Tecnica speditiva di stima del geoide a scala locale

Maria Giuseppa ANGELINI (*), Antonio BELLANOVA (*), Alessandro CAPRA (**),
Domenica COSTANTINO (*), Angelo GALEANDRO (*)

(*) DIASS – Politecnico di Bari, V.le del Turismo, 8 Taranto, Tel. 0994733258, e-mail: a.galeandro@poliba.it
(**) DIMeC – Università di Modena e Reggio Emilia, Via Vignolese 905 – 41100 – Modena

Riassunto
Il rilievo GPS, caratterizzato da buone accuratezze in planimetria, non raggiunge livelli paragonabili in altimetria ponendo un evidente limite sulla componente altimetrica.
Finalità del presente lavoro è riuscire a modellizzare l'andamento del geoide a scala locale a partire da dati rilevati con GPS, questo necessita della conoscenza dell'altezza ellissoidica e di quella ortometrica, per la determinazione dell'ondulazione geoidica a scala locale.
A tal fine è stata progettata una rete GPS la quale include caposaldi di livellazione e vertici trigonometrici (nello specifico punti IGM95 della serie 700).
La rete è costituita da 60 punti di inquadramento e di raffittimento distribuiti lungo la fascia costiera del versante occidentale dell'arco ionico tarantino (dalla città di Taranto a quella di Metaponto) con un'estensione di circa 30 km.
Sono state utilizzate quale approssimazioni iniziali (viste le dimensioni ridotte dell'area d'indagine), le quote calcolate attraverso la trasformazione VERTO. A partire da dette ipotesi è stata eseguita la compensazione altimetrica.
I risultati ottenuti dalla compensazione sono stati verificati sulla base della conoscenza di vertici di quota ortometrica nota.
I dati altimetrici ottenuti sono stati comparati, inoltre, con la quota monografata fornita dall'IDM sul mareografo di Taranto di cui è stato osservato anche il trend storico dei dati mareografici.

Abstract
The GPS survey, characterized by good planimetric accuracies, doesn't reach comparable levels in elevation setting an evident limit on these component.
Finality of the present job is to modelize the geoid at local scale beginning from data survey with GPS; this needs the knowledge of the ellissoidic and geoid height, for the determination of the geoidic undulation at local scale.
For this purpose a GPS network has been planned including benchmark of levelling and trigonometric vertexes (in the specific points IGM95 of the series 700).
We have been used as initial approximations the geoid height calculated through the VERTO transformation. Beginning from said hypotheses has been performed the altimetric compensation.
The results given by the compensation have been verified on the base of the knowledge of vertexes of geoid height known.

Inquadramento dell'area

L'area d'indagine è costituita dalla fascia costiera del versante occidentale dell'arco ionico tarantino, comprendente i territori di Castellaneta, Ginosa, Palagiano e Massafra (in provincia di Taranto) per una lunghezza di circa 30 km (fig. 1).

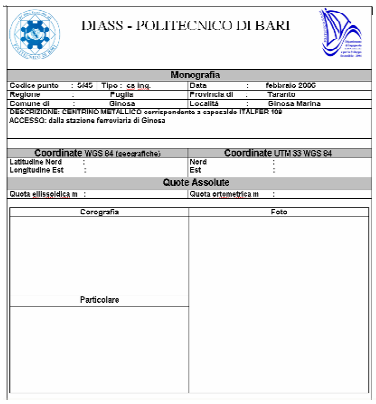
Figura 1 – Inquadramento dell'area

La zona è caratterizzata da un andamento geomorfologico pianeggiante relativamente alla battigia di natura sabbiosa a ridosso della quale sono presenti delle dune arenose intervallate da boschi costieri composto da pini d'Aleppo, per un fascia variabile da 0.5 ad 1 chilometro.

Figura 2 – Andamento geomorfologico

Progettazione della rete

La progettazione della rete ha visto da principio l'individuazione dei vertici della rete di raffittimento la cui distanza reciproca è stata mediamente di 5 Km, inoltre, sono stati individuati lungo la fascia costiera di interesse, un certo numero di capisaldi altimetrici. Partendo dalla rete di raffittimento si sono individuati i capisaldi di appoggio, distanziati tra loro 500 m. garantendo nella scelta della metodologia di rilievo una tolleranza di posizionamento planimetrico inferiore al cm.


