

GNGTS 2018



Tema 1

Geodinamica

sessione 1.1

Sismicità in Italia tra studi sismologici, geologici e geodetici

Convenor: P. Galli, L. Valoroso e L. Improta

RILIEVO GRAVIMETRICO DI PIANO GRANDE DI CASTELLUCCIO DI NORCIA (NORCIA, PG)

M. Di Nezza¹, M. Di Filippo², M. Falcucci¹, S. Gori¹, F. Galadini¹

¹ INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italy

² CNR-IGAG Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, Roma, Italy

Vengono mostrati i risultati ottenuti dalla prospezione gravimetrica di dettaglio nell'area di Piano Grande di Castelluccio di Norcia (PGCN), nella zona epicentrale degli eventi sismici dell'Italia centrale del 2016, al fine di ottenere nuove informazioni circa l'assetto geologico-strutturale dell'altopiano, nonché definire l'andamento del substrato calcareo-siliceo-marnoso Meso-Cenozoico e gli spessori dei depositi Quaternari.

Il PGCN è un altopiano a fondo pianeggiante e circondato da rilievi carbonatici caratterizzati da una morfologia a basso gradiente topografico, con quote che variano dai 1314 m s.l.m. (a Nord Ovest, sotto l'abitato di Castelluccio) ai 1285 m s.l.m. al centro della piana. La morfologia dolce del PGCN è attraversata da una incisione fluviale nel settore sud occidentale, che confluisce in un inghiottitoio dove raggiunge le quote più basse di 1258 m s.l.m.

Il substrato geologico è costituito dalla successione pelagica calcareo-siliceo-marnosa Umbro-Marchigiana (Pierantoni *et al.*, 2013) affiorante sui rilievi di Monte Vettore, Colle Tondo e Monte Guidone, Monte Castello, Poggio di Croce, Monte Veletta, che bordano la piana. Dal Pleistocene Inferiore, la piana è stata sede di una sedimentazione continentale,

lacustre, fluviale e di versante (Fig. 1, GE.Mi. NA, 1963); nella parte nord-occidentale, ai piedi del Monte Vettore, sono inoltre presenti estesi conoidi di deiezione interessati da dislocazioni tettoniche (Galadini and Galli, 2003).

Misure gravimetriche eseguite dagli anni '60 agli '80 dello scorso secolo (SGI; Mostardini and Merlini, 1986; Carozzo *et al.*, 1981, CNR 1991) erano finalizzate a studiare la porzione profonda della crosta e pertanto la spaziatura delle stazioni in superficie (1 stazione per 5 km²) permette di definire solo strutture a carattere regionale. Inoltre, negli studi precedenti risultano solo alcune stazioni gravimetriche nella zona dei PGCN.

Negli ultimi anni uno studio gravimetrico eseguito nel PGCN ha interessato due profili effettuati in corrispondenza delle strade asfaltate (Ruano *et al.*, 2012; Aringoli *et al.*, 2012; 2014). Studi geoelettrici eseguiti negli anni '80 del secolo scorso (Biella *et al.*, 1981) interpretano le anomalie di resistività come effetto della disarticolazione del substrato carbonatico in horst e graben ricoperti da spessori variabili di materiali di riempimento e copertura. Recenti studi di tomografia elettrica 2D (Villani and Sapia, 2017) analizzano solo un settore ristretto del PGCN interessato da fagliazione superficiale in corrispondenza delle conoidi ai piedi del

