

BARATIN L.

UNIVERZITET U URBINU „KARLO BO“, FAKULTET ZA NAUKE I TEHNOLOGIJE

BARATIN L.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI URBINO “CARLO BO”,
FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE

1. Uvod

Projekat Univerziteta u Urbinu „Karlo Bo“, u saradnji sa Opštinom i JU Muzeji i galerije Podgorice i Britanskom školom u Rimu, usmjeren je na istorijsko i arhitektonsko proučavanje arheološke lokacije Duklja (sl. 01)

Arheološka zona na trapezoidnoj visoravni, na zapadu i jugo-istoku omeđena je tokovima rijeka Zeta i Morača, a na sjeveru planinskim potokom Širalija.

U najstarijim periodima stanovništvo ove zone bilo je ilirsko, još od eneolita, u prostranom kulturnom krugu „puta ćilibara“, od mora na evropskom sjeveru do južnog jadrana, od Grčke do Sicilije.

Duklju je osvojio Oktavijan 35.g st.e.i nedugo nakon toga njeno stanovništvo je postalo dio konventusa Narone. Ne zna se tačno kada je regija postala provincija, ali pouzdano je uslijedilo nakon 27. godine stare ere. Štoviše nakon ovog datuma izvori nam govore o oživljavanju aktivnosti rimskih trgovaca. Pod Vespazijanom, iz dinastije Flavija, Duklja je utvrđena, ubrzo postavši municipijum.

Kada je rimska imperija podijeljena na zapadnu i istočnu, Ilirija je administrativno pripala istočnom, ali crkveno je zavisila od Rima.

Od V do XI vijeka Crna Gora je bila pod vizantijskom upravom. Godine 732 jedan vizantijski car, Lav Isauri, ovu oblast je podredio patrijarhu i Carigradu.

1. Introduzione

Il Progetto dell'Università di Urbino “Carlo Bo”, in collaborazione con la Municipalità e di JU “Museum and Gallerie di Podgorica e con la British School at Rome, è rivolto allo studio storico ed architettonico del sito archeologico di Doclea (fig.01).

L'area archeologica su altopiano trapezoidale, delimitato ad Ovest e a Sud-Est dalla confluenza dei fiumi Zeta e Moraca, a Nord dal torrente montano Siralija. Nelle fasi più antiche le popolazioni di questa zona risultano di origini illiriche insediate, fin dal periodo eneolitico, nel vasto circuito culturale della “via dell'ambra”, dai mari del nord Europa all'adriatico meridionale, dalla Grecia alla Sicilia.

Doclea venne conquistata da Ottaviano nel 35 a.c.

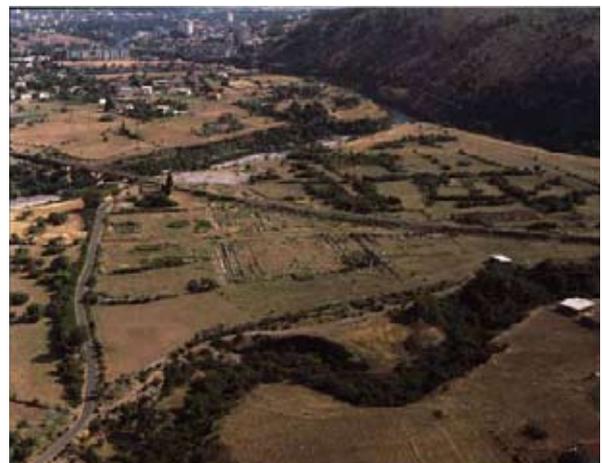


Fig.01 – Il sito archeologico di Doclea

Vjekovima je Crna Gora bila poprište crkvenih borbi između Rima i Carigrada. Od VI do VII vijeka Sloveni su okupirali ovo područje i nakon jednog rata sa Vizantijom utvrdili su nezavisno kraljevstvo. Nakon jednog dugog građanskog rata, oslabljeno kraljevstvo su osvojili Srbi krajem XII vijeka.

Poslije rasparčavanja srpskog kraljevstva u XIV vijeku, Crna Gora je postala nezavisna kneževina koja je počinjala svoj očajnički otpor protiv Turaka. Rat je sa povremenim prekidima trajao do 1862. kada je otomanska imperija izvela napad sa namjerom da konačno uništi crnogorsku vojsku.



