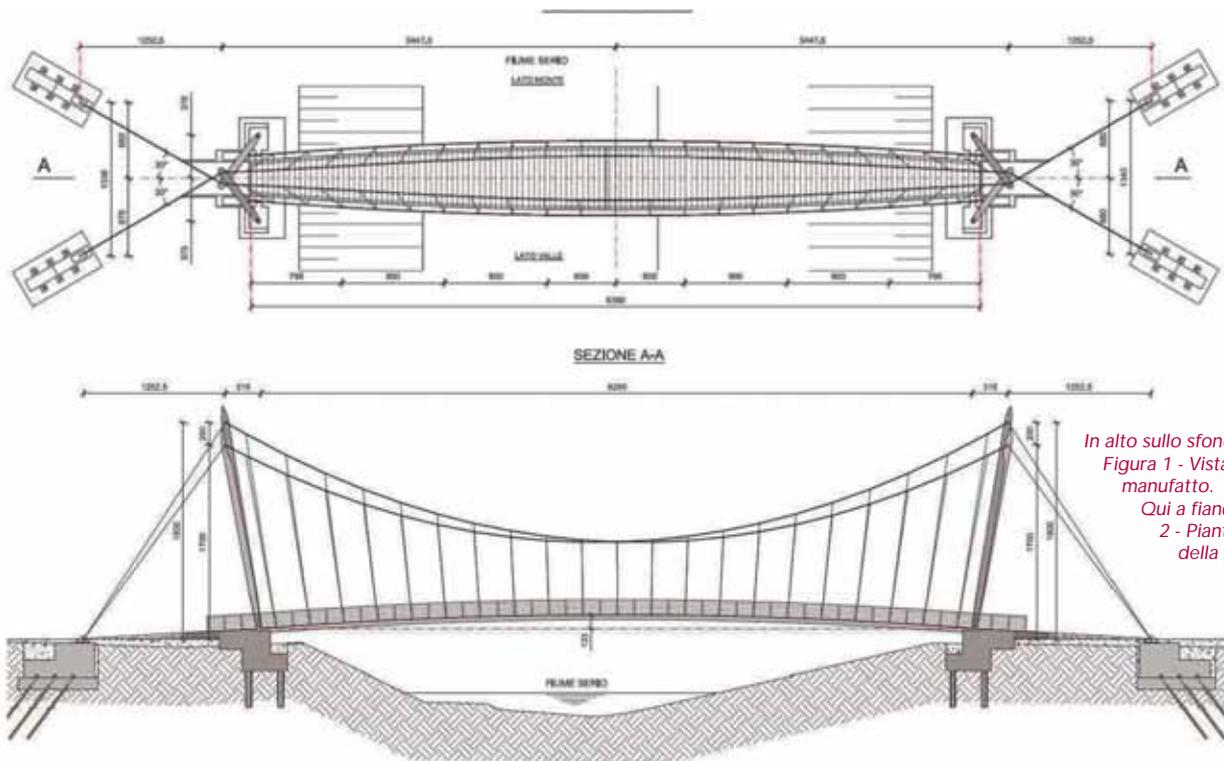


# Operazioni topografiche per il collaudo di una passerella ciclo - pedonale

di Giorgio Bezoari, Marco Borsa,  
Demetrio Malavenda, Attilio Selvini



Di norma, il collaudo di ponti, viadotti, cavalcavia, strutture quasi sempre in cemento armato (spesso presollecitato) oppure in acciaio (a travi reticolari od a travate piene) viene fatto con la ben nota livellazione geometrica di precisione ma se si desidera una analisi dei movimenti 3D si può procedere in altri modi.



In alto sullo sfondo del titolo,  
Figura 1 - Vista globale del  
manufatto.  
Qui a fianco, Figura  
2 - Pianta e prospetto  
della passerella.

