali

Renzo Barberis

Responsabile del CTN_SSC, ARPA Piemonte

Sommario

La rappresentazione a livello nazionale dei principali indicatori individuati per il tema Geosfera risente, come logico, della carenza di reti nazionali di monitoraggio che interessino il suolo. Il lavoro svolto dal Centro Tematico Nazionale Suolo e Siti Contaminati (CTN_SSC), integrato dal supporto dell'ANPA sui temi della vulnerabilità ambientale e rischio idrogeologico e sul rischio industriale, consente comunque di rappresentare in modo efficace molte informazioni sui temi succitati, sulla contaminazione dei suoli da fonti diffuse e da fonti puntuali, sulla degradazione fisica e biologica dei suoli e sulla qualità pedologica e ambientale dei suoli stessi. La qualità e il livello di aggiornamento dei dati andranno verso un progressivo miglioramento con la creazione della rete di monitoraggio e con il completo avvio della struttura SINAnet.

I. INTRODUZIONE

Il CTN_SSC, supportato per alcune tematiche dall'Unità interdipartimentale Rischio Idrogeologico e dal Dipartimento Rischio Tecnologico e Naturale dell'ANPA, ha costruito, per il primo Annuario dei dati ambientali, un gruppo di indicatori ritenuti particolarmente significativi per rappresentare la tematica del suolo e dei siti contaminati; la scelta è stata fatta principalmente in funzione della disponibilità di dati a livello nazionale, tenendo presente la mancanza di reti di monitoraggio.

Il tema della contaminazione dei suoli da fonti diffuse è rappresentato da alcuni indicatori che servono a individuare, in termini qualitativi e quantitativi, i livelli di incidenza dei fenomeni antropici che interagiscono col suolo, in modo da poterne quantificare l'impatto e la sostenibilità nel tempo. Gli indicatori rappresentati sono l'uso del suolo, il rapporto della SAU (Superficie Agricola Utilizzata) con la superficie totale territoriale, le aree utilizzate per agricoltura intensiva, la stima attraverso dati di vendita della quantità utilizzata di fitofarmaci e di fertilizzanti, gli allevamenti zootecnici e, come indicatore di risposta, le superfici adibite a coltivazioni a basso impatto ambientale.

L'inquinamento del suolo da fonti puntuali, e quindi la presenza di siti contaminati, rappresenta una compromissione della qualità del suolo tale da impedire lo sviluppo, spesso totale, delle funzioni che il suolo dovrebbe svolgere. Il dato teoricamente più significativo è quello sul numero di siti contaminati; la qualità del dato attualmente disponibile non è però molto soddisfacente. Questo tema è inoltre rappresentabile attraverso un indicatore di pressione, le cave. Sono inoltre collegabili con questo sottotema anche gli indicatori riportati nell'ambito del rischio industriale e della certificazione ambientale.

Benché la degradazione fisica e biologica dei suoli rappresenti uno dei principali motivi di preoccupazione a livello nazionale e internazionale, gli indicatori rappresentabili in modo qualitativamente soddisfacente non sono molti. Il più noto è sicuramente il rischio di erosione idrica, rappresentabile a livello nazionale come erosione potenziale ed erosione attuale. Più difficile è avere dati sulle proprietà fisiche, per cui si ricorre a indicatori "proxi", quali la rappresentazione del rischio di compattazione in relazione al numero e alla potenza delle trattrici.

Un altro indicatore di grande interesse è la stima della superficie impermeabilizzata da opere di urbanizzazione e dalle infrastrutture viarie e ferroviarie.

Il sottotema della qualità del suolo, benché sia di fondamentale importanza per il nostro CTN, è al momento rappresentabile solo attraverso il contenuto in metalli pesanti e il bilancio di azoto e fosforo nel suolo. La possibilità di rappresentare i dati di tipo pedologico a livello nazionale è legata alla disponibilità di una base omogenea di dati e alla definizione, concordata con i fornitori dei dati stessi, di modalità univoche di rappresentazione.

La vulnerabilità ambientale e il rischio idrogeologico possono essere rappresentati attraverso due indicatori, uno relativo alla fagliazione superficiale, l'altro agli interventi finanziari sostenuti dagli enti pubblici per i vari tipi di dissesto.

Il sottotema del rischio industriale e della certificazione ambientale può essere descritto dall'indicatore di pressione costituito dalle attività a rischio di incidente rilevante e dall'indicatore di risposta relativo al numero di certificazioni che attestano un sistema di gestione ambientale secondo EMAS e/o ISO 14001.

2. CONTAMINAZIONE DEI SUOLI DA FONTI DIFFUSE

L'immissione nell'ambiente di quantità massive di prodotti chimici organici e inorganici, provenienti da attività urbane, industriali e agrarie, porta a un'alterazione profonda degli equilibri chimici e biologici del suolo.

Nel tempo sono diventate sempre più consistenti le produzioni e l'uso di una vasta serie di composti organici e inorganici come fitofarmaci, agenti antimicrobici, farmaci, antifermentativi, antibiotici, detergenti, solventi, lubrificanti, e così via. Alcuni di questi composti e i loro prodotti di degradazione una volta entrati nell'ambiente possono permanervi per lungo tempo.

Molti sono anche gli elementi e le sostanze che arrivano al suolo, tramite riciclaggio di fanghi derivanti dalla depurazione di acque reflue, di rifiuti, di effluenti di allevamenti zootecnici, di scarti industriali. Si tratta in genere di residui che comportano come elemento positivo l'utilizzazione di sostanza organica e di elementi nutritivi, ma possono presentare alcuni problemi in relazione alla presenza nelle matrici organiche di metalli e di sostanze indesiderate provenienti dalle attività antropiche, non necessariamente di natura agricola. Queste sostanze possono alterare gli equilibri chimici e biologici del suolo compromettendone la fertilità, ed entrare nelle catene alimentari. Le biomasse di rifiuto possono infatti contenere, oltre a eccessi di elementi micronutritivi, metalli ed elementi indesiderati, residui di principi attivi di prodotti zoo e fitosanitari, idrocarburi aromatici, e così via. Si tratta quindi di riuscire a individuare un'adeguata modalità di riutilizzo per la salvaguardia dell'ambiente e della salute umana.

Se possibile devono essere individuati, in termini qualitativi e quantitativi, i livelli di incidenza dei fenomeni antropici che interagiscono col suolo in modo tale da poterne quantificare l'impatto e la sostenibilità nel tempo. Le situazioni di degrado del suolo connesse agli interventi antropici, alle lavorazioni agricole e altre tecnologie adottate nelle pratiche agronomiche, si possono manifestare con repentino sconvolgimento dell'ambiente fisico, o con lenti processi nell'interno del suolo che producono modificazioni indesiderate portando fino alla perdita di molte delle funzioni del suolo stesso. Si verificano così processi evolutivi che si manifestano con il progressivo decadimento dei caratteri strutturali e funzionali del suolo stesso.

Tra gli indicatori individuati dal CTN_SSC per questo tema, sono rappresentabili a livello nazionale diverse determinanti, come l'uso del suolo, che quantifica le superfici utilizzate per differenti scopi, fornendo un quadro generale delle principali attività antropiche e il rapporto della SAU con la superficie totale territoriale e aziendale, che permette di quantificare meglio il peso dell'attività agricola sul territorio. Altre determinanti, qui non riportate, possono essere dedotte direttamente dall'ISTAT: numero e tipologia di aziende, numero di addetti, reddito

agricolo. Il primo indicatore di pressione considerato riguarda le aree adibite ad agricoltura intensiva, che porta a un uso maggiore di fertilizzanti chimici e di prodotti fitosanitari.

L'impiego di prodotti fitosanitari rappresenta in realtà una fondamentale pratica agricola; l'utilizzo però non sempre razionale di questi prodotti ha portato a considerarne l'uso come una delle principali fonti d'inquinamento diffuso del suolo. Perciò, tra gli indicatori di pressione, è stato rappresentato il dato sull'uso presunto di fitofarmaci derivato dai dati di vendita degli stessi.

Altro rischio d'inquinamento derivante da pratiche agricole è connesso all'utilizzo degli effluenti zootecnici, con conseguente sovraccarico di elementi nutritivi (NO_3) sulle falde e accumulo nel terreno di metalli presenti nelle deiezioni animali (Cu e Zn). E' perciò stato costruito l'indicatore di pressione relativo agli allevamenti zootecnici.

Per completare il quadro dei principali indicatori di pressione, viene anche riportato il dato sull'uso di fertilizzanti minerali, sempre dedotto da dati di vendita.

Altri indicatori di pressione, seppure interessanti, non sono al momento costruibili a livello nazionale, per carenza di dati.

E' invece rappresentabile un importante indicatore di risposta, riferito alle superfici adibite a coltivazioni a basso impatto ambientale.

3. CONTAMINAZIONE PUNTUALE E SITI CONTAMINATI

L'inquinamento del suolo da fonti puntuali, e quindi la presenza di siti contaminati, rappresenta una compromissione della qualità del suolo tale da impedire lo sviluppo, spesso totale, delle funzioni che il suolo stesso dovrebbe svolgere.

In seguito alle indagini analitiche condotte su molti siti industriali, attivi e dismessi, su aree interessate da sversamenti e incidenti ambientalmente rilevanti e su aree interessate da smaltimenti abusivi o non ambientalmente corretti di rifiuti, sono state effettuate delle operazioni di bonifica e di ripristino ambientale che solo in alcuni casi hanno portato a un recupero totale della funzionalità del suolo. In genere gli interventi eseguiti servono a ridurre il danno ambientale eliminando i pericoli di contaminazione delle altre matrici, permettendo solamente un recupero parziale della funzionalità del suolo, ad esempio per una determinata destinazione d'uso.

La ricerca di indici e indicatori, per questo tema, parte proprio dall'individuazione delle determinanti e delle pressioni che portano all'identificazione dei siti potenzialmente contaminati; si passa poi agli indicatori di stato che possono facilitare un'identificazione dei siti effettivamente contaminati e agli indicatori di risposta che descrivono le azioni di bonifica già intraprese.

Il più importante degli indicatori di pressione è quello relativo ai siti effettivamente contaminati, che sono il risultato di attività umane svolte o in corso, e l'indicatore a essi collegato è considerato prioritario perché individua aree che sicuramente necessitano di interventi di risanamento del suolo e, in riferimento all'effettivo grado di contaminazione, permette di stabilire una priorità di intervento.

I siti contaminati rappresentano tutte le aree nelle quali è stata accertata un'alterazione puntuale delle caratteristiche naturali del suolo, da parte di un qualsiasi agente inquinante, oltre certi limiti tabellari stabiliti per un certo riutilizzo (limiti stabiliti dal recente D.M. 471/99 attuativo dell'articolo 17 del D.lgs n. 22/97). Purtroppo la qualità dei dati esistenti, benché copra il territorio nazionale, non è molto soddisfacente.

Un altro indicatore di pressione costruibile a livello nazionale riguarda le cave (siti di estrazione di minerali di seconda categoria).

Per alcuni indicatori di pressione, sicuramente interessanti, come i siti industriali dismessi o i serbatoi interrati, si registra al momento una carenza di dati che non consente una loro vali-

da rappresentazione. Alcuni indicatori, relativi alla produzione di rifiuti e agli impianti di trattamento dei rifiuti, sono invece stati riportati sotto il tema “rifiuti”.

Un indicatore di risposta implicitamente fornito assieme ai dati sui siti contaminati riguarda il numero di piani di bonifica adottati a livello delle singole regioni.

4. DEGRADAZIONE FISICA E BIOLOGICA DEI SUOLI

Secondo l'OCSE i principali processi di degradazione ambientale sono generalmente riconducibili all'erosione del suolo, alla sua sommersione, all'acidificazione, salinizzazione, sodicizzazione, compattamento, formazione di croste superficiali e di strati compatti lungo il profilo, perdita di sostanza organica, deterioramento della struttura, desertificazione, accumulo di sostanze tossiche, perdita di elementi nutritivi, ecc.

I due terzi dei suoli del nostro Paese presentano preoccupanti problemi di degradazione in virtù di una gestione territoriale non sempre corretta. Tali fenomeni di degradazione ambientale si sono più accentuati in quelle aree ove è stata più forte l'attività antropica, la quale non sempre è avvenuta in maniera compatibile con i criteri fondamentali della conservazione del suolo. È evidente che la modernizzazione dell'agricoltura degli ultimi 30 anni se nell'immediato ha portato a un aumento produttivo, nel lungo termine ha prodotto in alcuni casi tangibili fenomeni di degradazione del suolo e quindi dell'ambiente. D'altro canto anche la pianificazione “urbanistica” del territorio (aree industriali e urbane con le relative infrastrutture) raramente, in particolar modo in passato, ha tenuto conto dell'impatto ambientale prodotto soprattutto per quanto concerne il suolo, con conseguente innesco di fenomeni di degradazione, in molti casi, molto spinta.

È quindi necessario, prima di tutto, quantificare proprio questi aspetti di degradazione del suolo e, soprattutto, è fondamentale definire quella soglia oltre la quale un processo degradativo diventa irreversibile, accelerando così i processi di dissesto e di desertificazione. A questo proposito un esempio tipico è rappresentato dall'erosione del suolo: non è pensabile praticare un'agricoltura, sia pure sostenibile, capace di annullarla completamente; è importante però conoscere il limite, per ogni determinato ambiente pedologico, entro il quale l'erosione deve essere contenuta. Allo stato attuale, il rischio di erosione è rappresentabile a livello nazionale, seppure a una scala non ottimale.

