ISSN 1211-8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
LXXXIX (2004): 173–188, 2004

GEOLOGICKÁ INTERPRETACE ANOMÁLIÍ GEOMAGNETICKÉHO POLE SV. MORAVY A SLEZSKA

GEOLOGICAL INTERPRETATION OF THE GEOMAGNETIC ANOMALIES OF THE NE MORAVIA AND THE CZECH PART OF SILESIA

IVAN GNOJEK

Abstract

Gnojek, I. (2004): Geologická interpretace anomálií geomagnetického pole sv. Moravy a Slezska. – Acta Musei Moraviae, Sci. geol., 89: 173–188 (with extended English summary).

Geological Interpretation of the Geomagnetic Anomalies of the NE Moravia and the Czech Part of Silesia.

A semi-detailed ground magnetic survey carried out by portable proton magnetometers during 1999–2002 supplied a new comprehensive pattern of the geomagnetic field in the NE part of the Czech Republic. Three types of the anomalies were distinguished in this area. The short-wave anomalies situated predominantly in the central part of the area studied belong to volcanic bodies of the teschenite association (Cretaceous to Jurassic age). Not frequently distributed middle-wave anomalies are interpreted as a response of buried Late Paleozoic intermediate volcanites that have been found only in borehole cores, yet. The long-wave anomalies cover two partial areas, the first one is in the N (in the Opava-Bohumín area), the second one is situated in the Beskydy Mts. and in its W and S surroundings. Both of them are considered to be the response of the Brunovistulian crystalline basement. The extent of the buried southern part of the Upper Silesian coal-bearing Basin is interpreted and compared with the basement structure being interpreted from the geomagnetic field pattern.

Key words: magnetic anomalies, volcanites of teschenite association, Late Paleozoic volcanites, Brunovistulian basement, Upper Silesian Basin.

Ivan Gnojek, co-worker of the Miligal Ltd. and external consultant of the Czech Geological Survey, M.Hübnerové 42, 621 00 Brno, Czech Republic, e-mail: ignojek@volny.cz

1. Úvod

Území sv. Moravy a Slezska mělo do konce dvacátého století jeden z nejnižších stupňů poznání geomagnetického pole. Byly zde totiž k dispozici jen orientační údaje získané první etapou leteckého geofyzikálního mapování z let 1958 až 1960 (MAŠÍN, 1965), realizovanou málo citlivým sovětským leteckým magnetometrem, neseným letadlem po trasách 2 km od sebe vzdálených. Hustotu magnetometrické informace z tohoto leteckého měření lze odhadnout na 0,1 až 0,5 bodu na 1 km^2. Pouze beskydskou část tohoto území pak v 60. letech pokryla pozemní magnetometrie, využívající již citlivějších magnetometrů, avšak opět s poměrně nízkou hustotou observačních bodů okolo 0,5 bodu na 1 km^2 (ŠUTORA – CHLPOŠ, 1967).

Až na přelomu století zde bylo dosaženo vyšší magnetometrické prozkoumanosti v rámci projektu MŽP ČR Strukturně geologická stavba Západních Karpat a jejich pod-

loží na základě geofyzikálních dat v příhraničních oblastech s Polskem a Slovenskem (SEDLÁK, 1999). Na území o celkové rozloze 3500 km^2, po odečtení 380 km^2 průmyslově znehodnoceného přírodního geomagnetického pole především v ostravské aglomeraci, tedy na ploše 3120 km^2 bylo nově změřeno 15 000 bodů, čímž bylo dosaženo přibližně 10× vyššího poznání geomagnetického pole, které lze vyjádřit hustotou informace 4,8 bodu na 1 km^2. K této práci byly použity protonové magnetometry s rozlišovací schopností 0,1 nT. Vlastní měření denních variací ve zkoumaném území týmiž magnetometry s frekvencí 2 minuty byla kontrolně porovnávána s variačními záznamy Geomagnetické observatoře SAV v Hurbanově. Po redukci na rovinné normální pole, charakterizované šířkovým gradientem +2,294 nT/km k severu a délkovým gradientem +0,911 nT/km k východu byla z vypočtených hodnot anomálií ΔT sestavena rovnoměrná čtvercová síť dat o rozměru 250×250 m (16 bodů na 1 km^2), která poskytla osnovu pro mapová zobrazení anomálií geomagnetického pole tohoto území.

Po připojení k letecky měřeným územím – na Z k oblasti nízkojesenické (GNOJEK – DĚDÁČEK, 1980) a na JZ k oblasti Javorníků a Vsetínských vrchů (DĚDÁČEK et al. in JIHLAVEC, F. /edit./, 1996) vznikla mapa anomálií ΔT uvedená na obr. 1.

2. Orografický a geologický přehled

Hodnocené území je situováno v prostoru styku Českého masivu a Západních Karpat. Západní část náleží v. výběžkům Nízkého Jeseníku a Oderským vrchům. Zde vystupují spodnokarbonské sekvence kulmské facie, v níž na z. okraji převažují moravické vrstvy (visé) s převahou břidlic, dále k V pak vystupují hradecké vrstvy (visé) s převahou drob a slepenců. V nejvýchodnější části Nízkého Jeseníku v z. okolí Ostravy pak vystupují nejmladší vrstvy kyjovické (visé – namur) s převahou břidlic nad drobami a zcela na SV pak svrchnokarbonské vrstvy petřkovické.

Zmíněný nízkojesenický a oderský kulmský areál je obklopen neogenními sedimenty, náležejícími převážně karpatské předhlubni.

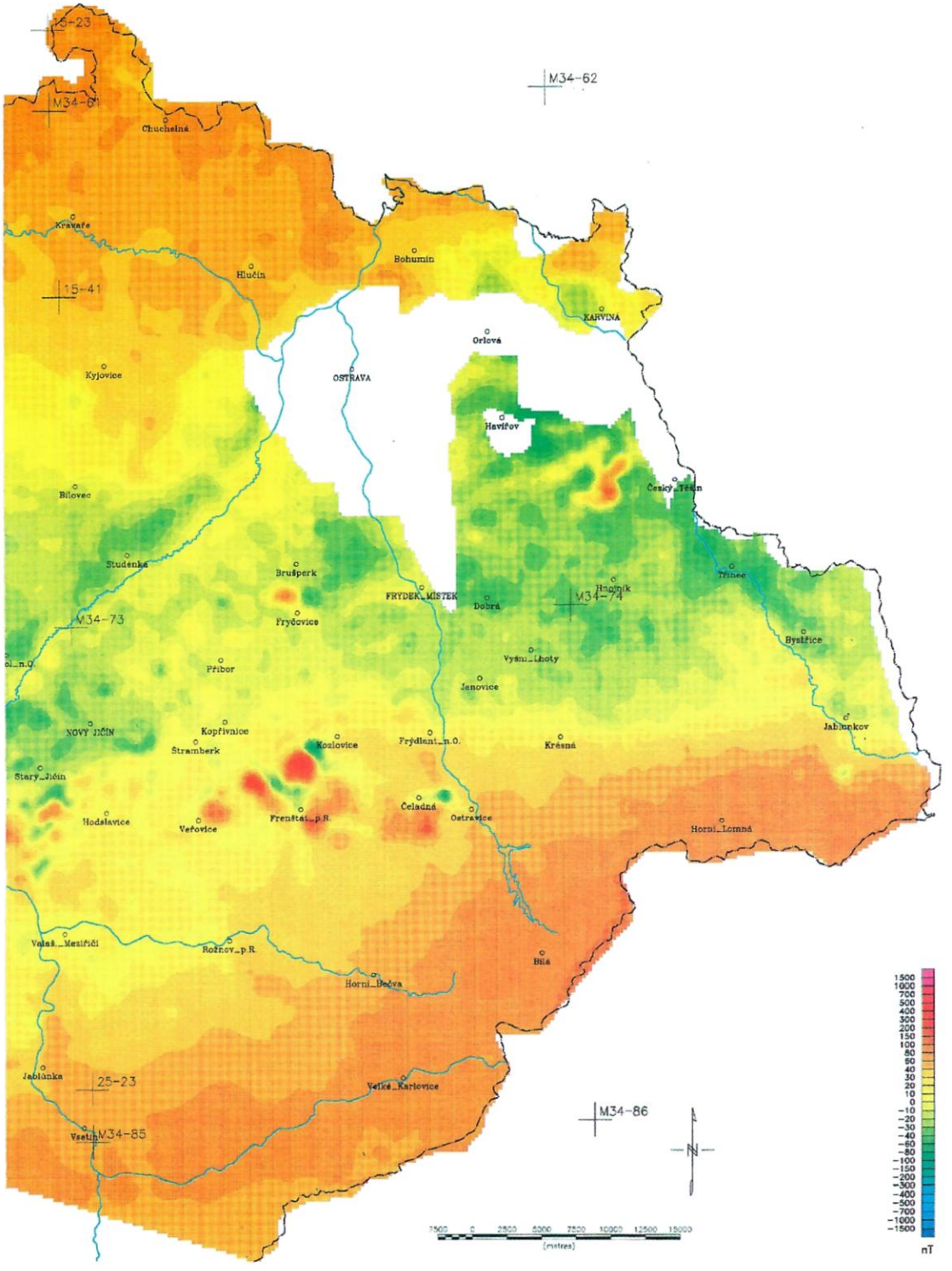
Výjimečným povrchovým výskytem variscid Českého masívu na v. straně karpatské předhlubně jsou kulmská kra Maliníku v. od Lipníku n. B. a ostrůvky hranického devonu.

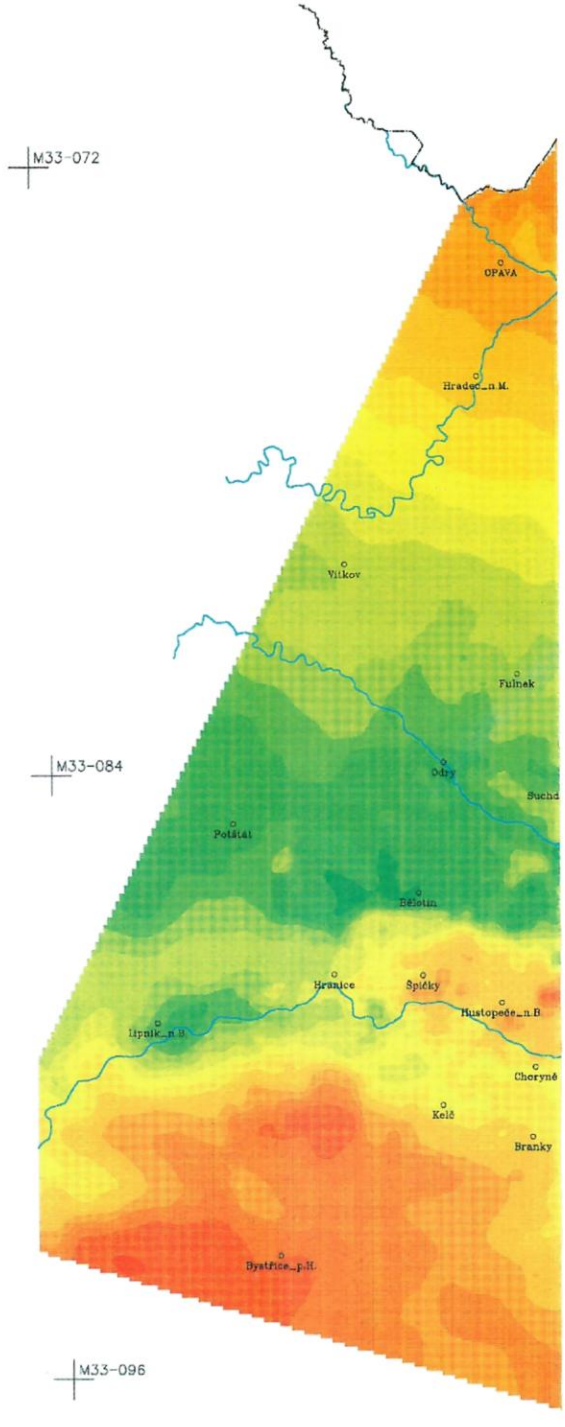
Zbývající část území jv. od linie Hranice–Havířov náleží vnějším Západním Karpatům. Zdejší Podbeskydská pahorkatina, Moravskoslezské Beskydy a Hostýnsko-vsetínská hornatina jsou budovány (od S k J) podslezskou, slezskou a račanskou příkrovovou jednotkou. Ty obsahují sekvence svrchnojurských, křídových a paleogenních sedimentů, jen vzácně též vulkanity.