Oggi si utilizzano al meglio livelli digitali e stadiе codificate, che permettono il più facile trattamento dei dati, oltre al loro accumulo nella memoria dello stesso livello. Le deformazioni vanno normalmente, in base alla luce delle travi, al loro materiale costitutivo ed al carico, da pochi millimetri ad alcuni centimetri; l'operazione viene fatta con ripetute livellazioni: a manufatto scarico, poi sotto carico ed infine nuovamente a struttura scarica, per valutare il comportamento elastico delle deformazioni. Ben diverso è il discorso per le passerelle pedonali e ciclopedonali, talvolta in legno e con travate rettilinee oppure arcuate, altre volte in legno od in acciaio ma sospese e rette da funi. In questo caso, pur essendo i carichi di collaudo assai minori di quelli dei manufatti più sopra ricordati (si tratta solitamente dell'equivalente di "folla compatta") le deformazioni sono invece ben maggiori, e per luci forti raggiungono parecchi decimetri. Quindi sarebbe inutile ed anzi controproducente ricorrere alle livellazioni: l'impiego di un buon teodolite digitale, con o senza prismi retroriflettenti, costituisce oggi il mezzo di misura più adatto. Del resto, già negli anni Settanta del secolo scorso si erano compiuti esperimenti di misura delle deformazioni non con la classica livellazione geometrica, bensì con teodoliti al decimillesimo [Tomelleri1974]. Abbiamo detto nel titolo di "operazioni topografiche"; forse sarebbe meglio parlare di operazioni di "microgeodesia", dato che nei collaudi delle strutture e nella misura delle deformazioni in genere si usano strumenti di incertezza molto bassa, tipici proprio delle osservazioni eseguite a scopo geodetico (reti di livellazione fondamentali, reti di appoggio). In realtà non è quasi affatto usata nella nostra lingua, l'espressione che per esempio è diffusa in tedesco: quella di *Ingenieurgeodäsie*: ci sia permesso di riportare qui di seguito la definizione di questa parte delle discipline del rilevamento e della misura, che ne dà un noto studioso nel suo libro citato in [Heribert1993]:



Figura 3 - Vista d'infilata.

"Sotto la denominazione di *Ingenieurgeodäsie* si intendono quei lavori che il geodeta conduce nell'ambito della pianificazione tecnica, nel tracciamento e nella sorveglianza di oggetti tecnici, spesso di vasta estensione, quale collaboratore ed in stretto contatto con ingegneri di altre discipline". Una esposizione di alcuni metodi di microgeodesia si trova in [Bezoari2000]. Ed ecco ora un caso concreto: in figura 2 si vedono pianta e prospetto del manufatto da noi collaudato, così come dai dati di progetto.

Vediamo poi due immagini fotografiche della passerella (Figure 1 e 3), sita nel Comune di Seriate ed attraversante il torrente Serio.

Per il collaudo si è usato un teodolite digitale Leica TRC1205 R, (Fig. 4) con adatti prismi e segnalini: questi disposti in molte posizioni della struttura, ed opportunamente ancorati; la figura 5 e la figura 6 ne mostrano un paio a titolo di illustrazione.



Figura 4 - Il teodolite su pilastro stabile.



Figura 5 - Prisma ancorato.



Figura 6 - Uno dei segnalini incollati.



Figura 7 - La passerella sotto carico globale.

Lunghe le operazioni di misura, conseguenti a quelle di carico; l'inizio del lavoro data delle ore 8,30, la loro conclusione delle 19,45. Infatti il carico, costituito da recipienti contenenti acqua, è stato disposto, nella fase 2 (avendo considerato la Fase 1 quella relativa alle osservazioni senza carichi), sulla metà sinistra (per chi osserva da monte verso valle) del manufatto (250 kg/m<sup>2</sup>); successivamente sull'intera passerella per analogo valore, quindi nella fase 3 il carico sulla parte destra è stato aumentato a 500 kg/m<sup>2</sup>. Altra fase, con carico da 500 sulle due parti e infine, nella fase 6, il manufatto di nuovo completamente scarico.

