

UDK 550.837.3

Poskus transformacije geoelektrične karte

An attempt of resistivity map convolution

Janez Lapajne

Seizmološki zavod SR Slovenije, 61000 Ljubljana, Kersnikova 3

Kratka vsebina

Po metodah za transformacijo kart potencialnih polj je avtor poskusil transformirati tudi karte navidezne specifične električne upornosti. Približke drugega odvoda je kot dvodimenzionalne filtre uporabil za določevanje »ničelnih črt«, ki razmejujejo nižjeupornostna in višjeupornostna hribovska območja. Ta območja ustrezajo različnim litološkim enotam, »ničelne črte« pa označujejo litološke meje in prelomne cone. Primer transformacije geoelektrične karte Čateških Toplic je pokazal, da so določene metode transformiranja kart potencialnih polj uporabne tudi za karte navidezne specifične električne upornosti.

Abstract

An attempt of resistivity data convolution has been made to produce grid residual and approximate second derivative maps. Twodimensional filters, common in filtering of potential field data, have been used as operators. For convolution a smoothed resistivity map has been prepared, and for interpretation only a rough result — zero lines marking out low resistivity and high resistivity sections has been taken into account. These sections correspond to different lithological units, the zero lines, however, to lithological boundaries and faulted zones. A resistivity map of the Čatež thermal springs area made previously is used to illustrate the practical application of the convolution method. The purpose of geoelectrical survey was to determinate lithological relations below shallow Quaternary gravel deposits and to find faulted zones, where thermal water could rise from a deepseated aquifer. The interpretation of these maps and other geophysical data enabled the location of two successful bore holes yielding abundant thermal water. Approximate second derivative resistivity maps prepared subsequently show that the locations of these bore holes lie in a zero line. Although resistivity data are not potential field data, the second derivative resistivity map seems to be quite useful.

Uvod

Neposredno vrednotenje geofizikalnih kart ne daje vedno zadovoljivih rezultatov, ali vsaj ne dovolj natančnih. Da bi se z interpretacijo čim bolj približali geološkim razmeram območja karte, so geofiziki uvedli razne metode trans-

formacij težnostnih in geomagnetnih kart. Med uporabnimi matematičnimi pripomočki so dvodimenzionalni filtri, ki so bolj ali manj grobi približki drugega odvoda. To metodo smo uporabili tudi za transformacijo geoelektrične karte območja Čateških Toplic (J. Lapajne, 1975), da bi razmejili višjeupornostna in nižjeupornostna hribinska območja ter določili pokrite litološke meje in prelomne cone.

Metode transformacije

Metode za računanje transformiranih vrednosti polj, ki ustrezajo Laplaceovi diferencialni enačbi in predstavljajo približek drugemu odvodu, imajo obliko:

$$t_{ij} = \sum_{k=0}^n c_k \bar{f}_{ij}(r_k) \quad (1)$$

ali

$$t_{ij} = \frac{\sum_{k=0}^n a_k f_{ij}(r_k)}{\sum_{k=0}^n b_k \bar{f}_{ij}(r_k)} f_{ij}(0) \quad (2)$$

kjer pomeni

- (i, j) poljubni vozle kvadratne mreže; v vozlih te mreže so podane vrednosti polja;
- t_{ij} transformirana vrednost v točki (i, j) ;
- r_k polmer k -tega kroga s središčem v točki (i, j) ; pri tem je $r_0 = 0$;
- $\bar{f}_{ij}(r_k)$ poprečna vrednost polja na krogu s polmerom r_k ; pravzaprav je to aritmetična srednja vrednost polja v točkah kvadratne mreže, ki ležijo na krogu s polmerom r_k in središčem v točki (i, j) ;
- $f_{ij}(0)$ vrednost polja v točki (i, j) ;
- a_k, b_k, c_k utežni koeficienti.

Razne metode računanja se razlikujejo v nizih utežnih koeficientov, ki obeležujejo transformirano karto. Da bi bila transformirana karta uporabna, morajo biti koeficienti primerno izbrani. Izbira je odvisna od velikosti in globine geološke strukture, ki nas zanima, in od napak v podatkih.

Pri računanju smo uporabili formule naslednjih avtorjev: B. N. P. Agarwal in T. Lal, 1971 (formula 22), B. N. P. Agarwal in T. Lal, 1972, T. A. Elkins, 1951 (formula 13), W. R. Griffin, 1949, R. G. Henderson in F. Zietz, 1949 (formula 15), O. Rosenbach, 1953 (formula 16).