Molto più difficile risulta essere la quantificazione di altri fenomeni di degrado, quali la perdita di struttura, la formazione di strati compatti lungo il profilo, il crepacciamento, la formazione di croste superficiali, le variazioni di porosità e di conducibilità idraulica satura, il rilascio di sedimenti da aree agricole. Per questi indicatori non sono al momento disponibili dati con copertura nazionale, anche se si stanno mettendo a punto diverse tecniche di valutazione che utilizzano, ad esempio, le foto aeree o i rilievi satellitari oppure che cercano di stimare i fenomeni per via indiretta.

Un esempio di applicazione di indicatore “proxi” è proprio la stima del rischio di compattazione in relazione al numero e alla potenza delle trattrici.

Un altro indicatore rappresentabile a livello nazionale è rappresentato dalle superfici occupate da urbanizzazione e infrastrutture viarie e ferroviarie.

La capacità di un suolo di mantenere le sue molteplici funzioni è però connessa non solo alle proprietà fisiche precedentemente citate, ma anche a quelle chimiche e biologiche. Molte di queste proprietà sono una funzione del contenuto di sostanza organica, che a sua volta è la principale riserva terrestre di elementi essenziali quali C, N, P e S.

L'importanza della componente biologica del suolo è frequentemente sottovalutata, anche se i processi microbiologici di mineralizzazione e di conservazione della sostanza organica del suolo regolano i cicli e la disponibilità degli elementi C, N, P e S e quelli dell'acqua. I micror-

ganismi partecipano a una serie di processi che influenzano la struttura fisica del terreno e le proprietà chimiche, rendendolo favorevole alla crescita dei vegetali. In conseguenza infatti dell'aumento di fertilità mediato dai microrganismi, si hanno cambiamenti chimico-fisici nel suolo come la stabilizzazione della sostanza organica, la fissazione dell'azoto, il movimento dei nutrienti, tutti gli equilibri biologici del suolo tra cui la decomposizione di numerose sostanze contaminanti e altre alterazioni nelle proprietà del suolo necessarie alla crescita delle piante. Purtroppo si rileva una grande mancanza di dati proprio sugli indicatori biologici e, di conseguenza, lo scarso uso di questa tipologia di indicatori sul suolo, contrariamente ad altre matrici ambientali quali l'acqua e l'aria. Allo stato attuale, nessuno degli indicatori biologici individuati dal CTN_SSC è rappresentabile a livello nazionale, anche se sono disponibili alcuni studi a livello locale.

5. QUALITÀ DEI SUOLI

La complessità dei suoli e la loro variabilità spaziale, sia verticale sia orizzontale, fa sì che solo attraverso la comprensione dei fenomeni che hanno dato origine al suolo stesso e con l'aiuto di un sistema di descrizione e rappresentazione semplificato, ma pur sempre strutturato su più livelli e su approssimazioni successive, si possa fornire un'informazione attendibile sulla qualità dei suoli; ogni altra semplificazione che attribuisca a un'area il valore relativo a un punto rappresenta una forzatura che necessariamente può indurre all'errore. Chi si occupa di pedologia ha affinato gli strumenti per rappresentare le caratteristiche dei suoli nella loro variabilità e, quindi, la sua esperienza è necessaria per indirizzare anche gli operatori del settore ambientale verso un corretto ed efficace utilizzo delle informazioni sui suoli per l'ottenimento di elementi conoscitivi di carattere ambientale (indicatori).

Il maggiore ostacolo alla costruzione degli indicatori identificati per rappresentare la qualità dei suoli è proprio insita nella difficoltà di gestione dei dati pedologici sopra descritta. Molti degli indicatori identificati dal CTN su questo tema è infatti costituita da indicatori di stato, che rappresentano le principali caratteristiche chimico, fisiche e pedologiche del suolo: pH, sostanza organica, capacità di scambio cationica, tessitura, fosforo e potassio scambiabile.

La maggior parte di questi dati sui suoli attualmente esistenti è stata raccolta, nelle varie regioni, nell'ambito d'indagini pedologiche e non per il monitoraggio della qualità dei suoli. Per questo motivo i gestori dei dati ritengono poco corretto il loro utilizzo per altri scopi che non siano quelli per cui sono stati raccolti, con il rischio di arrivare a conclusioni errate, non rispondenti al vero. Suggestiscono, quindi, l'utilizzo non dei dati elementari ma di dati rielaborati a partire da questi.

Finora non c'è mai stata una richiesta organica per la creazione di banche dati sui suoli di livello nazionale, ed è solo nell'ambito della carta dei suoli d'Italia in scala 1:250.000 che il problema è stato posto; successivamente la richiesta avanzata dal CTN_SSC di poter disporre di alcuni dati ha riaperto la discussione sulla disponibilità di questi dati.

Alcuni gestori di dati si appellano al principio di proprietà intellettuale del dato da parte di chi lo ha prodotto, che configura una situazione in cui tutti i dati sui suoli sono di proprietà, e in completa gestione, solo del produttore che fornisce su richiesta elaborati realizzati in base ai requisiti indicati dal richiedente. C'è chi sostiene che i dati sul suolo debbano considerarsi dati ambientali e quindi di pubblico dominio qualora in possesso di Pubbliche Amministrazioni; la questione è ancora aperta.

Queste difficoltà, riepilogabili nel concetto espresso all'inizio del capitolo, non permettono, allo stato attuale, la rappresentazione di questi indicatori su scala nazionale.

Un secondo gruppo di indicatori afferenti al tema sulla qualità del suolo definisce invece il livello di presenza, e quindi eventualmente il grado di contaminazione, di alcuni fra gli elementi

chimici che con maggiore facilità possono venire a contatto, e quindi possono essere accumulati, con il suolo a seguito delle pratiche di concimazione e difesa antiparassitaria. Alcuni di questi, in particolare fitofarmaci e fertilizzanti, sono trattati anche nel tema sull'inquinamento diffuso. Altri, come il contenuto di metalli pesanti e il bilancio di nutrienti, sono invece sviluppati nell'ambito di questo sottotema.

Come indicatori di impatto sul suolo, occorre anche ricordare i contenuti di fitofarmaci e nitrati nelle acque sotterranee e i contenuti di fosforo nelle acque superficiali, tutti indicatori che sono anche espressione della qualità delle acque stesse, come indicatori di stato. Per questi indicatori si rimanda al tema delle acque interne.

6. VULNERABILITÀ AMBIENTALE E RISCHIO IDROGEOLOGICO

I sottotemi della vulnerabilità ambientale e del rischio idrogeologico sono stati direttamente sviluppati dall'Unità interdipartimentale Rischio Idrogeologico dell'ANPA.

Gli indicatori prescelti per essere rappresentati sull'Annuario sono due. Il primo è un indicatore di stato, e rappresenta le "faglie capaci", cioè fotografa il fenomeno della fagliazione superficiale suddividendo le diverse faglie in funzione dell'attività mostrata in tempi recenti. Il secondo è un indicatore di risposta, e contiene la sintesi degli interventi fatti nel 1998 e nel 1999 per le singole regioni per i diversi tipi di dissesto, vale a dire valanghe, alluvioni e frane.

7. RISCHIO INDUSTRIALE E CERTIFICAZIONE AMBIENTALE

Il più importante indicatore di pressione rappresentabile per questo tema riguarda le industrie a rischio di incidente rilevante.

Tra gli indicatori di risposta viene riportato a livello nazionale il numero di certificazioni che attestano un sistema di gestione ambientale (EMAS e/o ISO 14000).

8. CONCLUSIONI

L'insieme di dati complessivamente riportati nell'Annuario sui temi della geosfera e del rischio industriale non coprono sicuramente, in modo esaustivo, le esigenze conoscitive legate a queste tematiche ambientali. La dispersione e la disomogeneità dei dati esistenti e le difficoltà nella loro acquisizione impediscono, al momento, di rappresentare in modo completamente soddisfacente la matrice suolo e le sue interazioni con le attività antropiche.

Pur essendo perfettamente consci della migliorabilità del livello quantitativo e qualitativo dei dati riportati, pensiamo che gli stessi rappresentino un primo quadro nazionale della situazione conoscitiva esistente sugli aspetti ambientali collegati al suolo.

Il gruppo di ARPA e di IPR che partecipa direttamente al CTN_SSC, o che è a esso collegato, sta concretamente lavorando per migliorare la qualità dei dati e per essere in grado di rappresentare in modo sempre più completo le conoscenze esistenti sul suolo.

I problemi legati alla gestione dei dati pedologici

P. Giandon^(*), R. Francaviglia^(), M. Pagliai^(***), L. Rubbi^(****)**

^(*) ARPA Veneto

^(**) Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante

^(***) Istituto Sperimentale per lo studio e la Difesa del Suolo

^(****) ARPA Emilia Romagna

Sommario

La definizione di indicatori relativi alla qualità del suolo richiede un'attenta valutazione della rappresentatività dei dati rispetto alla distribuzione geografica dei tipi di suolo. Solamente un approccio pedologico, in cui il rilevamento delle informazioni e la raccolta dei dati avviene in modo ragionato secondo le caratteristiche e la variabilità del territorio, consente di avere un quadro della situazione dei suoli omogeneo dal punto di vista metodologico e rappresentativo delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli. Anche la costruzione del Sistema Informativo Nazionale dei dati Ambientali relativi al suolo dovrà tener conto di tali evidenze e prevedere l'acquisizione dei dati relativi alla carta dei suoli d'Italia in scala 1:250.000, in fase di realizzazione, necessari alla costruzione di indicatori della qualità del suolo, in collaborazione con i produttori dei dati.

Summary

Definition of soil quality indicators needs an evaluation of data significance with respect to the geographic distribution of soil types.

Only a pedological approach, in which data collection follows characteristics and variability of landscapes, permits to build a data set containing representative informations about soils.

The National Environmental Information System has to consider this and to organize the acquisition of data collected within the project "Soil map of Italy at 1:250.000 scale", now in progress, in cooperation with data producers.

I. INTRODUZIONE

L'individuazione degli elementi caratteristici che consentono un'adeguata descrizione del suolo, alla scala prescelta, è un momento imprescindibile per poter definire la qualità del suolo, in stretto rapporto con le sue funzioni e utilizzazioni; a tale proposito le qualità che hanno avuto, e ancora hanno, maggiore attenzione, per la loro influenza sull'alimentazione degli esseri viventi e quindi sulle possibilità di sopravvivenza dell'uomo, sono quelle ecologiche legate alla capacità di sostenere la coltivazione delle piante.

Per questo lo studio del suolo si è sviluppato prevalentemente nell'ambito delle scienze agrarie, in particolare nelle principali discipline che fanno parte delle scienze del suolo e cioè la pedologia e la chimica del terreno; gli approcci alla conoscenza del suolo da parte delle due discipline si sono sviluppati su strade parallele anche se distinte.

I.1 Pedologia e chimica del terreno

La pedologia si è occupata principalmente di descrivere i caratteri morfologici e pedogenetici utilizzando in prevalenza tecniche di rilevamento territoriale indiretto e diretto, mentre la

chimica del terreno ha approfondito la conoscenza sui meccanismi che regolano il comportamento delle sostanze organiche e minerali nel suolo e in particolare le possibili interazioni fra questi, i componenti del suolo stesso e le radici delle piante.

La pedologia, per il suo approccio di tipo territoriale, sembra più adatta a una descrizione sistematica dei suoli, per aver sviluppato dettagliati sistemi di classificazione da utilizzare in chiave cartografica; la chimica del terreno invece è più indicata per la conoscenza di situazioni puntuali in cui sia necessario un approfondimento di indagine a costi accettabili per l'utilizzatore del suolo.

1.2 Indicatori della qualità del suolo e problematiche relative alla disponibilità dei dati

Il suolo difficilmente, e solo per alcuni specifici rischi di contaminazione, rientra fra gli interessi prioritari delle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale; ciò è dovuto a una carenza normativa sulla protezione del suolo, visto che l'unica legge statale organica sulla difesa del suolo, la legge 183/89, si occupa di problematiche relative al dissesto idrogeologico, mentre le altre normative che riguardano il suolo sono di interesse ed applicazione marginali (D.lgs 99/92 sull'utilizzo di fanghi di depurazione in agricoltura), oppure sono recenti e non ancora pienamente applicate (D.lgs 22/97 art. 17 sulla bonifica dei siti contaminati), o ancora sono in fase di ridefinizione (D.lgs 152/99 art. 38 sull'utilizzo di effluenti di allevamento e di acque reflue in agricoltura, D.lgs 22/97 artt. 31 e 33 sul recupero di rifiuti organici).

I dati che il CTN Suolo e Siti Contaminati ha finora individuato come prioritari per la qualità del suolo sono pH, sostanza organica, tessitura e capacità di scambio cationico (CSC); essi sono numerosi e diffusi sul territorio ma disomogenei, difficilmente confrontabili, e presentano difficoltà, in molti casi, nel reperimento della sorgente del dato.

Altri indicatori individuati per la qualità del suolo riguardano il contenuto di fosforo assimilabile e potassio scambiabile, il bilancio di nutrienti, il contenuto di azoto, fosforo e fitofarmaci delle acque profonde e superficiali; altri indicatori sono stati definiti per gli aspetti legati alla degradazione fisica e biologica del suolo e ai fenomeni di inquinamento diffuso.

La maggior parte delle informazioni utili e relativamente omogenee e confrontabili, su pH, tessitura, sostanza organica e CSC sono contenute fra i dati utilizzati a livello regionale o subregionale per la realizzazione di carte dei suoli. Queste basi di dati sono caratterizzate da uniformità metodologica dovuta all'utilizzo da parte dei tecnici rilevatori di procedure consolidate a livello internazionale (USDA, FAO) che prevedono sempre l'uniforme distribuzione delle osservazioni sul territorio indagato, la georeferenziazione delle osservazioni eseguite e l'analisi di un set di parametri standard sui campioni prelevati.

