



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

MAPA GEODYNAMICKÝCH JEVŮ V OBLASTI SLANSKÝCH VRCHŮ A OKOLÍ.

MAP OF GEODYNAMIC PHENOMENA IN THE SLANSKÉ VRCHY MTS., AND
SURROUNDING.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Monika Lazoríková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. RNDr. LUBOMIL POSPÍŠIL, CSc.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie (N)
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Monika Lazoríková
Název	Mapa geodynamických jevů v oblasti Slanských vrchů a okolí.
Vedoucí práce	doc. RNDr. Lubomil Pospíšil, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Dostupné data GPS z publikací, sborníků atd., využit údaje o zemětřeseních z databáze AV ČR, USGS, ÚFZ MU v Brně, geomorfologické podklady, mapy, informace o sesuvných oblastech, poddolování a jiné podklady vztahující se ke geodynamickým změnám na zemském povrchu. Z publikací a dat archívu a ŠÚG DŠ zpracovat geologicko-geofyzikální podklady mající vztah k recentní stavbě severní části území Slanských vrchů a jejich okolí.

Z dostupných databází (ČÚZK, VÚZGK atd., GEOFONDU SR a ŠÚG SR) zpracovat podklady a data z opakovaných nivelací, ZABAGED, ortofota atd.

Využit práce Vyskočil, P., 1996, Pospíšil et al., 1976, 1980 a Švábenský et al., 2008, 2009, 2010 2012, 2013, 2014, Pospíšil et al., 2012, Roštínský et al., 2013

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Výsledkem této DP bude Geodynamická mapa oblasti severní části Slanských vrchů a jejich okolí v měřítku 1:200 000. Pro sestavení mapy budou využity i dostupné údaje z GNSS měření, seizmická, geofyzikální, geomorfologická a DPZ data. Mapa bude zpracovaná v prostředí GIS technologie. Na základě zkoumaných dat budou vymezeny dynamicky aktivní lokality, které se vyznačují recentními pohybovými tendencemi. Tyto budou detailně analyzované a interpretované.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. RNDr. Lubomil Pospíšil, CSc.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cieľom diplomovej práce bolo spracovanie dostupných geodetických, geomorfologických, geologických a geofyzikálnych dát a ďalších možných mapových podkladov, ktoré majú vzťah ku pohybovým a geodynamickým pomerom v tejto časti Západných Karpát. Účelom bolo aj zhodnotenie možných kinematických pomerov a navrhnutie vhodných oblastí pre ďalšie GNSS monitorovanie. Zvlášť oblasť Slanské vrchy sa nachádza v zóne, kde nie sú žiadne oporné GNSS body, pričom je situovaná na hlavných tektonických zlomoch východného Slovenska. Výsledky a všetky podklady sú spracované v programovom prostredí GIS a zhrnuté do základnej geodynamickej mapy Slanských vrchov a okolia.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

geodynamická mapa, Slanské vrchy, recentné vertikálne pohyby, GNSS, geofyzika

ABSTRACT

The aim of the diploma thesis has been evaluation of available geodetic, geomorphological, geological and geophysical data and other possible map data, which are related to the motion and geodynamic properties in this part of Western Carpathians. The purpose has been also to evaluate possible kinematic relations and design appropriate areas for further GNSS monitoring. Especially Slanské vrchy area is located in the zone where there are no supporting GNSS points, despite the area is situated on the main tectonic breaks of eastern Slovakia. The results and all supporting materials have been processed in the GIS program and summarized in the basic geodynamic map of Slanské vrchy and the surroundings.

KEYWORDS

geodynamic map, Slanské vrchy, recent vertical movements, GNSS, geophysics

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Monika Lazoríková *Mapa geodynamických jevů v oblasti Slanských vrchů a okolí.*
Brno, 2017. 54 s., 23 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta
stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. RNDr. Lubomil Pospíšil, CSc.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že diplomovú prácu som spracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2017

Bc. Monika Lazoríková
autor práce

POĎAKOVANIE

Ďakujem svojmu vedúcemu diplomovej práce doc. RNDr. Lubomilovi Pospíšilovi CSc. za odborné vedenie a cenné rady pi spracovaní diplomovej práce. Taktiež ďakujem svojim rodičom za podporu pri štúdiu na vysokej škole.