V podloží vněkarpatských příkrovů se v centrální části území nacházejí mocná souvrství svrchního karbonu, hlouběji pak sekvence spodního karbonu a devonu. Rozsáhlá devonská souvrství lze očekávat i pod spodnokarbonskými (kulmskými) sekvencemi Nízkého Jeseníku a Oderských vrchů. Hlubokým podložím celého hodnoceného území je krystalinický komplex brunovistulika.

3. Charakteristika anomálního pole

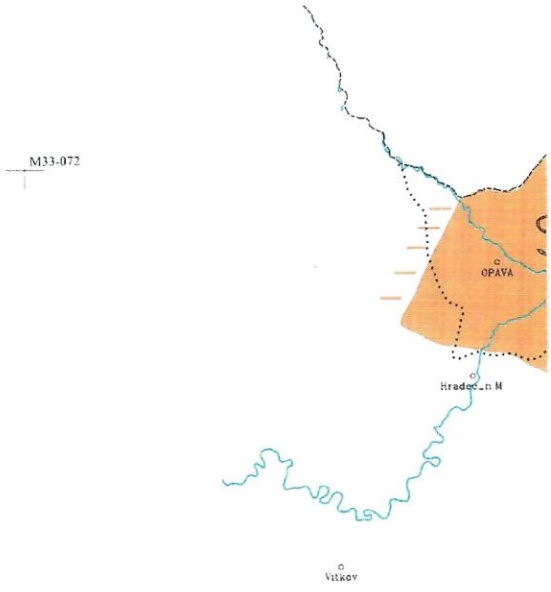
Základní statistické údaje o datech elementární sítě anomálií ΔT o rozměru 250×250 m (po mírném shlazení tříbodovým filtrem) vypovídají, že anomální pole má celkové rozpětí hodnot od -382 nT do 688 nT. Dvě třetiny všech hodnot se ovšem nacházejí v relativně úzkém intervalu -22 nT až 56 nT, což svědčí o tom, že vysoké amplitudy anomálií v řádu stovek nT jsou poměrně vzácné.

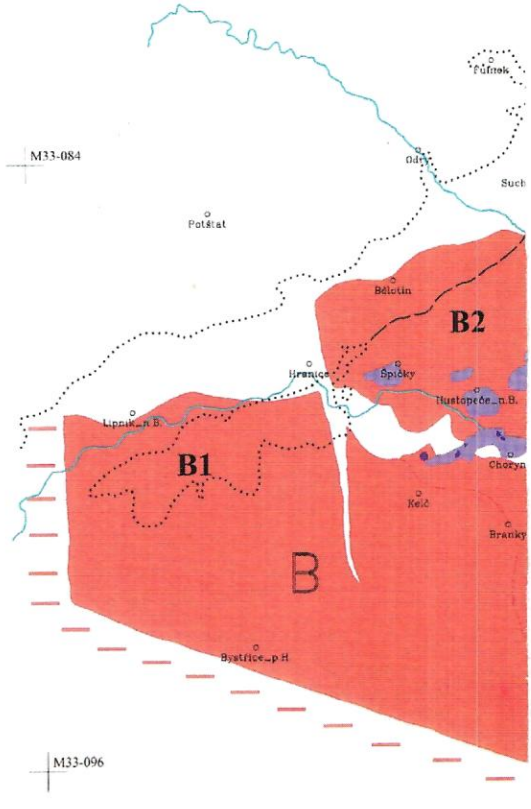

M34-62
M34-61
Chuchelná
Kravaře
Bohumín
Hlučín
15-41
KARVINÁ
Orlová
Kyjovice
OSTRAVA
Havířov
Bílovec
Český_Těšín
Studénka
Brušperk
Třinec
FRYDEK_MISTEK
Dobrá
Hnojník
M34-74
M34-73
Frýdovice
Bystřice
Vyšní_Lhoty
Příbor
Janovice
NOVÝ JIČÍN
Kopřivnice
Jablunkov
Štramberk
Kozlovice
Frýdlant_n.O.
Krásná
Stary_Jičín
Čeladná
Hodslavice
Veřovice
Frenštat_p.R.
Ostravice
Horní_Lomná
Valaš._Meziříčí
Rožnov_p.R.
Bílá
Horní_Bečva
Jablůnka
25-23
Velké_Karlovice
M34-86
Vsetín
M34-85
N
7500 0 2500 5000 7500 10000 12500 15000
(metres)
1500
1000
700
500
400
300
200
150
100
80
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-80
-100
-150
-200
-300
-400
-500
-700
-1000
-1500
nT



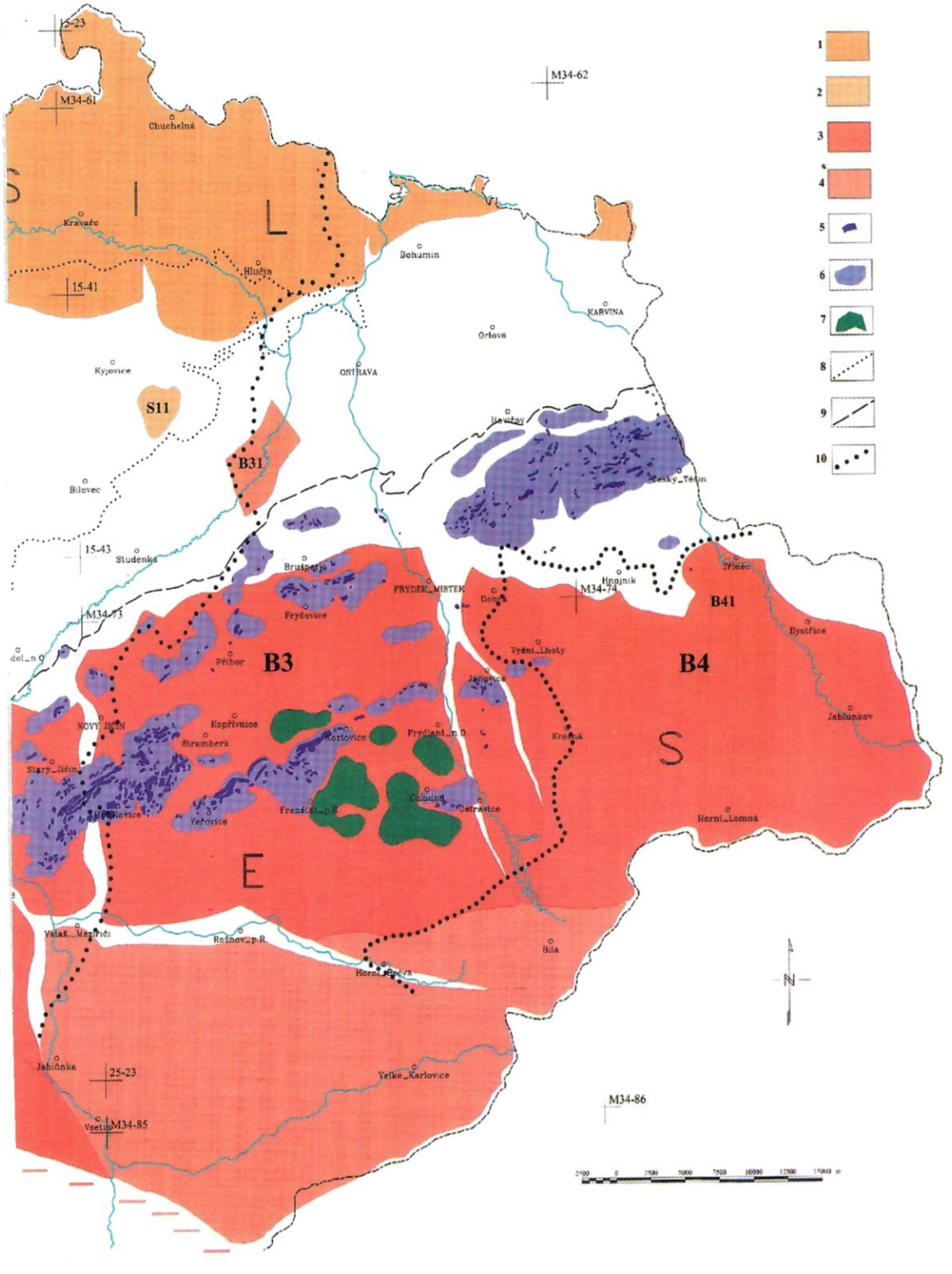
Obr. 1. Magnetické anomálie ΔT v úrovni 100 m nad terénem.
Fig. 1. Magnetic anomalies ΔT at the level of 100 m above the ground.