Solamente un sistema di descrizione e rappresentazione sintetico, ma pur sempre strutturato su più livelli e su approssimazioni successive, è in grado di fornire un'informazione attendibile che tenga conto della complessità e variabilità spaziale, verticale e orizzontale, dei suoli; ogni altra semplificazione, come ad esempio l'attribuzione a un'area del valore relativo a un punto, rappresenta una forzatura che necessariamente può indurre all'errore.

Chi si occupa di pedologia ha affinato gli strumenti per rappresentare le caratteristiche dei suoli nella loro variabilità e quindi la sua esperienza è necessaria agli operatori del settore ambientale per un corretto ed efficace utilizzo delle informazioni e la costruzione di elementi conoscitivi di carattere ambientale (indicatori).

I dati relativi a rifiuti, acqua o aria, sono in continua evoluzione e necessitano di frequenti aggiornamenti; i dati sul suolo, in particolare le informazioni di base che corrispondono agli indicatori di stato relativi alla qualità dei suoli, sono invece più stabili, rimangono invariate nel breve periodo e quindi, una volta acquisite, costituiscono dei precisi riferimenti per la costruzione di indicatori più specifici.

2. DATI PEDOLOGICI E INDICATORI DELLA QUALITÀ DEL SUOLO

2.1 Disponibilità dei dati pedologici

Dai risultati del progetto MONCAPRI, realizzato dall'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo di Firenze per conto del Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, emerge che sono state realizzate in Italia 433 carte pedologiche, di cui 126 (29%) digitalizzate; i punti di osservazione rilevati sono circa 200.000 in tutta Italia, mentre i profili descritti e analizzati sono circa 20.000 di cui l'84% georeferenziati.

Tali cartografie sono la principale fonte di informazioni sulle caratteristiche del suolo; i dati in esse contenuti sono, nel migliore dei casi, omogenei solo a livello di singola regione e quindi di difficile aggregazione a livello nazionale.

Il Progetto "Carta dei Suoli d'Italia in scala 1:250.000" prevede l'utilizzazione delle informazioni ritenute valide per la predisposizione del relativo database dei suoli italiani, e consentirà quindi una revisione dei dati sulla base di metodologie condivise.

2.2 L'importanza dell'utilizzo di dati pedologici per la conoscenza della qualità del suolo

Vista l'importanza di acquisire dati rappresentativi e di riferimento sui suoli è certamente importante che gli indicatori relativi alla qualità del suolo siano costruiti a partire da informazioni raccolte in modo ragionato e sistematico; è meglio cioè disporre di un dato certo in fase di costruzione, anche se non disponibile immediatamente, piuttosto che acquisire subito un dato insicuro. Infatti ci potrebbe essere la tentazione di mettere insieme tutti i dati analitici sul suolo disponibili presso amministrazioni, istituti di ricerca, laboratori pubblici e privati, ottenuti in circostanze e per scopi anche molto diversi (valutazione della fertilità, carte dei suoli, verifica di contaminazioni, ecc.), con metodi analitici a volte differenti, pur di costruire una banca dati relativa ai parametri individuati come indicatori. Una simile iniziativa porterebbe però ad avere un insieme di numeri scarsamente rappresentativi dei caratteri del suolo, sia per la frequente mancanza del riferimento geografico, sia per la difficoltà di mettere in relazione i valori fra loro quando si debba rappresentare l'indicatore su scala territoriale.

Si tenga conto anche del fatto che una tale soluzione riproduce incertezza anche sugli indicatori e indici collegati; è chiaro quindi che l'obiettivo del CTN deve essere l'acquisizione di dati sicuri e affidabili, per cui non è da considerare un insuccesso o una difficoltà il fatto che il Progetto "Carta dei Suoli d'Italia in scala 1:250.000", promosso dal Ministero per le Politiche Agricole ed in fase di realizzazione da parte delle Regioni, potrà fornire dei dati solo nel 2003, perché l'importante è che tali dati sono ottenuti con metodologie standard, validate, concordate e omogenee.

2.3 Alcuni spunti dal progetto "Carta pedologica in aree a rischio ambientale"

Un interessante esempio applicativo di database sul suolo utilizzato a fini ambientali, realizzato dalla Regione Emilia Romagna, in collaborazione con alcune Regioni della pianura padano-veneta, è il prototipo di banca dati dei suoli creata nell'ambito del progetto triennale SINA "Carta Pedologica in aree a rischio ambientale". Tale strumento risulta particolarmente interessante in quanto è stato realizzato tenendo conto di alcune esigenze comuni a quelle dell'attività del CTN_SSC, quali:

- coerenza con lo stato di conoscenze a livello nazionale ed europeo;
- compatibilità con il database della carta dei suoli d'Europa scala 1:250.000;

- produzione di dati utili per successive stime di qualità del suolo (che influenzano in particolare la gestione delle aree sensibili al rischio di inquinamento delle falde idriche).

La Regione Emilia Romagna sta realizzando un sistema di gestione della banca dati dei suoli a partire dal prototipo realizzato nel corso del progetto SINA, consolidando quanto già in esso strutturato e implementando alcune nuove funzioni, in particolare fornendo interfacce applicative adatte a svolgere sia le funzioni di aggiornamento che di interrogazione dei dati.

2.4 L'importanza del progetto "Carta dei Suoli d'Italia alla scala 1:250.000" per un sistema informativo dei suoli italiani

Dopo decenni di iniziative sporadiche o promosse da singole regioni, nel 1998 il Ministero per le Politiche Agricole e Forestali ha finanziato un progetto nazionale, che riguarda le 15 regioni a statuto ordinario, per la realizzazione della Carta dei Suoli d'Italia in scala 1:250.000. Le singole regioni sono state incaricate di realizzare il progetto in un arco temporale di tre anni; è previsto il rilevamento di quasi 3.000 profili su tutto il territorio nazionale.

Ciò che qualifica particolarmente il progetto è il processo di standardizzazione delle metodologie per il rilevamento, la validazione, l'archiviazione e la divulgazione dei dati della carta dei suoli, attivato dallo stesso Ministero, per tramite dell'Osservatorio Nazionale Pedologico, incaricando l'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo di Firenze del coordinamento di un progetto "Metodologie".

Tale progetto metodologie prevede la realizzazione dei seguenti sottoprogetti:

- 1) definizione dei concetti generali, della terminologia e dei criteri per l'individuazione delle regioni pedologiche e dei pedopaesaggi;
- 2) standardizzazione della banca dati delle informazioni pedologiche, del manuale di rilevamento, della scheda di acquisizione dati e dei metodi di divulgazione delle informazioni;
- 3) standardizzazione delle metodologie di acquisizione, informatizzazione e gestione dei dati geografici con supporto di basi fotografiche, telerilevamento e modellistica territoriale;
- 4) definizione degli standard di controllo della qualità dei dati e dei criteri di formulazione degli appalti;
- 5) calibrazione e validazione delle metodologie nell'area pilota "Pianure e basse colline dell'Italia settentrionale";
- 6) calibrazione e validazione delle metodologie nell'area pilota "Regioni dell'Italia centrale";
- 7) calibrazione e validazione delle metodologie nell'area pilota "Regioni dell'Italia meridionale e insulare";
- 8) realizzazione di un Centro Nazionale di Coordinamento per la Cartografia Pedologica e di supporto ai Servizi Pedologici Regionali.

Tutte queste attività di armonizzazione dovranno consentire la predisposizione, da parte delle regioni attraverso il progetto "Carta dei suoli d'Italia", di una banca dati nazionale dei suoli, completa per copertura geografica, omogenea per tipo di dati raccolti e in linea con le metodologie utilizzate a livello internazionale, da cui dovrebbe poter attingere anche il Sistema Informativo Ambientale per la costruzione degli indicatori relativi al suolo.

3. LE PROPOSTE OPERATIVE PER L'UTILIZZO DI DATI PEDOLOGICI IN CHIAVE AMBIENTALE

Il lavoro di definizione degli indicatori sulla qualità del suolo e di raccolta dei relativi dati è appena iniziato; è probabile che si renderanno disponibili a breve alcune informazioni che po-

trebbero essere già sufficienti per lavorare sulla costruzione degli indicatori per alcune aree di studio. Tale lavoro dovrebbe comunque essere svolto da un gruppo di esperti che comprenda anche i produttori dei dati, in particolare i referenti regionali per la pedologia e le strutture tecniche incaricate di seguire la realizzazione delle indagini pedologiche, e dovrebbe trovare sempre maggiore spazio all'interno del Progetto "Carta dei Suoli d'Italia alla scala 1:250.000", in modo da essere condiviso da tutte le regioni e da poter trovare applicazione più immediata quando i dati saranno disponibili per tutto il territorio nazionale.

Quindi il CTN Suolo e Siti Contaminati, per gli indicatori della qualità del suolo, intende concretizzare, in un prossimo futuro, i seguenti obiettivi:

- acquisizione, per le regioni disponibili, dei dati relativi alla cartografia delle unità tipologiche di suolo e alle caratteristiche dei suoli caposaldo necessarie alla costruzione degli indicatori individuati;
- costituzione di un gruppo di lavoro, nell'ambito del Progetto "Carta dei Suoli d'Italia alla scala 1:250.000", per definire, verificare e validare le metodologie per l'applicazione ambientale dei dati sul suolo attraverso dei casi studio per alcune regioni anche utilizzando strumenti già disponibili (es.: modello ELBA, prototipo SINA, ecc.);
- creazione delle condizioni per l'acquisizione dei dati, necessari alla costruzione degli indicatori, prodotti nel corso della realizzazione della "Carta dei Suoli d'Italia in scala 1:250.000" e dei relativi strumenti di gestione;
- acquisizione dei dati della Carta Ecopedologica, in fase di realizzazione, e verifica, in collaborazione con l'Ufficio Europeo dei Suoli, dei rapporti esistenti fra le informazioni contenute nella Carta e gli indicatori finora definiti.

È necessario comunque sottolineare che l'interesse del CTN Suolo e Siti Contaminati è limitato all'utilizzo di una parte degli elementi contenuti nelle banche dati pedologiche, in particolare quelli che consentono la definizione degli indicatori ambientali e la conoscenza delle capacità di interazione del suolo con i fenomeni che possono essere causa di inquinamento del suolo stesso o delle acque sotterranee e superficiali.

Si dovranno, quindi, definire le metodologie per l'utilizzo delle informazioni pedologiche che permettono di ricavare tali conoscenze specifiche che andranno a costituire il Sistema Informativo Ambientale per la parte relativa al suolo.

Le informazioni così acquisite e rielaborate dovranno costituire la base conoscitiva per organizzare e gestire al meglio una rete di monitoraggio ambientale dei suoli, secondo le modalità che il CTN Suolo e Siti Contaminati si propone di definire nel corso del 2001.

BIBLIOGRAFIA

ANPA, Serie Stato dell'ambiente 7/2000. *Il monitoraggio dello stato dell'ambiente. Esigenze e disponibilità di elementi conoscitivi.*

ANPA-CTN_SSC, 1999. *Rapporto annuale.*

ANPA-CTN_SSC, 2000. *Il contributo del Centro Tematico Nazionale Suolo e Siti contaminati alla conoscenza del suolo.* Atti del Seminario Nazionale, Torino 11.10.2000.

C. Calzolari, F. Previtali, 1996. *Soil mapping and soil databases: recent progress.* Da *Soil databases to support sustainable development* (Joint Reserch Centre European Commission, 1996).

Luca Montanarella, 1999. *The role of the European Soil Bureau and the perspective of a "nested" soil database.* Da: Bollettino SISS (vol. 48, 1999, n°3).

Edoardo A. C. Costantini, 1999. *Preparing the soil survey of Italy at scale 1:250.000.* Da: Bollettino SISS (vol. 48, 1999, n°3).

Organizzazione delle banche dati ai fini della costruzione degli indicatori

Nicoletta Dotti
ARPA Liguria

Sommario

Il Centro Tematico Nazionale Suolo e Siti Contaminati svolge un ruolo significativo in materia di raccolta, validazione e organizzazione dei dati inerenti il suolo e i siti contaminati a fronte di una situazione generale di disomogeneità e di carenza di dati.

Parte dell'attività del CTN è rivolta, quindi, sia alla ricerca dei dati disponibili presso gli enti istituzionali competenti sia alla raccolta e all'analisi di pubblicazioni ufficiali e studi specifici. I dati così ottenuti consentiranno la costruzione di indicatori necessari a descrivere in modo sintetico la situazione esistente e a rispondere in maniera ottimale alla richiesta di informazione prevista dalla normativa vigente, nazionale e comunitaria, e in generale alla richiesta di informazioni, provenienti da associazioni, aziende, cittadini, sullo stato del suolo e dei siti contaminati a livello nazionale.

Summary

The National Topic Centre Soil and Contaminated Sites (CTN_SSC) has a meaningful role in collection and organisation of data concerning soil and contaminated sites forehead of a general non homogeneous and deficiency data situation.

Many part of CTN's activities are refers to the search of available data from institutional corporation and the collection and analysis of official publication and specific studies. These data will permitted the construction of indicators necessities to describe the existent situation and to respond in optimal way to request of information by national and community norms, and, in general, from association, companies, citizens on the national soil state and the contaminated sites.

I. INTRODUZIONE

La situazione a livello nazionale rivela una conoscenza incompleta e acquisita con criteri non omogenei. Tale difformità nelle modalità di raccolta, trattamento ed elaborazione dei dati attinenti il suolo, rendono di fatto molto difficili le elaborazioni grafico-statistiche e cartografiche degli indicatori studiati.