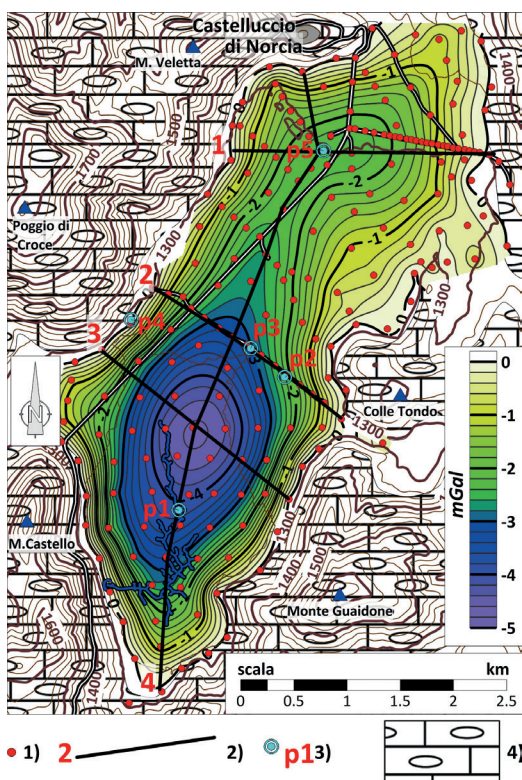


Fig. 1 - Anomalie Residue dei PGCN: 1) ubicazioni delle stazioni gravimetriche; 2) traccia delle sezioni gravimetriche; 3) sondaggi (GE.Mi.NA, 1963); 4) substrato calcareo-siliceo-marnoso Meso-Cenozoico (da Pierantoni *et al.*, 2013). Intervallo delle isoanomale 0.2 mGal.

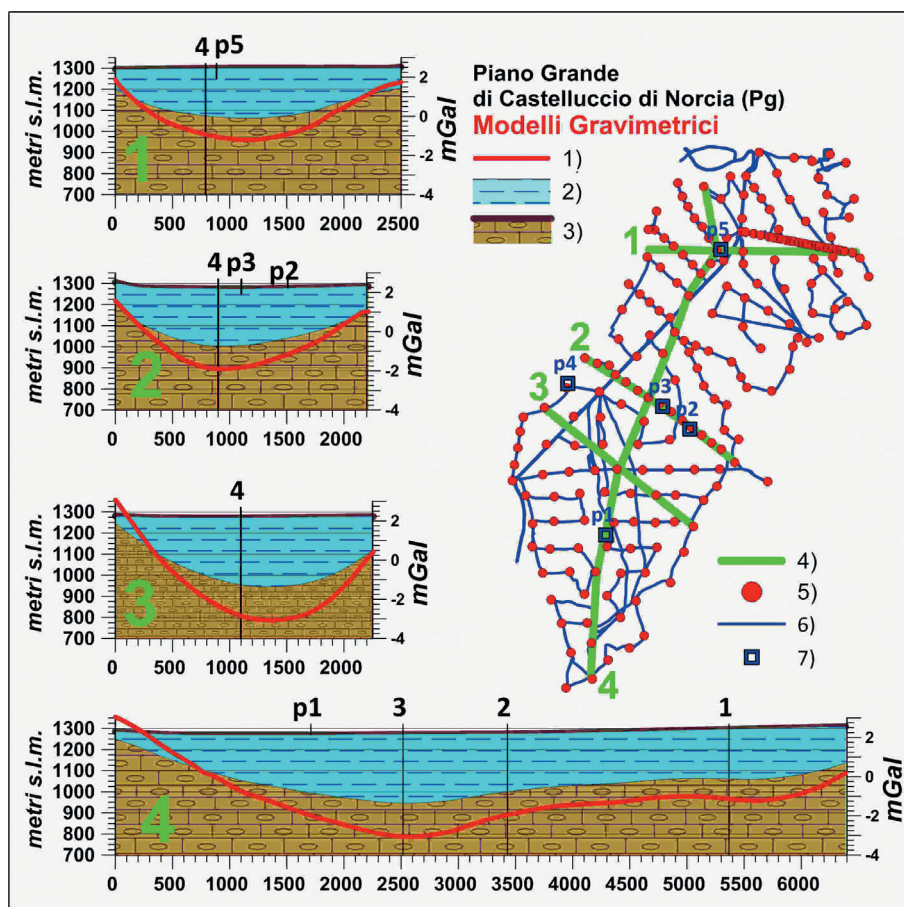


Fig. 2 - Modelli interpretativi gravimetrici. I valori di densità sono attribuiti a: 1) anomalia gravimetrica calcolata; 2) sedimenti quaternari, 2100 kg/m^3 ; 3) substrato calcareo-siliceo-marnoso Meso-Cenozoico, 2600 kg/m^3 ; 4) traccia delle sezioni gravimetriche; 5) ubicazioni delle stazioni gravimetriche; 6) percorsi per l'acquisizione delle stazioni; 7) sondaggi (GE.Mi.NA, 1963).