B. N. P. Agarwal in T. Lal sta uporabila v članku iz leta 1971 obliko (2), vse druge obravnavane metode transformacije pa imajo obliko (1).

Za različne namene je ugodna posplošena metoda (B. N. P. Agarwal in T. Lal, 1972) ki s spreminjanjem enega samega parametra, tim. operatorja izglajevanja ali dušenja λ , v mejah od 0 do 0,3 daje vse potrebne nize koeficientov. (Utežni koeficient c_k je v tem primeru funkcija λ).

Za $\lambda = 0$ je transformiranka pravi drugi odvod (seveda glede na diskretne podatke), oziroma parcialni odvod v smeri z , to je v vertikalni smeri. Torej

$$t_{ij} = s^2 \left(\frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \right)_{ij} \quad (3)$$

kjer je

$\left(\frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \right)_{ij}$ parcialni odvod polja v točki (i, j) ;

s mrežni razmik, to je razdalja med vozli kvadratne mreže, oziroma stranica osnovnega kvadrata mreže.

Izbira mrežnega razmika je odvisna od gostote merskih stališč. Gostota vozlov kvadratne mreže, ki služi za transformacijo, mora biti manjša, ali kvečjemu enaka gostoti merskih točk. Pri določitvi mrežnega razmika s pa je treba upoštevati tudi morebitno neenakomerno porazdelitev merskih stališč na terenu.

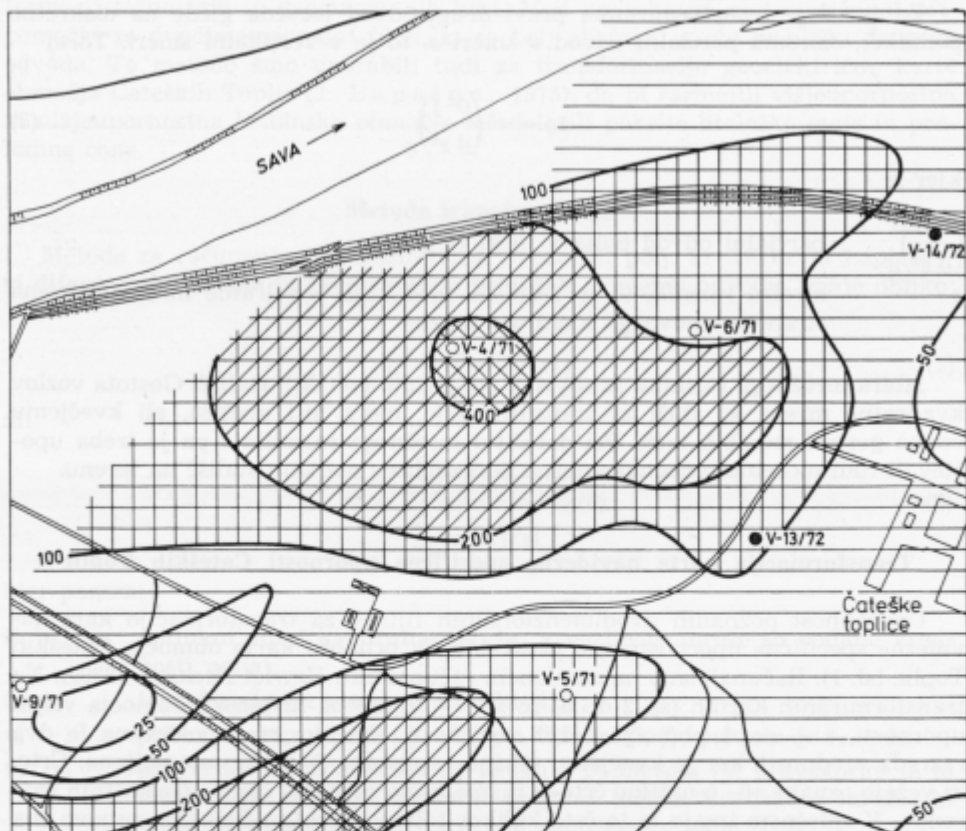
Transformacija karte navidezne specifične upornosti Čateških Toplic