Fig.02 - La mappa dell'archeologo P.Sticotti

2. Metodologija istraživanja

Potpuna saznanja o rimskom gradu počivaju na različitim tumačenjima P. Rovinskog, P.Stikotija i Dž. Vilksa koji su utvrdili njegove originalne dimenzije. Ona su važna za sagledavanje tačnih proporcija i za mogućnost procjene u pogledu razvoja pretpostavke na temelju arheoloških ostataka. Međutim historijski događaji i grube intervencije čovjeka na ovom mjestu izbrisali su mnoge važne tragove (sl. 02).

Upoznavanje arehološkog lokaliteta bilo je osnovni preduslov za osmišljavanje programa održavanja i valorizacije. U tom smislu prikupljena je dokumentacija o arheološkoj oblasti primjenom različitih metodologija utvrđivanja podataka i posljedične implementacije različitih tipologija podataka.

Arheološka oblast Duklje bila je predmet proučavanja, generalno na cijeloj lokaciji u njenim ukupnim dimenzijama, a zatim na samoj strukturi foruma, putem najnaprednije tehnologije i primjene metodologije koja se razvijala u toku sn-

e successivamente i suoi abitanti fecero parte del conventus di Narona. Non si conosce esattamente quando la regione fu costituita a provincia, ma sicuramente a partire dal 27 a.c; infatti, dopo questa data le fonti narrano di una ripresa delle attività dei mercanti romani. Sotto il dominio di Vespasiano, della dinastia Flavia, Doclea venne fondata come fortezza e divenne presto municipio.

Quando l'impero romano venne diviso in impero d'occidente e d'oriente, l'Illiria venne amministrata dall'impero d'oriente, ma ecclesiasticamente rimase dipendente da Roma.

Dal V all' XI secolo il Montenegro è stato sotto il dominio bizantino. Nel 732 un imperatore bizantino, Leone l'Isaurico, assoggettò l'area al patriarcato di Costantinopoli. Per secoli la terra del Montenegro divenne l'arena delle lotte ecclesiastiche tra Roma e Costantinopoli. Dal VI al VII secolo gli Slavi invasero il paese e dopo una guerra contro Bisanzio fondarono un regno indipendente. Indebolito da una lunga guerra civile, il regno fu conquistato da

Serbi verso la fine del XII sec. In seguito alla disintegrazione del regno serbo nel XIV secolo, il Montenegro diventò un principato indipendente cominciando una disperata resistenza all'assalto turco. La contesa si protrasse a più lasciti e riprese fino al 1862 quando l'impero ottomano lanciò un'offensiva per distruggere definitivamente l'esercito montenegrino.

2. Le metodologie di indagine

La conoscenza della città romana nella sua completezza e complessità è stata tramandata grazie a varie rappresentazioni espresse nel tempo dai diversi studiosi, quali P. Rowinsky, P. Sticotti e J. Wilkes, che hanno permesso di conoscerne le misure originali, fondamentali per comprendere le esatte proporzioni e poter effettuare delle valutazioni in merito allo sviluppo di ipotesi sulla base dei resti archeologici; purtroppo vicende storiche ed invasivi interventi dell'uomo sul territorio ne hanno cancellato molte e significative tracce (fig.02).

L'area archeologica di Doclea è stata oggetto di studio, in generale su tutto il sito nella sua estensione e poi concentrato sulla struttura del foro, attraverso le più avanzate tecnologie e l'impostazione di un percorso metodologico svi-

imanja terena.

Zahvaljujući kratkom periodu sondaže terena koja je sprovedena u oktobru 2007, mogli smo prikupiti solidnu količinu informacija i podataka različitog porijekla i prirode koji su bili implementirani i georeferencirani u istom sistemu odnosa.

Rad je bio artikulisan u tri faze:

- istraživanje reljefa cijelog arheološkog područja putem GPS;
- istraživanje putem potpunog stacioniranja kontrolnih tačaka odgovarajuće raspoređenih na svim arhitektonskim strukturama u vertikalnom presjeku, i iskorištenih za fotogrametrijska snimanja;
- trodimenzionalna laserska skeniranja, kako detaljna skeniranja struktura tako cijelog arheološkog područja.