Monte Vettore e nella stessa zona sono stati eseguiti anche dei rilievi GPR 3D (Ercoli *et al.*, 2014).

In questo lavoro, le campagne di acquisizione di dati gravimetrici ha interessato l'intero PGCN e sono avvenute in settembre 2016 e settembre-ottobre 2017.

Per avere un quadro gravimetrico più dettagliato possibile sono state effettuate 210 stazioni di misura, con una spaziatura di circa 300-400 metri l'una dall'altra, distribuite più omogeneamente possibile su l'intera piana interessando una superficie di $14,6 \text{ km}^2$ ($14 \text{ stazioni per km}^2$) con un gravimetro *LaCoste & Romberg mod. D*; 52 di esse sono state ubicate sugli affioramenti del substrato geologico. Questa distribuzione risulta ottimale per lo scopo della ricerca: individuazione di faglie, la definizione dell'andamento del substrato e degli spessori dei depositi Quaternari di riempimento.

Le stazioni sono state ubicate e quotate con una coppia di GPS a doppia frequenza. Tutti i valori relativi di gravità sono stati riferiti alla stazione di gravità assoluta di S. Angelo Romano (Di Nezza, 2007; D'Agostino *et al.*, 2008).

Nella fase di post-processamento è stata realizzata la mappa dettagliata delle Anomalie di Bouguer del PGCN, utilizzando per la correzione topografica e di Bouguer un valore medio di densità di 2600 kg/m^3 . I valori variano da -44 a $-34,5 \text{ mGal}$.

La componente regionale del campo gravimetrico ottenuta, o adottando il metodo polinomiale (Simpson, 1954), o di Griffin (Griffin, 1949), o un approccio grafico (Elkins, 1951; Gupta and Ramani, 1980; Kurian *et al.*, 1999) o ancora quella della separazione nel dominio delle frequenze usando il filtro passa-banda e di Wiener proposti da Pawlowsky and Hansen (1990; Pawlowski, 1994), o altri vari metodi numerici (Gupta and Ramani, 1980; Hearst and Morris, 2001; Nettleton, 1976), non risulta in questo caso adeguatamente svincolata dalla componente regionale legata alla complessità geologica dell'area.

Pertanto, in questo caso, per ovviare a questa problematica, è stato utilizzato il metodo degli elementi finiti (Mallick and Sharma, 1999) per calcolare l'andamento e la componente del campo regionale e ottenere quindi il residuo. Sono state prese in considerazione le 52 stazioni gravimetriche posizionate sul substrato geologico affiorante per ottenere la carta delle anomalie residue. I risultati ottenuti sono stati confrontati con i pregressi lavori geofisici e i sondaggi GE.Mi.NA (1963).

Le anomalie residue (Fig.1) mostrano dei valori compresi tra -5 mGal e -0.20 mGal con un andamento diversificato: nel settore settentrionale, i Piani e Pie' di Colle, è presente una anomalia chiusa di forma circolare con valori oltre -2 mGal; nel settore meridionale è presente un'anomalia di forma ellittica con valori superiori a -4 mGal caratterizzata nel settore occidentale da forti gradienti gravimetrici probabilmente imputabili a cause tettoniche.

Per l'interpretazione quantitativa delle anomalie è stato utilizzato il software MIKE-2Dgrvt" (Di Filippo, 1978) basato sull'algoritmo di Talwani (1959). Sono stati eseguiti quattro modelli gravimetrici interpretati attribuendo al substrato calcareo-siliceo-marnoso Meso-Cenozoico un valore medio di densità di 2600 kg/m³, mentre per i sedimenti Quaternari un valore medio di 2100 kg/m³ (Fig.2). Il depocentro maggiore è ubicato nella parte meridionale della piana, dove raggiunge una profondità massima di oltre 300 metri di spessore di sedimenti lacustri e fluviali.

Riconoscimenti. Si ringraziano per la disponibilità e le autorizzazioni concesse nell'area di studio il Direttore Ing. Carlo Bifulco e Dott. Paolo Salvi del Parco Nazionale dei Monti Sibillini e il Reparto Carabinieri Parco Nazionale dei Monti Sibillini, il Dott. Giorgio Iorio della Comunità Montana Valnerina, i Carabinieri Forestale Comando Stazione Norcia Parco, Carabinieri Forestale CTA Visso e il Ten. Mario Bianchi Area Polizia Municipale del Comune di Norcia.

