

VITTORIO PESCE DELFINO¹

Il reperto della Grotta di Lamalunga: soluzioni tecnologiche innovative tra esigenze di tutela e di fruizione

Introduzione

In un periodo incerto, attorno ad un milione di anni fa, gruppi di *Homo erectus* provenienti dall’Africa attraverso il medio oriente si portarono a nord colonizzando l’Europa. Successivamente queste antiche popolazioni in un periodo compreso tra 300 mila e 100 anni fa, evolvendosi, originarono una linea umana che porterà all’Uomo di Neandertal: l’*Uomo di Altamura*, per morfologia, si colloca in una fase intermedia di questo ciclo. Alcune caratteristiche morfologiche del cranio, infatti, come la forma della faccia e della mandibola precorrono già la morfologia dei neandertaliani; altri aspetti morfologici del cranio, invece, come la forma dell’osso frontale, delle arcate sopraorbitarie e dell’osso occipitale richiamano reperti più antichi.

Lo scheletro si trova in una grotta carsica ad una profondità di circa otto metri alla quale si accede calandosi in un cunicolo verticale e attraversando una galleria lunga circa 60 metri ed è coperto interamente da formazioni calcitiche (Fig. 1). La grotta in cui è custodito il reperto presenta un’architettura complessa ed è formata da due rami principali (dei quali uno contenente lo scheletro) in precarie condizioni di stabilità, data la presenza di dinamiche carsiche (di dissoluzione e di deposizione) tuttora in atto, con apprezzabili fenomeni di microcrollo.



Fig. 1 - L’uomo di Altamura. Primo piano del cranio.

In particolare, i resti umani si trovano in un angolo di una piccola cavità in stretto rapporto con formazioni colonnari stalagmitiche e appaiono in parte ricoperti e inglobati nella concrezione calcarea che sovente assume l’aspetto di formazioni coralliformi (Fig. 2). La straordinarietà della scoperta, oltre che alla spettacolarità del ritrovamento, è dovuta al fatto che si tratta di uno scheletro intero, in ottimo stato di

¹ Prof. Ordinario di Antropologia - Università di Bari; Presidente del Consorzio di Ricerca “Digamma” (Ba).



Fig. 2 - Visione d'insieme del giacimento contenente le parti dello scheletro, completamente ricoperto di concrezioni calcitiche.

conservazione e non frammentato

L'unicità del ritrovamento deriva in primo luogo dal fatto che lo scheletro è completo, nonché dalla sua datazione (desumibile dalla sua morfologia) che consente di collocare l'uomo di Altamura, con le necessarie cautele, tra le forme di *Homo erectus* (400.000 anni fa) e quelle di Neanderthal (dai 250.000 anni fa in poi); ove tale ipotesi trovasse conferma in laboratorio, saremmo di fronte all'unico scheletro intero risalente ad una fase dell'evoluzione umana per la quale non esistono altri reperti del genere.

Ciò rappresenta una opportunità impareggiabile nell'orizzonte della Paleontologia mondiale, come è stato esplicitamente riconosciuto e dichiarato dagli ambienti specialistici più accreditati. A fronte dei numerosi aspetti positivi presentati dalla scoperta le circostanze stesse

che conferiscono al ritrovamento il carattere di eccezionalità costituiscono di fatto elementi che ne rendono molto complesso il recupero e lo studio.

La singolarità e la straordinarietà del reperto "*Uomo di Altamura*" nella grotta "Lamalunga" ha posto con forza il problema della sua destinazione in quanto "bene culturale", in particolare archeologico e naturalistico (paleoantropologico).

Tradizionalmente i Beni Culturali sono rappresentati da oggetti presenti sul territorio e non trasferibili, ovvero da oggetti prodotti nel territorio e trasferiti e conservati in Musei. Essi possono essere individuati 3 tipi di musei:

1. museo come classico deposito di collezioni, oggetti originali, serie di oggetti che forniscano un quadro generale offerto a studiosi e visitatori;
2. musei con particolare attenzione per il livello didattico che offrano la possibilità di interazione con gli oggetti e i processi, aventi come scopo il miglioramento delle conoscenze dei visitatori;
3. musei, o più precisamente esposizioni, quali le Esibizioni Universali Internazionali, in cui sono mostrate, in genere temporaneamente, le opere o i reperti di massima importanza normalmente conservati separatamente in musei diversi.

Più recente è il concetto di *musei sul campo* (usualmente, come già detto, dedicati a monumenti o depositi archeologici), in cui i visitatori possano assistere direttamente alle attività di ricerca, scavo e recupero mentre ancora i reperti sono in situ e indipendentemente dalla destinazione finale.