Nell'ambito del CTN_SSC il lavoro di acquisizione dei dati, per ciascun tema di competenza, deve, quindi, prevedere una prima fase di standardizzazione, in modo che le informazioni raccolte siano quanto più possibile coerenti tra loro. La vastità e la complessità degli argomenti, relativi alla tematica suoli e siti contaminati, ha evidenziato, inoltre, la necessità di predisporre dei criteri per lo sviluppo di banche dati che risultano parte integrante del processo di definizione della metodologia per la raccolta dati.

L'attività di acquisizione deve essere svolta tenendo ben presente alcuni aspetti fondamentali del sistema conoscitivo e dei controlli nel campo ambientale che si sta costituendo:

- le informazioni devono essere raccolte in modo e in quantità tale da essere utilizzabili per

l'elaborazione del set di indicatori che è stato selezionato in base allo schema DPSIR, andando a popolare le relative banche dati tematiche;

- le informazioni sono tanto più valide quanto più rispondono a procedure standardizzate di raccolta e di elaborazione;
- devono esistere procedure definite di aggiornamento e di manutenzione delle informazioni;
- la struttura delle banche dati deve essere la più aperta e flessibile.

Nella Figura n. 1 viene riportato un diagramma triangolare che descrive tutte le fasi necessarie per arrivare alla definizione di indici altamente aggregati partendo dalla prima fase di raccolta dei dati (*dati grezzi*).

Il presente articolo si occuperà di analizzare e descrivere tutti i passaggi che intercorrono dalla raccolta dei dati, ovvero dei *dati grezzi*, alla disponibilità di dati omogenei e confrontabili tra loro, ossia di *dati processati* che si ottengono mediante le fasi di qualificazione e validazione.

I dati così ottenuti possono essere utilizzati sia per la costruzione degli indicatori individuati dal CTN, sia per l'individuazione di indici ambientali utili anche per la redazione di rapporti sullo stato dell'ambiente.

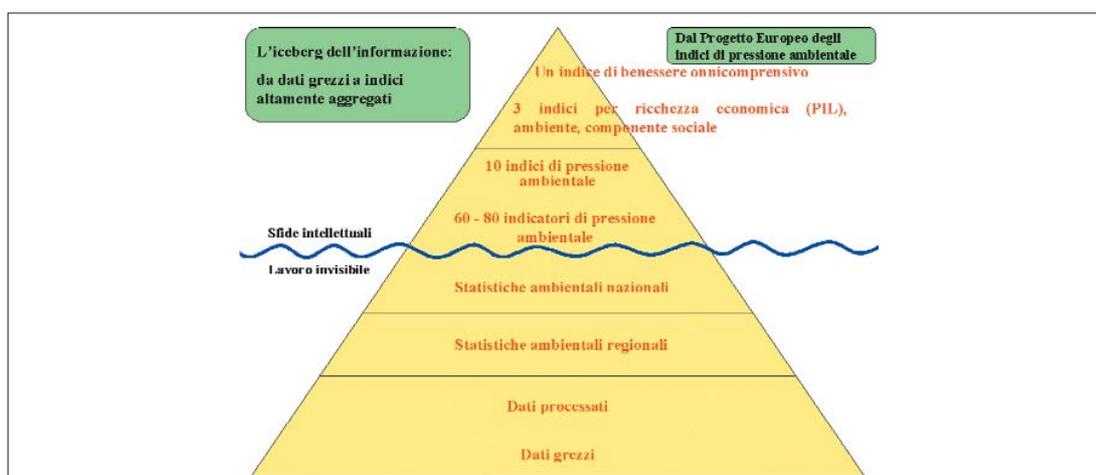


Figura n. 1: L'iceberg dell'informazione – dal Progetto Europeo degli indici di pressione ambientale

Al fine di poter utilizzare il “dato grezzo” è necessario, quindi, che lo stesso subisca, prima di essere utilizzato, dei processi di trasformazione in informazione.

2. PROCESSI DI TRASFORMAZIONE DEL DATO IN INFORMAZIONE

Il processo di trasformazione del dato in informazione implica, in generale, il rispetto di regole più o meno complesse che assegnano al dato uno specifico significato, rendendolo confrontabile con gli altri dati e può essere schematizzata nelle fasi seguenti:

- qualificazione;
- normalizzazione;
- validazione;
- omogeneizzazione.

2.1 Fase di qualificazione dei dati

La fase di *qualificazione* dei dati è rappresentata dall'individuazione di quelle informazioni che devono accompagnare il dato raccolto.

Il dato per poter essere considerato di "qualità" deve avere precise caratteristiche che dipendono da un insieme di procedure la cui applicazione pratica consente l'ottenimento di dati "utilizzabili" e inseribili in appositi database.

In definitiva il dato non può essere un semplice valore numerico, ma deve essere accompagnato da una serie di informazioni aggiuntive che lo rendono "leggibile" e "utilizzabile" da qualunque utente.

Le caratteristiche fondamentali dei dati di "qualità" sono rappresentate da:

- la precisione e affidabilità dell'informazione che si può identificare, ad esempio, nella specificazione dell'unità di misura utilizzata o della metodologia con cui è stato rilevato. L'indicazione dell'unità di misura è di fondamentale importanza in quanto permette di fare correlazioni e confrontare i dati tra loro senza cadere in gravi errori di scala. L'affidabilità del dato può essere legata alla sua connotazione temporale nel senso che, in linea generale, sembra opportuno considerare più attendibile il dato più recente;
- l'adeguatezza o rappresentatività del dato intesa sia come capacità dell'informazione di descrivere una situazione (qualità) sia come capacità di coprire adeguatamente il territorio in questione (quantità);
- la georeferenziazione: la precisa collocazione spaziale è necessaria per la realizzazione di analisi territoriali e ambientali e per la costruzione di cartografie tematiche;
- l'origine del dato: l'individuazione della fonte che ha fornito il dato consente di fare valutazione sull'adeguatezza del dato a descrivere un fenomeno e sulla validità del dato e la connotazione temporale; l'indicazione delle date di produzione del dato è una caratteristica fondamentale che consente di confrontare, ad esempio, più serie di dati omogenei dal punto di vista temporale;
- l'aggiornabilità intesa come possibilità di avere serie temporali omogenee e confrontabili tra loro.

2.2 Fase di normalizzazione dei dati

La fase successiva alla qualificazione è rappresentata dalla *normalizzazione* del dato, operazione che consente di rendere i dati in formato uniforme e quindi tra loro coerenti e confrontabili. Esempi di operazione di normalizzazione del dato possono essere:

- standardizzazione unità di misura (U.M.) in cui i dati devono essere trasformati nelle U.M. previste dal data base;
- standardizzazione modalità di espressione dei risultati; ad esempio, nel caso di risultati analitici sarà necessario normalizzare la terminologia dei parametri e l'espressione analitica (ad es. ammoniaca espressa come azoto ammoniacale o ione ammonio);
- standardizzazione della codifica dell'entità che riveste un aspetto molto rilevante in quanto occorre una preventiva verifica di congruenza tra codificazioni diverse ed eventualmente procedere a una omogeneizzazione delle stesse. In tale contesto occorre però valutare le conseguenze di questa operazione di normalizzazione su altri DB e, in primo luogo, la possibilità di disallineamenti soprattutto nelle successive attività di aggiornamento.

2.3 Fase di validazione dei dati

Il passo successivo riguarda la *validazione* delle informazioni ottenute che consiste nella verifica del dato. Questo processo può essere suddiviso nelle tappe seguenti:

- *dato grezzo* - quale risulta dalle operazioni di determinazione (manuali o automatiche);
- *dato valido* - compreso negli intervalli di rilevabilità strumentale o della metodica (ad es. curva di taratura);
- *dato validato* - che ha superato con successo tutte le successive verifiche di congruità e che può essere pienamente utilizzato.

Generalmente i database relativi alle entità ambientali intese come “qualsiasi oggetto di indagine o di misura identificabile o definibile (esempio: insediamenti produttivi, scarichi, pozzi, ecc.)” contengono una serie di informazioni per ciascuna delle quali è necessario adottare criteri di validazione differenti.

Dati anagrafici: comprendono informazioni relative all'identificazione e alla descrizione dell'entità ambientale (ad esempio ragione sociale e tipologia di un'attività industriale, localizzazione di un punto di misura, ecc.). Per quanto riguarda le informazioni relative all'ubicazione geografica del dato (coordinate geografiche) dovrebbe essere possibile conoscere il dettaglio della scala di misura e della modalità utilizzata per la formazione del dato. Nel caso di dati puntuali (misure, prelievi, ecc.) è sufficiente inserire le coordinate geografiche del sito di misura, mentre nel caso di entità ambientali di tipo areale (siti contaminati, estrattivi, ecc.) sono necessarie, a seconda della scala di rappresentazione, oltre che le coordinate del baricentro del sito, anche quelle di altri punti significativi, quali ad esempio gli estremi dell'area di proprietà dell'attività, nel caso non sia possibile, tramite un GIS, la delimitazione precisa dell'entità ambientale.

Dati tecnici: sono gli elementi che caratterizzano da un punto di vista tecnico - costruttivo l'entità ambientale (ad esempio dimensionamento di un impianto di depurazione, addetti di un'azienda, ecc.). Per i dati di questo tipo è fondamentale definire il significato dell'informazione. Il dimensionamento di un impianto di depurazione, ad esempio, può essere espresso come portata o come abitanti equivalenti serviti. E' opportuno, in questi casi, rifarsi alla fonte iniziale del dato (ente gestore di un impianto, dichiarazioni dei responsabili, ecc.) salvo che in documenti successivi, redatti da altri enti, vi sia una precisa contestazione di tali dati e giustificazione delle modifiche. E' chiaro che per ciascuna modifica del dato originale è necessario tenere la documentazione relativa.

Dati analitici: sono i risultati ottenuti da analisi di tipo chimico, fisico e biologico eseguite in laboratorio o direttamente sul terreno. Il punto di partenza iniziale nella ricerca di criteri per la validazione dei dati analitici è senz'altro la normativa, ove si possono trovare riferimenti alla qualificazione dei dati (indicazioni di procedure specifiche di qualificazione del dato e prescrizioni di caratteristiche strumentali o di procedure operative di misura).

Quindi per la validazione di tali dati è necessario individuare delle procedure di accertamento e di verifica di conformità di strumentazione, procedure, strategie operative, tecniche di analisi ed elaborazione in ottemperanza alla normativa vigente. Nel caso non esista la normativa di riferimento, è opportuno considerare ulteriori aspetti quali, ad esempio, il possesso da parte del laboratorio di certificazioni ufficiali di qualità (ISO, UNI, ecc.) o la partecipazione del laboratorio a campagne di intercalibrazione. Queste ultime, infatti, costituiscono un valido strumento per il controllo di qualità di un laboratorio e, di conseguenza, dei risultati forniti dallo stesso; tali campagne consistono nell'analisi di un campione artificiale predisposto *ad hoc* da parte di più laboratori e nel confronto mediante tecniche statistiche dei risultati ottenuti dagli stessi rispetto al campione appositamente preparato per il test, e permettono la valutazione della correttezza delle procedure adottate nei diversi laboratori.

Nello svolgimento della rassegna delle campagne di intercalibrazione, altra attività svolta dal CTN, si è rilevato purtroppo che, attualmente, non esiste un programma istituzionalizzato per l'effettuazione di tali campagne per i parametri relativi alla matrice suolo, ma soltanto alcune iniziative limitate nel tempo e nel numero di laboratori coinvolti. L'organizzazione periodica di campagne di intercalibrazione, relativamente alla matrice suolo, rappresenta quindi un aspetto importante per la qualificazione delle informazioni di tipo analitico e di conseguenza per la validazione dei dati.

Resta naturalmente la possibilità di errori di trascrizione o dimenticanze in fase di stesura del referto o di inserimento in un archivio: è pertanto necessario prevedere per ogni tipo di dato analitico, quanto meno un intervallo di "accettabilità" o "veridicità" al di fuori del quale il dato non viene inserito (es. pH).

Una volta completato l'inserimento, sarà possibile verificare sulla base della serie storica o dell'incrocio tra dati collegati, la presenza di dati "fuori allineamento" ai quali porre eventualmente un *flag* di "dubbio". In questo caso è più opportuno parlare di "bonifica" dei dati piuttosto che di validazione.

Infine per tutte le tipologie di dati rilevati è necessaria anche una "validazione formale", che consiste nella stesura di un documento, allegato alle informazioni ottenute, che indichi la provenienza, la data di produzione e la persona fisica e/o l'ente responsabile della gestione delle informazioni richieste. Nella costruzione degli indicatori si estraggono spesso informazioni da banche dati già esistenti e si inseriscono in banche dati di appoggio o derivate. In questi casi (es. i dati scaricati da internet) la responsabilità, relativa al trasporto dei dati da un data base esterno a quello di archiviazione dei dati richiesti, ricadrà sull'operatore che ha eseguito la ricerca e che dovrà, quindi, assicurarsi di indicare tutte le informazioni sopra citate.

Tale "validazione formale" comporta inoltre che l'operatore sia in possesso dei dati originali e di quelli validati, sia a livello cartaceo sia a livello informatico, in modo da poter eseguire in qualsiasi momento un confronto tra i dati raccolti e quelli archiviati. Nel caso i dati siano raccolti su schede cartacee, queste devono riportare una doppia firma ad attestarne la correttezza, rispettivamente del compilatore e del responsabile che ha fornito il dato, dichiarando la validità del dato stesso e la corretta trascrizione.

2.4 Fase di omogeneizzazione dei dati

L'ultima operazione, è rappresentata dalla fase di *omogeneizzazione* dei dati che si deve basare sull'adozione di criteri di similarità nella definizione del dato per poter unire database di diversa provenienza.

