

Arrigo A. Cigna*

Ecologia e turismo nelle Grotte di Castellana

INTRODUZIONE

Nel corso del tempo vi è stata una evoluzione nel modo di considerare una eventuale turisticizzazione: inizialmente l'interesse è stato rivolto a oggetti, in un certo senso, limitati e circoscritti come per esempio una grotta. Successivamente, per una sorta di ricaduta derivante dalla istituzione di parchi naturali, si è giunti a una considerevole estensione dell'oggetto da rendere accessibile ai turisti. Per questo motivo ora è il caso di parlare di aree carsiche più che di singole grotte. Tra l'altro questa evoluzione si sviluppa anche secondo un'altra esigenza: quella della rivitalizzazione delle grotte turistiche in particolare e delle altre mete turistiche più in generale. Infatti, a parte le conseguenze dovute ad avvenimenti particolari (per esempio l'ultima crisi petrolifera, la guerra del Golfo, la crisi seguita dalla guerra in Jugoslavia, ecc.) che hanno provocato cali sensibili delle presenze turistiche in vari luoghi specifici del nostro Paese, è del tutto normale riscontrare l'instaurarsi di una certa 'stanchezza' o di una sorta di 'noia' nei visitatori di grotte o di altre mete naturali dopo che queste sono state rese accessibili.

Questo fenomeno, come è già stato fatto osservare in precedenza (Burri e Cigna, 1991), richiede misure tendenti a rinnovare in qualche modo le caratteristiche dell'oggetto visitato in modo da evitare o almeno attenuare quella sorta di assuefazione che sta alla base della stanchezza o della noia prima citate. Il fatto di inserire una grotta nell'area carsica di competenza facilita queste misure correttive perché allarga le zone e le possibilità di intervento.

A questo punto occorre insistere, ancora una volta, per smontare un luogo comune che sopravvive con una inaspettata vitalità. Si tratta dell'idea che una grotta turistica equivalga a una grotta perduta per la scienza. In realtà soltanto una grotta malamente turisticizzata equivale a una grotta devastata e, quindi, perduta. Vi sono invece diversi esempi che dimostrano esattamente il contrario.

* Società Speleologica Italiana

Innanzitutto occorre ricordare come, molto sovente, soltanto una sezione limitata di un sistema carsico viene aperta ai turisti mentre tutto il resto rimane allo stato naturale.

In secondo luogo, se la turisticizzazione viene effettuata in modo acconcio, non soltanto l'impatto sull'ambiente naturale può essere mantenuto nei limiti delle fluttuazioni naturali ma, addirittura, può risultare vantaggioso ai fini della protezione dell'ambiente sotterraneo e delle ricerche che vi possono essere svolte. Infatti una grotta turistica è, in generale, una fonte di entrate che, nell'ambito dell'indotto, può fornire anche un supporto essenziale per studi e ricerche. Inoltre l'interesse del gestore è garanzia per la protezione della grotta contro usi impropri come depositi di rifiuti o ricettacoli di scarichi più o meno tossici.

Anche limitandoci a considerare soltanto il nostro Paese, non è certamente un caso che il volume delle ricerche effettuate in grotte turistiche (Grotta Gigante, Grotta di Bossea, Grotte di Frasassi, Grotta di Stiffe, ecc.) sia di gran lunga maggiore rispetto a quelle svolte in grotte laboratorio. Tutto ciò non è affatto dovuto a una eventuale manchevolezza dei responsabili di queste ultime che, invece, sono particolarmente attivi e impegnati: si tratta, molto più banalmente, della possibilità di avere a disposizione infrastrutture (alimentazione elettrica, personale, mezzi economici, ecc.) che, di fatto e salvo rare eccezioni, esistono soltanto presso le grotte turistiche (Cigna, 1994).

CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE SOTTERRANEO

T. Heaton (1986) ha introdotto il concetto di livello energetico di una grotta. Egli propone la suddivisione delle grotte in tre categorie: quelle ad alta energia, quelle a energia intermedia e quelle a bassa energia. Le prime sono quelle interessate da eventi imponenti come, ad esempio, alluvioni; le seconde sono interessate da apporti energetici di vari ordini di grandezza inferiori a quelli della prima categoria da parte di piccoli corsi d'acqua, vento o animali; le terze, infine, sono quelle interessate, per esempio, soltanto dalla caduta di gocce d'acqua: in quest'ultimo caso i livelli energetici sono, a loro volta, vari ordini di grandezza inferiori a quelli della categoria precedente.