DIASS - POLITECNICO DI BARI

Monografia

Codice punto : 5445 Tipo : ca ing.
Data : febbraio 2000
Regione : Puglia
Provincia di : Taranto
Comune di : Ginosa
Località : Ginosa Marina
DESCRIZIONE: CENTRINO METALLICO corrispondente a capisaldo ITALGEO 100
ACCESSO: dalla stazione ferroviaria di Ginosa

Coordinate WGS 84 (geografiche)
Latitudine Nord :
Longitudine Est :

Coordinate UTM 33 WGS 84
Nord :
Est :

Quote Assolute
Quota ellissoidica m :
Quota ortometrica m :

Corografia
Particolare
Foto

Figura 3 – Monografia

Dopo preventivo sopralluogo i sudetti vertici sono stati individuati e materializzati in sito e per ciascuno di questi è stata redatta una apposita monografia.
La determinazione della rete di raffittimento e dei capisaldi di appoggio è stata eseguita mediante rete di precisione con misurazioni GPS secondo la metodologia differenziale statica.
Tutte le sessioni di misura sono state eseguite con ricevitori GPS a doppia frequenza (L1/L2), con intervallo di campionamento di 15 secondi e con un angolo di cut-off di15°.

Rilievo GPS
Per la rete di inquadramento sono stati individuati ed istituiti 10 vertici, ad una distanza reciproca di circa 5 km di cui, 4 punti IGM95 (201701, 201704, 202701, 202703) 6 punti materializzati ex-novo (55, 46, 30, 20, 09, 61), e quattro capisaldi di appoggio; sono stati utilizzati anche i dati provenienti dalla stazione permanente FATA già inquadrata nella rete EUREF (istituita sulla Facoltà di Ingegneria di Taranto).
La determinazione della rete di inquadramento e dei capisaldi di appoggio è stata eseguita mediante misurazioni GPS secondo la metodologia differenziale statica con stazioni realizzate con centramento forzato.
Il rilievo dei vertici è stato eseguito con dieci ricevitori GPS a doppia frequenza, operanti in contemporanea ottenendo quattro sessioni di misura della durata di un'ora. Dette sessioni hanno consentito una compensazione della rete a basi indipendenti idonea a garantire una precisione adeguata in funzione dell'interdistanza tra i punti.
Per la determinazione dei punti di raffittimento sono stati materializzati sessanta capisaldi, con distanze medie reciproche di circa 500 m, il cui rilievo è stato eseguito collegando ciascun caposaldo ad almeno due punti IGM95, ovvero un punto IGM e la stazione FATA, effettuando una singola sessione di misura, variabile tra trenta minuti ed un'ora, in funzione della distanza tra il caposaldo ed il vertice IGM95 più lontano e/o di altre situazioni di criticità.

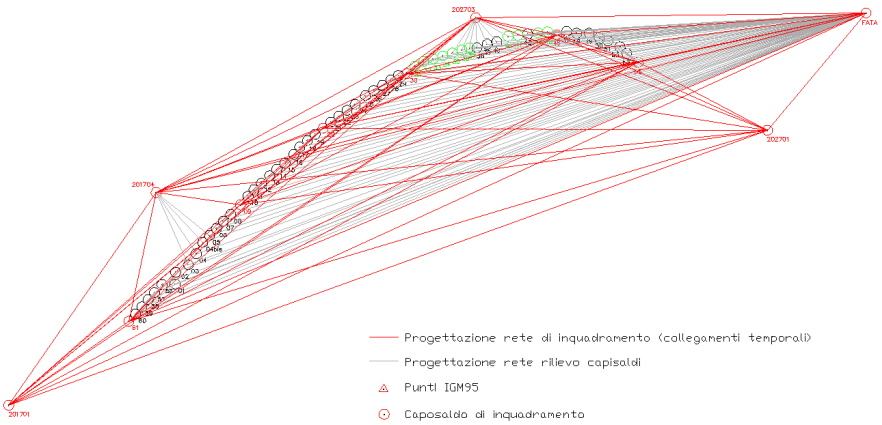


Figura 4 – Progettazione rete

Elaborazione dei dati GPS
L'elaborazione della rete sia di inquadramento che di raffittimento è stata fatta utilizzando il principio delle basi indipendenti e compensata ai minimi vincoli ottenendo errori massimi sulle coordinate dell'ordine del centimetro.