È quindi l'ultima verifica, quella che consente di uniformare i dati, soprattutto descrittivi, anche se provenienti da fonti diverse e che ha, tra l'altro, lo scopo di evitare la duplicazione di uno stesso dato nel sistema di archiviazione. Occorrono dei controlli sufficientemente evoluti e tali da garantire che i sinonimi non vengano inseriti come due entità differenti (ad es. CTN_SSC, C.T.N. S.S.C., CTN-SSC potrebbero essere archiviate come tre entità differenti). I criteri di omogeneizzazione debbono essere attentamente studiati e debbono comprendere: similarità nella definizione, identica georeferenziazione, stesso indirizzo.

Comprende:

- eliminazione dei dati duplicati – ricadono in tale situazione i dati rilevati in uno stesso intorno temporale e che si riferiscono a una stessa entità;
- bonifica delle incongruenze – spesso i dati duplicati non sono identici, ma differenti, oppure un loro insieme non ha coerenza interna (ad esempio la quota massima di un bacino idrografico inferiore alla minima), in questo caso occorre stabilire quale tra i disponibili, è quello corretto.

3. I METADATI

Si ritiene opportuno approfondire il concetto di metadato in quanto spesso questo termine è inteso in due modi differenti.

Se il metadato si riferisce a una banca dati, esso consisterà nella descrizione di tutto il set di dati, che comprenderà l'elencazione e la descrizione delle informazioni contenute, il periodo cui i dati si riferiscono e il formato in cui i dati sono disponibili.

Il metadato si configura quindi come un insieme di informazioni sul set di dati che ne descrivono il livello di significatività e di utilizzabilità.

Un tipico esempio di “banca dati dei metadati” è il CDS europeo.

Se il metadato si riferisce a un campo specifico di una banca dati consisterà nella descrizione del significato di tale campo, necessario per un corretto inserimento delle informazioni.

Inoltre si devono individuare due “*metalivelli*” descrittivi:

- il primo consiste in una descrizione semantica dettagliata del dato o del set di dati e, quindi, può essere inteso come quel *metalivello* che descrive, per ogni singolo campo appartenente al database, il significato della singola informazione o valore contenuto in esso, sia che si tratti di un'informazione descrittiva (es. informazioni anagrafiche, amministrative, tecniche, costruttive, ecc.) che di un valore ottenuto tramite una misura o di un codice identificativo di una particolare entità;
- il secondo livello è rappresentato dalla “storicizzazione” del dato attraverso i passaggi che lo hanno portato fino all'inserimento nella banca dati.

Se si sta trattando di banche dati “derivate” da altre banche dati, quali, ad esempio, quelle necessarie alla costruzione degli indicatori sarà, a maggior ragione, necessario compilare il metadato di ciascun campo costituente la banca dati.

I metadati dovranno essere quindi definiti come sorta di dizionario esplicativo del dato.

Di seguito vengono proposte delle schede dei metadati da utilizzarsi nel corso dell'attività di costruzione degli indicatori.

Scheda Metadati			
Nome Campo	Descrizione	Obb.	Valori ammessi
1. Identificazione			
Titolo base dati informativa	Titolo della collezione logica delle informazioni	<input type="radio"/>	
2. Descrizione			
Descrizione	Descrizione dei contenuti (elenco dei campi)	<input type="radio"/>	
Formato di provenienza	Attributo che indica in quale forma viene acquisita la collezione logica di informazioni	<input type="radio"/>	Informatico, cartaceo, misto
Validazione	Informazioni relative alla bonifica e/o validazione dati		
3. Riferimenti amministrativi di provenienza			
Produttore	Soggetto che produce la collezione logica delle informazioni (nome e indirizzo), ossia l'Ente, il laboratorio che fornisce la misura	<input type="radio"/>	
Fornitore	Soggetto che fornisce la collezione logica delle informazioni (nome e indirizzo)	<input type="radio"/>	
Responsabile	Soggetto che è responsabile della collezione logica delle informazioni (nome e indirizzo)	<input type="radio"/>	
Referente	Soggetto responsabile della collezione logica delle informazioni	<input type="radio"/>	
Compilatore	Soggetto che acquisisce la base dati	<input type="radio"/>	
Normativa	Normativa di riferimento se i dati vengono raccolti ai sensi della normativa vigente		
Indicatori connessi	Indicatori collegati alla collezione logica delle informazioni	<input type="radio"/>	
Elaborazioni	Indicare quali elaborazioni vengono effettuate sui dati		
Motivazione	Motivo per il quale viene acquisita la base dati	<input type="radio"/>	
4. Copertura Temporale			
Data inizio	Data iniziale a cui si riferisce la collezione logica di informazioni		
Data fine	Data finale a cui si riferisce la collezione logica di informazioni		Da compilarsi solo per banche dati non aggiornate in continuo
Periodicità di aggiornamento	Intervallo di tempo con cui vengono aggiornati i dati		
5. Ambito geografico di riferimento			
Nazione	Codice ISTAT della nazione a cui si riferisce la collezione logica di informazioni	<input type="radio"/>	
Regione	Codice ISTAT della regione a cui si riferisce la collezione di dati	<input type="radio"/>	
Provincia	Codice ISTAT della provincia a cui si riferisce la collezione di dati	<input type="radio"/>	
Comune	Codice ISTAT del comune a cui si riferisce la collezione di dati		
Località	Descrizione della località		
6. Classificazione			
Classificazione	Uno o più termini descrittivi secondo il Thesaurus ambientale		
7. Disponibilità			
Formato	Attributo in cui i dati sono resi disponibili	<input type="radio"/>	
8. Compilazione della scheda			
Data compilazione scheda	Data in cui viene compilata la scheda	<input type="radio"/>	

Scheda Metadati Cartografici (da compilare nel caso in cui la collezione di dati includa dati geografici)			
Nome Campo	Descrizione	Obb.	Valori ammessi
Dati geografici			
1. Descrizione			
Descrizione	Descrizione generale del dato geografico	<input type="radio"/>	
Acquisizione	Modalità di acquisizione e produzione dei dati (rilevamento da satellite, rilievo topografico, ecc.)	<input type="radio"/>	
Denominazione	Riferimento ai repertori cartografici regionali o provinciali		
2. Copertura spaziale			
Sistema cartografico di riferimento	Sistema cartografico di riferimento di partenza (coordinate Gauss – Boaga, UTM catastali, ecc.)	<input type="radio"/>	
3. Caratteristiche geometrico/topologiche			
Formato	Indica se i dati sono espressi in formato raster o vettoriale		
Primitiva geometrica	Descrizione delle geometrie		Punti, linee, aree, testo
Topologia	Descrizione delle relazioni topologiche presenti nell'insieme dei dati (punti, linee, aree ecc.)		
Sorgente	Origine della sorgente dei dati: fonte, metodo di produzione, organizzazione spaziale, supporto, riferimento temporale		
Scala di rilevamento	Scala a cui sono state acquisite le informazioni		
Cartografia informatizzata e non			
1. Descrizione			
Descrizione	Descrizione generale della carta		
Denominazione	Riferimento ai repertori cartografici regionali o provinciali	<input type="radio"/>	
2. Caratteristiche geometrico/topologiche			
Formato	Formato della carta	<input type="radio"/>	Digitale, cartacea
Metodo	Indica il metodo utilizzato per la produzione delle carte (fotointerpretazione, rilievo diretto, elaborazione mediante interpolazione ecc.)		
Cartografia di base	Per le carte a base topografica (es. carte tematiche su base topografica) indica la cartografia di base a cui si riferisce (IGM, tecnica, regionale, ecc.)	<input type="radio"/>	
Scala di output	Scala di restituzione della carta		

4. CRITERI PER LA COSTRUZIONE DI BANCHE DATI

L'attività di validazione del dato ambientale va chiaramente di pari passo con la realizzazione di banche dati appositamente predisposte. Di conseguenza si è ritenuto opportuno comprendere, tra le attività del Centro Tematico, la definizione dei criteri per la costruzione di banche necessarie a contenere i dati raccolti e validati per la costruzione degli indicatori.

Per la definizione della struttura di una banca dati è necessario indicare un sistema di regole necessarie affinché i dati vengano catalogati in maniera standard e omogenea e possano diventare facilmente disponibili e utilizzabili. Quindi la definizione e la standardizzazione delle regole è un presupposto indispensabile per una corretta organizzazione delle informazioni disponibili.

Per la costruzione di una banca dati è necessario organizzare e strutturare le informazioni in modo che non rappresentino una conoscenza episodica ed emergenziale, ma sistematica e continua, capace di dare della realtà una rappresentazione consistente e covariante con i cambiamenti che in essa si manifestano.

Il compito di una banca dati ambientale in particolare è quello di raccogliere, integrare, elaborare e distribuire informazioni su un vasto spettro di conoscenze ambientali relative allo stato e qualità dell'ambiente, alle pressioni a cui è sottoposto in conseguenza delle attività umane, alla sua sensibilità e vulnerabilità in rapporto a ciascuna categoria di pressioni.

L'efficienza di una banca dati, inoltre, si misura dalla sua completezza, omogeneità, chiarezza e facilità di consultazione. I campi che costituiscono quindi la sua struttura devono essere definiti in maniera univoca, in modo da evitare delle ripetizioni d'informazioni, che creerebbero un appesantimento della struttura stessa e una minore gestibilità dei dati. Particolare attenzione, inoltre, va posta nel definire i campi in modo da non incorrere in ripetizioni o nell'inserire più informazioni nello stesso campo. Una buona struttura permetterà di effettuare ricerche, analisi ed estrazioni in modo efficiente e funzionale.

Una volta individuati gli elementi che popoleranno la banca dati si dovranno stabilire quali sono le tabelle necessarie per contenere tali dati.

Di conseguenza bisogna analizzare i dati in modo da aggregare le informazioni in base alla loro tipologia e alla loro quantità; da questo fatto nasce l'esigenza di creare più tipi di tabelle. Inoltre, se esistono dei collegamenti logici tra i dati di tabelle diverse, sarà opportuno creare delle relazioni tra le stesse.

Per una corretta gestione del database sarà necessario che i dati contenuti nelle varie tabelle possano essere estrapolati per consentire un'analisi più dettagliata del problema che si vuole considerare. Per questa ragione, all'interno della struttura dovrà essere possibile creare delle interrogazioni che consentano di prelevare i dati da tabelle differenti e aggregarli in un'altra.

Una volta che i dati sono stati informatizzati, uno strumento per la valutazione dello stato dell'ambiente può consistere nella rappresentazione grafica e cartografica del dato.

La cartografia si propone come scopo la rappresentazione dell'ubicazione e della distribuzione geografica delle informazioni dedotte dai dati ai fini del successivo utilizzo della carta come elemento conoscitivo o come strumento di lavoro.

4.1 Archiviazione dati territoriali

Al fine di rendere omogenee tutte le informazioni da inserire nelle banche dati e per renderle applicabili a studi diversi è opportuno osservare alcuni accorgimenti.

In generale, nell'inserimento delle informazioni anagrafiche/territoriali si utilizzano:

- per la formazione del codice identificativo di un'entità è necessario l'utilizzo di codici ISTAT per l'individuazione della regione, provincia e comune di appartenenza del dato ricercato, più un numero progressivo (001 o se necessario 0001) associato a una sigla (lettera o numero) identificativa dell'entità in esame. L'utilizzo del codice elimina quindi il problema dell'inserimento del nome del comune, infatti nel caso in cui il nome sia composto da più parole occorre stabilire criteri standard di come scriverlo in modo che lo stesso comune non risulti più di una volta all'interno della base dati. Vista la non omogeneità dei codici all'interno delle banche dati già esistenti è opportuno individuare dei criteri di transcodifica al fine di rendere omogenei i dati una volta raccolti;
- nel caso in cui si debbano inserire degli indirizzi, per non creare difficoltà nella ricerca, conviene inserire in campi differenti il tipo di strada (piazza, via, corso, ecc.) e la sua denominazione;
- relativamente alle coordinate geografiche i sistemi di riferimenti usati a livello nazionale sono principalmente Gauss-Boaga e UTM. Al momento del caricamento nel database del dato raccolto è necessario stabilire un campo di trasformazione dei due sistemi di coordinate. Nel caso di dati puntuali (operazioni di prelievo e campionamento, incidenti, ecc.) è suf-

ficiente inserire le coordinate geografiche del sito di misura, mentre nel caso di dati aventi una propria estensione areale (attività industriali, siti contaminati ed estrattivi, ecc.) sono necessarie, a seconda della scala di successiva rappresentazione, oltre che le coordinate del baricentro del sito, anche quelle di altri punti significativi, come ad esempio gli estremi dell'area di proprietà dell'attività, ossia le coordinate dei quattro estremi dell'area posti nelle quattro direzioni geografiche;

- metri su livello del mare (m s.l.m.), relativamente alla quota del sito in cui è stato raccolto il dato (ad esempio, la quota di misura e campionamento dell'attività industriale o del sito contaminato, del pozzo, della sorgente, del sondaggio, ecc.). Analogamente a quanto detto precedentemente nel caso di dati puntuali, è sufficiente inserire la quota corrispondente al punto di misura, mentre nel caso di dati aventi una propria estensione areale sono necessarie, a seconda della scala di rappresentazione, oltre che la quota del baricentro del sito, anche quelle di altri punti significativi;
- ettaro relativamente all'espressione delle superfici interessate per la descrizione dell'indicatore in esame (ad esempio, area dei siti contaminati, area occupata dalle attività industriali, area interessata da un incidente o da uno sversamento, ecc.);
- m³ relativamente all'espressione dei volumi interessati per la descrizione dell'indicatore (ad esempio, volumi di territorio coinvolti dall'estrazione e coltivazione di minerali, ecc.).

4.2 Archiviazione dati tecnici

Al fine di ottenere un quadro completo dell'informazione occorre inserire nella banca dati anche informazioni riguardanti alcuni elementi caratterizzanti l'entità ambientale.