© Geofyzika,a.s. 2002





Obr. 2. Interpretační schéma.
1 – magneticky anomální slezský (SIL) podložní blok brunovistulika (proužky na levém okraji naznačují pokračování tohoto bloku dále k Z mimo hodnocené území), 2 – jižní hluboko uložené okrajové části slezského bloku brunovistulika (S11), 3 – beskydská část magneticky anomálního jihomoravsko-beskydského bloku brunovistulika (proužky na levém a dolním okraji naznačují pokračování tohoto bloku dále k JZ mimo hodnocenou oblast), 4 – hluboko zakleslá část beskydského bloku brunovistulika, 5 – geologicky mapované výchozy vulkanitů těšinitové asociace podle MENČÍKA a TYRÁČKA (1985), 6 – území s možným výskytem zakrytých vulkanitů těšinitové asociace (interpretováno z krátkovlnných magnetických anomálií), 7 – území s možným výskytem zakrytých (intermediálních až bazických) mladopaleozoických vulkanitů (interpretováno z magnetických anomálií středních vlnových délek), 8 – východní okraj variscid Českého masivu na povrchu, 9 – čelo příkrovů Západních Karpat, 10 – kontura zakryté části Hornoslezské kamenouhelné pánve (podle DOPITY et al., 1997), B1, B2, B3, B31, B4, B41 jsou dílčí bloky beskydské části podložního komplexu brunovistulika.
Fig. 2. Interpretation scheme.
1 – the Silesian (SIL) magnetic block of the Brunovistulian basement (it continues to the W outside the frame of the Figure), 2 – deep-seated southern marginal part of the Silesian magnetic basament block (S 11), 3 – the Beskydy segment (BES) of the South-Moravian – Beskydy magnetic block of the Brunovistulian basement (it continues to the SW to Southern Moravia and to Austria), 4 – deep-seated parts of the magnetic Brunovistulian basement, 5 – volcanites of the teschenite association shown in the geological map by MENČÍK and TYRÁČEK (1985), 6 – partial areas with possibly covered teschenites (interpreted on the basis of short-wave anomalies), 7 – partial areas with possibly covered intermediate (to basic) Late Paleozoic volcanites, 8 – eastern margin of the Bohemian Massif Variscides, 9 – front line of the Outer Carpathian Nappes, 10 – contour of the buried part of the Upper Silesian coal-bearing Basin (according to DOPITA et al., 1997), B1, B2, B3, B31, B4, B41 … individual blocks of the Beskydy segment of the magnetic Brunovistulian basement.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
M34-62
M34-61
Chuchelná
S I L
Kravaře
Hlučín
15-41
Bohumín
KARVINA
Orlová
Kyjovice
OSTRAVA
S11
B31
Bílovec
Studénka
15-43
M34-73
Brušperk
Frýdovice
FRÝDEK_MÍSTEK
Dobrá
M34-74
Hrčinik
Příbor
B3
Vřesní_Lhoty
Janovice
B41
B4
Bystřice
Jablunkov
NOVÝ JIČÍN
Kopřivnice
Stramberk
Kozlovice
Frýdlant_n_O
Krásná
S
Starý_Jičín
Veřovice
Frenštát_p_R
Ostravice
Horní_Lomná
E
Valaš._Meziříčí
Rožnov_p_R
Bílá
Horní_Bečva
Jablůnka
25-23
Velké_Karlovice
M34-86
Vsetín
M34-85
N

Z regionálního hlediska lze v anomálním poli vyčlenit tři rozdílné celky, a to kladné anomální pole v s. části území, převážně záporné pole ve střední části a generelně kladné pole v j. části území. Kladné anomální pole s. třetiny hodnoceného území se rozprostírá v širším okolí měst Opava, Hlučín, Bohumín a s. od Karviné. Na S se dotýká státní hranice s Polskem a nepochybně zasahuje i do polského jižního příhraničí. V z. opavsko-hlučínské části se vyznačuje velmi pozvolným horizontálním gradientem převážně od 3 do 5 nT/km ve směru J–S. V širším okolí Bohumína dochází k méně pozvolným změnám pole s gradientem okolo 7 až 10 nT/km ve směru J–S.

Střední část hodnoceného území má převahu záporných anomálních hodnot. Toto magnetické minimum má v s.-j. směru šířku 23 km (na Z) až 33 km (na V). Západní (kulmský) úsek tohoto minima v Oderských vrších má monotónní distribuci anomálních hodnot, východní „těšínský" úsek je hodnotově pestřejší. Střední úsek mezi Studénkou až Novým Jičínem (na Z) a Frýdkem-Místkem (na V) má rovněž vyšší variabilitu hodnot s relativně nejčetnějším lokálním výskytem nízkých kladných hodnot uvnitř zmíněného rozsáhlého minima.

V j. třetině území j. od spojnice měst Hranice–Kopřivnice–Jablunkov převažuje kladné anomální pole. Jsou zde zastoupeny anomálie krátkovlnné i středních vlnových délek, ve v. úseku pak též anomálie dlouhovlnné s nízkým horizontálním gradientem okolo 5 nT/km ve směru SZ–JV.

4. Magnetické vlastnosti přítomných hornin

Obraz anomálií geomagnetického pole je výsledkem účinku hornin daného segmentu zemské kůry v magnetickém poli Země. Tento účinek je pak podmíněn jejich magnetickými vlastnostmi.

V geologickém řezu zájmového území jsou (po zanedbání kvartéru) přítomny tyto geologické komplexy:

- miocénní sedimenty se vzácně se vyskytujícími vulkanity,
- převážně paleogenní, vzácně i křídové až jurské sekvence jílovců, pískovců či vápenců, podřadně i slepenců račanské jednotky magurského flyše,
- paleogenní, křídové a svrchnojurské sekvence slezské příkrovové jednotky,
- paleogenní a svrchnokřídové sekvence podslezské příkrovové jednotky,
- sladkovodní karvinské a paralické ostravské uhlonosné souvrství svrchního karbonu,
- převážně flyšoidní komplexy kulmské facie spodního karbonu,
- vulkanosedimentární (na Z) a převážně karbonátová (na V) souvrství devonu,
- komplex metamorfitů a plutonitů brunovistulika.

Mnohé z těchto sekvencí byly v rámci vyhledávání fosilních paliv zastiženy průzkumnými vrty, jejich vrtná jádra byla vzorkována a následně na nich byly laboratorně zjišťovány fyzikální vlastnosti hornin včetně magnetické susceptibility. Tyto statisticky většinou dostatečně reprezentativní soubory hodnot jsou shrnuty v pracích UHMANNA (1973) a KADLEČÍKA et al., (1983). Jejich poznatky doplněné o výsledky autorů novějších prací lze shrnout takto.

Střední hodnotu magnetické susceptibility miocénních sedimentů karpatské předhlubně z bohaté kolekce vrtných jader oceňují jmenovaní autoři na $0{,}18\times 10^{-3}$ SI. Kromě zcela převažujících sedimentů se na Ostravsku lokálně vyskytují též terciérní bazalty (DOPITA et al., 1997). Ty nebyly předmětem laboratorních měření fyzikálních vlastností, neboť jejich výchozy již nejsou v současné době přístupné. Vzorky těchto bazaltů se však nacházejí ve sbírkách nerostných surovin Vysoké školy báňské – Technické univerzity (VŠB-TU) Ostrava, kde na nich byly přenosným kapametrem naměřeny vysoké susceptibility okolo 70×10^{-3} SI. (Současný obraz magnetických anomálií však

neovlivňují, neboť magnetická měření v ostravské aglomeraci kvůli totální devastaci geomagnetického pole industriálními vlivy nebyla vůbec prováděna).

Paleogenní a křídové sekvence flyšových příkrovů s obvyklým zastoupením jílovců a pískovců vykazují jako celek nízkou magnetickou susceptibilitu o střední hodnotě blízké $0{,}2\times 10^{-3}$ SI. Přitom u pískovců byla shledána nižší susceptibilita ($<0{,}2\times 10^{-3}$ SI) a naopak u jílovců obvykle vyšší, tj. $>0{,}2\times 10^{-3}$ SI. V malém procentu vrtů byly zaznamenány jílovité paleogénní (i křídové) sedimenty se susceptibilitami od 0,3 do $0{,}5\times 10^{-3}$ SI. Jejich magnetický účinek při mocnosti až 4 km (např. v račanské jednotce v hloubkovém intervalu od 200 do 4200 m) byl vypočten na 8 nT, při uložení v hloubkovém intervalu od povrchu do hloubky 2,5 km pak na necelých 10 nT.

Součástí spodnokřídového až svrchnojurského těšínsko-hradišťského souvrství slezského příkrovu jsou vyvřelé horniny těšínitové asociace. Jejich magnetická susceptibilita se běžně pohybuje v řádu 10^{-2} SI. UHMANN (1973) na základě laboratorních stanovení na vzorcích vrtných jader odhadl jejich střední susceptibilitu na 40×10^{-3} SI. HANÁK a ONDRA, kteří kromě zhodnocení starších dat, provedli nová měření in-situ v lomech u Fryčovic, u Stikovce (s. od Příboru), u Frenštátu pod Radhoštěm a u Straníku jz. od N. Jičína (in SEDLÁK et al., 2001) ocenili jejich střední susceptibilitu na 55×10^{-3} SI.

Paleomagnetický výzkum těchto vulkanitů provedli KRS a ŠMÍD (1979). Studovali orientovaně odebrané vzorky ze 16 lokalit, z nichž 10 se nachází na Novojičínsku, 3 v okolí Frenštátu p. R., 2 j. od Havířova a 1 na Frýdecko-Místecku (Staříč). Převážně zjistili kladné směry magnetické inklinace, čili normální magnetickou polarizaci shodnou se současnou orientací magnetického pole Země, na 3 lokalitách však odhalili polarizaci reverzní (Hodslavice j. od N. Jičína, Tichá s. od Frenštátu p. R. a na kótě Helštýn jjv. od Frenštátu p. R.). Paleomagnetický pól hornin těšínitové asociace byl těmito autory určen v souřadnicích 42° severní šířky a 62° západní délky.

Spodnokřídové těšínsko-hradišťské souvrství obsahuje rovněž málo mocná tělesa chudých železných rud – pelosideritů. Ty byly též podchyceny několika vrty v Moravskoslezských Beskydech. Jejich magnetická susceptibilita stanovená na vzorcích vrtných jader je nízká od 0,1 do $0{,}3\times 10^{-3}$ SI.

Nepříliš hojně zastoupené svrchnojurské vápnité jílovce spodních těšínských vrstev i masivní organogenní kalový vápenec štramberský jsou velmi slabě magnetickými horninami o susceptibilitě převážně v řádu 10^{-5} SI.

V mohutných až několik km mocných souvrstvích svrchního i spodního karbonu byly měřeními na vzorcích vrtných jader zjištěny podobné skutečnosti jako v sekvencích paleogenních a křídových. Tyto svrchnopaleozoické horniny totiž vykazují u pelitů mírně vyšší magnetickou susceptibilitu od 0,3 do $0{,}6\times 10^{-3}$ SI, u psamitů a psefitů vesměs $<0.2\times 10^{-3}$ SI. Mocnost těchto pelitů s mírně zvýšenými susceptibilitami se většinou pohybuje jen v prvních stovkách metrů (do 0,5 km). Tyto poznatky byly zjištěny ve vrtech Bystřice p. H., Jablůnka, Kozlovice (SV-1), Frenštát p. R. (NP-523), Ostravice (NP-824), Čeladná (SV-6) a též na SV ve vrtech Stonava (SV-2), Skřečoň (NP-725) a Dolní Lutyně (NP-730). Martinec (in DOPITA et al., 1997) připomíná, že zejména ve spodní části ostravského souvrství lze rozpoznat nezanedbatelný podíl minerálů vulkanogenního původu, které mohou přispívat k mírnému zvýšení susceptibilit těchto sedimentů. Není vyloučeno, že zmíněnou magnetickou diferencovanost sedimentů podmiňuje pyroklastický eolicky sedimentovaný materiál ze zdrojů vně pánve, vázaných na variskou kolizní zónu, jak předpokládají DOPITA et al., 1997.