In questo contesto, secondo Heaton, in grotte della prima categoria non vi sono problemi a introdurre visitatori: infatti i periodici apporti energetici naturali riazzerano a ogni evento la situazione cancellando eventuali piccole modifiche, e le grotte stesse modificano frequentemente il loro aspetto.

Le grotte della seconda categoria (che, tra l'altro, sono anche quelle ricche di concrezioni) richiedono molta attenzione per essere turisticizzate in quanto l'apporto energetico dovuto ai visitatori è confrontabile col bilancio energetico della grotta. Queste grotte possono sovente essere considerate come dei sistemi quasi isolati dal punto di vista del flusso di energia o di massa. Nel caso del puro flusso di energia le quantità in gioco sono generalmente piccole in quanto esse sono riconducibili, per esempio, allo scambio di calore tra la superficie delle pareti di

roccia e l'aria interna. Un caso classico di questo tipo è quello delle grotte cutanee che si sviluppano a piccola profondità in prossimità del piano di campagna.

La variazione della temperatura dell'aria esterna si propaga nel sottosuolo come un'onda termica molto attenuata e con un ritardo di fase in funzione della distanza dalla superficie esterna. Nel calcare, a una profondità di circa 15 metri, le variazioni stagionali della temperatura esterna giungono attenuate di un fattore 200 e ritardate di circa 6 mesi. La velocità di propagazione dell'onda diminuisce piuttosto rapidamente perché essa è proporzionale al gradiente termico che, come si è visto, tende a valori molto piccoli con l'aumento della profondità (Cigna, 1978).

Le grotte della terza categoria non possono essere frequentate, in quanto l'influenza che avrebbero i visitatori sul bilancio energetico della grotta perturberebbe l'equilibrio generale. Queste grotte sono, invece, quelle più adatte a registrare eventi eccezionali (per esempio, terremoti) proprio per il loro basso rumore di fondo.

Il bilancio termico di un sistema sotterraneo non viene generalmente determinato a causa dei problemi imposti dal numero di parametri che devono essere misurati contemporaneamente. Oltre alla temperatura, molti altri fattori caratterizzano l'ambiente di grotta: l'umidità, la concentrazione di anidride carbonica, la concentrazione di elementi presenti in tracce nell'acqua, la concentrazione di sostanze organiche (sia morte che viventi, come per esempio alghe o funghi) nonché alcuni altri eventualmente connessi a particolari situazioni locali. È pertanto del tutto ovvio che un simile ambiente possa essere facilmente perturbato dalla presenza di un certo numero di visitatori. Dal punto di vista della conservazione dell'ambiente per scopi strettamente scientifici, qualsiasi trasformazione di una grotta in grotta turistica modifica le caratteristiche dell'ambiente stesso. D'altra parte un simile criterio appare troppo rigoroso perché non prende in considerazione anche altre necessità (ricreative, commerciali, di studio, ecc.) di usufruire dell'ambiente sotterraneo. Ovviamente l'uso non deve degenerare in abuso per non compromettere irrimediabilmente gli aspetti scientifici sopra ricordati e per rendere fruibile la grotta non soltanto alla popolazione attuale ma anche a quelle future. In pratica, il confine tra l'uso e l'abuso può essere talvolta alquanto incerto o comunque non ben definito: comunque sarà più facile utilizzare dei criteri oggettivi piuttosto che tentare di pervenire a un consenso di opinioni. Quest'ultimo può essere molto difficile da raggiungere e può, d'altro canto, avere uno scarso significato dal punto di vista della realtà in quanto la percezione dei problemi da parte dell'opinione pubblica è largamente influenzata da spinte emotive e non da valutazioni obiettive.

LA CAPACITÀ RICETTIVA DI UNA GROTTA

I gestori delle grotte turistiche, al giorno d'oggi, sono diventati anche particolarmente attenti non soltanto a evitare, com'è ovvio, le devastazioni più gravi ma anche ad applicare criteri protezionistici più restrittivi. Ci si vuol riferire, a questo

proposito, al concetto di *capacità ricettiva* di una grotta. Si tratta di un concetto che è già stato illustrato in passato in varie occasioni (Cigna 1987; Cigna e Forti, 1988; 1990); tuttavia può essere opportuno ripetere i punti basilari che lo definiscono. Si tratta infatti di un criterio oggettivo molto efficace per proteggere gli ecosistemi di una grotta turistica in modo tale da evitare dei danni importanti all'ambiente, ottimizzando contemporaneamente il numero dei visitatori.