2.1. Topografsko snimanje

Detaljno topografsko snimanje je realizovano u cilju roknstrukcije planimetrije struktura koje su se pojavljivale i određivanja mreže okvira rada što je ujedno i referencijalna tačka cijelog bavljenja.

Prostor oko foruma je višestruko ograđen. Pet tema je poslužilo kao referencijalne tačke za satelitska ispitivanja i za proračun „slobodnih“ stanica koje su bile neophodne u pribavljanju i georeferenciranju ciljnih mjesta raspoređenih na osnovnim arhitektonskim strukturama.

Što se tiče satelitske metodologije, ispitivanje je otpočelo uz pomoć sistema EGNOS fundamentalnog za ostvarivanje dobrih početnih koordinata u sistemu WSG84 korisnih za naše kartografske ciljeve. Kada je sistem pokrenut, primijenjen je u određenju granica arhitektonskih djelova zidina. Putem RTK, međutim, istražen je cijeli arheološki lokalitet kako bi se odredio DTM terena.

Prikupljeno je više od 2300 tačaka putem GPS i 160

luppato nel corso della campagna di rilevamento. Grazie ad una breve campagna di rilievo, condotta nell'Ottobre del 2007, si è potuto raccogliere un corposo quantitativo di informazioni e di dati di varia origine e natura, tutti implementati e georeferenziati nel medesimo sistema di riferimento.

Il lavoro si è articolato in tre fasi:

- Rilievo topografico di tutta l'area archeologica mediante GPS;
- Rilievo mediante stazione totale di punti di controllo opportunamente distribuiti su tutte le strutture architettoniche in alzato, utilizzati anche per le riprese fotogrammetriche
- Scansioni scanner laser tridimensionale sia delle strutture in dettaglio sia di tutta l'area archeologica

La conoscenza del sito archeologico è stata considerata come il presupposto fondamentale per la progettazione di un programma di manutenzione e valorizzazione. A questo proposito è stato compiuto un lavoro di documentazione dell'area archeologica attraverso l'impiego di diverse metodologie di rilevamento e la conseguente implementazione di differenti tipologie di informazioni.

2.1. Il rilievo topografico

Il rilievo topografico di dettaglio è stato realizzato per ricostruire la planimetria delle strutture emergenti e per definire una rete di inquadramento, fondamentale come riferimento per la referenziazione dell'intero modello.

Nell'area circostante il "foro" è stata realizzata una poligonale chiusa di precisione costituita da cinque vertici. Tali punti sono successivamente serviti come riferimento per il rilievo con strumentazione satellitare e per calcolare le coordinate delle stazioni "libere" necessarie ad acquisire e georeferire i target disposti sulle principali strutture architettoniche.

Per quanto concerne la metodologia satellitare il rilievo è stato inizializzato con l'ausilio del sistema EGNOS, fondamentale per avere delle buone coordinate di partenza nel sistema WSG84, utili ai nostri scopi cartografici. Una volta inizializzato, il sistema è stato applicato per delimitare le parti architettoniche delle mura; in modalità RTK, invece, è stata rilevata l'intera area del sito archeolo-



Fig.03 - Dettaglio della pianta generale, zona del foro (scala 1:200)

na širem planu. Za satelit korištena su dva prijemnika na dvostrukoj frekvenciji GPS+GLONASS Topcon model HIPER PRO, dok je za tradicionalnu topografiju korišteno totalno robotsko stacioniranje Topcon model 9001 A.

2.2 Trodimenzionalna ispitivanja putem laserskog skenera

Ispitivanje arheološkog lokaliteta Duklja realizovano je integracijom range map sa različitih izvora. Izbor je određen ciljevima ispitivanja koje smo željeli postići, u cilju geometrijske rekonstrukcije različitih elemenata i strukture koji karakterišu arheološki lokalitet.

Visoke arhitektonske strukture su obrađene putem Laser Faro Photon 80/20 u uglu od 320 puta 360 stepeni; zahvaljujući preciznosti i ograničenim šumovima postignutih podataka, putem ovog instrumenta bilo je moguće dokumentovati sve pojedinosti zidnih struktura. Arheološki lokalitet u njegovoj ukupnosti, međutim, bio je ispitan skenerom Riegl LMS, sensorom za mjerenje daljine koja se bazira na vremenu leta i vidnom polju od 360 puta 80 stepeni; za njega je pričvršćen digitalni fotoaparati (Nikon D100). Iz svakog pojedinog fotozapisa mogli smo saznati poziciju i orijentaciju u referencijalnom sistemu instrumenta; takva procedura dozvoljava automatsko nadovezivanje na fotografske i geometrijske informacije.