Uporabnost poznanih dvodimenzionalnih filtrov za transformacijo kart navidezne specifične upornosti smo preskusili na primeru karte območja Čateških Toplic (sl. 1). Računali smo na namiznem računalniku Hewlet Packard 9830A. Na transformiranih kartah (sl. 2 do 5) so s »+« označena hribinska območja višjih upornosti, z »-« pa območja nižjih upornosti. Pri tem sta upoštevana le dva razreda vrednosti, ker je kvečjemu takšna razčlemba fizikalno utemeljena. Črte, ki vežejo oznake »0« («ničelne črte»), razmejujejo območja obeh upornostnih razredov. V splošnem imajo le te črte kolikor toliko korektno fizikalno osnovo (na prevojih je drugi odvod funkcije enak nič). V ta namen mora biti izhodiščna geoelektrična karta, ki jo transformiramo, primerno izgajena. Pri njeni izdelavi moramo odstraniti vpliv elektrod merske razvrstitve.

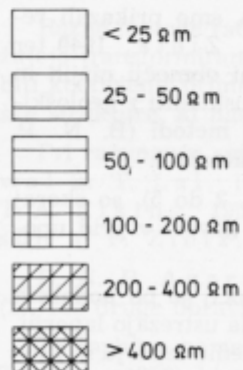
Od šestih metod, ki smo jih uporabili za transformacijo, smo prikazali rezultate štirih. Ostali dve metodi (R. G. Henderson in I. Zietz, 1949 ter O. Rosenbach, 1953) sta dali karti z bolj razdrobljenimi območji nižjih in višjih vrednosti upornosti, ki jih ni bilo mogoče zadovoljivo uskladiti z geološkimi izsledki. Isto velja tudi za transformacije po posplošeni metodi (B. N. P. Agarwal in T. Lal, 1972) z manjšimi vrednostmi operatorja λ .

Transformirane karte, dobljene po različnih metodah (sl. 2 do 5), so skoraj identične, čeprav se nizi koeficientov močno razlikujejo. To govori v prid uporabi enostavnejših filtrov.

Geološka slika nižjeupornostnih in višjeupornostnih območij je po podatkih plitvih raziskovalnih vrtin naslednja: Nižjeupornostna območja ustrezajo laporju, glinastemu laporju in glini, višjeupornostna pa peščenjaku, peščenemu laporju in litotamnjskemu apnencu. Podoba je, da »ničelne črte« dokaj dobro odražajo lito-loške meje in prelomne cone, saj sta obe globoki vrtini V-13/72 in V-14/72, katerih položaj je na tej črti, zadeli v prelomno cono.



Območja navidezne specifične
električne upornosti
Apparent resistivity regions



- 100 — Črta enake navidezne specifične
električne upornosti v Ωm
Equal apparent resistivity line in Ωm
- V-9/71 Plitva raziskovalna vrtna
Shallow exploration bore hole
- V-14/72 Globoka eksploatacijska vrtna
Deep exploitation bore hole

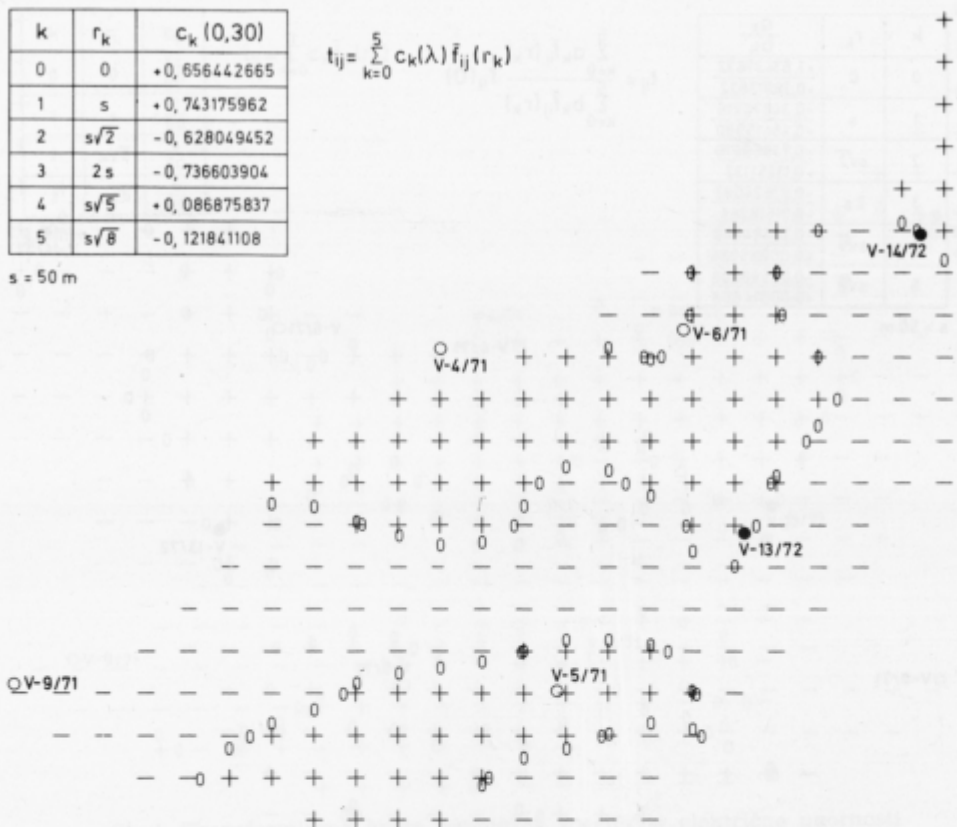
Sl. 1. Karta navidezne specifične električne upornosti za tokovni dipol $AB/2 = 60 m$