Si definisce *capacità ricettiva* di visitatori «il numero massimo di visitatori nell'unità di tempo e in condizioni definite che non comporta una modificazione permanente dei parametri ambientali rilevati». Ovviamente tale capacità ricettiva varia da grotta a grotta in funzione delle diverse caratteristiche ambientali. Questa definizione è basata sulle seguenti assunzioni:

1) Le fluttuazioni naturali dei parametri ambientali sono da considerarsi accettabili dal punto di vista della conservazione dell'ambiente. Questa affermazione ha una validità generale, con l'esclusione, del resto ovvia, di fatti del tutto anomali. Per esempio, un'eruzione vulcanica può provocare delle fluttuazioni naturali che potrebbero addirittura distruggere un ambiente ipogeo. Quindi l'intervallo delle fluttuazioni naturali che deve essere preso in considerazione deve escludere l'influenza dei fenomeni eccezionali come quello prima citato.

2) Se, per una certa grotta, il numero di visitatori per unità di tempo viene aumentato gradualmente, uno dei vari parametri ambientali non ritornerà al valore di prima dopo l'uscita dei visitatori. Tale parametro può essere definito come il *fattore critico*. È bene sottolineare che con l'aggettivo 'critico' non si vuole implicare alcun concetto di pericolo: esso definisce soltanto un fattore che permette di prendere delle decisioni per quanto concerne la protezione dell'ambiente sotterraneo.

3) La capacità ricettiva di visitatori corrisponde al massimo flusso di visitatori che non comporta variazioni irreversibili del fattore critico.

4) La suddivisione dei parametri ambientali tra 'principali' e 'minori' è ovviamente arbitraria. Mentre sarà del tutto ovvio che la temperatura dell'aria o la concentrazione dell'anidride carbonica sono da classificarsi nella prima categoria, soltanto il buon senso e la pratica potranno decidere sulla classificazione di altri parametri con significato meno immediato per ogni singolo caso.

DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ RICETTIVA

Per la determinazione pratica della capacità ricettiva occorre, come si è detto in precedenza, identificare i parametri principali che interessano il caso in esame. Nella maggior parte dei casi converrà prendere in esame la temperatura dell'aria e la concentrazione della CO₂. Per evidenti ragioni di economicità e di semplicità operativa la temperatura dell'aria si presta molto bene a fornire una prima visione d'insieme sull'influenza dei visitatori. A questo scopo si potrà procedere mediante una sonda termometrica posta nell'ambiente da esaminare, con la quale si rileverà la temperatura dell'aria in concomitanza del passaggio di un gruppo di visitatori a intervalli di tempo compresi tra il minuto e la decina di minuti.

Numerose misure (Villar *et al.*, 1985) effettuate nella sala delle pitture della grotta di Altamira (Spagna) al passaggio di gruppi di visitatori e l'interpolazione dei punti sperimentali con curve teoriche, hanno mostrato che in quelle condizioni sperimentali si poteva assumere che l'emissione di calore da parte di un corpo umano variesse entro 82 e 116 W.

La capacità ricettiva (relativa al parametro temperatura dell'aria) è data dal massimo flusso di visitatori per il quale la temperatura finale coincide con quella iniziale. È ovvio che se ci si limitasse a controllare l'effetto di un solo gruppo di visitatori la sensibilità del metodo sarebbe piuttosto bassa: converrà ripetere le misure più volte nel corso di alcune stagioni. In questo caso eventuali piccoli aumenti non direttamente percepibili verrebbero evidenziati in quanto andrebbero a sommarsi sul lungo periodo. Naturalmente è necessario porre la massima attenzione alla riproducibilità dei risultati strumentali in modo da evitare di rilevare eventuali effetti di deriva strumentale che sarebbero invece da attribuire ai visitatori.

Si possono citare in questo contesto i risultati di uno studio condotto sull'arco di due anni (Villar *et al.*, 1985) nella grotta di Altamira, già prima citata, che hanno evidenziato sensibili variazioni stagionali di alcuni parametri chimici delle acque di percolazione (in particolare: bicarbonati, residuo secco e pH) senza peraltro osservare alcuna variazione irreversibile sul lungo periodo.

Per quanto concerne la concentrazione della CO₂, si potranno raccogliere più misure nel corso di alcune stagioni per evitare di rilevare perturbazioni a breve periodo. Misure effettuate durante la notte o al mattino presto prima dell'inizio delle visite potranno dare ottimi risultati; naturalmente converrà rilevare la concentrazione sempre alla stessa ora in modo da evitare, altresì, di rilevare fluttuazioni con periodo giornaliero e di origine naturale.