Prikupljanje podataka je obavljeno tokom 42 snimanja, koji su u sljedećoj fazi snimanja i elaboracije podijeljeni na dva bloka rada kako bi se zadržale dimenzije fajla i smanjilo vrijeme elaboracije. U prvom projektu registracije unijeti su samo podaci skeniranja sa okvirom koji je bio širi u odnosu na ukupno područje analize, u cilju rekonstrukcije morfologije terena i proširenja arheološkog lokaliteta; skeniranja, realizovana u cilju detaljne dokumentacije visokih arhitektonskih struktura, pojedinačno su unesene u novi projekat.

Veliki broj tačaka nametnuo je potrebu filtriranja podataka, tj primjene automatskih tehnika koje bi izbrisale sve one tačke za koje je postojala velika vjerovatnoća da ne pripadaju površini objekta, i eliminisanja oblaka, sa ciljem da se redukuju podaci bez izmjene morfologije stvarnog objekta.

gico per redigere un DTM del terreno.

Complessivamente sono stati acquisiti più di 2300 punti con il GPS e 160 con la stazione totale. Per la strumentazione satellitare sono stati utilizzati due ricevitori a doppia frequenza GPS+GLONASS Topcon modello HIPER PRO, mentre per la topografia tradizionale è stata utilizzata una stazione totale robotica Topcon modello 9001 A.

2.2 Il rilievo mediante laser scanner tridimensionale

Il rilievo del sito archeologico di Doclea è stato realizzato integrando range map proveniente da sensori differenti. La scelta è stata determinata dalle finalità di rilievo che si volevano raggiungere, a scopo di ricostruzione geometrica dei vari elementi e strutture che caratterizzano il sito archeologico.

Le strutture architettoniche in elevato sono state acquisite mediante Laser Faro Photon 80/20 con angolo di ripresa di 320° x 360°; grazie all'accuratezza ed al limitato rumore dei dati ottenuti con questo strumento è stato possibile documentare tutti i particolari delle strutture murarie. Il sito archeologico nella sua totalità, invece, è stato rilevato con lo scanner Riegl LMS, un sensore con misura della distanza basata sul tempo di volo ed un campo di vista di 360° x 80°; ad esso è fissata una camera fotografica digitale (Nikon D100). Di ogni singolo fotogramma sono noti la posizione e l'orientamento nel sistema di riferimento strumentale; tale procedura consente di sovrapporre automaticamente l'informazione fotografica a quella geometrica.

Le acquisizioni sono state eseguite da 42 punti di presa che, nella successiva fase di registrazione ed elaborazione sono stati suddivisi in due blocchi di lavoro, per contenere le dimensioni dei file e ridurre i tempi di elaborazione. In un primo progetto di registrazione sono state inserite solamente le scansioni con inquadratura più ampia riguardanti la totalità dell'area allo scopo di ricostruire la morfologia del terreno nell'estensione del sito archeologico; le scansioni realizzate per documentare in dettaglio le strutture architettoniche in elevato sono state collegate singolarmente in nuovo progetto.

La grande quantità di punti ha reso necessario svol

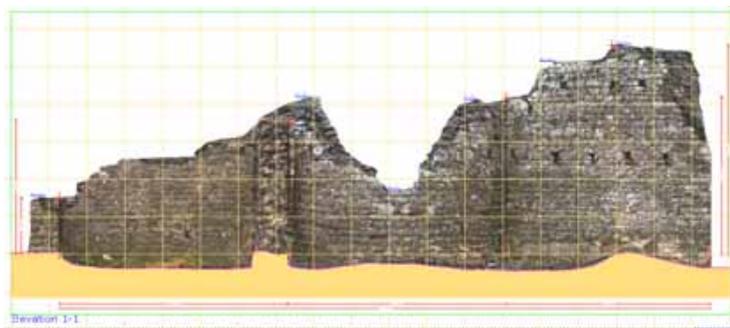


Fig. 04 e fig.05 – Elevations e modello digitale 3D ottenuti dalle scansioni laser scanner