Bibliografia

- Aringoli D., Farabollini P., Galindo-Zaldivar J., Gentili B., Giano S. I., Lopez-Garrido A. C., Materazzi M., Pambianchi G., Pedrera A., Ruano P., Ruiz-Constàn A., Sanz de Galdeano C., Savelli D., Tondi E. and Troiani F.; 2012: *Morphotectonic and sedimentary infill of the Colfiorito, Norcia, Castelluccio and Leonessa basins (Central Apennines, Italy)*. Rend. Online Soc. Geol. It., **21**, pp.1228-1230.
- Aringoli D., Cavito P., Farabollini P., Galindo-Zaldivar J., Gentili B., Giano S. I., Lopez-Garrido A. C., Materazzi M., Nibbi L., Pedrera A., Pambianchi G., Ruano P., Ruiz-Constàn A., Sanz de Galdeano C., Savelli D., Tondi E. and Troiani F.; 2014: *Morphotectonic characterization of the quaternary intermontane basins of the Umbria-Marche Apennines (Italy)*. Rend. Fis. Acc. Lincei, **25**, 2, pp. 111-128. doi: 10.1007/s12210-014-0330-0.
- Biella G., Lavecchia G., Lazey A., Pialli G. and Scarascia S.; 1981: *Primi risultati di un'indagine geofisica e interpretazione geologica del piano di S. Scolastica e del Piano Grande (Norcia, Pg.)*. Atti I Convegno Gruppo Naz. Geof. Tera Solida, pp. 293-308.
- Carozzo M.T., Chirenti A., Giada M., Luzio D., Margiotta C., Quarta T. and Zuanni F.; 1981: *Carta Gravimetrica d'Italia: Tecniche automatiche per la sua realizzazione*. Atti I Convegno NGGTS. CNR, Roma, pp. 131-140
- CNR; 1991: *Structural model of Italy and gravity map*. CNR, Prog. Fin. Geodinamica, Quaderni della Ricerca Scientifica, n.114, vol. 3.
- D'Agostino, G., Desogus, S., Germak, A., Origlia, C., Quagliotti, D., Berrino, G., Corrado, G., D'Errico, V. and G., Ricciardi; 2008: *The new IMGC-02 transportable absolute gravimeter: measurement apparatus and applications in geophysics and volcanology*. Ann. Geophys. **51** (1), pp. 39-49.
- Di Filippo, M.; 1978: *Profili gravimetrici e modello bidimensionale dei Monti Lepini*. Rend. Soc. Geol. It. **1**, pp. 49-52.
- Di Nezza, M.; 2007: *Struttura e dinamica del distretto vulcanico dei Colli Albani da misure gravimetriche: implicazioni geodinamiche e vulcanologiche*. (PhD Thesis). Università "Sapienza" di Roma.
- Elkins, T.A.; 1951: *The second derivative method of gravity interpretation*. Geophysics, **16**, pp. 29-50.
- Ercoli M., Pauselli C., Frigeri A., Forte E. and Federico C.; 2014: *3-D GPR data analysis for high-resolution imaging of shallow subsurface faults: the Mt Vettore case study (Central Apennines, Italy)*, Geophys. J. Int., **198**, 1, pp. 609-621, doi: 10.1093/gji/ggu156.