Accade però di trovarsi di fronte a reperti o giacimenti a cui il visitatore “non deve” o “non può” accedere per motivi di conservazione e di sicurezza. Ciò ha portato a suggerire un modernissimo concetto di museo, il cosiddetto *museo dal campo*, che consente a chiunque di fruire di reperti o giacimenti difficilmente accessibili, mediante tecnologie di tipo “remoto”, con architetture telematiche più o meno complesse. Per esempio, attraverso un sistema di telecamere comandate a distanza, al visitatore è consentita l’esplorazione dettagliata e personalizzata dei particolari più significativi del reperto; tutto di efficace impatto informativo e formativo. L’obiettivo è quello di assicurare architetture progettuali e organizzative ad elevata interoperatività assieme alla disponibilità di prodotti e servizi per l’accesso telematico aperto, interattivo, ai beni culturali mondiali. Lo scopo consiste nell’accelerare la fruibilità multimediale dei beni culturali per assicurarne l’accessibilità al pubblico e per aumentarne il valore come risorsa di conoscenze per scuole e università.

A ben vedere, quanto ora riportato altro non è che la rapida disamina di aspettative e approcci al problema del difficile compromesso tra la conservazione e la fruizione di un bene culturale materiale che ha, come definizione tipica, la caratteristica dell’unicità.

In base a questa caratteristica ogni oggetto dovrebbe richiedere il massimo di tutela che evidentemente verrebbe a corrispondere a una fruizione nulla; d’altra parte, il valore culturale, e anche economico, di un bene di cui sia necessario procedere alla tutela si manifesta solo nel momento in cui esso venga “fruito” (in genere mediante l’osservazione visiva) da qualcuno. Dunque, la via maestra per la ricerca del “difficile compromesso” è quella della “riproduzione tecnica”; quindi una questione genuinamente tecnologica.

Fino a pochissimo tempo fa, la riproducibilità tecnica veniva presa in considerazione quasi esclusivamente come realizzazione di copie fisiche. Esempio tipico di ciò è rappresentato dai grandi reperti paleoantropologici; tutti i fossili europei, asiatici e africani non vengono mai offerti, se non in rarissime occasioni, all’osservazione diretta nemmeno all’interno dei Musei o delle Istituzioni che ne siano custodi.

Al Musée de l’Homme così come al Coryndon Museum o al British Museum le Mostre espongono calchi, realizzati e certificati da Agenzie Internazionali specializzate, mentre i reperti originali sono conservati nei caveaux delle Banche Nazionali.

Ma la riflessione sulla riproducibilità basata sulla copia fisica è certamente molto angusta e limitata se posta a confronto con il concetto di estrazione dell'informazione e della sua diffusione immateriale; anzi, è opportuno a questo proposito chiarire subito come non di "informazione genericamente intesa" debba trattarsi, ma di "informazione significativa".

Attualmente tecnologie sensoristiche, intese nella più ampia accezione, permettono l'estrazione selettiva di tale informazione significativa e tecnologie telematiche permettono la loro diffusione e restituzione in maniera tendenzialmente illimitata. Nella realtà questa potenzialità risulta di fatto ridotta ma rimane comunque molto grande la quantità di informazione ottenibile senza fisicamente toccare il reperto e, quando le condizioni lo richiedano e lo rendano possibile, senza estrarlo dal giacimento nel quale si è naturalmente conservato (museo dal campo) ovvero dalla condizione di massima tutela nella quale venga artificialmente conservato.

Viene pertanto resa possibile una fruizione estremamente vasta e, nel contempo, una maggiore efficacia dei vincoli e delle misure di protezione e tutela. L'esigenza di tale impostazione integrata, negli ultimi anni, si è manifestata in maniera particolarmente pressante.

Le grotte di Altamira (definite "tempio della pittura cavernicola del Paleolitico", "Cappella Sistina dei cacciatori paleolitici"), il grande complesso megalitico di Stonenge (da sempre all'aperto nel Wiltshire) dopo alcuni decenni di frequentazione di massa, senza alcuna forma di tutela, sono attualmente chiusi e inagibili e ciò è avvenuto di colpo, con carattere di emergenza, senza alcuna possibilità di forme alternative di fruizione.

La via maestra per far fronte all'esigenza espressa dal "compromesso" sopra riportato è rappresentata da soluzioni tecnologiche integrate che contemporaneamente diano risposte efficaci alle esigenze di tutela e fruizione. Tale contemporaneità sostanzia un vero e proprio piano strategico di approccio al Bene di volta in volta considerato che prevede il progressivo adeguamento delle soluzioni tecnologiche alle due esigenze. L'aspetto strategico sta nel fatto che il contenuto di ricerca e quindi di innovazione deve rendere disponibili moduli flessibili in continuo aggiustamento; comportamento tipico dei progetti destinati a realizzazioni prototipali, appunto con forte contenuto di ricerca.

Alcuni Paesi, anticipando future e attese innovazioni, limitano con strumenti giuridici l'estensione dell'intervento, per esempio in giacimenti archeologici. In Israele solo un terzo di ogni sito può essere scavato nell'ambito dello stesso intervento, anche se pluriennale; il resto viene destinato ad essere studiato successivamente alla riflessione sui risultati raggiunti e soprattutto sui metodi e sulle tecnologie adottate attraverso riformulazioni della strategia di ricerca.