Takve operacije se esencijalno baziraju na geometrijskim kriterijumima. Cilj ovog bavljenja je, dakle, eliminacija prekobrojnih tačaka koje nemaju značaja, čime se smanjuje „težina“ oblaka i olakšavaju naredne operacije post-processing-a. Međutim, konstrukcija geometrijskih modela visokih ostataka zahvaljujući podacima dobijenim putem laserskog skenera, omogućena je uglavnom kroz fotografska mapiranja visoke rezolucije (sl. 04). Takve elaboracije su omogućile nastanak planova, prospekata, profila sekcije, koji su realizovani putem vektorizacije tankih porcija oblaka tačaka i izdvojeni prema paralelnim nacrtima, budući da je riječ o nezamjenljivom elementu u planiranju intervencija na djelu ljudskih ruku, prikazu grafičkih nivelacija koje bi bile u stanju da daju efikasan i sintetičan opis kompleksnih morfologija, i projektovanju budućih arheoloških iskopavanja (sl. 05).

(sl 04 i 05 – Elevations i digitalni model 3D koji su dobijeni laserskim skeniranjem)

3. Zaključak

Ispitivanja na arheološkom lokalitetu Duklja omogućili su prikupljanje značajnog broja informacija i podataka različitog porijekla i prirode koji

gere funkcije di filtraggio dei dati, cioè applicare delle tecniche automatiche che eliminano tutti quei punti che hanno un’alta probabilità di non appartenere alla superficie dell’oggetto rilevato e di decimazione delle nuvole, finalizzate ad una riduzione dei dati senza modificare la morfologia dell’oggetto reale; tali operazioni sono basate essenzialmente su criteri di tipo geometrico. Lo scopo di questa funzione è, quindi, quello di rimuovere dalle nuvole i punti in eccesso, non significativi, rendendole così più “leggere” e facilitando le successive operazioni di post-processing.

3. Conclusioni

La costruzione, invece dei modelli geometrici degli alzati attraverso i dati laser scanner è stata resa maggiormente realistica attraverso la mappature con fotografie ad alta risoluzione (fig.04). Tali elaborati hanno permesso di produrre piante, prospetti, profili di sezione, realizzati attraverso la vettorializzazione di sottili porzioni della nuvola di punti ed individuati secondo piani paralleli, quali insostituibile elemento di supporto per la pianificazione degli interventi sul manufatto, per la costruzione di curve di livello, in grado di for-

su primijenjeni i georferencirani u istom sistemu odnosa.

Nakon faze topografskih ispitivanja, realizovane su fotogrametrijske elaboracije zahvaljujući snimcima iz aviona koje je napravio Italijanski vojni geografski institut 1942 godine. Operacija je bila moguća određenjem pojedinih topografskih elemenata koji su snimljeni 1942, a koji su sada poslužili kao polazišna tačka.

Takve elaboracije su omogućile iscrtavanje istorijske kartografije, u razmjeru 1:1000 koja je upoređena za planimetrijama nastalim ukupnim sagledavanjem lokacije i onima urađenim putem GPS-a. Sve informacije su poslužile i za realizaciju Digital Elevation Model - a (DEM) terena od arheološkog značaja.

(sl. 06 - Kartografija mjesta nastala putem analognih slika iz 1942 (razmjer 1:1000))

(sl. 07 – Kartografija lokacije nastala putem satelitskih snimaka (razmjera 1:1000) i preklapanje sa realnom situacijom)

Kasnije elaboracije i kartografska iscrtavanja dobijena su putem satelitskog snimka Quick Bird sa revolucijom prema zemlji od 0.60 m, dobijena putem Telespacija. Georeferencijacija takve slike, u odnosu prema otkrivenim podacima, omogućila je realizaciju ortofotoplana sa izohipsama bilo trenutne situacije bilo u odnosu na analogne snimke iz 1942.

Upoznavnje arheološkog lokaliteta smatra se kao osnovni preduslov za projektovanje budućeg programa očuvanja i valorizacije.



nire una descrizione efficace e sintetica di morfologie complesse e per la progettazione delle future campagne di scavo archeologico (fig.05).