Fig. 1. Resistivity map for $AB/2 = 60 m$

k	r _k	c _k (0,30)
0	0	+0,656442665
1	s	+0,743175962
2	s√2	-0,628049452
3	2s	-0,736603904
4	s√5	+0,086875837
5	s√8	-0,121841108

$$t_{ij} = \sum_{k=0}^5 c_k(\lambda) \bar{f}_{ij}(r_k)$$

s = 50 m



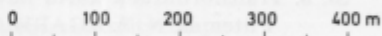
Območje višjih upornosti
High resistivity region



Območje nižjih upornosti
Low resistivity region



Meja med območjema upornosti
Resistivity boundary



○V-9/71 Plitva raziskovalna vrtina
Shallow exploration bore hole

●V-14/72 Globoka eksploatacijska vrtina
Deep exploitation bore hole

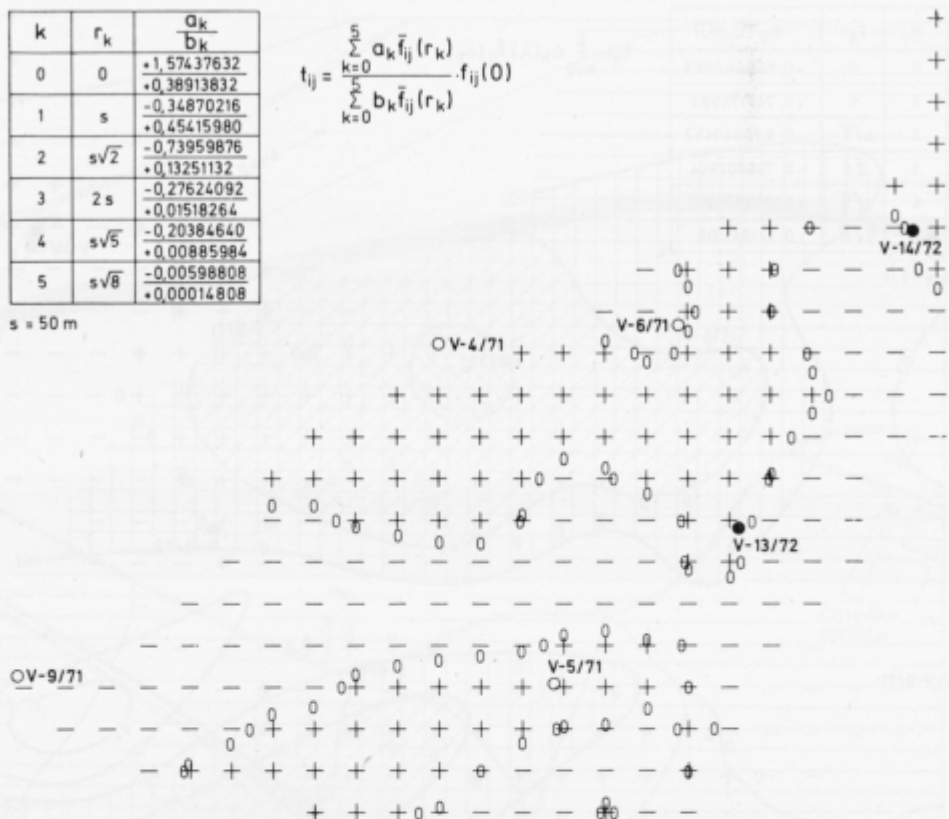
Sl. 2. Transformirana karta navidezne specifične električne upornosti
Filter: B. N. P. AGARWAL in T. LAL (1972), λ = 0.30