Una delle situazioni di carico è visibile in Fig. 7. Le deformazioni in quota sono rappresentate in figura 8, che riporta anche i valori tabellari delle frecce; ancor meglio si vedono separatamente in figura 9. Naturalmente le misure sono state riferite a due capisaldi ben lontani dalla zona interessata, e siti ai due estremi del manufatto; la fig. 10 ne mostra uno, costituito da pilastro in calcestruzzo opportunamente stagionato e stabilizzato, ed un altro è in fig. 4 più sopra riportata. Va notato che il metodo qui descritto offre il vantaggio che di tutti i punti collimati si ha, dopo ogni serie di misure, la

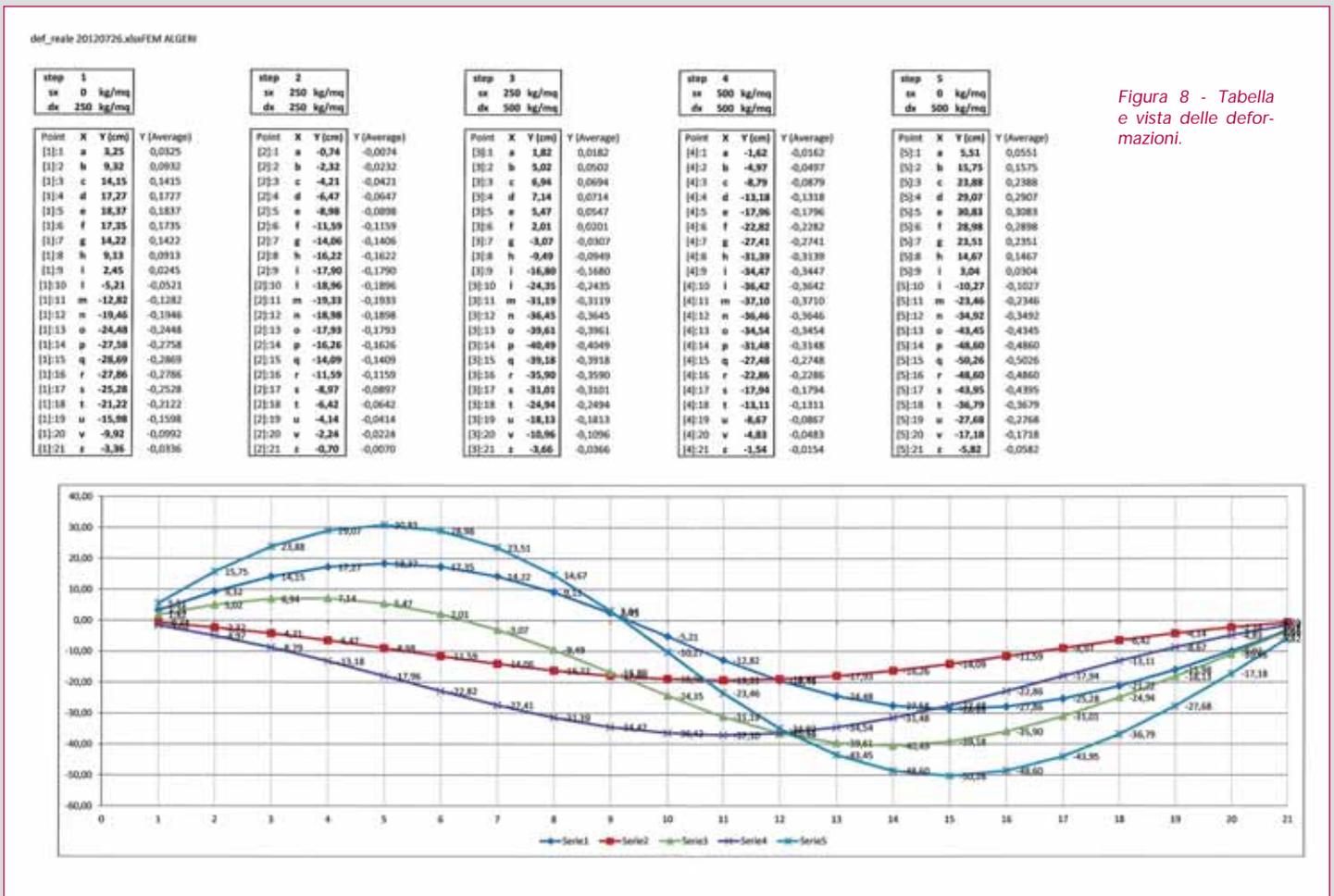


Figura 8 - Tabella e vista delle deformazioni.