Questi elementi possono essere identificati nel caso dell'entità "Azienda":

- l'estensione dell'azienda o impianto considerato;
- il numero delle persone impiegate nell'attività industriale;
- la tipologia e l'impiego delle sostanze utilizzate nell'attività.

Nel caso invece dell'entità "Pozzo" questi elementi possono essere:

- la profondità alla quale attinge il pozzo;
- il suo diametro;
- il tipo di pompa;
- la posizione dei filtri;
- la portata autorizzata;
- la portata di utilizzo, ecc.

4.3 Archiviazione dati analitici

Nel caso in cui sia necessario inserire i risultati di analisi chimiche, fisiche e biologiche sono essenziali tutte le informazioni che descrivono le metodologie utilizzate, dal prelievo del campione fino all'analisi.

Nel tracciato record, di conseguenza, è necessario che appaiano i seguenti campi:

- metodi di esecuzione dei prelievi di campioni (ad es., nel caso di campioni di terreno, trincee, carotaggio ecc.);
- metodi di formazione dei campioni (ad es. quartatura);
- coordinate geografiche del punto di prelievo;
- quota del prelievo (profondità alla quale viene prelevato il campione);
- quota del sondaggio, pozzo (altitudine s.l.m. del punto di sondaggio o prelievo);

- data di campionamento;
- modalità di conservazione del campione dopo il suo prelievo;
- data di consegna al laboratorio;
- data di inizio analisi;
- parametri chimico/fisici o biologici oggetto dell'analisi;
- metodica utilizzata (comprensiva del metodo per la preparazione del campione);
- strumento utilizzato;
- limite di rilevabilità del metodo;
- unità di misura (che dovrà essere quella prevista dal DPR 12/8/82 n. 802 "Attuazione della direttiva CEE n. 80/181);
- accuratezza;
- *range* di errore.

Inoltre per rendere la banca dati completa, attendibile, di facile e rapida consultazione è utile anche inserire, oltre al valore dell'elemento misurato, anche il valore previsto dalla normativa vigente.

Nel caso di immissione di dati ottenuti da metodi di misura analitici, è opportuno adottare i seguenti accorgimenti:

- la sostanza analizzata deve essere indicata tramite la nomenclatura IUPAC e, in aggiunta, può essere integrata dal nome commerciale della sostanza;
- nel caso di valori al di sotto del limite di rilevabilità definita dalla metodica non si devono immettere valori pari a zero, ma deve essere esplicitato che il valore risulta inferiore a tale limite ($< x$ mg/kg dove x è il limite di rilevabilità definito dal metodo);
- l'unità di misura da adottare per i valori di concentrazione delle sostanze presenti nel suolo e nel sottosuolo è il mg/kg riferito alla sostanza secca mentre per le acque o l'eluato è il $\mu\text{g/l}$ o mg/l. Quindi nel caso in cui siano eseguite analisi sull'eluato (test di cessione) dovrà essere costruita una banca dati apposita e i risultati espressi in $\mu\text{g/l}$ o mg/l;
- nel caso il risultato debba essere espresso in classi deve essere riportato in chiaro la classificazione ufficiale utilizzata e/o il documento di riferimento da cui è stato tratto.

5. RAPPRESENTAZIONE DEI DATI

A seconda del tipo di informazioni che si vogliono evidenziare esistono vari metodi di rappresentazioni che possono essere distinti in:

- rappresentazioni grafico – statistiche;
- rappresentazioni cartografiche.

Le *rappresentazioni grafico - statistiche* consistono nel creare diagrammi (istogrammi, torte, linee) che descrivono la quantità di informazioni a disposizione o la distribuzione percentuale delle informazioni derivate dai dati o altre elaborazioni eseguite a partire dai dati a disposizione.

Nelle *rappresentazioni cartografiche* gli oggetti territoriali sono definiti con l'utilizzo di due componenti di diversa natura: una componente *geometrica* e una *descrittiva*. La prima fornisce informazioni sulla localizzazione, sulla forma e sulle dimensioni dell'oggetto territoriale rappresentato sulla carta, mentre la seconda fornisce la descrizione dell'oggetto facendo uso di accorgimenti grafici (quali il tratto, il colore, la campitura, la simbologia, i testi ecc.) che aggiungono delle informazioni sull'elemento descritto.

Tra i campi fondamentali, che sono indispensabili in fase di elaborazione dei dati, si possono individuare il *codice dell'entità del punto di misura* e i dati di *georeferenziazione* del sito individuato. L'inserimento del *codice dell'entità del punto di misura* consente di individuare in modo univoco l'entità e l'ambito territoriale nel quale è inserito il dato stesso. La localizzazione del dato è individuata tramite la sua *georeferenziazione*, ossia tramite le sue coordinate geografiche che vanno raccolte individuando a priori il sistema di riferimento da utilizzare e, una volta specificato, utilizzando sempre lo stesso sistema.

La visualizzazione sintetica degli accorgimenti sopra descritti viene rappresentata nella carta attraverso la *legenda* che costituisce uno strumento fondamentale e necessario per l'interpretazione degli elementi descritti nella mappa tematica.

La *legenda* di una carta tematica risulta, normalmente divisa in due parti:

- una contenente il titolo della mappa tematica, l'autore e/o l'ente di appartenenza, la scala, la data e la fonte a cui si riferiscono i dati rappresentati, la data di elaborazione e la data di compilazione;
- un'altra che contiene la descrizione degli oggetti territoriali rappresentati quali: il colore associato alle aree aventi uguali caratteristiche o proprietà (ad esempio stessa litologia), le linee e i simboli, che in generale possono rappresentare sia elementi geomorfologici-strutturali che infrastrutture, e indicazioni su alcune caratteristiche della carta quali la quota di alcuni punti, il nome dei comuni, ecc.

A tal riguardo è necessario che una banca dati completa contenga alcune informazioni sulle caratteristiche territoriali dei dati inseriti.

I sistemi GIS (*Geografic Information System*), utilizzati per la costruzione di carte tematiche e per la realizzazione di analisi territoriali, sono in grado di gestire archivi contenenti sia informazioni puramente territoriali come la geocodifica e le coordinate geografiche, sia informazioni che servono per la predisposizione di carte tematiche, quali ad esempio, nel caso di indicatori ambientali, il numero di addetti di un'azienda, le sostanze utilizzate dall'azienda, il numero di incidenti avvenuti nella zona di riferimento, ecc.

Le rappresentazioni cartografiche ottenute dalle informazioni catalogate permettono, quindi di evidenziare la situazione ambientale nazionale riguardante la problematica descritta dall'indicatore in oggetto.

6. CONCLUSIONI

Richiamando, in conclusione, la struttura MDIAR (Figura n. 2) con cui l'EEA (*European Environmental Agency*) ha descritto tutte le attività di base relative a monitoraggio, raccolta di dati e informazioni, trattamento degli stessi e stesura dei rapporti di cui riportiamo di seguito una breve descrizione, appare evidente, da quanto sopra detto, che per ottenere dei dati utilizzabili nell'attività di *reporting* ambientale riveste particolare importanza il processo di qualificazione e validazione del dato.

Struttura MDIAR

- **Monitoring** - Monitoraggio – organizzazione, gestione e armonizzazione delle reti nazionali, produzione di dati a livello nazionale;
- **Data** - Trattamento e archiviazione dei dati – realizzazione di database e gestione dei flussi di dati;
- **Information** – visualizzazione e descrizione dei dati mediante elaborazioni grafiche (mappe, tavole e grafici);

- **Assessment** - Selezione e aggregazione – analisi delle informazioni necessarie per produrre indicatori relativi alle diverse tematiche;
- **Reporting** - Rapporti – produzione di rapporti sullo stato dell’ambiente.

Senza lo svolgimento di un corretto processo di gestione del dato, che si è tentato di descrivere in sintesi nel presente lavoro, il rischio è di ottenere molti dati ma poco attendibili, non confrontabili e, quindi, non utilizzabili.

La scommessa delle attività dei Centri Tematici Nazionali voluti dall’ANPA è appunto quella di creare quel sistema di regole che consentirà, in futuro, di disporre finalmente di una conoscenza ambientale il più completa possibile ma soprattutto affidabile e condivisa.

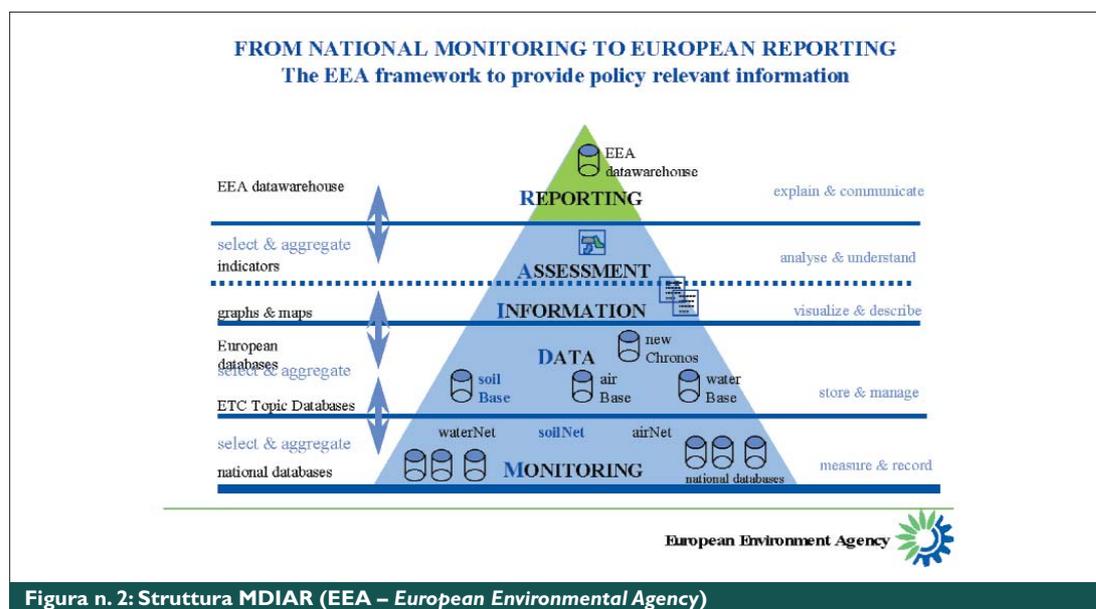


Figura n. 2: Struttura MDIAR (EEA – European Environmental Agency)

Gli indicatori di desertificazione nei contesti delle azioni di tutela globali e locali

Anna Luise, Stefania Viti

ANPA

Sommario

La necessità di predisporre indicatori è una delle priorità evidenziate dalla Convenzione delle Nazioni Unite per combattere la Desertificazione - UN CCD.

La Convenzione individua negli indicatori lo strumento necessario per supportare operativamente un largo spettro di attività, tra le quali: stimare, valutare, rappresentare cartograficamente la dimensione del fenomeno, nonché individuarne le cause, quantificarne gli impatti, giustificare la spesa per gli interventi di mitigazione, monitorare l'efficacia degli interventi stessi.

La UN CCD introduce tre grandi famiglie di indicatori:

- Indicatori di desertificazione;
- Indicatori di implementazione della Convenzione;
- Indicatori di impatto della Convenzione.

Summary

The necessity of elaborating indicators is one of the priorities identified by the United Nation Convention to Combat Desertification - UN CCD.

The Convention regards indicators as the appropriate instrument to provide operational support to a wide range of activities, including: estimating, assessing, mapping the extent of Desertification, as well as determining the causes, quantifying the impacts, justifying expenditure for mitigation measures and monitoring the efficiency of the measures taken.

The UN CCD identified three sets of indicators:

- Indicators to assess Desertification
- Indicators to assess the implementation of the Convention
- Indicators to assess the impact of the Convention.

I. INTRODUZIONE

“Lo sviluppo sostenibile è un processo in evoluzione che migliora l'economia, l'ambiente e la società a vantaggio delle generazioni presenti e future”⁽¹⁾, inoltre, essendo un processo in evoluzione, è anche un processo temporale con variabili non lineari, ambientali, economiche e sociali, a volte difficilmente quantificabili.

Tali tematiche (ambiente economia, società), dal punto di vista dello sviluppo sostenibile, devono essere affrontate congiuntamente, in maniera globale, dinamica e integrata, con indicatori di sostenibilità costruiti *ad hoc*, che tengano conto delle singole tematiche ma anche, e soprattutto, delle loro complesse interrelazioni che le legano.

Lo sforzo va quindi indirizzato a ricercare e a sperimentare set di indicatori capaci di cogliere l'evoluzione dinamica, non solo in termini temporali ma anche di integrazione, entro cui si muove lo sviluppo sostenibile.

Tra le esperienze di maggior rilievo a livello globale, citiamo quella della *United Nation Commission on Sustainable Development* che ha elaborato un set di ben 134 *Indicators of Sustainable Development* tenendo conto sia della necessità di mettere insieme le dimensioni sociale, economica, ambientale e istituzionale, sia del modello concettuale (*Driving Forces, State, Response*), dove rispettivamente si analizzano le attività umane, i processi e i modelli che incidono sullo sviluppo sostenibile (*Driving Forces*), lo “stato” dello sviluppo sostenibile (*State*), le scelte politiche e le altre risposte ai cambiamenti nello “stato” dello sviluppo sostenibile (*Response*). All’interno di questo gruppo di indicatori s’inseriscono gli indicatori di desertificazione.