Obsah

1. Úvod	- 10 -
2. Zájmová oblasť – Slanské vrchy a ich okolie	- 11 -
2.1. Základné údaje o území	- 11 -
2.2. Geologická stavba Slanských vrchov	- 12 -
2.3. Vulkanický aparát Zlatá Baňa	- 15 -
3. Tektonika územia	- 17 -
3.1. Neotektonické pohyby	- 19 -
3.1.1. Svahové zosuvy	- 20 -
4. Geofyzikálne informácie o území	- 22 -
4.1. Gravimetrické dáta	- 22 -
4.2. Magnetické dáta	- 23 -
4.3. Seizmologické dáta	- 24 -
4.3.1. Seizmická aktivita a neotektonický vývoj	- 24 -
4.4. Geotermické dáta	- 27 -
4.4.1. Geotermika.....	- 27 -
4.4.2. Geotermálne zdroje.....	- 28 -
4.5. Geofyzikálne merania v okolí Zlatej Bane a ich geologická interpretácia -	29 -
4.6. Ostatné geofyzikálne dáta	- 34 -
4.6.1. Radónové riziko.....	- 34 -
5. Metodika spracovania	- 36 -
5.1. Morfológická analýza územia	- 36 -
5.1.1. SRTM dáta.....	- 36 -
5.1.2. Interpretácia materiálov DPZ.....	- 36 -
5.1.3. Letecké snímky	- 37 -
6. Spracovanie	- 38 -
6.1. Spracovanie geodynamického mapy	- 38 -

6.2.	Spracovanie profilov	- 39 -
7.	Výsledky a interpretácia recentných pohybov.....	- 40 -
7.1.	Geodetické dáta	- 40 -
7.1.1.	Recentné vertikálne pohyby.....	- 40 -
7.1.2.	Recentné horizontálne pohyby.....	- 42 -
8.	Výsledná geodynamická mapa Slanských vrchov a ich okolia	- 43 -
9.	Odporúčanie.....	- 48 -
10.	Záver	- 49 -
11.	Zoznam použitých zdrojov	- 50 -
12.	Zoznam použitých obrázkov a tabuliek.....	- 53 -
12.1.	Zoznam obrázkov	- 53 -
12.2.	Zoznam tabuliek	- 53 -
13.	Zoznam príloh	- 54 -

1. Úvod

Slanské vrchy je pohorie, ktoré tvorí deliacu zónu v území medzi Spišsko-gemerským rudohorím (SGR), východoslovenským flyšom (VF), Východoslovenskou neogénnou panvou (VSN) a priľahlým územím Tokajských vrchov. Jeden z cieľov interpretácie výsledkov GNSS merania na území Západných Karpát je vysvetliť príčinu výrazných zmien v orientácii vektorov ročných rýchlostí získaných za obdobie viac ako 10 rokov. [1]

V tejto oblasti však chýba dostatočne hustá monitorovacia sieť GNSS bodov, ktorá by bližšie špecifikovala príčinu týchto zmien. Z pohľadu geológie sa tieto zmeny prisudzujú krížením dvoch hlbinné založených tektonických systémov a to Močaransko – topľanskému a Hornádkemu systému severo-južný. [2]

Cieľom tejto diplomovej práce je pokúsiť sa zhodnotiť geodetické dáta v tomto priestore a postaviť možný geodynamický model územia pre ďalšie poznanie a verifikáciu pohybových tendencií. Z metodického hľadiska sa opieram o komplexné geodetické, geologické, geofyzikálne a geomorfologické dáta, kde predovšetkým výsledky reflexných seizmických profilov poskytujú reálny obraz štruktúr až do úrovne 10 km. Taktiež boli využité výsledky interpretácie DPZ a to hlavne stereoskopické zhodnotenie leteckých snímok z hľadiska exogénnej dynamiky územia a spektrozónálna analýza snímok Landsat.