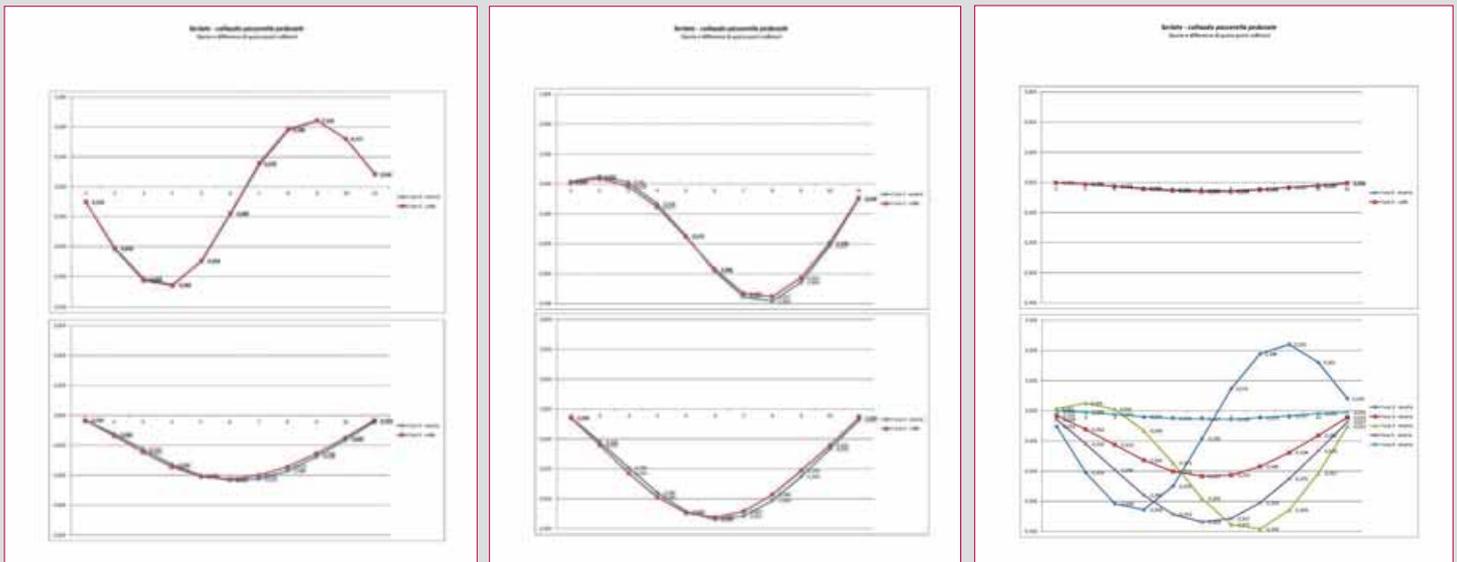


Figura 9 - Vista separata delle deformazioni.

terna delle coordinate cartesiane spaziali e non soltanto, come nel caso delle livellazioni geometriche, il solo vettore nei piani verticali ove giacciono le stadi.

Può sembrare inconsueto il valore delle deformazioni: ma come già detto all'inizio, le strutture sospese sono molto elastiche; del resto in figura 11 si vedono chiaramente i lunghi e flessibili cavi di sostegno dalle vistose catenarie, con le funi corrispondenti.

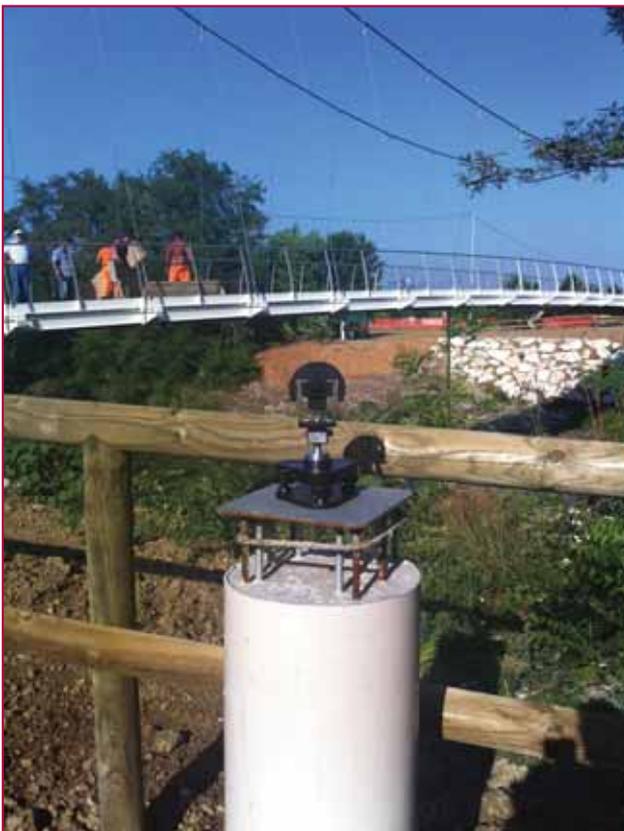
Il trattamento dei dati di misura non offre difficoltà: si è utilizzato "Excel", come si vede parzialmente in fig. 12.