E' evidente che oltre alle novità di merito che questa impostazione comporta, le attività di ricerca impostate in maniera così innovativa, diventano esse stesse oggetto di riflessione e apprendimento con forte quota di interesse da parte di diverse tipologie di utenti, al punto talvolta di competere con lo stesso interesse primario nei confronti del Bene oggetto dell'intervento.

In tema di fruizione, tende a rendersi, attualmente, sempre più evidente un fenomeno paradossale che è legato alla sempre più estesa ed economica diffusione di realizzazioni multimediali (tipicamente CD-Rom) che illustrano, frequentemente in maniera estremamente sofisticata e accattivante, beni culturali e monumentali.

Tali prodotti, destinati all'utilizzazione domestica e personale, certamente di grande utilità per la promozione e la diffusione dell'informazione a livello di massa, possono, infatti, produrre l'effetto di "distogliere" il fruitore dalla volontà e dal desiderio di visitare effettivamente il bene; ciò perché da una parte il prodotto multimediale può ingenerare la sensazione di aver permesso una conoscenza già sufficiente, e dall'altra offrire la possibilità continua di rivisitazioni molto più comode, e soprattutto sottratte alle limitazioni di tempo, e quindi con accuratezza e approfondimento dell'osservazione, maggiori di quanto non avvenga durante una reale visita, magari organizzata in una frettolosa comitiva. Questo rischio è certamente realistico e può evidentemente ridurre le ricadute economiche prevedibili derivanti dal turismo culturale nel luogo che è sede fisica del bene. Si tratta, pertanto, di raggiungere il difficile compromesso tra utilizzazione di prodotti multimediali fisici diffusibili, tesi alla promozione del bene, con idonei approcci tesi alla fruizione diretta del bene stesso nella sua collocazione territoriale, in modo che, attraverso la conoscenza diffusa, venga incentivata, e non già depressa, la tendenza alla fruizione diretta.

E' necessario, pertanto, che la fruizione diretta, cioè nella sede fisica, venga supportata da tecnologie che forniscano prestazioni tipologicamente omogenee con quelle tipiche del prodotto multimediale diffusibile (flessibilità, interattività, accesso a informazioni) ma molto più potenti e accattivanti, idonee cioè a incentivare il convincimento del fruitore circa il vantaggio ottenibile con la sua presenza fisica nel luogo sede del Bene.

Contemporaneamente è necessario produrre una documentazione che possa essere acquisita in via definitiva dal visitatore. A tale scopo è prevista una soluzione che introduce una ulteriore rilevante novità e che consiste nella possibilità offerta agli utenti, anche a quelli che per la prima volta si avvicinano a queste tecnologie, di realizzare da soli un prodotto multimediale, partendo dai contenuti informativi audio, video e sensoristici disponibili e selezionati dallo stesso utente, completati da inserti residenti in memoria d'archivio.

Un esclusivo data base consentirà all'utente, guidandolo per mano in un processo di autoformazione, di realizzare facilmente un proprio prodotto multimediale, che, al termine del processo postproduttivo, potrà ritirare e portare via (nella terminologia proposta per l'innovazione rappresentata dai musei dal campo, è il cosiddetto CD "still custom").

E' evidente come tutto ciò implichi e richieda una elevata concentrazione di elaborazione progettuale e di realizzazione prototipale tesa alla costruzione di architetture tecnologiche idonee a far fronte alle necessità esposte, ovviamente ben individuando i diversi vincoli e le diverse esigenze derivanti dalle oggettive diversità tipologiche dei Beni di volta in volta considerati nel loro contesto di conservazione.

Nel caso particolare della grotta Lamalunga, l'azione impostata è rappresentata dal Progetto "Sarastro" proposto dall'Università di Bari e in fase di realizzazione da parte del Consorzio di Ricerca "Digamma", nell'ambito delle iniziative P.O.P. della Regione Puglia con un finanziamento di cui è beneficiario il Comune di Altamura.

L'obiettivo del progetto "SARASTRO" (Sistema teleoperato integrato di teleosservazione e Telemetria per la fruizione scientifica e culturale dell'uomo Arcaico di Altamura - Regione Puglia, POP Puglia 2° triennio 1997-99, Misura 4.2.3 lett. a) è rappresentato dalla realizzazione del prototipo fisico, operativo, di una architettura telematica consistente in una piattaforma teleoperata con sensoristica multipla integrata collocate nel recesso contenente il reperto paleoantropologico di grotta Lamalunga, connessa con una postazione di controllo e osservazione collocata in un ambiente remoto (Fig. 3). Il progetto prevede le seguenti realizzazioni:

- piattaforma di osservazione, monitoraggio e telemetria per il rilevamento dell'informazione primaria per immagini e segnali, fornita di telecamere stereoscopiche per la rappresentazione tridimensionale del reperto. L'illuminazione necessaria per le osservazioni viene fornita da speciali lampade a luce verde poiché tale segmento spettrale è fortemente sfavorevole per la crescita di organismi fotosintetici che si sviluppano facilmente in grotte deturpandole vistosamente, quando si adotti l'illuminazione in luce bianca. Si incaricano le telecamere collocate sulle piattaforme di ripristinare la resa cromatica corretta delle immagini che vengono presentate sui monitor di osservazione;
- trasferimento di tali informazioni con soluzioni di rete in fibre ottiche ad ampia larghezza di banda verso la sede remota di utilizzazione, garantendo il tempo e il colore reali per le immagini e la totale interattività per la teleoperazione della piattaforma;

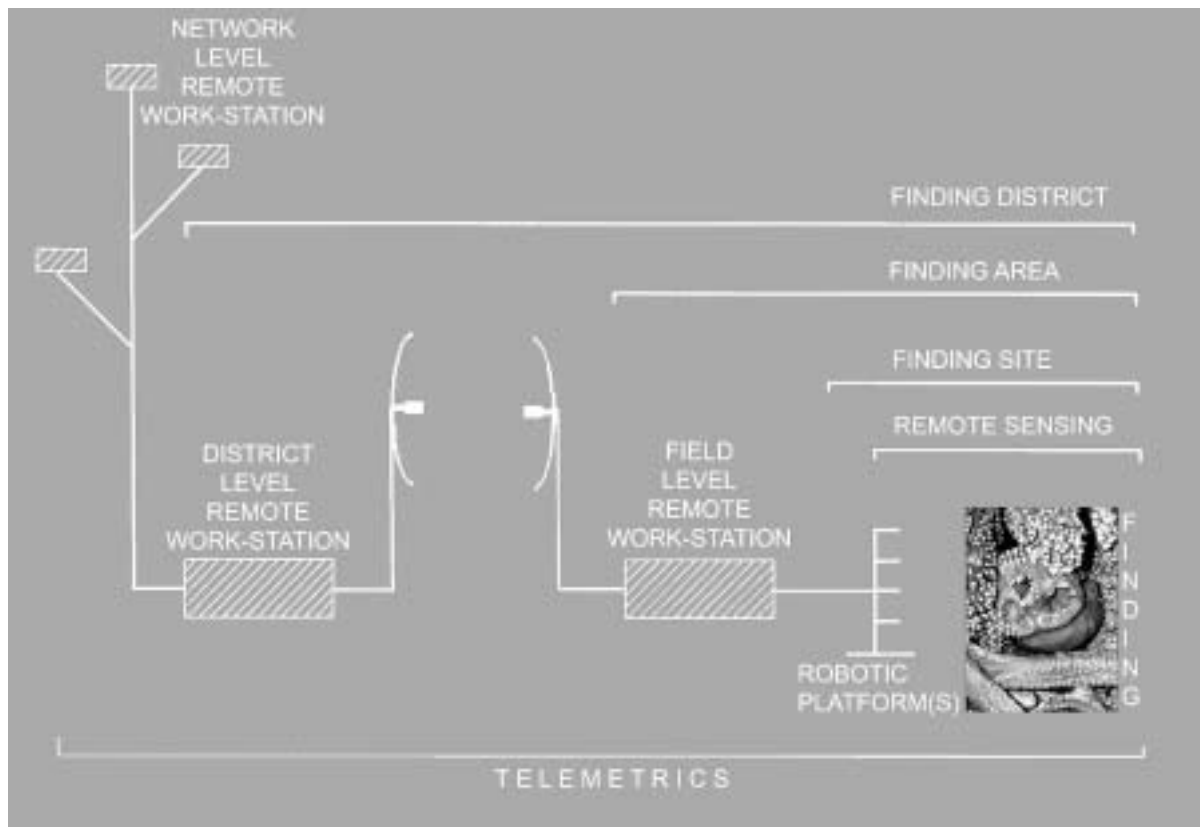


Fig. 3 - Schema di una possibile architettura telematica di tecnologie per la fruizione in sede remota di un reperto.

- stazione di lavoro nella sede remota fornita di postazioni per osservazione e telecomando in modalità immediata e di unità digitali per la documentazione e registrazione multimediale; tale configurazione rende possibile ottenere immediatamente sul CD Rom la registrazione e la documentazione del percorso esplorativo adottato da ciascun visitatore.

Il progetto “SARASTRO” si colloca nell’orientamento culturale e tecnologico contemporaneo teso a realizzare processi di integrazione tra ricerca, produzione industriale e disponibilità di servizi, basato sulla realizzazione di robot specializzati sia per prestazioni sia per destinazione d’uso.