Specifické produkty synsedimentárního karbonského vulkanizmu, jako jsou uhelné „tonsteiny" – tj. kaolinizované popely tvořící proplástky v uhelných slojích, nebo „brousky" – tj. křemité pelity, tufity a metabentonity, nebyly v rámci vzorkování vrtných jader kumulovány do samostatné skupiny pro stanovení magnetických susceptibilit. Byly však přenosným kapametrem proměřovány ve sbírkách nerostných surovin VŠB TU, kde byly zjištěny jejich velmi nízké hodnoty většinou jen v řádu 10^{-5} SI.

Kromě těchto synsedimentárních vulkanických hornin se v území nacházejí svrchnopaleozoické (stáří svrchní karbon a perm) magmatické horniny, které pronikají produktivním karbonem, v němž vytvářejí pravé a ložní žíly i komplikovaná žilníková tělesa. Lze je rozčlenit do dvou petrochemických asociací – kyselé a intermediální. Kyselé byly zjištěny v těšínsko-třineckém prostoru, intermediární (dioritové porfyrity) zejména v okolí Čeladné asi v 9 vrtech, v menší míře v okolí Kopřivnice v 5 vrtech. Na vzorcích vrtného jádra byla jejich susceptibilita stanovena jen z vrtu Čeladná SV-6 z hloubkového intervalu 1300 až 1360 m (3 vzorky), a to ve výši 0,4× 10^{-3} SI, na vzorcích ve sbírkách VŠB TU pocházejících rovněž z čeladenského žilníku pak okolo 0,7× 10^{-3} SI.

Rozsáhlé devonské až spodnokarbonské komplexy mají v dané oblasti proměnlivou skladbu. Na Z jsou to vulkanosedimentární souvrství riftové pánve, směrem východním převažují postupně flyšová souvrství, v nejvýchodnější části pánve probíhala platformní karbonátová sedimentace. Představitelem uloženin riftové pánve jsou horniny šternbersko-hornobenešovského pruhu, zčásti i vrbenská skupina, představitelem flyšových sedimentů je andělskohorské souvrství (oboje vně hodnoceného území). Lze předpokládat, že v hodnoceném území již převládá karbonátová skladba devonu skrytého pod uloženinami karbonu a přítomných mladších komplexů.

Riftogenní vulkanosedimentární horniny vykazují často vysoké magnetické susceptibility v řádech 10^{-3} až 10^{-2} SI. Naopak karbonátové komplexy jsou charakteristické velmi nízkými susceptibilitami převážně v řádu 10^{-5} SI.

Na významně anomální magnetické susceptibility krystalinického podloží náležejícího brunovistuliku již bylo v minulosti dostatečně upozorněno (GNOJEK – HEINZ, 1993, DĚDÁČEK et al., 1997, GNOJEK – HUBATKA, 2001). Ve zkoumaném území bylo krystalinikum dosaženo 19 vrty. U dvou z nich nebyla magnetická susceptibilita na vzorcích vrtných jader stanovena, u dalších dvou byly zjištěny magnetické susceptibility jen v nízkých hodnotách od 0,2 do 0,3× 10^{-3} SI, v sedmi vrtech byly zjištěny susceptibility v hodnotách 0,3 až 0,5× 10^{-3} SI, ve třech vrtech pak v rozpětí 0,5 až 0,9× 10^{-3} SI a u pěti vrtů v řádech 10^{-3} a 10^{-2} SI (HANÁK – ONDRA, 2001). Významně anomální projevy v geomagnetickém poli tedy nepochybně způsobují horniny, které byly zastiženy v posledních pěti zmíněných vrtech, jimiž jsou: Jablůnka, Krásná 1, Lomná 1, Lomná 3 a Jablunkov. Jistou pravděpodobnost vzniku anomálního magnetického účinku mají též horniny zastižené v 10 vrtech předchozích dvou podskupin, tj. se susceptibilitami od 0,3 do 0,9× 10^{-3} SI. Ze 17 vrtů, z nichž vzorky vrtných jader byly podrobeny stanovení magnetické susceptibility, tedy celkem v 15 vrtech byly zjištěny horniny potenciálně schopné způsobit magnetické anomálie (zejména uvážíme-li, že (a) většinou byl navrtán jen velmi krátký hloubkový interval krystalinika často fosilně zvětralého – tedy „susceptibilitně oslabeného", (b) z krystalinika nebyl získáván úplný výnos jádra a (c) zdroje anomálií nemusí být situovány v nejsvrchnější vrty zastižené části tohoto podloží).

5. Geologická interpretace – diskuse

Nejnápadnějšími objekty v mapě magnetických anomálií jsou *krátkovlnné lokální anomálie*. Jejich značná kontrastnost je způsobena vysokými amplitudami až ve stovkách nT (s extrémy +680 nT, resp. -330 nT) a strmými horizontálními gradienty obvykle v rozpětí 40 až 100 nT/km. Téměř výlučně jsou způsobeny vulkanity těšínitové asociace, situovanými ve spodních a svrchních těšínských a v hradišťských vrstvách slezského příkrovu. Jejich kontrastní anomální efekt je podmíněn jednak vysokými susceptibilitami a jednak velmi často mělkým uložením zdrojů.

Podle MENČÍKA a TYRÁČKA (1985) nabývají tělesa těchto vulkanitů malých mocností – obvykle jen v jednotkách či desítkách, výjimečně až stovkách metrů. Jsou to především

ložní vzácněji i pravé žíly většinou též nevelkých horizontálních rozměrů, které nemají ani při vysokých susceptibilitách velkou naději vyvolat výrazné anomálie, pokud by se nacházely v hloubkách větších než 1 km; (v těchto hloubkách účinek lokálních zdrojů klesá na hodnotu blízkou k 10 % původní anomální hodnoty připovrchového zdroje). Slezský příkrov, který tyto vulkanity výlučně obsahuje, obvykle zaujímá hloubkovou úroveň od povrchu do 1 km. Víceméně ojediněle byl zaznamenán v 1700 m pod povrchem v okolí Lysé hory, zatímco ve vrtech, z jejichž vrtných jader byly stanoveny susceptibility těchto hornin – Hodslavice, Tichá, Kunčice pod Ondřejníkem – byly vulkanity situovány převážně v hloubkách 200 až 300 m, jen ve vrtu Lubno sv. od Frýdlantu nad Ostravicí až v hloubce 970 m. Protože přítomnost těchto silně magnetických vulkanitů v hloubkách větších než 1 km se zdá být málo častá, lze předpokládat, že většina z nich byla magnetickými anomáliemi indikována.

Interpretační schéma (obr. 2) ukazuje jednak MENČÍKEM a TYRÁČKEM (1985) mapovaná tělesa těchto vulkanitů v zakryté mapě (s plošně velkým zastoupením kvartéru) a kromě nich pak plochy interpretované z obrazu magnetických anomálií jako území s možným výskytem vulkanitů těšínitové asociace, tj. území postižená krátkovlnnými a převážně intenzivními magnetickými anomálními projevy.

V souladu s těmito autory lze největší akumulace těchto hornin i magnetometricky vymezit v území mezi s. okolím Valašského Meziříčí a v. okolím Nového Jičína v pásmu 4 až 5 km širokém (ve směru SZ–JV) a asi 15 km dlouhém (ve směru JZ–SV). Dalším územím podobného typu je pásmo mezi sv. okrajem Frýdku-Místku a Českým Těšínem o šířce 4 až 6 km (ve směru SZ–JV) a délce až 18 km (ve směru JZ–SV). Je pravděpodobné, že severně od tohoto pásma známých výskytů se nachází paralelní řada zakrytých vulkanitů, táhnoucí se j. okrajem Havířova.

Dalším poněkud užším pásmem anomálních projevů vulkanitů těšínitové asociace je až 25 km dlouhé pásmo počínající u Veřovic (na ZJZ), probíhající s. okolím Frenštátu p. R., dále okolím Kozlovic a končící u Janovic, případně vyznívající až u Vyšních Lhot. Má šířku většinou jen 1 až 2 km, jen v okolí Frenštátu p. R. je rozšířeno na 4 km. (Zde však může docházet k součtu účinků těšínitů s účinky svrchnopaleozoických vulkanitů – bližší informace je uvedena v následujícím odstavci o anomáliích středních vlnových délek). V údolí Ostravice s. od Frýdlantu n. O. je toto pásmo v délce téměř 2 km přerušeno.

Při s. okraji vnějších Karpat mezi Studénkou a Frýdkem-Místkem se v okolí obcí Krmelín, Brušperk, Fryčovice a Staříč nachází početná skupina hornin těšínitové asociace. Z výskytu krátkovlnných anomálií lze však odtud dále k JZ přes Příbor, Libhošť, Kunín až ke Starému Jičínu naznačit přítomnost souvislejších zakrytých výskytů těchto vulkanitů. Nejzažší jz. výskyty těšínitů včetně zakrytých jsou indikovány u Hustopečí nad Bečvou, Choryně a Kelče, případně jako zcela zakryté ještě u Špiček v. od Hranic.

KRS a ŠMÍD (1979) na třech ze šestnácti paleomagneticky studovaných lokalit odhalili reverzní magnetickou polarizaci hornin těšínitové asociace, a to j. od Nového Jičína a s. a jjv. od Frenštátu p. R. Jelikož se všechny tři tyto lokality nacházejí ve skupinách s velmi proměnlivým a komplikovaně uspořádaným anomálním polem, nelze v mapě anomálií ΔT tyto spolehlivě rozlišit a jejich územní rozsah vymezit.

Na základě zjištění jak normálně tak i reverzně polarizovaných vulkanitů těšínitové asociace citovaní autoři vyvozují tvrzení, že výlevy těchto hornin vznikly alespoň ve dvou časově odlišných obdobích. Přitom jejich stáří považují za spodnokřídové. To je do značné míry v souladu s názorem MENČÍKA a TYRÁČKA (1985), kteří celé souvrství těšínsko-hradišťské zařazují do spodní křídy (konkrétně do časového rozpětí berrias až apt) a spodní vrstvy těšínské – v nichž se vyvřeliny těšínitové asociace též vyskytují – až do svrchní jury (tithon – oxford?).

Magnetostratigrafická časová stupnice publikovaná COXEM (in HARLAND et al., 1982) uvádí neměnné období normální polarity geomagnetického pole od 83 Ma, tj. během celého santonu, coniaku, turonu, albu a téměř celého aptu a po přerušení kratším než

1 Ma před koncem aptu, též celou svrchní polovinu barremu, tj. až po 122 Ma. V tomto období tedy reverzně polarizované vulkanity nemohly vzniknout. Až ve spodním barremu a starších obdobích – hauterivu, valanginu, berriasu (náležejících spodní křídě) a ve svrchnojurském tithonu, kimeridži a oxfordu docházelo k častým střídáním období normální a reverzní polarity magnetického pole Země s trváním od 0,01 do 2 Ma. Proto jsou období starší než svrchní barrem, tj. starší než 122 Ma, pravděpodobnými obdobími výlevů vulkanitů těšínitové asociace.