Concluderemo dicendo che le attuali strumentazioni, unite alle possibilità fornite dal calcolo e dal disegno compute-

rizzato, rendono facile ed assai conveniente dal punto di vista economico quelle operazioni, come per l'appunto la valutazione delle deformazioni in qualunque tipo di struttura, che solo qualche decennio fa avrebbero richiesto ben maggiore impegno in termini di tempo e di costo.

#### Ringraziamenti

In particolare al dottor architetto Pierluigi Borsa, che ha eseguito una parte delle osservazioni in campagna; alle dottoresse Leda Fontana e Marta Gavardi, laureate in architettura per il loro valido contributo.



A sinistra, Figura 10 - Uno dei pilastri ben stabili di riferimento, con prisma ancorato. Sotto, Figura 11 - Particolare dei sostegni e delle funi.



**Seriato - collaudo passerella pedonale**  
Quote e differenze di quote punti collinati

Fase	Point ID	N° batt.	Quota (z) [m]	Δz (acc. - tom.)
Fase 1	1	1	0,270	
	2	2	0,699	
	3	3	1,014	
	4	4	1,224	
	5	5	1,368	
	6	6	1,405	
	7	7	1,362	
	8	8	1,213	
	9	9	0,988	
	10	10	0,649	
	11	11	0,239	
	23	12	19,625	
	24	13	19,632	
	25	14	17,585	
	111	15	0,423	
	106	16	1,579	
	101	17	0,470	
	112	18	-0,174	
	117	19	0,976	
	122	20	-0,171	
	12	21	0,293	
	13	22	0,724	
14	23	1,049		
15	24	1,290		
16	25	1,433		
17	26	1,458		
18	27	1,417		
19	28	1,274		
20	29	1,036		
21	30	0,728		
22	31	0,291		
Fase 2	1	1	0,218	-0,052
	2	2	0,494	-0,205
	3	3	0,706	-0,308
	4	4	0,896	-0,328
	5	5	1,118	-0,250
	6	6	1,313	-0,092
	7	7	1,435	0,073
	8	8	1,402	0,189
	9	9	1,208	0,220
	10	10	0,809	0,160
	11	11	0,279	0,040
	23	12	19,628	0,003
	24	13	19,637	0,005
	25	14	17,587	0,002
	111	15	0,466	0,043
	106	16	1,482	-0,097
	101	17	0,420	-0,050
	112	18	-0,228	-0,054
	117	19		
	122	20	-0,126	0,045
	12	21	0,242	-0,051
	13	22	0,515	-0,209
14	23	0,735	-0,314	
15	24	0,959	-0,331	
16	25	1,185	-0,248	
17	26	1,369	-0,089	
18	27	1,496	0,079	
19	28	1,466	0,192	
20	29	1,257	0,221	
21	30	0,888	0,160	
22	31	0,333	0,042	

Rilievo del 26 Luglio 2012

Figura 12 - Parte dei calcoli in Excel.

**Parole chiave**

LIVELLAZIONE GEOMETRICA, COLLAUDO PONTI, ANALISI DEFORMAZIONI 3D.