Un’indicazione di riferimento può essere considerata l’attrezzaggio, a tale proposito adottato dalla NASA, per la missione Sojourner/Pathfinder su Marte. E’ da segnalare che soluzioni tecnologiche con questo tipo di prestazioni rappresentano materia di estrema attualità nell’ambito delle famiglie di “piattaforme robotiche” più recenti quali il “DANTE” della NASA destinato a esplorare un vulcano in Alaska e teleoperato 2000 miglia lontano in California, oppure il “CYPHER” a cui è affidata la sorveglianza teleoperata di Fort Benning in Georgia, ovvero il “DENSO” sviluppato in Giappone per il controllo teleoperato di serbatoi di carburante.

Il progetto “SARASTRO” offre l’opportunità di realizzazione pilota con connotazioni fortemente innovative, ma anche di messa a valore dei propri risultati

in ambiti più estesi. Il risultato di maggior pregio, di maggior valore aggiunto e quindi di maggior rilevanza per gli aspetti di mercato è rappresentato dall'interazione del fruitore con la realtà naturalistica, archeologica e monumentale attraverso l'utilizzazione delle tecnologie avanzate previste dalla realizzazione:

- esplorazione teleoperata in tempo reale dei siti secondo criteri predefiniti e resi disponibili attraverso adatti presidi multimediali.
- esplorazione teleoperata in tempo reale dei siti, secondo criteri autonomamente e liberamente definiti dall'operatore in base a sue conoscenze e a specifiche esigenze; ben si vede come queste opportunità debbano essere considerate in derivazione e in conseguenza della primaria esigenza, per la Comunità Scientifica Internazionale, di poter procedere allo studio del giacimento e ad azioni di consultazione e verifica per la definizione progettuale dei successivi interventi nella grotta di Lamalunga.
- realizzazione di prodotti multimediali personalizzati realizzati dal generico utente turistico attraverso la disponibilità di postazioni idoneamente attrezzate. Appare evidente che tutto il sistema, così come connotato, e grazie alle sue precipue caratteristiche di semplicità della interfaccia utente, ben si presta alla realizzazione di prodotti multimediali, quali videocassette o CD Rom.

Soluzioni tecnologiche

All'atto dell'insediamento del cantiere per la realizzazione del progetto "SARASTRO" si è proceduto innanzitutto alla verifica dello stato dei luoghi, con relativa documentazione videofotografica. Alla base del pozzo la strettoia ricavata artificialmente dagli Speleologi del C.A.R.S. all'epoca della scoperta, risulta imm modificata e costituisce il tratto che presenta maggiori difficoltà per l'accesso di persone ed il passaggio di materiali, sia per le dimensioni della strettoia che per l'instabilità dei detriti che, scivolando dal vicino Grande Conoide, tendono a restringerlo. La grotta si presentava pressoché asciutta e con stillicidio quasi assente. Sono stati osservati e documentati esemplari di insetti troglodbi (Coleotteri) e troglodfili (Ortotteri, Ditteri, Lepidodteri).

In occasione delle ricognizioni per la verifica dello stato dei luoghi è stato effettuato anche un attento esame teso a definire le condizioni di sicurezza e sui presidi da adottare per l'incolumità degli operatori impegnati in grotta per la realizzazione del Progetto *Sarastro*. In quest'ottica si sono rese necessarie, a cura della Soprintendenza Archeologica, operazioni di allargamento della strettoia di accesso fino ad ottenere un passaggio idoneo a garantire la possibilità di rapida evacuazione di un infortunato trasportato su una barella speleologica del tipo in dotazione al CNSAS. Al termine di tali lavori il passaggio tra il fondo del pozzo

d'accesso e la sala del conoide ha acquistato dimensioni e conformazione idonee al passaggio di una barella speleologica

Per quanto riguarda le realizzazioni progettualmente dedicate alla installazione di piattaforme teleoperate, nel percorso che va dall'ingresso attuale all'Abside dell'Uomo, la grotta è stata attrezzata con otto telecamere che consentono di osservarla per intero, con possibilità di zoom nei punti desiderati.

Criteri di scelta delle posizioni delle piattaforme teleoperate

I criteri di scelta delle posizioni delle telecamere sono stati i seguenti:

- le telecamere devono coprire l'intero percorso, dunque ogni telecamera deve vedere la precedente e la successiva;
- i punti particolarmente interessanti per la presenza di reperti fossili o per le strutture carsiche devono essere ben visibili;
- l'impatto ambientale deve essere minimo;
- nei limiti imposti dalle condizioni già enunciate la posa in opera deve essere comoda e consentire un agevole passaggio di futuri tecnici manutentori. Ciò è richiesto per diminuire il rischio che movimenti involontari dovuti alla scomodità della posizione di lavoro o di progressione provochino danni alle formazioni carsiche o ai reperti presenti nella grotta.

La scelta delle posizioni è stata fatta in collaborazione del C.A.R.S. di Altamura per gli aspetti propriamente speleologici, supportandola con la realizzazione di serie di fotografie panoramiche per un'escursione di 360° dalla posizione stimata e di foto descrittive della volta per lo studio della migliore soluzione per i vincoli meccanici.