Pre posúdenie kinematiky územia boli využité aj údaje o výskytoch historických zemetrasení a recentné záznamy o ohniskách zemetrasení z obdobia 1990 až 2015. Hlavnými opornými dátami boli výsledky GNSS merania spracované [1] [3] [4] [5].

2. Zájmová oblasť – Slanské vrchy a ich okolie

2.1. Základné údaje o území

Pohorie Slanské vrchy, ktoré tvorí bádensko-sarmatské vulkanické komplexy, sa nachádza vo východnej oblasti Slovenskej republiky. Predstavujú úzky horský chrbát smeru S-J, mierne vyklenutý na východ. Toto sopečné pohorie s dĺžkou približne 60 km sa rozprestiera východne od Prešova a tiahne sa smerom na juh až ku Maďarským hraniciam. Zo západu sú ohraničené Košickou kotlinou a na východe Východoslovenskou pahorkatinou. Slanské vrchy sú súčasťou karpatského vulkanického oblúka. Pohorie je zložené z niekoľkých podcelkov – Zlatá Baňa, Šimonka, Makovica, Strechov vrch, Mošník, Bogota a Milič. Tieto podcelky sú delené na jednotlivé oblasti. Najvyšším vrchom Slanských vrchov je Šimonka (1092 m. n. m.), ktorá sa nachádza v severnej časti pohoria. Medzi ďalšie známe vrcholy môžeme zahrnúť Čiernu horu a Tri chotáre. Slanské vrchy sú známe výskytom „Dubnickými“ opálovými baňami. Taktiež sa tu nachádza Vitrova dzira, čo je najhlbšia pseudokrasová priepasť na Slovensku (55m). Vytvorila sa v relatívne nízkej nadmorskej výške a to v južnej časti. V Slanských vrchoch je okolo 10 evidovaných jaskýň a Vitrova dzira je jednoznačne najväčšou jaskyňou. Zaujímavú štruktúru tvorí gejzír v obci Herľany viazaný na mezozoicko-kryštalicú hrasť. Zájmová oblasť pre DP sa nachádza v rozmedzí vulkanických aparátov Zlatá Baňa a Makovica. [6] [7]

Slanské vrchy sú na základe geomorfologicko – geografického členenia časťou:

Sústava : Alpsko - himalájska

Podsústava : Karpaty

Provincia : Západné Karpaty

Subprovincia : vnútorné Západné Karpaty

Oblasť : Matransko – slanská oblasť [7]