- Galadini F. and Galli P.; 2003: *Paleoseismology of silent faults in the Central Apennines (Italy): The Mt. Vettore and Laga Mts faults*. *Annals Geophysics*, **46**, pp.815-836.
- Ge.Mi.Na (Geomineraria Nazionale); 1963: *Il bacino di Castelluccio di Norcia*. Ligniti e Torbe dell'Italia continentale. Industria Libreria Tipografica Editrice (ILTE), Torino, pp. 207–210.
- Griffin, W.P.; 1949: *Residual gravity in theory and practice*. *Geophysics*, **14**, pp. 39-56.
- Gupta, V.K. and Ramani, N.; 1980: *Some aspects of regional-residual separation of gravity anomalies in Precambrian terrain*. *Geophysics*, **45**, pp. 1412-1426.
- Hearst, R.B. and Morris, W.A.; 2001: *Regional gravity setting of the Sudbury structure*. *Geophysics* **66**, 1680–1690.
- Kurian, P.J., Radhakrishna, M., Nambiar, C.G. and Murthy, B.V.S.; 1999: *Interpretation of gravity field over the Perinthatta anorthosite, northern Kerala*. *Jour. Geol. Soc. India*, **54**, pp. 483-490.
- Mallick K. and Sharma K.K.; 1999: *A finite element method for computation of the regional gravity anomaly*. *Geophysics* **64**, pp. 461–469.
- Mostardini F. and Merlini S.; 1986: *Appennino centro-meridionale: sezioni geologiche e proposta di modello strutturale*. *AGIP*, 73° Congr. Soc. Geol. Ital., Roma.
- Nettleton, L.L.; 1976: *Gravity and Magnetism in Oil Prospecting*. McGraw-Hill Book Co..
- Pawlowsky R.S. and Hansen R.O.; 1990: *Gravity anomaly separation by Wiener filtering*. *Geophysics*, **55**, 539–548.
- Pawlowski, R.S.; 1994: *Green's equivalent-layer concept in gravity band-pass filter design*. *Geophysics*, **59**, pp. 69-76.
- Pierantoni P., Deiana G. and Galdenzi S.; 2013: *Stratigraphic and structural features of the Sibillini mountain (Umbria-Marche- Apennines, Italy)*. *Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.)*, **132**, 3, pp. 497-520.
- Ruano P., Rustichelli A., Galindo-Zaldívar J., Piccard L., Ruiz-Constán A., Tondi E., Pedrera A.C., López-Garrido A., Sanz de Galdeano C. and Agosta F.; 2012: *Anomalías gravimétricas y relleno sedimentario relacionado con la actividad de fallas: un ejemplo de los Apeninos centrales*. *Geo Temas*, **13**, pp. 1539–1542.
- Simpson S.M.; 1954: *Least-squares polynomial fitting to gravitational data and density plotting by digital computer*. *Geophysics*, **19**, 808–811.
- Talwani M., Worzel J. L. and Landisman M.; 1959: *Rapid Gravity Computations for twodimensional bodies with application to the Mendocine Submarine Fracture Zone*. *J. Geophysical Research*, **64**, pp. 49-61.
- Villani F. and Sapia V.; 2017: *The shallow structure of a surface-rupturing fault in unconsolidated deposits from multi-scale electrical resistivity data: The 30 October 2016 Mw 6.5 central Italy earthquake case study*. *Tectonophysics*, **717**, pp. 628-644. doi.org/10.1016/j.tecto.2017.08.001.

THE CAMPOTOSTO SEISMIC GAP IN BETWEEN THE 2009 AND 2016–2017 SEISMIC SEQUENCES OF CENTRAL ITALY AND THE ROLE OF INHERITED LITHOSPHERIC FAULTS IN REGIONAL SEISMOTECTONIC SETTINGS

E. Falcucci¹, S. Gori¹, C. Bignami¹, G. Pietrantonio¹, D. Melini¹, M. Moro¹, M. Saroli^{2,1}, F. Galadini¹

¹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rome, Italy

² Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica, Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale, Cassino, Italy

The 2016-2017 seismic sequence, in central Italy, was caused by the activation of the Mt. Vettore-Mt. Bove active fault and of the Amatrice fault, which generated three mainshocks on 24 August, 26 October and 30 October 2016, the latter being the largest one (Mw 6.5; Chiaraluce *et al.*, 2017). On 18 January 2017, four Mw 5-5.5 seismic events nucleated south of the Mt. Vettore-Mt. Bove fault, where the Campotosto active fault is located. This structure is considered as potentially responsible for M ~6.6 seismic events and a major seismic gap of the central Apennines (Galadini and Galli, 2003). The fault was also responsible for some moderate seismic events during the 2009 L'Aquila seismic sequence, the largest of which of Mw 5.2 on 9 April 2009 (Valoroso *et al.*, 2013).

In the present study, we investigated the January 2017 events through GPS and DInSAR coseismic data. We defined that they occurred along the Campotosto fault, with a slip distribution on the fault plane that roughly spans 3-9 km depth (Fig. 1A). The retrieved 3D fault