Anomálie středních vlnových délek jsou v hodnoceném území nepříliš hojné. Nabývají amplitud 40 až 60 (80) nT a jejich horizontální gradient se pohybuje v hodnotách okolo 20 nT/km. Jsou způsobeny zdroji o nepříliš vysokých susceptibilitách, obvykle situovanými v hloubkách 1 až 2 km.

Takovými zatím poznanými zdroji jsou svrchnokarbonské až permské intermediální vulkanity spolu s kontaktně přeměněnými sedimenty karbonu (i horninami devonu a brunovistulika), do nichž nebo jimiž tyto vulkanity pronikly. V karbonských souvrstvích vytvářejí pravé a ložní žíly i složitá žilníková tělesa (MARTINEC in DOPITA et al., 1997). Hlavním představitelem těles tohoto typu je žilníkové těleso čeladenské zastižené až 11 vrty a těleso kopřivnické zastižené 5 vrty. Jsou tvořena dioritovými porfyrity.

Reálnou možnost vyvolat na zemském povrchu měřitelnou magnetickou anomálii mají jen poslední jmenované žilníky. Magnetickou anomální odezvou zmíněných akumulací intermediálních vulkanitů mohou být právě anomálie středních vlnových délek v jz. okolí Frýdlantu n. O. a gradientem jim podobné anomálie nižších amplitud v. od Kopřivnice. Vzhledem k blízkým výskytům těšínitů v okolí Čeladné a mezi Čeladnou a Frenštátem p. R. je zde nutno brát v úvahu interferenci magnetických účinků svrchnopaleozoických dioritových porfyritů s těmito těšínity a proto jejich striktní separace v mapě magnetických anomálií není možná.

Zjištěné výskyty stejně starých hornin tohoto typu v j. okolí Českého Těšína se v mapě anomálií ΔT neprojevují. Důvodem může být jejich nižší susceptibilita (pravděpodobná zejména převažují-li tam kyselejší typy) a neexistence dostatečné rozsáhlých žilníkových těles.

Dlouhovlnné anomálie se v hodnoceném území nacházejí ve dvou oblastech. Na S při polské státní hranici je to slezská regionální magnetická anomálie, označená SIL na obr. 2 a na J v oblasti Hostýnsko-vsetínské hornatiny, Javorníků a Moravskoslezských Beskyd je to v. část jihomoravsko-beskydské regionální magnetické anomálie, označené BES na obr. 2 (GNOJEK – HUBATKA, 2001). Obě tyto dlouhovlnné anomálie jsou v převažující míře vyvolány krystalinickým podložním komplexem brunovistulika.

Slezská anomálie /SIL/ vystupuje z magnetického minima Oderských vrchů a severního Podbeskydí velmi pozvolně s horizontálním gradientem okolo 3 nT/km. Až u polské státní hranice v ssv. okolí Opavy dosahuje maxima 80 nT. Její j. okraj je v j. a z. okolí Hlučína mírně rozkolísán „vlnkami" o amplitudě okolo 10 nT, což mohou vyvolávat v tomto směru protažené břidličné sekvence kyjovických vrstev (visé – namur). Slabě zvýšené susceptibility pelitů spodního a svrchního karbonu byly totiž zjištěny při vrtném průzkumu Hornoslezské pánve. Dále k S od spojnice měst Opava–Hlučín již tento jev zaniká. Jižní výběžek slezského magneticky anomálního krystalinického komplexu (snad lehce ovlivněného slabým magnetickým účinkem kulmských břidlic) je ukázán jv. od Kyjovic jako dílčí blok S11.

Hlavní zdroj této slezské anomálie – krystalinický komplex brunovistulika, resp. magneticky anomální části krystalinického komplexu brunovistulika, je ve východní bohumínsko-karvinské části území předpokládán v hloubkách 4 až 5 km, v západní hlučínsko-opavské části ještě hlouběji.

Jižní prostor hodnoceného území vyplňuje v. segment tzv. jihomoravsko-beskydské (SMB) regionální anomálie. V nejméně variabilní části při slovenské státní hranici mezi

Velkými Karlovicemi a Jablunkovem je tato anomálie charakteristická horizontálním gradientem okolo 5 nT/km, v členitější z. části mezi Lipníkem n. B. a Vsetínem nabývá místy gradientů od 15 do 25 nT/km. Převažujícím zdrojem tohoto segmentu SMB anomálie jsou jednotlivá dílčí tělesa metamorfitů a plutonitů podložního brunovistulika.

Obraz magnetických anomálií v hodnoceném území též naznačuje určitou blokovou stavbu podložního brunovistulika. V prostoru mezi Bystřicí p. H. a Lipníkem n. B. je takto vymezován magneticky anomální severní dílčí blok nehluboko (v hloubce okolo 1 až 1,5 km) situovaného rozsáhlejšího zdroje anomálie Hostýnských vrchů (GNOJEK – HUBATKA, 2001), který zahrnuje mj. i rusavský masív (sensu ELIÁŠ, 1997). V interpretačním schématu na obr. 2 je tento blok označen B1. Severovýchodně od bloku B1 lze vyčlenit mezi Hranicemi (na Z) a linií Nový Jičín–Valašské Meziříčí (na V) další k S vysunutý dílčí blok Moravské brány B2. Jeho zdroj je opět relativně mělký s krystalinickým podložím v hloubkách okolo 1,5 km.

Dále k V od bloku B2 se nachází relativně snížený (zakleslý) dílčí podložní blok B3. Jeho z. okraj se nachází na s.–j. linii procházející přibližně Novým Jičínem, v. okraj dosahuje k s.–j. linii údolí řeky Ostravice. Má nejméně kontrastní přechod anomálních hodnot z kladné j. části pole do magnetického minima. Magneticky anomální část tohoto bloku je pravděpodobně vysunuta nejdále k S. Není vyloučeno, že torza tohoto anomálního zdroje se vyskytují až u jz. okraje Ostravy (dílčí blok B31), kde se projevují slabou dlouhovlnnou anomálií, vystupující z magnetického minima s. podhůří Beskyd. Lze odhadnout, že podložní krystalinikum v tomto bloku postupně klesá z hloubek okolo 2 až 2,5 km ve frenštátském úseku dále k S a k SSZ na hloubku 4 km i větší v j. okolí Ostravy.

Mezi liniemi přibližně sledujícími údolí Ostravice (na Z) a údolí Olše (na V) je možno ukázat nejvýchodnější dílčí krystalinický blok B4. Při svém v. okraji má k S vysunutý ostroh B41 indikovaný výběžkem kladných anomálií mezi Jablunkovem a Třincem. Celý blok B4 je relativně vyzdviženým blokem, v němž je krystalinikum nejblíže 1,5 až 2 km pod povrchem v j. okolí Třince a Hnojníku i u Krásné a Morávky (HUBATKA, ústní sdělení). Směrem k S podloží klesá na hloubku okolo 4 km i do hloubek větších.

Z interpretace seismických profilů (HUBATKA in KREJČÍ et al., 1998, GNOJEK – HUBATKA, 2001) vyplývá, že j. od linie spojující obce Valašské Meziříčí–Rožnov pod Radhoštěm–Horní Bečva–Staré Hamry/Bílá, kterou ostravská geologická škola označuje jako beskydský stupeň (DOPITA et al., 1997), krystalinické podloží z hloubek 3 až 4 km dále k J prudce klesá do hloubek okolo 7 km. Přesto i v tomto prostoru s hlubokým uložením brunovistulika (v okolí Velkých Karlovic, Bílé i na slovenském Horním Kysucku) nabývají magnetické anomálie vysokých hodnot 80 až 100 nT. Znamená to, že i tato hluboko zakleslá kra krystalinika obsahuje silné anomální zdroje. Jejich kvalitu mohou naznačit výrazně magnetické intermediální až bazické plutonity jablunkovského masivu (sensu ELIÁŠ, 1997), zastižené v hloubkách okolo 3 km ve vrtech u Lomné a u Jablunkova.

Zmíněná bloková stavba podložního krystalinika zřejmě též ovlivnila struktury mladších nadložních útvarů. Vyzvednutý blok B1 pravděpodobně přispěl ke vzniku elevace spodnokarbonské kry Maliníku. Vyzdvižení bloku B2 podmínilo částečnou absenci (oddenudování?) kulmských sekvencí a mělké uložení devonských karbonátů v. od Hranic. Přitom situace vyzdviženého bloku B2 nápadně souhlasí s územím rozvodí Odra / Bečva (Balt / Černé moře) v Moravské bráně. Severně od relativně mělce uložených krystalinických bloků B1 a B2 je třeba předpokládat poměrně náhlý pokles brunovistulika, které – jak naznačuje rozsáhlé a hluboké magnetické minimum – se v území Oderských vrchů a ve v. části Nízkého Jeseníku (v okolí Potštátu, Vítkova a Fulneku) může nacházet pod mohutnými sekvencemi spodního karbonu a devonu v hloubkách větších než 5 km.

Blok B3 do značné míry koinciduje s rozšířením zakryté části svrchnokarbonské Hornoslezské pánve v podbeskydském a beskydském prostoru. Zejména z. okraj bloku v úseku Valašské Meziříčí–Nový Jičín–Bartošovice (j. od Studénky) je téměř shodný se

z. okrajem rozšíření ostravského uhlonosného souvrství (spodní namur), jak ukazují DOPITA et al.,1997). Východní okraj svrchního karbonu na linii Dobrá u Frýdku–Janovice–Lysá hora je téměř paralelní s v. okrajem bloku B3.

Vyzdvižený blok B4 vytvořil podmínky pro oddenudování svrchnokarbonských uhlonosných souvrství karvinského a ostravského, takže na tomto bloku zůstaly jen jejich zbytky – především z. a sz. od Jablunkova, v menší míře též zjz. od Hnojníku.

6. Závěr

Kvalitativní interpretace nové mapy anomálií ΔT, získané z pozemní magnetometrie, realizované v letech 1999 až 2001, přinesla především tyto poznatky:

Kontrastními krátkovlnnými anomáliemi o vysokých amplitudách až 600 nT a se strmými horizontálními gradienty až 100 nT/km byly indikovány vulkanity těšinitové asociace. Jejich magnetické anomálie dosahují zmíněné kontrastnosti proto, že se tyto horniny vyznačují vysokou magnetickou susceptibilitou (odhad střední hodnoty činí 55×10^{-3} SI) a dále proto, že se často nacházejí v mělkém připovrchovém uložení. Přesto, že jejich vertikální rozměry (nejčastěji v desítkách metrů) i horizontální rozměry (obvykle ve stovkách metrů až prvních kilometrech) nebývají velké, tak pravděpodobnost jejich magnetometrické indikace zůstává vysoká zejména z toho důvodu, že hloubka většiny výskytů těchto hornin nepřesahuje 1 km. Vedle s povrchu známých akumulací těšínitů na Novojičínsku a na Těšínsku, kde magnetometrie potvrzuje jejich vysokou četnost, lze ukázat téměř souvislé užší pásmo zakrytých vulkanitů těšínitové asociace v těsné blízkosti vnějšího okraje flyšových příkrovů mezi Starým Jičínem (na JZ) a Paskovem (na SV).