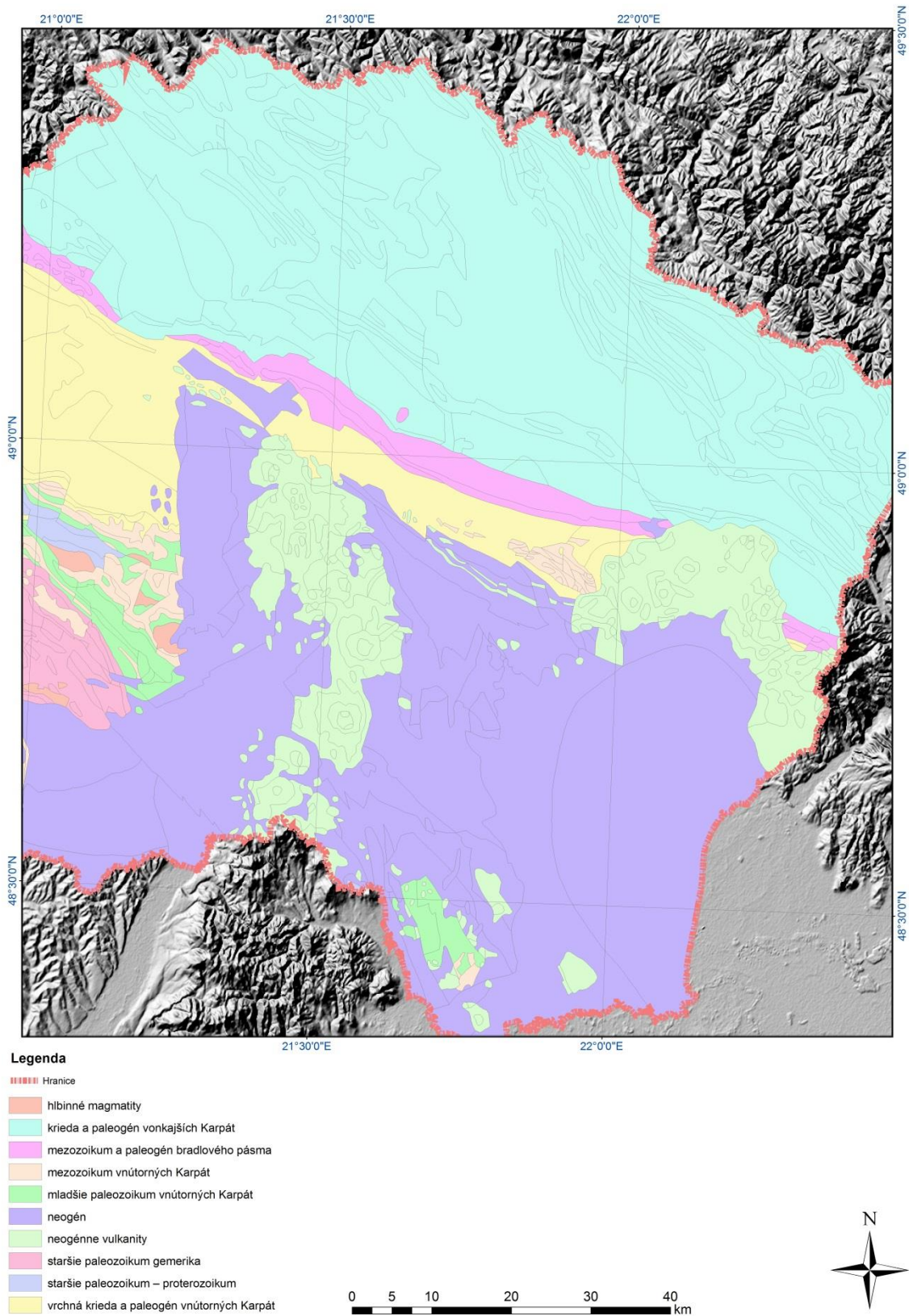
Celok:	Slanské vrchy
<i>Podcelky:</i>	<i>Oblasti</i>
Šimonka	Zlatobanská kotlina, Olšavské predhorie, Lúčinská kotlina
Makovica	Banské predhorie, Banská kotlina
Mošník	-
Bogota	-
Milič	Sala

Tabuľka 1: Celky Slanských vrchov [7]

2.2. Geologická stavba Slanských vrchov

Geologicky patria Slanské vrchy do vnútorných Západných Karpát, do pásma východoslovenských neogénnych vulkanitov. Slanské vrchy sa na severe stýkajú s vnútrokarpatským paleogénom, na západe a na východe sú obklopené neogénnymi sedimentmi výplne Košickej kotliny a Východoslovenskej panvy. Slanské vrchy sú komplex neovulkanitov. Sopečné masy Slanských vrchov ležia na starších neogénnych usadeninách. Vznik sopečných východoslovenských pohorí sa viaže na tektonické pohyby v období neogénu (báden až panón). Tieto sopečné pohoria predstavujú len zvyšok veľkých sopečných oblastí. [8]

Na východnom Slovensku sa prvé prejavy vulkanizmu objavujú v burdigale a pokračujú aj v helvéte výlevmi ryolitov a tufov. V spodnom aj vrchnom tortóne pokračuje ryolitový vulkanizmus, už ale vo zvýšenej miere a vznikajú tak mocné polohy tufov a tufitov v panve, ako aj veľké telesá ryolitov. Na povrch vystupujú splodiny tejto sopečnej činnosti. [8]