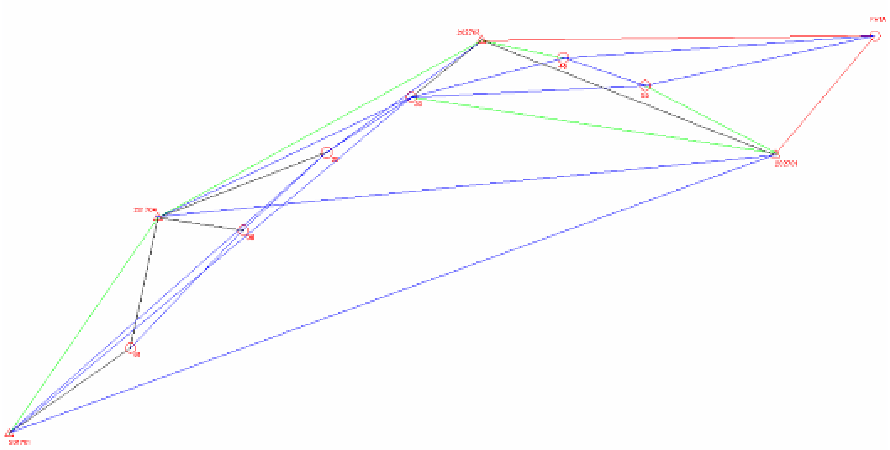


Figura 5 – Rete di inquadramento

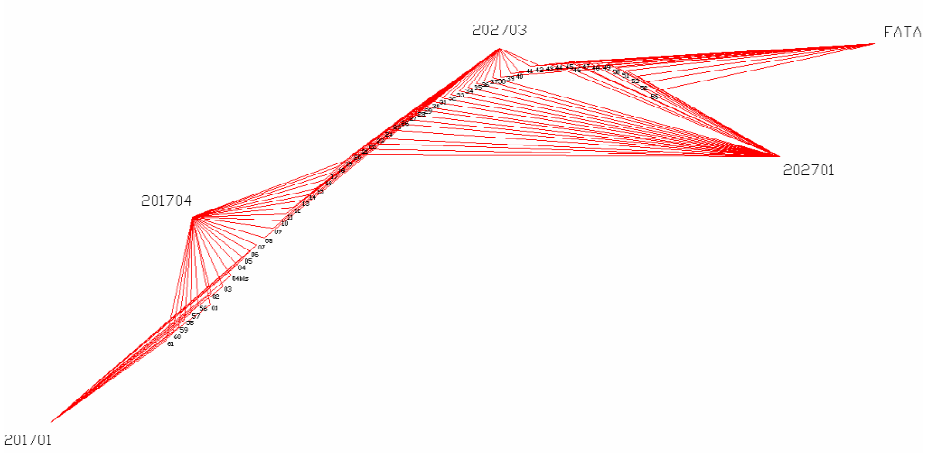


Figura 6 – Rete di raffittimento

Elaborazione dei Dati altimetrici

È stata eseguita la trasformazione altimetrica dei dati ottenuti attraverso il sw VERTO il quale ha fornito le quote ortometriche di ciascun punto (Tab. 7).

punti	Lat. WGS84	Lon. WGS84	h ellis.	Nord ROMA40	Est ROMA40	H geoid.
201701	40.2138227	16.46445097	49.568	fuori campo	fuori campo	fuori c.
201704	40.27144971	16.52019045	50.949	fuori campo	fuori campo	fuori c.
202701	40.28317212	17.13261665	47.145	4482911.627	2708526.395	4.466
202703	40.31435202	17.03208892	51.682	4488480.685	2694135.287	8.279
14	40.27475614	16.56159997	49.469	4480978.383	2684297.698	6.526
15	40.27570547	16.56334888	47.754	4481280.165	2684703.162	4.793
16	40.28108997	16.56524746	49.531	4481716.934	2685140.885	6.539
17	40.28221129	16.57044264	47.842	4482068.918	2685414.708	4.823
18	40.2831773	16.57204254	47.755	4482375.129	2685784.867	4.717
….	……..	…….	…….	…….	……	…….
50	40.31066752	17.07386388	45.323	4487488.296	2700227.444	2.126
51	40.31018238	17.07564128	46.799	4487348.791	2700649.343	3.623
52	40.30407622	17.08350555	45.81	4486721.355	2701574.53	2.699
53	40.30515843	17.08215624	44.961	4487047.366	2701248.867	1.819
55	40.30258401	17.08590827	46.922	4486274.961	2702151.244	3.857

Tabella 7 – Stralcio della trasformazione VERTO

Successivamente, utilizzando queste come quote approssimate, è stata eseguita la compensazione della rete altimetrica attraverso il sw STARNET di cui di seguito si riporta il listato di output.