**Bibliografia**

[TOMELLERI1974]  
TOMELLERI, VA-  
LENTINO; MONTI,  
CARLO  
OPERAZIONI DI  
LIVELLAZIONE GEO-  
METRICO-ZENITALE  
ATTUATE SU UN VIA-  
DOTTO,  
RIVISTA D'INGE-  
NERIA, N. 7-8,  
N. 9-10, MILANO  
1974.  
[HERIBERT1993]  
KAHMEN, HERIBERT  
VERMESSUNGSKUN-  
DE. ED. WALTHER  
DE GRUYTER,  
BERLINO - NEW  
YORK, 1993.  
[BEZOARI2000]  
BEZOARI, GIORGIO;  
MONTI, CARLO;  
SELVINI, ATTILIO  
TOPOGRAFIA GENE-  
RALE CON ELEMENTI  
DI GEODESIA,  
UTET, TORINO,  
2000.

**Abstract**

Surveying for testing a cycle  
- pedestrian bridge  
As a rule, the testing of  
bridges, viaducts, overpasses,  
almost always reinforced  
concrete structures (often  
prestressed) or steel (truss  
girders or in full) is done with  
the well-known high preci-  
sion geometric leveling but  
if you want a 3D movements  
analysis this can be achieved  
in other ways.

**Autori**

GIORGIO BEZOARI  
GIORGIO.BEZOARI@  
POLIMI.IT

MARCO BORSA  
MARCO.BORSA@  
GMAIL.IT

DEMETRIO MALA-  
VENDA  
DEMETRIO.MALAVEN-  
DA@ALICE.IT

ATTILIO SELVINI  
ATTILIO.SELVINI@  
POLIMI.IT

**Software di Modellazione Urbana  
e Territoriale da dati GIS**

Progettazione e Pianificazione Urbana,  
Preservazione del Paesaggio, Integrazione  
Infrastrutture, Studi di Impatto Ambientale...

LandSIM3D è un software di nuova generazione  
per la simulazione 3D del paesaggio sviluppato  
per i professionisti. Potente e facile da utilizzare,  
offre un'interfaccia facile ed intuitiva che vi per-  
metterà di visualizzare rapidamente complessi  
dati geografici territoriali di un'area in 3D in  
maniera interattiva e con un altissimo livello di  
realismo.

LandSIM3D modella il paesaggio partendo da  
dati georeferenziati in modo da riprodurre un ter-  
ritorio esistente in 3D.

Strade ed edifici vengono automaticamente rico-  
struiti, così come la vegetazione e il terreno, in  
accordo alla mappa del rilievo fotografico. Strade,  
infrastrutture ed edifici sono ricostruiti  
automaticamente. La vegetazione e il terreno  
sono distribuiti in base alle mappe di utilizzo. Un  
progetto esterno può essere facilmente impor-  
tato e inserito con precisione nel modello 3D  
creato.

- **MODELLA** in pochissimo tempo un paesaggio  
reale in 3D al fine di meglio analizzarlo, studiarlo  
e capirlo.
- **INSERISCI** in modo semplice il tuo progetto  
architettonico, urbanistico o di un'infrastruttura  
nell'ambiente 3D creato.
- **STUDIA** le possibili alternative al tuo progetto,  
il suo impatto ambientale e la futura evoluzione  
del territorio e della crescita della vegetazione.
- **PRESENTA** le tue decisioni e **SPIEGA** le tue  
scelte grazie alla visualizzazione 3D interattiva.  
Uno strumento indispensabile per pubbliche pre-  
sentazioni e riunioni con i clienti.



Studia le varianti di progetto e crea facilmente  
alternative in 3D per una migliore presentazio-  
ne e per spiegare le scelte progettuali effettua-  
te.

Visualizza il presente e simula il futuro tram-  
ite i potenti strumenti di simulazione. LandSIM3D  
associa la nozione di tempo a cia-  
scun oggetto inserito nel progetto. Ciò vi per-  
mette di visualizzare le trasformazioni del pae-  
saggio nel tempo.



NBL srl

Sede Legale: Via Cremona, 28 - 46100 - Mantova  
Sede Operativa: SP87 'Giuseppina', Km 24,225  
26030 - Solarolo Rainerio (CR) - ITALY  
Tel: +39.0375.311038 - Fax: +39.0375.311039  
info@nbsoftware.it - www.nbsoftware.it



**PROTECTION WITH POWER**



Serie ES



Tracking · Security · Remote  
Firmware-Software Updates  
Comunicazione Wireless 300 m

[www.geotop.it](http://www.geotop.it)



Serie OS