In fig. 1 è riportata in modo schematico la procedura da seguire per effettuare la valutazione di impatto ambientale per una grotta. Si noti che tale schema non comprende il piano di ricerca che, in molte grotte turistiche, viene svolto sotto il coordinamento di una opportuna commissione scientifica.

IL CASO DELLE GROTTI DI CASTELLANA

Il confronto tra alcune misure di temperatura dell'aria effettuate negli anni 1958 e 1959 (Mongelli, 1961) con altre ripetute nel 1982 (Forti e Cigna, 1983), mostra un aumento sistematico di circa 3 °C. L'errore associato alle prime misure può essere assunto pari a $\pm 0,03$ °C mentre per le ultime esso è pari a $\pm 0,25$ °C; pertanto, l'aumento rilevato nell'arco di oltre vent'anni è significativo e non può essere imputato a errori strumentali. D'altra parte questa variazione, decisamente ingente dal momento che interessa l'intero sistema di cavità, non può essere correlata con fenomeni stagionali in quanto le misure di Mongelli (1961), che sono state effettuate nell'arco di sei stagioni consecutive a partire dall'estate 1958, hanno mostrato che la temperatura dell'aria dopo il primo kilometro di grotta (in pratica dopo il Corridoio del deserto) ha un'escursione termica annua nell'ambito di $\pm 0,02$ °C.

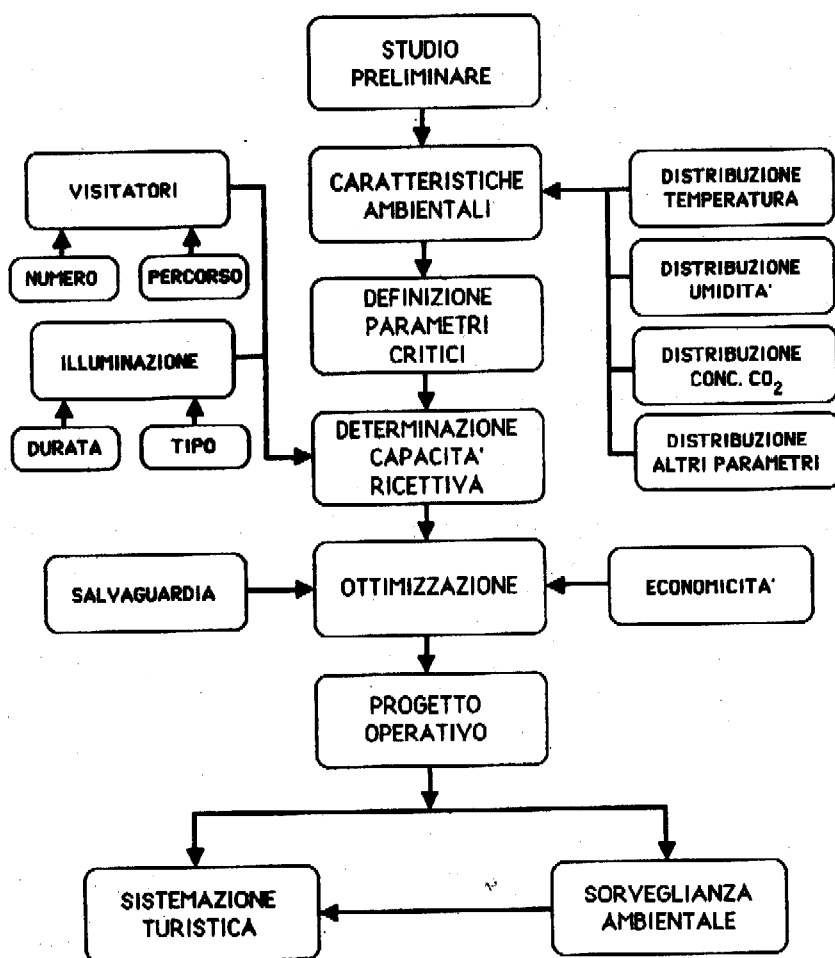


Fig. 1. Schema di procedura per la valutazione d'impatto ambientale per una grotta.