La campagna di rilievo realizzata presso l'area archeologica di Doclea ha permesso di raccogliere un corposo quantitativo di informazioni e di dati di varia origine e natura, tutti implementati e georeferenziati nel medesimo sistema di riferimento.

Successivamente alla fase di rilievo topografico sono state realizzate delle elaborazioni fotogrammetriche mediante l'utilizzo di prese aeree realizzate dall'Istituto Geografico Militare Italiano nel 1942. L'operazione è stata possibile individuando nelle prese analogiche del 1942, come punti di appoggio, alcuni elementi rilevati topograficamente.

Tali elaborazioni hanno permesso di produrre una cartografia storica dell'epoca, alla scala 1:1.000, che è stata confrontata con le planimetrie prodotte dall'uso integrato di stazione totale e GPS. Tutte le informazioni sono servite anche per realizzare il Digital Elevation Model (DEM) del terreno dell'area di interesse archeologico.

Fig.06 - Cartografia del sito prodotta con immagini analogiche del 1942 (scala 1:1.000).

Fig.07 - Cartografia del sito prodotta con immagini da satellite (scale 1:1.000)

e sovrapposizione della situazione reale

Ulteriori elaborazioni e produzioni cartografiche sono state ottenute attraverso una immagine satellitare Quick Bird con risoluzione a terra di 0.60 m, acquisita da Telespazio. La georeferenziazione di tale immagine, rispetto ai dati rilevati, ha consentito la realizzazione dell'ortofotopiano con isolinee sia della situazione corrente sia rispetto alla presa analogica del 1942.

La conoscenza del sito archeologico è stata considerata come il presupposto fondamentale per la progettazione di un futuro programma di conservazione e valorizzazione.

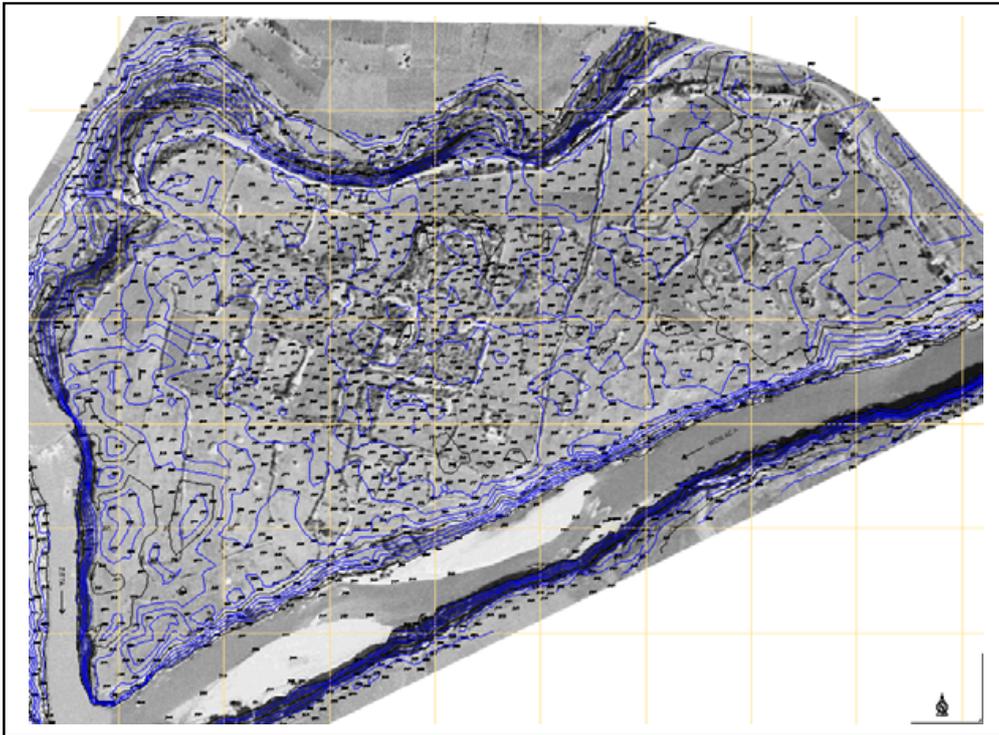


Fig.06 - Cartografia del sito prodotta con immagini analogiche del 1942 (scala 1:1.000).



Fig.07 - Cartografia del sito prodotta con immagini da satellite (scale 1:1.000) e sovrapposizione della situazione reale