Station	Elev	StdDev	95%
201701	7.1620	0.000000	0.000000
202701	4.2370	0.021153	0.042126
201704	7.7015	0.022182	0.043476
202703	8.1516	0.024965	0.048931
20	6.2850	0.025213	0.049418
30	1.0533	0.026352	0.051649
46	1.3300	0.026710	0.052350
55	3.7011	0.028645	0.056143
15	4.7124	0.025963	0.050888
14	6.4463	0.026857	0.052640
16	6.4561	0.025294	0.049575
17	4.7375	0.024987	0.048974
18	4.6276	0.024840	0.048685
19	5.0654	0.024880	0.048764
21	5.9357	0.026125	0.051205
22	5.9737	0.027118	0.053150
23	6.0868	0.028522	0.055902
24	6.0362	0.079000	0.154836
25	7.1273	0.029098	0.057030
26	6.8311	0.028259	0.055387
27	6.8410	0.027646	0.054185
28	7.3302	0.027153	0.053219

Station	Elev	StdDev	95% .
29	7.4865	0.026853	0.052632
31	6.6122	0.026576	0.052088
32	5.9223	0.026654	0.052241
33	5.3878	0.026649	0.052230
34	5.0243	0.026586	0.052108
35	4.7561	0.026476	0.051892
36	4.5849	0.026389	0.051722
37	4.2028	0.026301	0.051549
38	4.0518	0.026292	0.051531
39	4.0659	0.026325	0.051595
40	3.2750	0.026400	0.051743
41	4.2333	0.026509	0.051958
42	4.5657	0.026609	0.052153
43	5.1775	0.026723	0.052377
44	5.5435	0.026791	0.052510
45	6.6951	0.026799	0.052525
47	5.9412	0.027049	0.053016
48	7.2070	0.027297	0.053501
49	5.3193	0.027489	0.053878
50	1.9501	0.027572	0.054040
51	3.4561	0.027634	0.054161
52	2.5391	0.027912	0.054706
53	1.6576	0.028048	0.054974

Tabella 8 – Adjusted Elevations and Error Propagation (m)

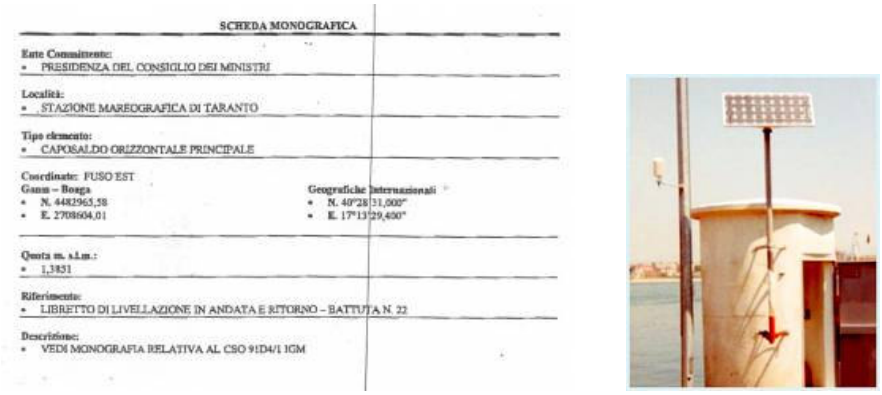
I risultati ottenuti dalla compensazione sono stati verificati sulla base della conoscenza di vertici di quota ortometrica nota.

Vertici	Quota ortometrica IGM (m)	Quota ortometrica calcolata (m)	Scarti (m)
201701 (*)	7,162	7,162	======
202701	4,210	4,237	0,027
201704	7,770	7,701	0,069
202703	8,090	8,151	0,061

Tabella 9 – Scarti sulle quote ortometriche (m)

(*) vertice vincolato

Il dato altimetrico relativo al caposaldo istituito in prossimità del mareografo è stato comparato con la quota monografata fornita dall'IDM sul mareografo di Taranto equivalente, peraltro, alla stessa dell'IGM.