Assumendo i seguenti valori:

volume totale Grotte di Castellana 330.000 m^3

densità dell'aria $1,2 \text{ kg/m}^3$

calore specifico dell'aria $1006 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$,

risulta che la quantità di calore necessaria per innalzare di 3°C la temperatura dell'aria interna delle Grotte di Castellana è di circa $0,4 \cdot 10^9 \text{ J}$. Le fonti di calore che possono aver provocato l'aumento in questione devono ricercarsi tra le seguenti:

a) *Illuminazione elettrica* La potenza assorbita dall'illuminazione elettrica ammonta a 105 kW per un tempo di accensione difficilmente valutabile; infatti non tutte le lampade vengono accese contemporaneamente, ma soltanto a tratti in corrispondenza del passaggio dei visitatori. Una stima per eccesso può essere fatta assumendo che l'insieme delle accessioni corrisponda a circa 5 ore giornaliere di funzionamento dell'intero impianto al completo. La quantità di energia introdotta nella grotta nel corso di un anno risulta allora:

$$105 \text{ kW} \cdot 5 \text{ ore/giorno} \cdot 365 \text{ giorni} = 690 \cdot 10^9 \text{ J}.$$

Nel periodo dal 1959 al 1982 la quantità di energia introdotta ammonta pertanto a circa $16 \cdot 10^{12} \text{ J}$.

b) *Immissione di aria calda dall'esterno* Il ventilatore che immette aria nel pozzo in prossimità della Cupola, installato nel 1967, ha funzionato dapprima soltanto nei momenti di maggior afflusso dei turisti. Negli ultimi anni, invece, esso è stato azionato per circa 10 ore al giorno tutti i giorni. Mancando una registrazione del periodo di funzionamento risulta però impossibile una valutazione accurata della perturbazione introdotta per questa via. D'altra parte l'immissione di aria esterna non dovrebbe aver influito in modo rilevante sulla variazione della temperatura media interna in quanto l'isoterma media di Castellana si aggira intorno ai 16°C e corrisponde con buona approssimazione alla temperatura misurata nella parte terminale della grotta (circa 15°C) alla fine degli anni Cinquanta. Inoltre, poiché attualmente la temperatura interna è lievemente superiore a quella media esterna, si può assumere che complessivamente l'influenza dell'immissione di aria esterna sulla temperatura dell'aria interna sia praticamente trascurabile, data anche la piccola capacità termica dell'aria e quindi il ridotto trasporto di energia per questo mezzo.

Rimane da accertare la possibilità di cessione di calore dall'esterno verso l'interno attraverso una eventuale differenza tra il calore introdotto attraverso i fenomeni di condensazione (d'estate) e quello sottratto dai fenomeni di evaporazione (d'inverno). A un primo sommario esame (che andrebbe comunque approfondito con una ricerca *ad hoc*) il bilancio annuo non dovrebbe essere molto lontano da zero e pertanto senza conseguenze apprezzabili.

c) *Visitatori* Per quanto concerne l'influenza dei visitatori, si ricorda come l'energia dissipata da una persona che cammini sia circa di 170 W ; poiché la visita alle grotte dura mediamente 80 minuti (valore medio per i due itinerari), l'energia ceduta da ogni persona ammonta a:

$$170 \text{ W} \cdot 1,33 \text{ h} = 0,8 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

Poiché i visitatori dal 1959 al 1982 (cioè nell'intervallo intercorrente tra due serie di misure termometriche) sono stati 6.696.000, l'energia ceduta da questa fonte nel periodo di tempo indicato è stata pari a circa $5 \cdot 10^{12}$ J.

Come si può notare, gli apporti dovuti all'illuminazione e ai visitatori sono molto maggiori dell'energia necessaria ad aumentare la temperatura dell'aria interna di 3 °C.

Tuttavia bisogna ricordare che nel corso di tutti questi anni si è certamente instaurato un equilibrio tra l'aria e la roccia per cui occorre tener conto anche dell'effetto volano di quest'ultima e ciò riporterebbe in pari il bilancio termico del sistema.

POSSIBILI INTERVENTI PER IL RISTABILIMENTO DELL'EQUILIBRIO NATURALE

Le Grotte di Castellana nel loro insieme possono essere considerate come un sistema quasi chiuso dal punto di vista termodinamico che rientra nella seconda categoria (grotte a energia intermedia) secondo la classificazione di Heaton (1986), mentre certe parti (come la Grotta Bianca) sono classificabili nella categoria delle grotte a bassa energia. Per mantenere la perturbazione dell'ambiente entro limiti accettabili per l'ecosistema occorre contenere questa perturbazione al di sotto delle oscillazioni naturali.

Sarà quindi molto opportuno un rilevamento continuo dei principali parametri ambientali in modo da determinare il valore della capacità ricettiva di visitatori che compete a queste grotte e da tenere sotto controllo ogni possibile evoluzione dei parametri prima citati.