Fig. 2. Second derivative resistivity map
Filter: B. N. P. AGARWAL and T. LAL (1972), λ = 0.30

k	r _k	$\frac{a_k}{b_k}$
0	0	+1,57437632 +0,38913832
1	s	-0,34870216 +0,45415980
2	s√2	-0,73959876 +0,13251132
3	2s	-0,27624092 +0,01518264
4	s√5	-0,20384640 +0,00885984
5	s√8	-0,00598808 +0,00014808

s = 50 m

$$f_{ij} = \frac{\sum_{k=0}^5 a_k \bar{f}_{ij}(r_k)}{\sum_{k=0}^5 b_k \bar{f}_{ij}(r_k)} \cdot f_{ij}(0)$$



Sl. 3. Transformirana karta navidezne specifične električne upornosti
Filter: B. N. P. AGARWAL in T. LAL (1971), enačba (10)

Fig. 3. Second derivative resistivity map
Filter: B. N. P. AGARWAL and T. LAL (1971), equation (10)

Povzetek

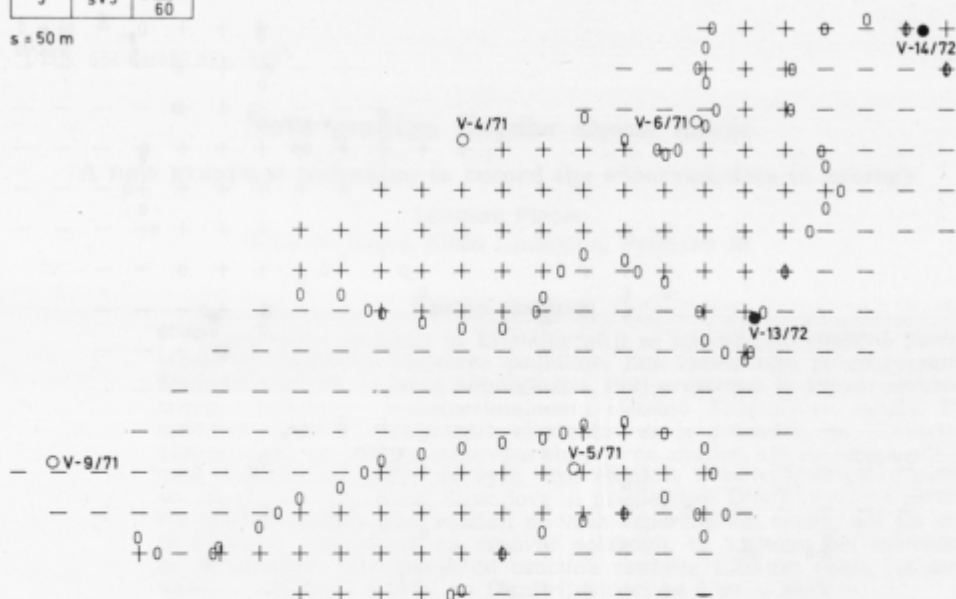
Primer transformacije karte navidezne specifične električne upornosti z dvo-dimenzionalnimi filtri kot približki drugega odvoda je dal zelo uporabne praktične rezultate, čeprav postopek v strogem smislu ni korekten, ker karta navidezne specifične električne upornosti ni slika potencialnega polja. Pokazalo se je tudi, da so primernejši filtri, ki dajejo enostavnejšo, oziroma manj razgibano sliko, torej filtri, ki so bolj oddaljeni od pravega drugega odvoda.