Méně výrazné anomálie středních vlnových délek s amplitudami v desítkách nT a s horizontálními gradienty okolo 20 nT/km pravděpodobně souvisejí s akumulacemi svrchnopaleozoických intermediálních až bazických vulkanitů. Tyto horniny nejsou na povrchu vůbec známy, průzkumnými vrty byly zjištěny většinou v hloubkách 1 až 2 km. Údaje o jejich magnetické susceptibilitě jsou dosti vzácné. Protože u nich zatím nebyly zjištěny vysoké susceptibility v řádu 10^{-3} nebo 10^{-2} SI, je nutno předpokládat, že mohou být magnetometricky indikovány jen v případech akumulací větších rozměrů, alespoň takových, jakými jsou žilníky v okolí Čeladné, případně v. od Kopřivnice.

Dlouhovlnné anomálie regionálních rozměrů se v dané oblasti nacházejí dvě, jedna při polské státní hranici mezi Opavou a Bohumínem (až Karvinou) – slezská regionální magnetická anomálie /SIL/ – a druhá mezi Lipníkem nad Bečvou až Jablunkovem – beskydská regionální magnetická anomálie /BES/ –, která zaujímá většinu podbeskydského a beskydského prostoru. Převažujícím zdrojem obou je podložní krystalinický komplex brunovistulika.

Jižní okraj slezské regionální anomálie je mírně „zvlněn" slabými magnetickými účinky, které lze připsat na vrub slabě magnetických pelitů kyjovických vrstev (visé – namur). Ostatní část této regionální anomálie je převážně monotónní. Hlavní anomální zdroj – krystalinikum brunovistulika – je zde možno očekávat v hloubkách 4 až 5 km i hlouběji.

Severní okraj beskydské regionální anomálie výrazně komplikují účinky těšínitů, především mezi Valašským Meziříčím a Novým Jičínem a rovněž v širším okolí Frenštátu pod Radhoštěm, kde se k účinkům těšínitů navíc připojují i anomální efekty svrchnokarbonských a permských vulkanitů. Jv. část beskydské anomálie má klidný a nekomplikovaný vývoj, svědčící o velké hloubce dostatečně silných anomálních zdrojů. Zatím poznaným zdrojem tohoto druhu jsou intermediální až bazické plutonity, zastižené vrty j. a jz. od Jablunkova v hloubkách 2 až 3 km. Dále k J a JZ je nutno očekávat analogické krystalinické zdroje v hloubkách 4 až 7 km.

V rozsáhlém prostoru beskydské anomálie lze vyčlenit čtyři dílčí bloky magneticky anomálního brunovistulika, jejichž pozice ovlivnila strukturu mladších nadložních komplexů. Západní nehluboko uložený podložní blok mezi Lipníkem nad Bečvou a Bystřicí pod Hostýnem mohl ovlivnit vyzdvižení kulmské kry Maliníku. Východněji situovaný k S vysunutý a rovněž vyzdvižený blok krystalinika mezi Hranicemi (na Z) a linií Valašské Meziříčí–Nový Jičín (na V) přiblížil k povrchu řadu devonských karbonátových „ostrovů" v. od Hranic a mohl mít zásadní podíl na vzniku rozvodí Odra/Bečva (Balt/Černé moře) v Moravské bráně. Mohutný relativně snížený (pokleslý) blok situovaný mezi s.–j. linií Valašské Meziříčí–Nový Jičín (na Z) a údolím řeky Ostravice (na V) do značné míry podmínil současné rozšíření produktivního karbonu Hornoslezské pánve, skryté pod vněkarpatskými příkrovy. Východní blok mezi údolími Ostravice a Olše svou vyzvednutou pozicí způsobil oddenudování většiny uhlonosných souvrství z tohoto prostoru, takže na něm zůstaly jen zbytky svrchního karbonu z. a sz. od Jablunkova.

PODĚKOVÁNÍ

Autor děkuje paní Aleně Mutlové za digitální provedení obou obrázků a RNDr. Jiřímu Sedlákovi, jednateli společnosti Miligal s.r.o., za finanční příspěvek, který umožnil barevné tisky obrázků k tomuto článku.

SUMMARY

1. Introduction

The almost 4000 km^2 large area under study is limited by the line connecting the towns of Opava, Lipník nad Bečvou, Bystřice pod Hostýnem and Vsetín on the W and S and by the Slovak and Polish state frontiers on the SE and NE. The pattern of the geomagnetic anomalies has not been known in detail till the end of 1990s, there. Only synoptical maps of these anomalies based on the airborne magnetic survey realized in 1959 by MAŠÍN et al. (1965) and on the rough ground magnetic survey applied solely in the Moravskoslezské Beskydy Mts. by ŠUTORA and CHLPOŠ (1967) were at geophysicists' and geologists' disposal in the last century.

Ten times more detail map of magnetic anomalies (based on five observation points per 1 km^2) was obtained by the ground magnetic survey carried-out during 1999–2002 in the frame of the Project titled Geological Structure of the Contact Zone of the Bohemian Massif and the West Carpathians (Sedlák, 1999). The new map of the ΔT magnetic anomalies compiled by ZABADAL, GNOJEK & MUTLOVÁ (in SEDLÁK et al., 2002) is shown in the Fig. 1.

2. Geological setting

The area studied is situated in the contact zone of the Bohemian Massif (NW) and the West Carpathians (SE). The marginal part of the Bohemian Massif is built by the Lower Carboniferous Culm Facies pertaining to the Nízký Jeseník Mts. Sporadically, the Upper Carboniferous strata crop out in the vicinity of the town of Ostrava, too. The substantial part of the coal-bearing Upper Silesian Basin embracing the paralic Ostrava and the limnic Karviná Formations is covered by Neogene sediments of the Carpathian Foredeep (in the N and W) and by Outer Carpathian Nappes (in the S). The only exceptional block of the Bohemian Massif outcropping on the eastern side of the Carpathian Foredeep is the Lower Carboniferous Maliník Hill and several small Devonian "islets" near the town of Hranice.

All other territories laying to the SE of the Carpathian Foredeep belong to the Outer West Carpathians. They are represented by three nappe units – the Subsilesian, the Silesian and the Rača Unit – composed by the Upper Jurassic, Cretaceous and Paleogene sediments, rarely by volcanic rocks.

3. Magnetic anomalies

The individual values of magnetic anomalies fill the total span from -382 nT to 688 nT but only two thirds of this values occur in relatively narrow interval from -22 nT to 56 nT. It means that the anomalies of

high amplitudes are rather rare. From regional point of view the anomalous field can be divided to three partial areas – two positive and one negative in between.

The first positive partial area is situated in the N near the Polish state border in the surroundings of the towns of Opava, Hlučín and Bohumín. It reaches up to 80 nT. Its horizontal gradient is very mild mostly from 3 to 5 nT per 1 km with the increase from S to N. The second positive partial area fills the southern territories, i.e. the Hostýnsko-vsetínská hornatina Highlands and the Moravskoslezské Beskydy Mts. Its top values grows up to 100 nT mostly with the horizontal gradient of 5 or 7 nT per 1 km in the direction from N to S or from NW to SE.

The negative anomalous field reaching to -70 nT is developed between the two mentioned positive partial areas. It mostly fills the Oderské vrchy Mts. and the Podbeskydská pahorkatina Highlands. Besides the three partial areas which are typical with long-wave anomalies there are also many short-wave anomalies. They are predominantly developed in the central part of the area as superimposed both on the negative and positive fields of the Podbeskydská pahorkatina Highlands.

4. Magnetic properties of rocks

The following complexes were found in the geological section of the area:

- Miocene sediments with rare Miocene volcanites
- Mostly Paleogene, less Cretaceous to Jurassic sequences of the Rača Nappe Unit
- Paleogene, Cretaceous and Upper Jurassic sequences of the Silesian Nappe Unit
- Paleogene and Upper Cretaceous sequences of the Subsilesian Nappe Unit
- Limnic Karviná and paralic Ostrava coal-bearing Formations of the Upper Carboniferous
- Culm facies of the Lower Carboniferous
- Devonian volcano-sedimentary (on the W) and mostly carbonate formations (on the E)
- Brunovistulian crystalline complex – metamorphites and plutonites.

The geological complexes listed above were drilled through in the frame of several coal and oil projects realized in the second half of the last century. An ample petrophysical studies which accompanied the drilling projects gathered many physical data of rocks determined on drill-cores and among them some magnetic properties, as well. The results concerning the magnetic susceptibilities of rocks can be summarized according to UHMANN (1973) and KADLEČÍK et al. (1983) in the following way.

The Miocene sediments of the Carpathian Foredeep can be characterized by the magnetic susceptibility mean value of $0{,}18\times 10^{-3}$ SI. Exceptionally, some Tertiary basalts with magnetic susceptibilities of $60–70\times 10^{-3}$ SI were found in the Ostrava municipal area. These basalts, however, do not influence the pattern of the map of magnetic anomalies since they occur in the territory where field observations were excluded because of the total industrial damage of the natural geomagnetic field.

The magnetic susceptibilities of the Paleogene and Cretaceous sequences of the flysch nappes depend on their lithology. This parameter is lesser than $0{,}2\times 10^{-3}$ SI in the formations where the sandstones dominate and higher than $0{,}2\times 10^{-3}$ SI (from 0,3 to $0{,}5\times 10^{-3}$ SI) in the formations where the claystones prevail. However, their anomalous effect (as proved by calculation) cannot exceed 10 nT.

Within the Upper Jurassic to Lower Cretaceous Těšín-Hradiště Formation of the Silesian Nappe there are volcanic rocks of the teschenite association. Their mean value of the magnetic susceptibility was assessed by Uhmann (1973) to be 40×10^{-3} SI. Later HANÁK and ONDRA (in SEDLÁK et al., 2001) who completed the older data with new in-situ measurements in several quarries indicated their mean magnetic susceptibility as high as 55×10^{-3} SI.

Paleomagnetic investigation of the rock of the teschenite association was done by KRS and ŠMÍD (1979). They studied the rock samples from 16 quarries in Nový Jičín, Frýdek-Místek and Karviná Districts. They stated that the normal magnetic polarization coinciding with contemporary magnetic field orientation was found in 13 localities, the opposite – reverse – magnetic polarization was determined on samples from 3 quarries (situated near Nový Jičín and Frenštát pod Radhoštěm).

Poor iron ore bodies of "pelosiderite" also involved in the Těšín-Hradiště Formation show low magnetic susceptibilities from 0,1 to $0{,}3\times 10^{-3}$ SI. The Upper Jurassic calcareous claystones and the "Štramberk" limestone display very low susceptibilities in the order of 10^{-5} SI. Thick Carboniferous sequences show similar magnetic susceptibility values to the Cretaceous and Paleogene formations, i.e. the sequences with the prevalence of claystones show higher magnetic susceptibilities from 0,3 to $0{,}6\times 10^{-3}$ SI, while the groups of strata with majority of sandstones present the susceptibilities lower then $0{,}2\times 10^{-3}$ SI. The increased magnetic susceptibilities of the close-grained (pelite) rocks can be explain by the presence of an eolian component of

a pyroclastic origin coming from volcanic sources situated out of the basin i.e. in the variscan collision zone as DOPITA et al.(1997) presuppose.