A titolo indicativo si può osservare che intorno agli anni 1958 e 1959, quando sono state effettuate le prime rilevazioni termometriche citate in precedenza (Mongelli, 1961) il flusso dei visitatori era di circa 100.000 persone all'anno. Posto che, come si è visto in precedenza, la temperatura nella parte interna delle Grotte era di circa 15 °C ed era di poco inferiore all'isoterma media annua di Castellana (16 °C), si può supporre che l'intero sistema non fosse ancora stato perturbato.

Pertanto il valore della capacità ricettiva di visitatori dovrebbe essere superiore al sopra riportato valore di 100.000 persone/anno. D'altra parte, l'aumento della temperatura dell'aria rilevato nel 1982 (Forti e Cigna, 1983) mostra che il flusso di 400.000 persone/anno è nettamente superiore alla capacità ricettiva. Si può ritenere quindi che il valore effettivo di questa debba essere compreso nell'intervallo tra le 100.000 e le 400.000 persone/anno.

Un primo esame della variazione della temperatura dell'aria nel corso di oltre vent'anni ha mostrato che le maggiori fonti di perturbazione sono date dall'illuminazione elettrica e dai visitatori. Si aggiunga a ciò l'apporto di CO₂ da parte dei visitatori e gli effetti locali delle lampade (essiccazione delle concrezioni e proliferazione di vegetali).

Per quanto concerne l'illuminazione sarebbe opportuno sostituire le lampade esistenti con altre (a luce fredda) di rendimento luminoso molto più elevato, nonché

una suddivisione più spinta delle singole sezioni dell'impianto in modo da limitare il numero di lampade accese contemporaneamente.

Per quanto riguarda invece il flusso dei visitatori bisogna ridurre la quantità persone/ora in modo da diminuire sia l'inquinamento termico che il rilascio di CO₂. Questo risultato può essere conseguito in vari modi. Il più semplice sarebbe quello di limitare l'afflusso dei visitatori: tuttavia esso avrebbe l'inconveniente di ridurre la fruibilità e la redditività delle Grotte. Si potrebbe invece diminuire il tempo di permanenza in grotta senza ridurre il numero dei visitatori attrezzando una seconda uscita nella zona terminale in modo da evitare il tratto di ritorno all'interno della cavità.

Naturalmente questa soluzione richiederebbe l'installazione (e, soprattutto, il suo impiego in modo rigoroso) di un sistema di porte stagne in modo da evitare l'instaurarsi di scambi indebiti tra l'aria esterna e quella interna. Il pozzo di aerazione potrebbe essere mantenuto asservendone però il funzionamento a una stazione automatica di rilevamento di alcuni parametri ambientali (temperatura, umidità e concentrazione di CO₂) in modo da mantenerli stabili. Inoltre, l'aria immessa nelle grotte dovrebbe essere filtrata e, se necessario, umidificata.

Come si vede, la corretta gestione dal punto di vista ambientale del sistema carsico costituito dalle Grotte di Castellana non è né semplice né facile: la sua complessità e la più completa trascuratezza degli ultimi decenni non consentono soluzioni istintive o ulteriori ritardi.

Purtroppo tutte queste considerazioni sono già state ripetutamente avanzate alle amministrazioni pubbliche in carica: nel 1978 in occasione dell'inaugurazione del busto del prof. Franco Anelli nella Grave, nel 1983 in occasione del rapporto della Commissione convocata dall'Amministrazione Provinciale di Bari per lo studio di alcuni fenomeni di infiltrazione nelle Grotte di Castellana (Forti e Cigna, 1983) e infine nel 1987 in occasione del XIV Congresso Nazionale di Speleologia (Cigna, 1987). Ogni volta esse sono state puntualmente disattese poiché, evidentemente, le autorità che avrebbero dovuto recepirle erano troppo impegnate in altre attività, meno utili per le Grotte, ma certamente più interessanti per i funzionari pubblici. Oggi, visti i segnali positivi e concreti che giungono dall'attuale Amministrazione Comunale, ci auguriamo che, finalmente, queste Grotte tornino a essere quanto prima un polo di interesse scientifico e di intelligente attrazione turistica.