Posa in opera delle piattaforme teleoperate

La posa in opera delle piattaforme teleoperate è stata eseguita con la collaborazione del C.A.R.S. di Altamura che ha fornito oltre all'appoggio logistico la competenza specifica per l'individuazione dettagliata della collocazione di ogni singola telecamera e per la posa in opera dei tasselli a espansione ai quali sono state vincolate le telecamere.

Ogni telecamera è stata vincolata tramite barre rigide regolabili a tre punti della volta. In tal modo si sono garantiti gli indispensabili gradi di libertà per il posizionamento fine della telecamera e la ricerca della verticalità del suo asse. Ogni telecamera è stata installata dopo averla montata nella sua cupola di protezione e dopo averla opportunamente condizionata all'uso nell'ambiente ipogeo (Fig. 4). Infine, la posizione delle telecamere installate è stata nuovamente rilevata rispetto alle mire principali del rilievo della cavità in modo da averne ulteriore conferma a posteriori.



Fig. 4 - Esempio di posizionamento in grotta in via sperimentale di una piattaforma teleoperata con cupola di protezione.

Ogni piattaforma è stata fornita di proprio apparato di illuminazione realizzato con lampade alogene a luce bianca in via temporanea per le operazioni di taratura della messa a fuoco e della portata ottica destinate ad essere successivamente sostituite da sistemi di illuminazione con tubi a scarica ovvero con pannelli elettroilluminescenti a luce verde, onde non inter-

ferire con la microbiocenosi ipogea esistente nella grotta di Lamalunga. Per la scelta dei pannelli elettroilluminescenti si è fatto ricorso ad un monocromatore per l'esatta definizione della lunghezza d'onda da adottare in via definitiva.

Inoltre ogni piattaforma teleoperata è stata sottoposta a idoneo trattamento protettivo nei confronti degli elementi aggressivi (umidità) presenti nella grotta mediante veri e propri interventi di tropicalizzazione con adatte sostanze composti siliconici e gomme vulcanizzabili a freddo o a caldo.

Verifica funzionale delle piattaforme teleoperate poste in opera

Per la verifica del corretto funzionamento e della efficacia della scelta della posizione (verifica su azimuth 0-360°, tilt 0-90°, zoom) si è provveduto a installare in via provvisoria tra la grotta un laboratorio esterno temporaneo, una linea video ed una linea dati per trasmissione dati digitali

In grotta è stata installata, in modo che fosse facilmente rimuovibile per cambiarne la posizione, una telecamera non protetta in modo da stimare il suo comportamento in condizioni estreme di funzionamento. Questa telecamera, inoltre, viene lasciata sempre in grotta, alimentata oppure spenta, in modo da realizzare un test di resistenza alla permanenza in ambiente ipogeo. Nel prefabbricato mobile utilizzato come laboratorio esterno è stata installata una tastiera per consentire il controllo diretto di una dome camera.

L'alimentazione a 24 V della telecamera in grotta è stata ottenuta con un trasformatore protetto da un contenitore plastico a elevato isolamento e raffreddato da due ventole collocato alla base del pozzo di accesso alla grotta, che assolvono anche il compito di evitare la formazione di condensa sul trasformatore stesso. Tutte le fasi di posa in opera e di test sono state documentate in video e/o foto.

La collocazione delle piattaforme teleoperate recanti le telecamere è stata preceduta da idoneo rilievo topografico con restituzione tridimensionale che rende possibile, tra l'altro, il riferimento continuo alle varie parti della grotta per l'illustrazione della sua esplorazione così come previsto progettualmente nell'ambito delle funzionalità delle work station destinate ad essere collocate nella

“prima stazione di ricezione e trasmissione dati” nei locali della Masseria *Ragone* appositamente destinati e restaurati dall’Amministrazione Comunale di Altamura (Fig. 5-6-7).

Realizzazione del condotto interrato di collegamento tra la Masseria Ragone Grotta Lamalunga

La scelta del collegamento cablato e quindi la realizzazione di un condotto interrato per la posa in opera delle linee video, audio e di controllo telemetrico si è rivelata funzionalmente vantaggiosa rispetto alla realizzazione tramite ponte radio, fermo restando che le tecnologie adottate risultano in grado di consentire collegamenti in larga banda quali richiesti dalle specifiche funzionalità previste e dalla compatibilità con protocolli di collegamento con reti più ampie (Fig. 8-9). La situazione orografica locale infatti non consente il collegamento, in una sola tratta, tra collina contenente il complesso carsico e Masseria *Ragone*. La scelta della realizzazione tramite condotto interrato inoltre, presenta evidenti vantaggi dal punto di vista della preservazione paesaggistica.