Besides the sedimentary sequences Late Paleozoic (Carboniferous to Permian) magmatic rocks were revealed in nine drill-holes in the vicinity of the village of Čeladná and in five drill-holes near the town of Kopřivnice. They create buried systems of sills and dike sets. Their magnetic susceptibilities have not been recognized properly. Core samples of the only SV-6 drill-hole (Čeladná) were measured after drilling (in 1979) in laboratory of Geofyzika s.p. in Brno. Several samples of these rocks preserved in the Rock-samples Gallery of the Ostrava Technical University were later measured by the portable susceptibility meter. Three drill-core samples of the SV-6 drill-hole measured in laboratory and sporadic measurements realized in the Rock-samples Gallery gathered the susceptibility values of these Late Paleozoic volcanites in the interval from 0,4 to $0,7\times 10^{-3}$ SI.

Significant magnetic susceptibilities of the crystalline basement pertaining to the Brunovistulian tectonic unit were emphasized by GNOJEK and HEINZ (1993), DĚDÁČEK et al. (1997) and by GNOJEK and HUBATKA (2001). This crystalline basement was reached by 19 drill-holes in the area under study. The magnetic susceptibilities were not determined in two of them, low values such as 0,2 to $0,3\times 10^{-3}$ SI were found in the next two drill-holes. The values from 0,3 to $0,5\times 10^{-3}$ SI were identified in the next seven drill-holes, three drill-holes presented the susceptibilities in the span between 0,5 and $0,9\times 10^{-3}$ SI and the remaining five drill-holes showed the susceptibility values in the orders of 10^{-3} and 10^{-2} SI (HANÁK and ONDRA, 2001).

There is no doubt that the expressive magnetic responses in the area studied are produced by the rocks found in the last five mentioned drill-holes i. e. Jablůnka, Krásná 1, Lomná 1, Lomná 3 and Jablunkov. Also the rocks found in the ten drill-holes with the susceptibilities in the range from 0,3 to $0,9\times 10^{-3}$ SI have a certain chance to produce magnetic anomalies. Finally, it is possible to state that from 17 drill-holes, on the cores of which the magnetic susceptibilities were determined, the basement rocks of fifteen drill-holes are able to cause magnetic anomalies. Moreover, this high share of "magnetically productive" drill-holes was obtained under such weakening effect as (1) short interval of the basement drilled through, (2) small gain of the core from the top part of this weathered basement and (3) expressive magnetic sources need not be situated just within the top skin of the basement.

5. Geological interpretation – discussion

The most striking magnetic objects of this area are the local short-wave anomalies. They are characterized by high amplitudes (up to 680 nT) and by steep horizontal gradients of the span from 40 to 100 nT/km. They are produced by volcanic rocks of the teschenite association situated in the Těšín-Hradiště Formation pertaining to the Silesian Nappe. Their expressive anomalous effects are mostly caused not only by high magnetic susceptibilities but often by their shallow position. According to MENČÍK and TYRÁČEK (1985) the sizes of these volcanic bodies are usually small – often in tens of meters, exceptionally in hundreds of meters – which evokes that their anomalous response ceases with the depth quite quickly. But since they occur predominantly in the depths less than 1000 m (the Silesian Nappe mostly fills the interval from the surface to 1 km) there is a real chance that most of these volcanic bodies could be indicated by the ground magnetic survey.

The interpretation scheme (Fig. 2) shows both the volcanic bodies mapped by MENČÍK and TYRÁČEK (1985) and the partial areas interpreted from the magnetic map as the places with possible covered occurrences of these volcanites. In accordance with the cited authors the largest accumulations of these rocks interpreted from the magnetic anomalies are shown in the northern vicinity of the town of Valašské Meziříčí and in the eastern surroundings of Nový Jičín in the belt 4–5 km wide and about 15 km long. The next similar belt is indicated between the NE margin of the towns of Frýdek-Místek and that of Český Těšín. To the N of the latter belt a parallel chain of covered volcanites is expected, too.

Another slightly narrower but almost 25 km long belt of the anomalous effect pertaining to the volcanites of the teschenite association is indicated on the line connecting the villages of Veřovice (WSW) – Frenštát pod Radhoštěm (northern vicinity of) – Kozlovice – Janovice – Vyšní Lhoty (ENE). Its width mostly of 1–2 km is broadened to 4 km only near the Frenštát pod Radhoštěm.

A disconnected row of short-wave magnetic anomalies which are also interpreted to be linked with the teschenite volcanites is ranged along the front-line of the Outer Carpathians from the W and NW vicinity of the town of Nový Jičín (WSW) to the villages of Brušperk and of Fryčovice (ENE). The westernmost local magnetic anomalies pertaining to the teschenite volcanites were found near the Bečva river valley in the surroundings of the villages of Choryně, Hustopeče nad Bečvou and even (uncertainly) near Špičky in the E vicinity of the town of Hranice.

KRS & ŠMÍD (1979) who studied paleomagnetic properties of these volcanites on 16 outcrops found the reverse magnetic polarization on 3 of them. From the existence of both normal (13 localities) and reverse (3 localities) magnetic polarization it can be deduced that the teschenite volcanites penetrated to the Těšín-Hradiště Formation at least during two different periods of the Earth magnetic field polarity. Both KRS & ŠMÍD (1979) and MENČÍK & TYRÁČEK (1985) consider these volcanites to be of the Lower Cretaceous to Upper Jurassic age.

Magnetostratigraphic time scale published by COX (in HARLAND et al., 1982) shows the continuous period of the normal geomagnetic field polarity since 83 Ma, (during the whole Santonian, Coniacian, Turonian, Albian and almost the whole Aptian) and after the interruption shorter than 1 Ma also in the end of Aptian and during the whole upper half of Barremian, i. e. till 122 Ma. The volcanites of reverse polarization, thus, could not penetrate the Těšín-Hradiště Formation during the period of 83–122 Ma. Frequent changes of the geomagnetic field polarity took place in Lower Barremian and in older periods such as Hauterivian, Valangian, Kimmerigian and Oxfordian (pertaining to Upper Jurassic) when the periods of reverse polarization lasted from 0.01 to 2 Ma. Hence, these periods older than 122 Ma are considered to be the probably ages of the invasion of the teschenite volcanites with the reverse polarization into this Formation.

Middle-wave anomalies are not abundant in the area studied. Their typical amplitudes reach from 40 to 60, extremely 80 nT and their horizontal gradient varies about 20 nT/km. Upper Carboniferous to Permian intermediate volcanites were recognized as possible sources of these anomalies. They create sills, simple dikes and complicated dike sets in Carboniferous strata near the village of Čeladná – as proved by 11 drill-holes and in the vicinity of the town of Kopřivnice – as revealed in 5 drill-holes (MARTINEC in DOPITA et al.,1997). Because they show not very high susceptibilities it seems that only major accumulations of these rocks are able to produce distinct anomalies. Therefore, the middle-wave anomalies found to the E of Kopřivnice, between Frenštát pod Radhoštěm and Čeladná and in the S vicinity of Frýdlant nad Ostravicí are interpreted as the responses of these Late Paleozoic volcanic bodies. The Late Paleozoic volcanites revealed in some drill-holes in the vicinity of Český Těšín do not produce magnetic anomalies. The reason of the absence of the middle-wave anomalies in this partial area might be explain by an acid type of the volcanites with low magnetic susceptibilities and by small volume of these volcanic bodies.

The long-wave anomalies are developed in two partial areas (Fig.1). The first one is situated near the Polish state border and was named the Silesian regional magnetic anomaly – SIL. The second larger one covers the Hostýnsko-vsetínská hornatina Highlands, the Javorníky Mts. and the Moravskoslezské Beskydy Mts. It represents the NE part of the vast South Moravian – Beskydy regional magnetic anomaly (GNOJEK and HUBATKA, 2001). Both of these regional anomalies are predominantly caused by the Brunovistulian crystalline basement.

The Silesian anomaly (SIL) grows up from the magnetic minimum very slowly with quite mild horizontal gradient of 3 nT /km. In the NE vicinity of the town of Opava it reaches the top value of 80 nT. In the S and W surroundings of the town of Hlučín there are some small undulations about 10 nT which may be understood as a gent magnetic effect of the Lower and Upper Carboniferous claystones having slightly increased susceptibilities. The main source of the SIL anomaly – the Brunovistulian crystalline basement – or more exactly the magnetic part of this Brunovistulian complex is expected to be at the depth of 4 to 5 km in the eastern Bohumín–Karviná partial area and even deeper in the western Opava–Hlučín partial area. A slightly magnetic fraction of the Silesian block of the Brunovistulian basement is shown as the body S11 in the Fig. 2.

The southern part of the area studied is filled by the NE segment of the long-wave South Moravian – Beskydy regional magnetic anomaly. Its horizontal gradient – being in relation to the depth of source – is not uniform. The SE part of the anomaly situated close to the Slovak border is characterized by the low horizontal gradient of 5 nT /km, the NW part, on the contrary, by the gradient from 15 to 25 nT /km. Metamorphic and plutonic magnetic bodies pertaining to the Brunovistulian basement represent the essential sources of this anomaly.

The pattern of magnetic anomalies suggests certain block structure of the Brunovistulian basement. Between the small towns of Lipník nad Bečvou and Bystřice pod Hostýnem there is a relatively shallow block of the basement in the depth of 1 to 1,5 km. It can be understood as a northern part of the large basement source of the Hostýnské vrchy Mts. anomaly (GNOJEK & HUBATKA, 2001) which embraces also so called Rusava massif (sensu Eliáš, 1997). This partial basement block is signed as B1 in the interpretation scheme in the Fig. 2. To the NE of the block B1 the next block marked as B2 is shown between the town of Hranice (W) and the line of Nový Jičín–Valašské Meziříčí (E). It may be also perceived as a shallow partial block of the crystalline basement buried at the depth of about 1.5 km and shifted slightly to the N.

Further to the E a relatively sunk basement block B3 was determined. Its W margin is situated on the line Nový Jičín–Valašské Meziříčí and its E margin coincides approximately with the N–S valley of the Ostravice river. It has the mildest horizontal gradient in the sector of the field where the southern positive anomaly is

changed to the magnetic minimum in the N. Some fractions of this magnetic basement block can be found as far as in the southern vicinity of the town of Ostrava (e. g. B31). The depth of the crystalline basement of this block is assessed (in accordance to several drill-holes and seismic survey results) to be 2–2.5 km in the surroundings of Frenštát p. R. and it is slowly decreasing to the depth about 4 km or more in the S vicinity of Ostrava.