LA RIVITALIZZAZIONE DELLE GROTTI TURISTICHE

Come è stato accennato più sopra, sono necessari degli interventi per ridestare l'interesse dei visitatori se non si vuole andare incontro a un inesorabile calo delle presenze. L'effetto di saturazione tende a manifestarsi dapprima sui visitatori locali, per estendersi poi a quelli provenienti da località più distanti per i quali, tuttavia, esso ha uno sviluppo più lento date le dimensioni molto più vaste del bacino di utenza (Burri e Cigna, 1991). Gli interventi atti a mitigare questo effetto

di saturazione dipendono dalle caratteristiche di allungare e variare il tratto turistico con un conseguente aumento di interesse:

Estensione della grotta: una cavità più estesa consente, com'è ovvio, maggiori possibilità di allungare e variare il tratto turistico con un conseguente aumento di interesse.

Caratteristiche morfologiche: per esempio, le grotte idrologicamente attive godono di una particolare attrattiva in confronto a quelle fossili. L'effetto scenografico di un corso d'acqua è generalmente notevole anche se non è una presenza frequente nelle grotte turistiche. Inoltre, questo genere di grotte è del tipo ad alta energia, per cui non si rendono necessarie particolari misure di protezione dell'ambiente ipogeo.

Concrezioni: costituiscono una delle maggiori attrattive delle grotte turistiche anche se, in certi casi, la loro natura mineralogica (per esempio l'aragonite) può imporre maggiori cautele nella valutazione della capacità ricettiva.

Reperti preistorici: l'interesse che possono suscitare dipende ovviamente dalle loro caratteristiche: le pitture rupestri, per esempio, costituiscono un'attrattiva piuttosto importante.

Attrattive turistiche nelle vicinanze: vi sono, ovviamente, svariate possibilità che spaziano dagli elementi di rilevanza artistica e culturale (città d'arte, musei, monumenti, paesaggi, ecc.) a quelli di interesse più generale (spiagge, località termali, impianti sciistici, ecc.).

Rete stradale: anche se attualmente nel nostro Paese praticamente qualsiasi meta turistica gode di buone possibilità di accesso, tuttavia certi miglioramenti della rete stradale possono svolgere un ruolo importante sotto questo punto di vista.

Quanto sopra mostra chiaramente che l'integrazione di una grotta nell'area carsica di competenza può riuscire estremamente vantaggiosa per la messa in atto degli interventi di rivitalizzazione. Infatti, se in una singola grotta i parametri sui quali agire sono necessariamente limitati, un'area carsica offre molte possibilità di intervento che possono essere successivamente sfruttate e, in un certo senso, riciclate dopo un congruo intervallo con opportune modifiche.

CONCLUSIONE

Nel caso di una grotta le misure atte a mitigare l'effetto della turisticizzazione consistono essenzialmente nel limitare l'apporto energetico da parte dell'impianto di illuminazione e, per quanto riguarda i visitatori, nel ridurre anche l'apporto di anidride carbonica.

Per quanto concerne l'illuminazione è opportuna la sostituzione delle lampade esistenti con altre (a luce fredda) di rendimento luminoso molto più elevato nonché, quando ciò sia possibile in relazione al tipo di lampada adottata, una suddivisione più spinta delle singole sezioni dell'impianto in modo da limitare il numero di lampade accese contemporaneamente. Occorre inoltre scegliere lampade con spettro di emissione il più ridotto possibile (compatibilmente con le esigenze cromatiche) nelle bande di assorbimento per la sintesi clorofilliana in modo da evitare la

proliferazione di alghe, muschi e anche piante superiori in prossimità delle fonti di luce (Imprescia, 1983).

Per quanto riguarda, invece, il flusso dei visitatori bisogna ridurre la quantità persone/ora in modo da diminuire sia l'inquinamento termico che il rilascio di CO₂. Questo risultato può essere conseguito riducendo il tempo di permanenza in grotta attrezzando una seconda uscita nella zona terminale del tratto turistico in modo da evitare il ritorno all'interno della grotta. Naturalmente, questa soluzione richiede l'installazione (e soprattutto l'impiego rigoroso) di un sistema di porte stagne in modo da evitare l'instaurarsi di scambi indebiti tra l'aria esterna e quella interna. A questo proposito è il caso di ricordare una soluzione del tutto innovativa che consiste nell'impiego di chiusure a cortina d'aria: si tratta di un sistema largamente impiegato nel periodo invernale nei grandi magazzini, dove viene fatta scendere dal soffitto, in prossimità dell'ingresso una corrente d'aria che viene ripresa da una griglia a pavimento e, quindi, riciclata. In questo modo, mentre non vi è alcuna barriera fisica per le persone che attraversano la cortina d'aria, questa impedisce efficacemente qualsiasi circolazione lungo la galleria intercettata dalla cortina in questione. Il sistema è molto affidabile in quanto le parti in movimento consistono soltanto in una soffiante, nonché economico sia dal punto di vista del costo di impianto che del costo di manutenzione. Ovviamente tutti gli interventi connessi con la turisticizzazione della grotta devono avvenire con il pieno rispetto dell'ambiente ipogeo e, in particolare, in modo da non distruggere concrezioni e da non deturpare l'estetica con opere massicce.