Negli ultimi due decenni, la Desertificazione è diventata una delle problematiche ambientali più dibattute: alcuni eventi drammatici, quali la siccità nel Sahel (1968-73), hanno imposto all’attenzione pubblica mondiale la percezione della desertificazione come fenomeno strettamente legato alla carestia, alla fame e alla povertà e, più in generale, allo sviluppo. In seguito a questa presa di coscienza, già nel 1977 l’UNEP ha organizzato la Prima Conferenza Mondiale sulla Desertificazione. Da allora, termini come “lotta contro la Desertificazione” e “degradazione delle terre” sono entrati nell’uso corrente oltre che nelle agende politiche di numerosi Paesi.

La definizione di desertificazione adottata prescindeva dalla collocazione geografica delle aree colpite, dalle loro caratteristiche climatiche, dalle cause e dai processi all’origine del degrado del potenziale biologico del suolo e si basava su un criterio di produttività biologica.

La Convenzione delle Nazioni Unite di Lotta alla Desertificazione che è scaturita dalla conferenza di Rio de Janeiro del 1992, tiene conto invece della complessità di un fenomeno che ha sfaccettature assai diverse e che riverbera problematiche fisiche, biologiche, climatiche insieme a valutazioni sociali, economiche e di strategie politiche. E lo inserisce nella prospettiva del paradigma dello sviluppo sostenibile che punta a coniugare dinamicamente livelli di azione locali e globali.

La Convenzione ha scelto infatti di adottare una definizione di desertificazione (“*degrado delle terre nelle aree aride, semi-aride e sub-umide secche, attribuibile a varie cause, fra le quali variazioni climatiche ed attività umane*”²) che, da una parte, focalizza il suo ambito di intervento e, dall’altra, porta in primo piano le conseguenze, spesso assai negative, di uno sviluppo economico che non tiene conto del capitale naturale di cui si serve e di cui compromette la qualità e la disponibilità.

È quindi evidente in una definizione come questa la centralità del tema degli indicatori ambientali e socio-economici, adatti a valutare i caratteri, l’evoluzione temporale dei processi di desertificazione nonché gli effetti delle azioni di lotta alla desertificazione, in altri termini di indicatori che inseriti nella più vasta famiglia degli indicatori di sviluppo sostenibile.

2. GLI INDICATORI TRA CONFRONTABILITÀ GLOBALE E RAPPRESENTATIVITÀ LOCALE

Un indicatore³ è un parametro o un indice che fornisce un’informazione sintetica e univoca relativamente a un fenomeno che si vuole caratterizzare, misurare, monitorare, cioè rispetto a un preciso obiettivo.

² Art. 1 della Convenzione delle Nazioni Unite contro la Desertificazione nei Paesi gravemente colpiti dalla siccità e/o dalla Desertificazione, in particolare in Africa.

³ L’OCSE definisce indicatori: un parametro o un valore derivato da parametri, che indica/fornisce informazioni su/describe lo stato di un fenomeno/ambito/area con un significato che va oltre ciò che è direttamente associato al valore del parametro.

Conseguentemente, ciò che identifica un parametro o indice come indicatore (di qualcosa piuttosto che di un'altra) è un insieme di caratteristiche tra le quali:

- *Obiettivo*: un indicatore è tale quando serve a caratterizzare/misurare/monitorare un fenomeno (stato/processo, ecc.) in un preciso contesto, con uno scopo preciso;
- *Metodo*: il metodo di misura e/o di calcolo del valore del parametro/indice; livello di accuratezza richiesto, numero di ripetizioni, periodicità, trattamento statistico, campi e contesti di applicabilità, scala spaziale.

Gli indicatori di desertificazioni cercati nei primissimi anni, quando l'attenzione era concentrata sui processi che conducevano all'instaurarsi di condizioni di tipo desertico, erano quelli in grado di misurare l'avanzata del deserto, quindi lo spostamento o l'ampliamento delle fasce climatiche e vegetazionali, mediante parametri sia biofisici sia socio-economici, quali l'insorgere di deficit alimentari, gli spostamenti di popolazioni, ecc. Presto è stato chiaro alla comunità scientifica internazionale che la desertificazione doveva essere considerata più generalmente come un insieme di processi di declino delle potenzialità del territorio, che non necessariamente assumeva le forme di una maggiore estensione dei paesaggi di tipo desertico ma che anzi era attribuibile, nelle diverse parti del mondo dove era ravvisabile, a processi molto diversi tra loro, legati a loro volta a complessi sistemi di cause, tra le quali l'elevato grado di aridità del clima, fattore predisponente essenziale ma non la principale causa scatenante. Evidentemente, l'enorme complessità di questo sistema d'interazione rende molto arduo il compito di individuare indicatori univoci ed efficaci.

Gli indicatori di desertificazione dovrebbero inoltre fornire, agli utilizzatori, validi strumenti che favoriscano la costituzione di un sistema di allerta precoce nei confronti degli effetti della siccità e della desertificazione.

La Convenzione delle Nazioni Unite per combattere la Desertificazione introduce, infatti, seguendo questo paradigma, tre distinti aspetti del fenomeno che meritano una misurazione sistematica a cui, quindi, devono essere collegate tre grandi famiglie di indicatori:

- Indicatori di desertificazione;
- Indicatori di implementazione della Convenzione;
- Indicatori di impatto della Convenzione.

2.1. Indicatori di desertificazione

Gli indicatori di desertificazione tradizionalmente intesi sono rappresentati da "serie integrate di indicatori fisici, biologici, sociali ed economici" con la finalità di "consentire l'osservazione sistematica della degradazione del territorio nelle zone affette e per meglio comprendere e valutare i fenomeni e gli effetti della siccità e della desertificazione⁽⁴⁾".

Esiste una vasta letteratura in materia, alla quale sono naturalmente collegate un'ampia serie di liste di indicatori possibili, in linea con l'evoluzione delle conoscenze scientifiche sui fenomeni di degradazione dei suoli, sulle loro cause, sui loro effetti.

Ai fini del loro utilizzo ottimale, ovvero del loro utilizzo in relazione alle caratteristiche, alle tipologie e alla scala di osservazione prescelti, è molto utile procedere a una loro classificazione in termini di obiettivi finalizzati alla prevenzione, al monitoraggio e alla mitigazione.

Da uno studio condotto da ANPA e da NRD-Università di Sassari⁽⁵⁾ può essere ricavata una tavola sinottica che ne classifica un numero rilevante nell'ambito dei set di indicatori per il Mediterraneo seguendo lo schema DPSIR.

⁴ *Indicatori di desertificazione per il Mediterraneo Europeo: stato dell'arte e proposte di metodo*, a cura del Nucleo di Ricerca sulla Desertificazione dell'Università di Sassari e dell'ANPA, Roma 2000.

⁵ *Indicatori di desertificazione per il Mediterraneo Europeo: stato dell'arte e proposte di metodo*. Op. Cit.

Il modello DPSIR è stato introdotto dall’Agenzia Europea dell’Ambiente come base per il proprio programma sugli indicatori di pressione ambientale. Questo modello rappresenta un’evoluzione del modello PSR nel quale vengono evidenziati due ulteriori elementi della catena (*Driving forces, Impact*), integrazione, che si spiega con la necessità di rendere gli indicatori degli strumenti veramente operativi; per prevenire non basta riconoscere i fattori di pressione, bisogna agire sulle forze che li introducono nel sistema; per mitigare, bisogna sapere come la degradazione delle risorse si ripercuote sul sistema sociale, cioè con quali impatti.

Nella Tabella seguente (n. I), gli indicatori di desertificazione sono suddivisi in base alle categorie prevenzione, monitoraggio e mitigazione e organizzati secondo il modello DPSIR.

Tabella n. I

Tabella n. I	
Tipo	Nome dell'indicatore e fonte
Indicatori finalizzati alla Prevenzione della Desertificazione	
Driving Force	Indice di occupazione – ESAs, indicatori di qualità della gestione del territorio; Ferrara et al. (1999) Indice di anzianità – ESAs, indicatori di qualità della gestione del territorio; Ferrara et al. (1999)
Pressione	Densità di popolazione - indicatori di vulnerabilità strutturale agricola; Maracchi et al. (1998) Intensità di pascolamento – indice di degradazione della vegetazione e del suolo; Papanastasis (1998)
Stato	Pietrosità superficiale – ESAs, indicatori di qualità del suolo; Kosmas et al. (1999) Profondità del suolo – ESAs, indicatori di qualità del suolo; Kosmas et al. (1999) Pendenza – ESAs, indicatori di qualità del suolo; Kosmas et al. (1999) Piovosità – ESAs, indicatori di qualità del clima; Kosmas et al. (1999) Aridità – ESAs, indicatori di qualità del clima; Kosmas et al. (1999) Rischio d’incendio – ESAs, indicatori di qualità della vegetazione; Kosmas et al. (1999) Protezione anti-erosiva – ESAs, indicatori di qualità della vegetazione; Kosmas et al. (1999) Resistenza all’aridità – ESAs, indicatori di qualità della vegetazione; Kosmas et al. (1999) Copertura vegetale – ESAs, indicatori di qualità della vegetazione; Kosmas et al. (1999) Indice di aridità – <i>Desertification Prone Areas, NAP portoghese, DGF – Direcção-Geral das Florestas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas</i> Potere erosivo delle piogge – <i>Desertification Prone Areas, NAP portoghese, DGF – Direcção-Geral das Florestas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas</i> Indice di siccità – <i>Desertification Prone Areas, NAP portoghese, DGF – Direcção-Geral das Florestas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas</i> Capacità di infiltrazione – vulnerabilità del suolo; Imeson et al. (1999) Stabilità dell’orizzonte superficiale – vulnerabilità del suolo; Imeson et al. (1999) Contenuto di sostanza organica nel suolo; Pinzari F. et al. (1998) Rapporto C/N nel suolo; Pinzari F. et al. (1998) Velocità di mineralizzazione del carbonio organico nel suolo; Pinzari F. et al. (1998) Velocità di mineralizzazione del carbonio della biomassa microbica del suolo; Pinzari F. et al. (1998) Rapporto carbonio della biomassa microbica / carbonio organico totale nel suolo; Pinzari F. et al. (1998) Salinità e alcalinità delle acque reflue; Vacca S et al. (1998)
Indicatori finalizzati al Monitoraggio della Desertificazione	
Pressione	Urbanizzazione incontrollata – qualità della gestione del territorio; Sommer et al. (1998)
Stato	Stato sanitario e di vigore della vegetazione e delle foreste; Louro V., Sequeira E.M. (1998) Composizione e densità della vegetazione naturale; Louro V., Sequeira E.M. (1998) Caratterizzazione della vegetazione riparia; Louro V., Sequeira E.M. (1998) Quoziente metabolico di Odum ⁽²⁾ – q(CO ₂); Pinzari F. et al. (1998)

continua

segue

Indicatore	
Tipo	Nome dell'indicatore e fonte
Indicatori finalizzati alla Mitigazione della Desertificazione	
Pressione	Urbanizzazione incontrollata – qualità della gestione del territorio; Sommer et al. (1998)
	Variazione % della popolazione; Istituto Nazionale di Economia Agraria
	Densità di popolazione; Istituto Nazionale di Economia Agraria
	Tasso di ricambio generazionale; Istituto Nazionale di Economia Agraria
	Produzione Lorda Vendibile (PLV)/ Superficie Agraria Utilizzabile (SAU); Istituto Nazionale di Economia Agraria
	Variazione % della SAU; Istituto Nazionale di Economia Agraria
	Variazione % nel numero di aziende agricole; Istituto Nazionale di Economia Agraria
Stato	Percentuale di aziende a consumo; Istituto Nazionale di Economia Agraria
	Attitudine produttiva dell'ambiente; Istituto Nazionale di Economia Agraria
	Stato sanitario e di vigore della vegetazione e delle foreste; Louro V., Sequeira E.M. (1998)
	Composizione e densità della vegetazione naturale; Louro V., Sequeira E.M. (1998)
	Caratterizzazione della vegetazione riparia; Louro V., Sequeira E.M. (1998)

Un ulteriore modello di classificazione degli indicatori di prevenzione fa riferimento alla valutazione dell'area in base alla loro sensibilità/vulnerabilità.

In particolare, sono stati considerati:

1. *Indicatori di vulnerabilità strutturale*, di natura sia biofisica (prevalentemente climatica) sia socio-economica.
Tali indicatori sono in relazione al complesso dei fattori di rischio di desertificazione legati all'insieme delle caratteristiche del territorio che possono essere considerate non facilmente modificabili nel breve e medio periodo, oppure costanti. Partendo da dati climatici e di natura socio-economica quali quelli relativi alla consistenza, alla densità di popolazione e alla superficie destinata alle pratiche agricole. Gli indicatori si possono combinare in diversi modi per esempio mettendo in relazione precipitazioni e superficie agricola si può distinguere la vulnerabilità di un'area agricola in rapporto alle disponibilità idriche reali, mettendo in relazione il fattore densità di popolazione, le precipitazioni e la superficie agricola si ha un'informazione più completa sul grado di vulnerabilità strutturale di una regione. Quindi questi indicatori costituiscono la base per identificare le aree in cui un intervento è prioritario.
2. *Indicatori di vulnerabilità fisica*, basati sulle grandi unità morfo-geopedologiche o bio-climatiche alla scala dell'intero bacino del Mediterraneo.
Tali indicatori fanno riferimento alla vulnerabilità intrinseca dei suoli delle grandi regioni geomorfologiche del Mediterraneo, alla vulnerabilità e rinnovabilità delle risorse idriche sotterranee a scala di Bacino, ai censimenti degli ecosistemi fragili, ecc.
3. *Indicatori di sensibilità/vulnerabilità specifica* del territorio nei confronti dei principali processi di degradazione in gran parte di natura biofisica.
Tali indicatori rappresentano sistemi di indicatori sviluppati, principalmente, nell'ambito di grandi progetti di ricerca, come MEDALUS⁶, messo a punto in quattro diverse *target areas* in Grecia, Italia, Spagna e Portogallo e gli indicatori sviluppati nell'ambito del Piano d'Azione portoghese.