The easternmost basement block B4 is shown between the S–N valleys of the Ostravice and the Olše rivers. Generally, it is the uplifted block with 5 km long promontory B41 drawn to the N in the vicinity of the town of Třinec. The shallowest part of the magnetic basement in the depth of 1.5–2 km is expected near the northern margin of this block. The results of seismic profiles (HUBATKA in KREJČÍ et al., 1998, GNOJEK and HUBATKA, 2001) show the expressive vertical change in the basement position along the line Valašské Meziříčí–Rožnov pod Radhoštěm–Horní Bečva–Staré Hamry. It is called as "the Beskydy step" by DOPITA et al.(1997). The crystalline basement steeply sinks from the depth about 3–4 km to the depth of 6–7 km in the direction to the south on this step. Nevertheless, the magnetic anomalies reaching high values such as 80–90 nT were found also in this sunk block area (i.e. in the Javorníky Mts. on the Czech/Slovak state border). It means that relatively strong magnetic sources have to be situated also in this deeply sunk basement. Qualities of these rocks could be similar to those of intermediate to basic plutonites revealed in the depth about 3 km in the drill-holes near the villages of Jablunkov and Lomná (the Jablunkov Pluton sensu ELIÁŠ, 1997).

A block structure of the crystalline basement mentioned above seems to influence the structure of younger systems. The uplifted block B1 could contribute to the origin of the Lower Carboniferous Maliník Hill elevation (near the Lipník nad Bečvou) which is exceptionally situated on the E side of the Carpathian Foredeep, i. e. generally, in the West Carpathian realm. The uplift of the basement block B2 may condition the absence or some shortening of the Lower Carboniferous Culm sequences and may cause a shallow position of the Devonian carbonates in the E vicinity of the town of Hranice. Moreover, the situation of the elevated block B2 conspicuously coincides with the water-shed of the Odra/Bečva rivers (Baltic Sea/Black Sea) in the locality of "Moravská brána".

To the N of the relatively shallow uplifted crystalline basement blocks B1 and B2 a steep fall of the Brunovistulian basement is expected from the depth level of 1–1.5 km down to the depth of 4 km or more. This fall is indicated by the deep magnetic low developed near the villages of Potštát, Odry and Fulnek where thick Lower Carboniferous and Devonian sequences are supposed.

The sagged block B3 fairly coincides with the extent of the buried part of the coal-bearing Upper Silesian Basin both in the Beskydy Piedmont and in the Beskydy Mts. Especially the W margin of the block B3 drawn on the line Valašské Meziříčí–Nový Jičín–Bartošovice (S of Studénka) is almost identical with the W margin of the buried Ostrava coal-bearing Formation (Lower Namurian) as it was shown by DOPITA et al.(1997). The E margin of this coal-bearing Upper Carboniferous Formation indicated by these authors on the line Dobrá u Frýdku–Janovice–Lysá hora is close and parallel to the E boundary of the block B3.

The uplifted basement block B4 seems to be responsible for the denudation and a consequent erosion of the Upper Carboniferous coal-bearing Karviná and Ostrava Formations so that their remnants could be conserved only locally in the W and NW vicinity of Jablunkov and partly also in the WSW vicinity of Hnojník as it was proved by drill-holes (DOPITA et al.,1997).

6. Conclusion

The geological interpretation of the new magnetic map obtained by the ground magnetic survey realized in 1999–2001 brought the following knowledge.

The volcanites of the teschenite association are indicated by the high amplitude and short-wave anomalies with a steep horizontal gradients reaching 100 nT/km. Their contrast pattern is caused by their high magnetic susceptibilities (the estimated mean value is 55×10^{-3} SI) and frequently by their relatively shallow position. Besides many outcropping teschenite bodies in the vicinity of the towns of Nový Jičín and of Český Těšín an almost continuous belt of buried teschenite volcanites was interpreted near the front line of the Outer Carpathian Flysch Nappes between the villages of Starý Jičín (SW) and of Paskov (NE).

Less expressive middle-wave anomalies of the amplitudes in tens of nT with horizontal gradients about 20 nT/km are probably caused by the Late Paleozoic intermediate to basic volcanites. These volcanic rocks do not outcrop. Their sill and dike bodies were found only in drill-holes in the depth of 1–2 km. Very high magnetic susceptibilities (in the orders of 10^{-3}–10^{-2} SI) have not been found in these rocks yet but it is true that they have not been studied sufficiently, up to now. Because only medium susceptibilities in the order of 10^{-4} SI were determined in their core-samples their anomalous effect can be expected only if they create large

accumulations at least such as the dike sets or stockworks found in the vicinity of the village of Čeladná or to the E of the town of Kopřivnice.

Two long-wave anomalies of regional sizes are situated in the area studied. The first one named as the Silesian regional magnetic anomaly (SIL) fills the area near the Polish state frontier between the towns of Opava and of Bohumín. The second one is the Beskydy regional magnetic anomaly (BES) covering most of the Beskydy Piedmont, the Moravskoslezské Beskydy Mts. and the Hostýnsko-vsetínská hornatina Mts. The Brunovistulian basement complex is the major source of the both regional anomalies.

The southern margin of the SIL anomaly is slightly undulated by a weak anomalous effect caused probably by scanty magnetic claystones of the Carboniferous Formations. The northern part of the SIL anomaly is monotonous. The Brunovistulian basement source is expected there in the depth of 4–5 km or more.

The northern margin of the BES anomaly is complicated by the expressive magnetic effects of the teschenite volcanites especially in the N vicinity of the town of Valašské Meziříčí and also in the surroundings of Frenštát pod Radhoštěm where the effect of teschenites is combined with the response of buried Upper Carboniferous to Permian intermediate to basic volcanites. The SE part of the BES anomaly is smooth. It means that it is caused by deep but forceful sources. The only revealed sources of this kind are the intermediate to basic plutonites reached by several drill-holes in the depth 2–3 km in the S and SW vicinity of the town of Jablunkov. Further to the S and SW (in the Javorníky Mts.) the basement sources are expected to be in the depth of 4 to 6 (7) km.

Four partial Brunovistulian basement blocks the position of which influenced the younger superimposed complexes can be distinguished in the area of the BES anomaly. The northern relatively shallow partial basement block situated between the towns of Lipník nad Bečvou and of Bystřice pod Hostýnem may cause the uplift of the Culm series of the Maliník Hill exceptionally cropping-out on the E side of the Carpathian Foredeep.

The next also uplifted basement partial block can be defined between the town of Hranice (W) and the line connecting the towns of Nový Jičín and Valašské Meziříčí (E). Its uplift enabled several Devonian carbonate "islets" to outcrop in the E vicinity of the town of Hranice and it could substantially contribute to the origin of the Odra/Bečva water-shed in the "Moravská brána" locality.

The next partial basement block situated between the line of Nový Jičín–Valašské Meziříčí (W) and Ostravice river valley (E) is a sunk block the position of which may influence the present-day extent of the coal-bearing Carboniferous formations buried under the Outer Carpathian Nappes.

The easternmost block limited by the Ostravice river valley (W) and the Olše river valley (E) is the uplifted partial block. Its position influenced the denudation and erosion waste of the substantial SE part of the coal-bearing formations so that only sporadic remnants of them could rest in the W and NW vicinity of the town of Jablunkov.

LITERATURA

DĚDÁČEK, K., GNOJEK, I., CHLUPÁČOVÁ, M., 1997: Regionální magnetické anomálie a jejich zdroje v hlubší stavbě Moravy a Slezska. *Geol. Výzk. Mor. Slez. v r. 1996*. Brno.

DOPITA, M. et al., 1997: Geologie české části hornoslezské pánve. MŽP ČR, Praha.

ELIÁŠ, M., 1997: Geologický vývoj Ostravska. Dílčí zpráva pro úkol ČGÚ Geodynamický model styku Českého masivu a Západních Karpat. ČGÚ, Praha.

GNOJEK, I., DĚDÁČEK, K., 1980: Technická zpráva o leteckém geofyzikálním průzkumu oblasti Jeseníků. *Manuskript*, Geofyzika – Brno.

GNOJEK, I., HEINZ, H., 1993: Central European (Alpine-Carpathian) Belt of Magnetic Anomalies and its Geological Interpretation. *Geol. Carpath.* 44, 3, 135–142. Bratislava.

GNOJEK, I., HUBATKA, F., 2001: Structure of the Brunovistulian Unit (E part of the Czech Republic) on the basis of seismic and magnetic data. *Bull. Czech. Geol. Surv.* 73, 3, 157–168, Praha.

HANÁK, J., ONDRA, P., 2001: Petrofyzikální registr Geofyzikální databanky, stav k r. 2001. Geofyzika – Brno.

HARLAND, W. B., COX, A. V., LLEWELLYN, P. G., PICKTON, C. A. G., SMITH, A. G., WALTERS, R., 1982: A geologic time scale. Cambridge Univesity Press. Cambridge.

JIHLAVEC, F. et al., 1996: Geofyzikální prospekce nafty a plynu na východní Moravě. Interní zpráva MPO ČR Praha, Geofyzika – Brno.

KADLEČÍK, J., DOLEŽAL, J., ČEKAN, V., UHMANN, J., FILKOVÁ, V., 1983: Souhrnné zpracování geofyzikálních dat z karpatské předhlubně a flyšových pásem Západních Karpat. *Manuskript*, Geofyzika – Brno.

KREJČÍ, O., MÜLLER, P., FRANCŮ, J., 1998: Geodynamický model styku Českého masivu a Západních Karpat, geofyzikální část autorů Hubatka, F., Sedlák, J., Ondra, P., 1997: Geofyzikální práce na úkolu VaV/630/1/97. ČGÚ Praha.

KRS, M., ŠMÍD, B., 1979: Paleomagnetism of Cretaceous rocks of the teschenite association, Outer West Carpathians of Czechoslovakia. *Sbor. geol. věd., užitá Geofyz.* 16, 7–25. Praha.

MAŠÍN, J., 1695: Aeromagnetická mapa ČSSR, mapa anomálií totální intenzity 1:200 000. Ústř. Úst. Geol., Praha.

MENČÍK, E., TYRÁČEK, J., 1985: Přehledná geologická mapa Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny, 1:100 000. Ústř. Úst. Geol., Praha.

SEDLÁK, J., 1999: Projekt geologických prací s mezinárodní spoluprací – Strukturně-geologická stavba Západních Karpat a jejich podloží na základě geofyzikálních dat v příhraničních oblastech s Polskem a Slovenskem. MŽP ČR, Praha.

SEDLÁK, J., KREJČÍ, O., MRLINA, J., FRANCŮ, J., FRANCŮ, E., GNOJEK, I., HANÁK, J., HAVELKOVÁ, V., ŠIKULA, J., 2001: Strukturně-geologická stavba Západních Karpat a jejich podloží na základě geofyzikálních dat v příhraničních oblastech s Polskem a Slovenskem. Zpráva za roční výseč prací – 2001. *Manuskript,* Geofyzika – Brno, MŽP ČR Praha.

ŠUTORA, A., CHLPOŠ, J., 1967: Geomagnetický průzkum v oblasti vnějšího a magurského flyše. Záv. zpráva za r. 1966. *Manuskript,* Geofyzika – Brno.

UHMANN, J., 1973: Fyzikální vlastnosti hornin neogenní předhlubně a flyšových pásem Západních Karpat. *Manuskript,* Geofyzika – Brno.