Criteri di scelta del tracciato

I criteri di scelta del tracciato sono stati i seguenti:

- il tracciato segue il percorso del tratto carrabile lungo il fondo della lama mantenendosi circa mezzo metro a monte dello stesso per prevenire il ristagno di acque meteoriche all’interno o nella prossimità delle strutture interrate; tale necessità ha comportato l’allontanamento del tracciato dal tratto carrabile in corrispondenza di un’area coltivata, dove il percorso costeggia la base della collina (Fig. 10);



Fig. 5 - Masseria *Ragone*. Visione dall'esterno dell'antico complesso edilizio rurale destinato dall'Amministrazione comunale ad ospitare la prima stazione di trasmissione e ricezione dati in sede remota.



Fig. 6 - Masseria *Ragone*. Visione dell'interno prima dei lavori di restauro.



Fig. 7 - Masseria *Ragone*. Visione dell'interno dopo l'effettuazione dei lavori di restauro.

- il tracciato è stato scelto in modo da evitare l'attraversamento delle aree coltivate collocate lungo il fondo della lama;
- la definizione delle caratteristiche del tracciato ha tenuto conto delle caratteristiche di flessibilità dei cavidotti da ospitare, in particolare imponendo traiettorie con raggi di curvatura ampi;
- il tracciato si discosta dal tratto carrabile nelle immediate vicinanze della Masseria *Ragone* per esigenze funzionali e di raccordo con le strutture della masseria stessa.

Realizzazione della trincea per il cavidotto

La trincea è stata realizzata con una fresa circolare con profondità efficace di scavo di circa 60 cm (Fig. 11-12). La scelta della fresa è stata motivata dall'esigenza di ottenere una trincea stretta (20 cm) e profonda minimizzando le sollecitazioni meccaniche sul banco di roccia in prossimità della grotta il lavoro di scavo della trincea è stato realizzato procedendo dalla Masseria *Ragone* in direzione della grotta; gli effetti delle fasi di scavo nelle immediate vicinanze del sito sono state costantemente monitorate da personale in grotta che non ha rilevato sollecitazioni acustico-meccaniche evidenti.

La trincea è stata successivamente ripulita dai detriti di scavo e sono stati ricavati, ogni 50 m, gli alloggiamenti per i pozzetti di ispezione e manutenzione (Fig. 13). In prossimità della Masseria *Ragone* la realizzazione dei piazzali adibiti a parcheggio ha provocato l'innalzamento del piano di campagna di circa 8 m, renden-



Fig. 8 - Cablatura della collina di Lamalunga nel tratto dall'ingresso della grotta fino alla lama sottostante.



Fig. 9 - Visione dal basso della posa dei cavi sulla collina di Lamalunga nel tratto che va dall'ingresso della grotta alla base della collina.

do necessario la posa in opera di anelli di cemento precompresso per pozzetti per consentire l'accesso al pozzetto.

Posa in opera del cavidotto

La posa in opera del cavidotto è stata eseguita all'interno della trincea dove sono stati alloggiati cavidotti rigidi con giunti a bicchiere collegati a incastro e non sigillati. I condotti sono stati attestati all'interno di pozzetti di ispezione e manutenzione 55 x 55 con coperchio carrabile in modo che il tratto in prossimità dei pozzetti risultasse collocato a quota maggiore rispetto al piano prevalente di posa, prevenendo in tal modo l'ingresso e ristagno di acque meteoriche all'interno dei cavidotti. I cavidotti sono stati successivamente rinterrati e ricoperti da una colata di calcestruzzo e per un minore impatto paesaggistico il tutto è stato occultato con il materiale di risulta dello scavo.

Cablaggio Grotta-Masseria

Il cablaggio è stato eseguito in unica tesa (Fig. 14-15), ed all'interno del cavidotto sono state collocate le seguenti linee:

- 1 cavo fibra ottica multimodale a 24 canali;
- 2 cavi a 2 conduttori per trasmissione dati digitali;
- 1 cavo multipolare;
- cavi coassiali con impedenza 50 e 70 ohm;
- 2 cavi coassiali BF a piattina doppia, a doppio conduttore e calza schermata per segnali;
- muffole e materiali per il montaggio;
- cavi coassiali micro.



Fig. 10 - Realizzazione dello scavo per la posa dei cavidotti nel tratto che congiunge il giacimento dalla base della collina alla Masseria Ragone.



Fig. 11 - Fresa circolare utilizzata per la realizzazione dello scavo.



Fig. 12 - Particolare della fresa circolare utilizzata per la realizzazione del cavidotto durante l'esecuzione dello scavo.