Transformirane geoelektrične karte se dobro ujemajo z geološko sliko. Območja višjih in nižjih upornosti sovpadajo z ustreznimi litološkimi enotami, »ničelne črte« pa z litološkimi mejami in prelomnimi conami. Obe vrtni, locirani na podlagi geofizikalnih raziskav — predvsem po karti navidezne specifične električne upornosti — sta v prelomni coni, ki jo odkriva »ničelna črta«, in dajeta večje količine termalne vode.

k	r _k	C _k
0	0	$\frac{64}{60}$
1	s	$-\frac{2}{60}$
2	s√2	$-\frac{4}{60}$
3	s√5	$-\frac{5}{60}$

$$t_{ij} = \sum_{k=0}^3 C_k \bar{f}_{ij}(r_k)$$

s = 50 m



Sl. 4. Transformirana karta navidezne specifične električne upornosti
Filter: T. A. ELKINS (1951), enačba (13)

Fig. 4. Second derivative resistivity map
Filter: T. A. ELKINS (1951), equation (13)

Literatura — References

Agarwal, B. N. P., Lal, T. 1972, A generalized method of computing second derivation of gravity field. *Geophys. Prosp.* 20, 385—394.

Agarwal, B. N. P., Lal, T. 1971, Application of rational approximation in calculation of the second derivative of the gravity field. *Geophysics* 36, 571—581.

Elkins, T. A. 1951, The second derivative method of gravity interpretation. *Geophysics* 16, 29—50.

Griffin, W. R. 1949, Residual gravity in theory and practice. *Geophysics* 14, 39—56.

Henderson, R. G., Zietz, I. 1949, The computation of second vertical derivatives of geomagnetic fields. *Geophysics* 14, 508—516.

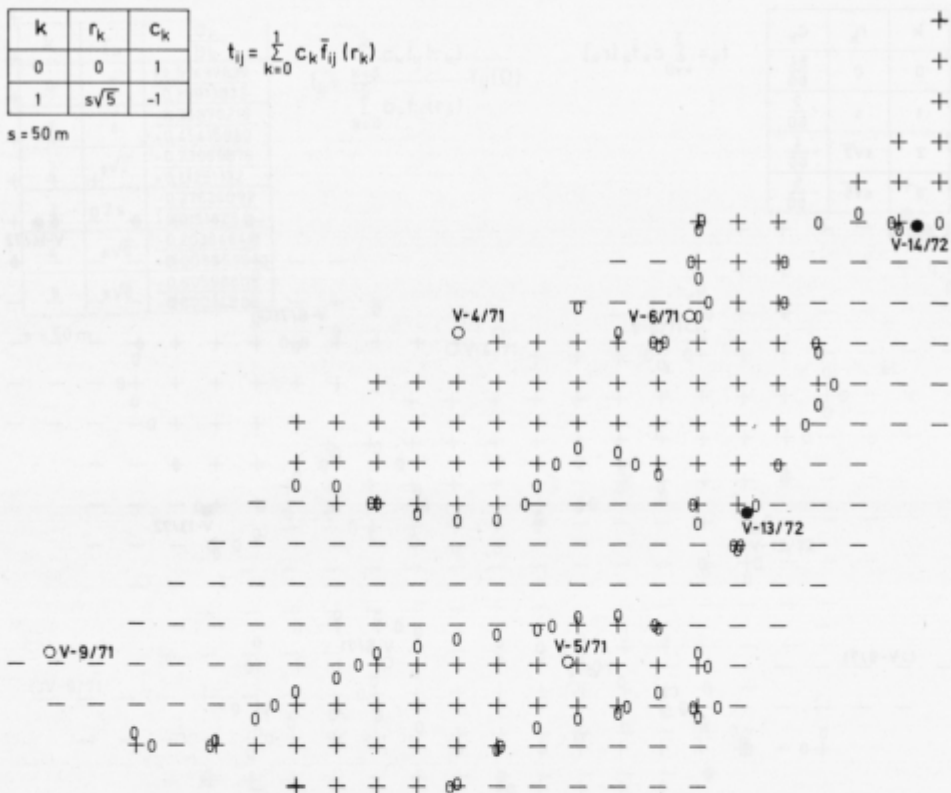
Lapajne, J. 1975, Geofizikalne raziskave na območju Čateških Toplic (Geophysical Exploration of the Catež Thermal Springs Area). *Geologija* 18, 315—324, Ljubljana.

Rosenbach, O. 1953, A contribution of the second derivative from gravity data. *Geophysics* 18, 894—912.

k	r _k	c _k
0	0	1
1	s√5	-1

$$t_{ij} = \sum_{k=0}^1 c_k \bar{r}_{ij}(r_k)$$

s = 50 m



Sl. 5. Transformirana karta navidezne specifične električne upornosti
Filter: W. R. GRIFFIN (1949)

Fig. 5. Second derivative resistivity map
Filter: W. R. GRIFFIN (1949)