Quando l'oggetto della turisticizzazione si estende a un'area carsica i vincoli sugli interventi sono più numerosi e più vari rispetto a quelli che pone una grotta singola. Basti ricordare a questo proposito il problema degli acquiferi, che in un'area carsica possono essere interessati sia dagli interventi sul paesaggio (strade, opere di consolidamento, ecc.) sia dalla costruzione e dagli scarichi delle attrezzature per la ricettività turistica (ristoranti, alberghi, altri locali pubblici, parcheggi, ecc.). Il fatto che questi vincoli siano più numerosi e intrinsecamente più onerosi non dovrebbe però ridurre la tendenza ad attrezzare delle aree piuttosto che delle singole grotte. Infatti, oltre ai vantaggi illustrati in precedenza e che riguardano il problema della rivitalizzazione delle mete turistiche, non va sottovalutato il contributo alla protezione dell'ambiente e alla conservazione delle risorse che deriva dalla indubbia maggiore attenzione che si viene ad avere per un'area carsica attrezzata turisticamente rispetto a una più 'naturale' ma certamente ben più vulnerabile.

BIBLIOGRAFIA

- Burri E., Cigna A.A., 1991, *Some Considerations on the Potential for Revitalization of Show Caves*, in Sauro U., Bondensan A., Meneghel M. (a cura di), *Proc. Int. Conf. On Environmental Karst Areas (Italy, 15th-27th, 1991)*, «Quad. Dip. Geografia», Univ. Padova, 13, 1991, pp. 299-303; anche come Rapporto ENEA, RT/AMB/92/18.

- Cigna A.A., 1978, *Meteorologia ipogea*, in Società Speleologica Italiana, *Manuale di speleologia*, Longanesi, Milano, p. 356.
- Cigna A.A., 1987, *La capacità ricettiva delle grotte turistiche quale parametro per la salvaguardia dell'ambiente sotterraneo - Il caso delle Grotte di Castellana*, in *Atti XIV Congr. Naz. Speleologia*, Gruppo Puglia Grotte - Amm. Com. Castellana-Grotte, pp. 999-1012.
- Cigna A.A., 1994, *Criteri di valorizzazione e tutela delle aree carsiche*, in *Atti del Convegno «Le aree carsiche»*, Nuoro, 28 aprile - 1° maggio 1994 (in stampa).
- Cigna A.A., Forti P., 1988, *The Environmental Impact Assessment of a Tourist Cave*, in *Proc. Int Symp. 170 Anniversary of Postojnska Jama*, Postojna 10-12 novembre 1988, Centre Scient. Res., Sazu e Postojnska Jama Tourist and Hotel Organiz., pp. 29-38.
- Cigna A.A., Forti P., 1990, *La V.I.A. delle grotte turistiche. The E.I.A. of a Tourist Cave*, VIA, l'Arca Edizioni, Milano, 4 (16), pp. 42-53.
- Forti P., Cigna A.A., 1983, *Relazione della Commissione tecnico scientifica per lo studio di alcuni fenomeni di infiltrazione nelle Grotte di Castellana* (inedita, depositata presso l'Amministrazione Provinciale di Bari).
- Heaton T., 1986, *Caves. A Tremendous Range in Energy Environments on Earth*, in «National Speleological Society News», august, pp. 301-304.
- Imprescia U., 1983, *Considerazioni teoriche sulla radiazione emessa da vari tipi di lampade in relazione alla formazione e alla crescita di alghe e muschi sulle pareti illuminate di grotte turistiche*, in «Grotte d'Italia», s. 4, 11, pp. 93-101.
- Mongelli F., 1961, *Rilievo della temperatura dell'aria nelle Grotte di Castellana*, in «Boll. Geofis. Teor. Appl.», 3 (11), pp. 197-208.
- Villar E., Bonet A., Diaz-Caneja B., Fernandez P.L., Gutierrez I., Quindos L.S., Soalna J.R., Soto J., 1985, *Natural Evolution of Percolation Water in Altamira Cave*, in «Cave Science», Trans. British Cave Research Association, 12 (1), march, pp. 21-24.