Negli alloggiamenti di distribuzione in prossimità della grotta sono stati installati:

- 15 moduli trasmettitori/modulatori per fibra ottica multimodale con alimentatori;
- collegamento tra fibra ottica e unità di modulazione mediante connettore coassiale multimodale prerisinato mediante trattamento a caldo e lucidatura della superficie di sezione della fibra;

Nell'alloggiamento di collegamento all'interno della masseria Ragone sono stati installati:

- 15 ricevitori/demodulatori per fibra ottica multimodale completi di alimentatore;
- collegamento tra fibra ottica e unità di ricezione/demodulazione mediante connettore coassiale ST multimodale prerisinato mediante trattamento a caldo e lucidatura della superficie di sezione della fibra;

Successivamente è stata effettuata la posa in opera cavidutti semirigidi destinati ad accogliere i cavi per segnali e dati provenienti dalla grotta e destinati all'armadio esterno per apparecchiature per successivi collegamenti verso la sede remota di fruizione. All'interno di tali condotti sono state cablate a integrazione, le seguenti linee:

- 15 cavi coassiali video;
- 2 cavi a 2 conduttori per trasmissione dati digitali;
- 1 cavo multipolare;
- 2 cavi coassiali a piattina doppia, a doppio conduttore e calza schermata per segnali B.F.;



Fig. 14 - Operazione di cablaggio delle diverse linee all'interno del cavidutto.



Fig. 13 - Trincea realizzata per la posa del cavidutto, alla fine delle operazioni di scavo, con sistemazione dei pozzi di ispezione.

Sono stati anche adoperati materiali di supporto per la realizzazione di linee temporanee per le operazioni di prova e taratura.

Dalla masseria intesa come prima stazione di ricezione di immagini e dati, è previsto poi il collegamento su ambiti più ampi su linee telefoniche ovvero mediante ponti radio; in particolare è previsto l'interfacciamento alle

linee immagini del progetto *Sarastro* del ponte radio già esistente tra il sito di Lamalunga e il Museo Archeologico di Altamura (Fig. 16).

Si è proceduto al montaggio dei connettori terminatori delle fibre ottiche alle estremità presenti all'interno della masseria. Si tratta di ventiquattro linee parallele, delle quali si prevede l'immediata utilizzazione di undici per le piattaforme teleoperate e due per il sistema di ripresa video stereo per l'ottenimento di immagini tridimensionali.

Risulta quindi realizzata la totale predisposizione alla realizzazione dell'impianto di cablaggio specifico all'interno della masseria e quindi alla collocazione ed al collegamento delle apparecchiature previste. Si è inoltre proceduto alla progettazione e realizzazione di quanto necessario per l'ottenimento di sequenze video tridimensionali.

Tali realizzazioni consistono in un'unità di ripresa a doppia telecamera con linee separate e parallele di collegamento, montate in custodia stagna e su idoneo supporto di movimentazione motorizzato, da collocare nella posizione di miglior rendimento per l'osservazione del reperto paleoantropologico.

La seconda unità di tale realizzazione consiste in un sistema di osservazione con tecnica polarizzata a grande schermo, in modalità di retroproiezione da collocare, unitamente alla consolle di comando per la teleoperazione, nella *Masseria Ragone*.

Realizzazione di software

Si è proceduto anche all'allestimento di moduli software destinati alle work station nella stazione remota per le funzionalità di orientamento e illustrazione delle esplorazioni effettuate direttamente con le realizzazioni remo-



Fig. 15 - Cavi passanti all'interno di un pozzetto di ispezione alla fine delle operazioni di cablaggio.



Fig. 16 - Sistemazione della parabola per il collegamento con ponte radio tra la collina di Lamalunga ed il Museo Archeologico di Altamura.

te. E' stato necessario innanzi tutto procedere alla realizzazione, classificazione e acquisizione di materiale documentario destinato al riempimento dei data base previsti per ciascuna work station. Alla fase di catalogazione è seguita la fase di trasferimento di tutto il materiale in formato digitale.

Conclusioni

Complessivamente, quello che il progetto "SARASTRO" prevede come specifica realizzazione, delinea un approccio ai beni culturali nella loro collocazione territoriale, individuando la entità nucleare di un sistema a elevato grado di complessità e integrazione per il quale può essere avanzata la dizione di "oasi culturale-turistico-tecnologica" dove divenga oggetto di interesse, non solo il bene culturale ma anche le soluzioni tecnologiche adottate per potenziarne la fruizione.

BIBLIOGRAFIA:

G. Alciati, V. Pesce Delfino, E. Vacca *The arcaic human skeleton from Altamura: proposal for tele-monitoring and video-observation of the remains and of the karstic cave*. 1st International congress on: "Science and tecnologia for the safeguard of cultural heritage in the mediterranean basin". Catania-Siracusa (Italy) 27/11-2/12/1995, pp. gg. 1401-1403.

V. Pesce Delfino, E. Vacca, T. Lettini, G. Maselli, W. Formicola, A. De Marzo, C. Ferri, T. Cipriani, G. Bonasia, T. Valente *The "Saraastro" project: the Altamura man (Puglia) and adavnced technology for science, safeguard and exploitation* 2nd International congress on: "Science and tecnologia for the safeguard of cultural heritage in the mediterranean basin". Paris (France) 5-9/7/1999, pp. gg. 1043-1047.