2.1.1 Alcune applicazioni metodologiche e pratiche

Il progetto di ricerca MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*) ha usato la metodologia ESAs (*Environmental Sensitive Areas to Desertification*) e ha individuato vari tipi di aree sensibili alla desertificazione con l'ausilio di quattro classi di indicatori che definiscono le qualità del:

- suolo;
- clima;
- vegetazione;
- gestione del territorio.

Gli indicatori della qualità del suolo possono essere legati alla capacità di immagazzinamento idrico oppure alla resistenza all'erosione, caratteristiche che possono essere valutate usando delle semplici proprietà come profondità, tessitura, drenaggio, caratteristiche della roccia madre, pendenza, pietrosità superficiale.

Le condizioni climatiche a rischio sono quelle che determinano grandi deficit idrici. Precipitazioni scarse, combinate con alti tassi di evapotraspirazione riducono drasticamente il contenuto di umidità del suolo.

Gli indicatori invece legati alla vegetazione possono essere considerati in relazione alla percentuale di copertura vegetale, al rischio d'incendio alla funzione protettiva nei confronti dell'erosione e alla resistenza alla siccità.

La gestione del territorio è condizionata dall'influenza dei fattori ambientali, sociali, economici, tecnologici e politici. In funzione del tipo di gestione, le risorse del suolo sono soggette a un diverso livello di stress.

La metodologia prevede il calcolo di quattro indici: di qualità del suolo, del clima, della vegetazione, e della gestione del territorio. Ciascun indice è calcolato a partire da variabili alle quali è attribuito un valore numerico. Si ottengono mediante le seguenti formule:

Indice di Qualità del Suolo (SQI)

$$SQI = (\text{tessitura}^* \text{rocciamadre}^* \text{pietrosità}^* \text{superficiale}^* \text{profondità}^* \text{pendenza}^* \text{drenaggio}^*)^{1/6}$$

Indice di Qualità del Clima (CQI)

$$CQI = (\text{piovosità}^* \text{aridità}^* \text{esposizione}^*)^{1/3}$$

Indice di Qualità della Vegetazione (VQI)

$$VQI = (\text{rischio d'incendio}^* \text{protezione dall'erosione}^* \text{resistenza all'aridità}^* \text{copertura vegetale}^*)^{1/4}$$

Indice di Qualità di Gestione del Suolo (MQI)

$$MQI = (\text{intensità di utilizzo del territorio}^* \text{politiche applicate}^*)^{1/2}$$

Complessivamente la metodologia ESAs utilizza 15 indicatori (6 per il suolo, 3 per il clima, 4 per la vegetazione, 2 per la gestione).

Dalla combinazione dei quattro indici si ottiene un indice sintetico $ESAI = (SQI^*CQI^*VQI^*MQI^*)^{1/4}$.

Il risultato sintetico viene collocato all'interno di una delle quattro classi ESAs:

- classe 1.* ESAs critiche: aree già altamente degradate a causa di una precedente gestione errata e che rappresentano una minaccia per l'ambiente delle aree circostanti;
- classe 2.* ESAs fragili: aree in cui qualsiasi cambiamento che alteri il delicato equilibrio tra risorse naturali e attività umane può portare alla desertificazione;

- classe 3. ESAs potenziali: aree a rischio di desertificazione solo in previsione di significativi cambiamenti climatici o di particolari combinazioni d'uso del territorio;
- classe 4. Aree non affette.

Una delle più efficaci sperimentazioni dell'uso di set di indicatori di desertificazione per l'identificazione delle aree a rischio desertificazione, è quella utilizzata dal Piano di Azione Nazionale portoghese, basata sulla combinazione moltiplicativa, in un Sistema Informativo Geografico (GIS), di tre diversi indici:

Indice climatico, è quello indicato dalla Convenzione come indice che permette di classificare una regione a rischio desertificazione, fornendo una misura della disponibilità media di acqua di una regione, e riflette le condizioni di umidità del suolo e lo stress che deriva dalla carenza idrica.

Indice di perdita del suolo in relazione all'erosività delle precipitazioni, alla copertura vegetale, al tipo di suolo, alla pendenza.

Indice di frequenza e intensità dei fenomeni siccitosi che fornisce una descrizione di questi fenomeni a livello regionale e si basa su tre parametri diversi:

1. il deficit idrico, inteso sia come misura della "grandezza" della siccità (carenza idrica al di sotto di un certo valore di soglia), sia come misura del "rigore" (rapporto tra deficit idrico massimo e deficit idrico medio);
2. il numero medio di anni di siccità (rapporto tra il numero di anni siccitosi e il totale degli anni considerati);
3. la media di tutte le aree interessate dalla siccità (misura dell'entità del fenomeno).

2.2 Gli indicatori di implementazione

Gli indicatori di implementazione della Convenzione, di nuova creazione, derivano dalla necessità di valutare, nel tempo, lo stato d'avanzamento dei processi di definizione e implementazione dei Piani di Azione Nazionali (PAN).

Essi sono indirizzati alla verifica sistematica sia dello stato d'avanzamento sia degli effetti delle azioni realizzate, favorendo un'analisi oggettiva relativamente a eventuali ritardi e/o fallimenti e una revisione periodica degli obiettivi stessi.

Gli indicatori di implementazione sono studiati per essere applicati agli specifici contesti nazionali e consentire la valutazione della messa in opera del PAN e la sua conformità agli articoli 9 e 10 della Convenzione.

Gli indicatori dovrebbero essere in numero limitato facilmente gestibili dai diversi Paesi, così da rendere più semplice il loro utilizzo al fine di costruire i rapporti nazionali previsti dalla Convenzione e presentati alla Conferenza delle Parti, essere rappresentativi della regione in questione tenendo conto di fattori a diverse scale che maggiormente contribuiscono a determinarne la specificità.

La conformità degli indicatori proposti con i principi della Convenzione, deve tener soprattutto conto del corretto recepimento dell'approccio decentralizzato e dal basso verso l'alto (*bottom-up*) che la Convenzione stessa impone. E' importante includere indicatori sui media per quantificare gli sforzi fatti per diffondere l'informazione, e indicatori per valutare l'aumento di consapevolezza a livello delle popolazioni locali.

2.3 Gli indicatori di impatto

Gli indicatori di impatto hanno la specifica funzione di consentire una verifica dell'efficacia delle azioni intraprese a seguito dell'implementazione dei Piani d'Azione, questo dovrebbe permettere di individuare in tempi brevi eventuali insuccessi ed errori.

La produzione di un set di indicatori di impatto dovrebbe costituire un passo importante nella direzione della creazione di un Sistema di Monitoraggio della Desertificazione (DMS). In particolare il DMS dovrebbe aiutare gli attori, a tutti i livelli, a verificare i propri progressi, analizzare le debolezze delle politiche implementate, individuare le priorità d'azione.

La metodologia per la predisposizione di questi indicatori dovrebbe possedere, secondo il Comitato *ad hoc* nominato dalla Conferenza delle Parti, alcune caratteristiche quali l'individuazione secondo un processo di consultazione ampiamente partecipativo "dal basso verso l'alto" (*bottom-up*), continuo, aperto, iterativo. La metodologia per individuarli deve essere infatti molto elastica, in grado di adattarsi ai contesti locali e ai cambiamenti introdotti dalle dinamiche connesse con la desertificazione. Questa metodologia dovrebbe portare, alla conclusione del processo, alla selezione di indicatori che siano: pochi, semplici, facili da utilizzare, significativi e in grado di monitorare l'evoluzione di aspetti specifici dei Programmi d'Azione nei Paesi interessati e, al tempo stesso, comparare l'evoluzione delle azioni per combattere la desertificazione e i risultati ottenuti nei diversi Paesi.

3. ULTERIORI CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DEGLI INDICATORI

Come è evidente da quanto finora detto, i potenziali indicatori di desertificazione sono numerosissimi e molto eterogenei e possono essere classificati secondo criteri diversi, come, ad esempio⁷⁾:

a. *Criterio della competenza disciplinare e delle componenti ambientali*

Nell'approccio più classico gli indicatori sono classificati in un modo che li suddivide in primo luogo in socio-economici e biofisici, per poi suddividere questi ultimi in climatici, relativi al suolo, alle acque, alla vegetazione, alla diversità biologica, ecc. cioè gli indicatori sono, di solito, organizzati e classificati in un modo che riflette principalmente le competenze dei singoli ambiti disciplinari e le esperienze raccolte in specifici contesti sperimentali.

b. *Criterio degli obiettivi*

Gli indicatori vengono talvolta raggruppati in funzione degli obiettivi per i quali sono stati proposti:

- prevenzione;
- monitoraggio;
- mitigazione.

c. *Criterio dei "framework" logici*

Nei programmi avviati sugli indicatori di supporto allo sviluppo sostenibile e di lotta alla desertificazione si è presentata l'esigenza di disporre di schemi di riferimento concettuali funzionali per un più efficace ordinamento delle conoscenze e per una maggiore facilità di comunicazione.

d. *Criterio delle scale spaziali*

La necessità di individuare indicatori adatti per diverse scale spaziali e per diversi contesti ambientali è uno dei problemi fondamentali nella ricerca sugli indicatori, in quanto spesso gli indicatori sono sito-specifici e quindi non confrontabili.

⁷ "Indicatori di desertificazione per il Mediterraneo Europeo: stato dell'arte e proposte di metodo", op. cit.

L'approccio che emerge è che per valutare cosa sta accadendo al suolo, alla vegetazione, alla qualità della vita dei popoli nei territori colpiti si devono sviluppare adeguati set, multidisciplinari e integrati, di indicatori. Questi sistemi devono essere in grado di generare delle diagnosi nello spazio e nel tempo riguardo lo stato delle risorse naturali e delle popolazioni delle regioni colpite e devono, allo stesso modo, agire come supporto al processo decisionale.

4. VERSO UNA METODOLOGIA CONDIVISA

La complessità del problema e la diversità degli approcci finora utilizzati - che non si escludono a vicenda ma si completano l'un l'altro - rende evidente la necessità di procedere lungo un percorso che valorizzi le potenziali complementarità e attutisca ridondanze e disomogeneità. La metodologia di sviluppo degli indicatori va definita inoltre tenendo conto di alcuni "imperativi" fondamentali:

- Approccio "*bottom-up*" cioè di continua consultazione, nel quale devono partecipare i differenti soggetti coinvolti, dagli agricoltori a livello locale ai responsabili delle decisioni a tutti i livelli;
- *Capacity building* promozione del *capacity building*, cioè la promozione della evoluzione istituzionale, la formazione e lo sviluppo delle capacità locali nazionali e l'abilità di sviluppare degli indicatori;
- *Piena integrazione degli aspetti socio-economici*, enfatizzare quegli indicatori che potrebbero fornire delle informazioni su i costi economici e sociali della desertificazione e informazioni sui benefici economici e sociali derivanti dalla mitigazione.

Nella Tabella n. 2 gli indicatori sono suddivisi in tipi e sottotipi, inoltre vengono riportati i fattori che caratterizzano gli stessi.

Tabella n. 2

Tipi e sottotipi di indicatori		Fattori caratterizzanti
Fisici	Climatici	<ul style="list-style-type: none"> a. Pioggia b. Temperatura c. Frequenza, velocità e dir. dei venti d. Potenziale erosione da pioggia e. Durata della insolazione f. Potenziale evapotraspirazione g. Tempeste di sabbia h. Vortici
	Suoli	<ul style="list-style-type: none"> a. Rocciosità b. Tessitura del terreno c. Fertilità d. Struttura e. Permeabilità f. Erosione potenziale g. Alcalinizzazione/Salinizzazione h. Mappa del suolo
	Topografia	Pendenza
Biologici	Vegetazione	<ul style="list-style-type: none"> a. Percentuale di suolo coperto da alberi e erba b. Produzione di biomassa da erba e legno c. Composizione e specie presenti o desiderate d. Potenziale produzione erbacea e. Mappa della vegetazione
	Animali	<ul style="list-style-type: none"> a. Popolazione stimata e distribuzione b. Composizione delle greggi c. Consumo di erba
Socioeconomici	Uso del suolo e dell'acqua	<ul style="list-style-type: none"> a. Uso del suolo b. Consumo di legna come combustibile c. Disponibilità di acqua e requisiti
	Modelli residenziali	<ul style="list-style-type: none"> a. Modelli b. Infrastrutture
	Parametri biologici umani	<ul style="list-style-type: none"> a. Struttura della popolazione e tassi di crescita b. Misure relative alla situazione nutrizionale c. Abitudini alimentari
	Processi sociali	<ul style="list-style-type: none"> a. Conflitti b. Migrazioni c. Transumanza d. Percezione dell'ambiente

Una prima conclusione alla quale si può giungere guardando le liste di indicatori stilati a livello internazionale, in questo contesto il riferimento riguarda quelli dell'UNEP e della FAO, è che queste liste, prodotte dall'esterno, non possono soprattutto essere utilizzate a livello locale, perché sono state create senza la possibilità di coinvolgimento delle popolazioni. La conoscenza di queste liste e la capacità di assemblare in un unico schema i diversi tipi di indicatori sono però necessarie per poter scegliere quelli più adatti a livello territoriale locale.

Il processo di elaborazione di indicatori che si intende promuovere è ampiamente partecipativo e basato sulla metodologia proposta dalla Conferenza delle Parti, nel quale le organizzazioni in possesso di conoscenze rilevanti, a partire da quelle scientifiche a tutti i livelli, si impegnino a sistematizzare le loro esperienze con lo scopo specifico di produrre indicatori semplici e utilizzabili dal più largo numero di utilizzatori possibile, nonché interpretabili in modo chiaro e univoco.