SCHEDA MONOGRAFICA

Ente Committente:
- PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

Località:
- STAZIONE MAREOGRAFICA DI TARANTO

Tipo elemento:
- CAPOSALDO ORIZZONTALE PRINCIPALE

Coordinate: FUSO EST

Gauss – Boaga
- N. 4482965,58
- E. 2708604,01

Geografiche Internazionali
- N. 40°28'31,000"
- E. 17°13'29,460"

Quota m. s.l.m.:
- 1,3851

Riferimento:
- LIBRETTO DI LIVELLAZIONE IN ANDATA E RITORNO – BATTUTA N. 22

Descrizione:
- VEDI MONOGRAFIA RELATIVA AL CSO 91D4/1 IGM

Figura 10 – Monografia IDM

Si è osservato, inoltre, il trend storico dei dati mareografici verificando che nella ripetizione temporale non sussistono anomalie.

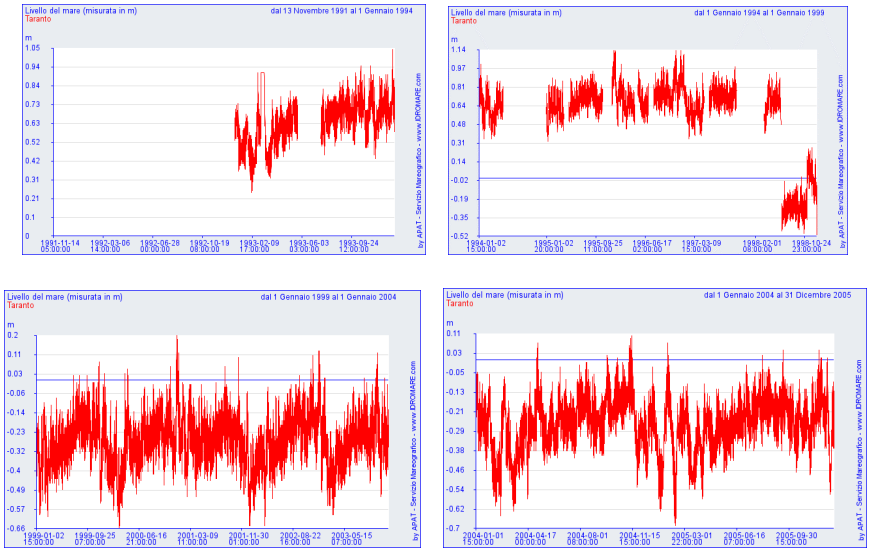


Figura 11 – Trend storico del livello medio mare (mareografo Taranto)

Determinazione dell'ondulazione geoidica locale

Avendo avuto a disposizione una densità adeguata di punti di inquadramento, raffittimento e dettaglio, è stato possibile ricostruire analiticamente e graficamente l'andamento del geoide a livello locale così come mostrato nella seguente immagine.

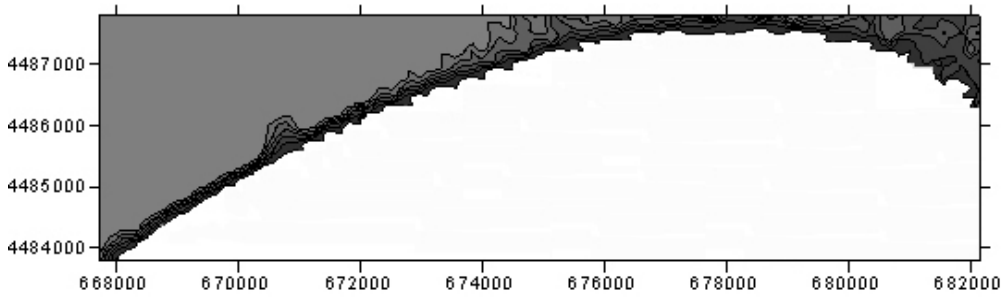


Figura 12 – Mappa dell'ondulazione geoidica

Bibliografia

- Arsenio G, Coticchia A, Donatelli D, Maseroli R, Pierozzi M (2002). Il nuovo metodo dell'IGM per il passaggio fra sistemi di riferimento ed il software Verto1. Atti della 6° Conferenza Nazionale ASITA. Perugia, 5-8 Novembre 2002, vol. 1: 189-194.
- Del Gaudio A (1990). Topografia. Edagricole, Bologna, 509 pp.
- Surace L. (1997). La nuova rete geodetica nazionale IGM95: risultati e prospettive di utilizzazione. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini 3: 357-378.