Obrázok 1: Geologické rozhrania na území Slanských vrchov [9] - upravené autorom

Slanské vrchy vznikli v mladších treťohorách v neogéne, keď oddelili od seba Košickú kotlinu a Východoslovenskú nížinu, predstavujú niekoľko „vetiev“ ostrovných vulkanických oblúkov, ktorých východná časť je pochovaná vo Východoslovenskej panve. Vznik Slanských vrchov súvisel aj s vývojom Východoslovenskej panvy, do ktorej sa ukladali aj produkty neogénneho vulkanizmu, dokonca v centrálnej a v južnej časti Východoslovenskej panvy sú pochované vulkanické centrá pri Malčiciach a Beši. Významným obdobím vo vývoji bol vznik neogénneho sedimentárneho priestoru, ktorý sa začal vytvárať na rozhraní oligocénu a miocénu. [8]

V období egeri (cca 26 – 22,5 mil. r.) sa vytvoril zárodok v SZ časti panvy pozdĺž V-Z zlomov, po vyzdvihnutí flyšových Karpát bola väčšina sedimentov odnesená. V egenburgu (22,5 – 19 mil. r.) sa začala roztvárať panva pozdĺž bradlového pásma. Už v období egenburgu sa začal aktivovať ryolitový vulkanizmus, ktorý bol zistený vo vrte pri Čelovciach, ktoré sa nachádzajú pri Prešove. Jedná sa o drobnozrnné ryolitové tufity, uložené vo vodnom prostredí. Ich erupčné centrum vzniklo pravdepodobne v oblasti poklesávajúcej čelovskej depresie. V nasledujúcom období ottnangu (19 – 17,5 mil.r.) sa panva vynorila a sedimentácia bola prerušená. V období karpate (17,5 – 16,5 mil.r.) sa panva ďalej otvárala, rozšírila sa a orientácia jej osi sa zmenila na JV. More zaplavilo takmer celú severnú časť Košickej kotliny vrátane územia pod Slanskými vrchmi. V karpate sa aktivizoval zase ryolitovo - ryodacitový vulkanizmus a jedno z jeho centier bol pravdepodobne v oblasti Zlatej Bane. Jeho produktom boli pyroklastiká, teda jemný vulkanický materiál, prevažne tufy, ktoré boli zistené vrtmi, ich ekvivalentom sú zvyšky tufov uložené na teriakovskom súvrství pri Finticiach. Soľnobanské súvrstvie stredného karpate predstavuje regresné štádium (ústup mora), najprv sa tu ukladali anhydrity (s pieskovcom), neskôr hladina bazénu kolísala a polohy evaporitov (halit, anhydrit a sadrovec) sa striedali s ílmi a pieskovcami, smerom do nadložia obsah solí klesal. V osi panvy sa vytvorila úzka dlhšia hrádza (hrásť), ktorá sa neskôr sformovala na bariéru (soľonosné vrstvy ju v karpate nepresiahli od JZ, v strednom bádene od SV). V strednom bádene (cca 15 mil.r.) v centrálnej časti panvy na V od Slanských vrchov sa usadilo zbudzské súvrstvie (halit, anhydrit). Hrúbka súvrstvia je väčšia ako v oblasti Solivaru a soľ je čistejšia. Zmenu vo vývoji panvy a hlavne vo vývoji vulkanizmu priniesol vrchný bádene (cca 13 mil.r.). Panva sa spojila s morom od juhu. Vo vrchnom bádene sa začal kyslý ryolitový až ryodacitový a andezitový vulkanizmus. Zlomy SZ-JV smeru sa stali

prívodnými kanálmi magmy. V rámci tejto fázy sa vyčleňujú kyslé pyroklastiká v spodnej časti súvrstvia (Kráľovce, Tuhiná, Zamutov, Soľ) a extruzívne telesá ryodacitov (Zamutov - Valenčica, Merník). Andezity vrchného bádenu vystupujú súvislejšie na Z od Zamutova v reliktoch stratovulkánu Ošvárska. V období sarmatu (13 – 10,5 mil.r.) vyvrcholila vo Východoslovenskej panve sedimentácia a o trochu neskôr aj vulkanizmus v Slanských vrchoch. V spodnom sarmate tu existovala intenzívna vulkanická činnosť (ryolitové tufy – rankovské tufy), v strednom sarmate to boli produkty andezitového vulkanizmu, čo v Slanských vrchoch predstavuje celú reťaz veľkých i menších stratovulkánov. Eruptívna činnosť pulzovala od spodného sarmatu do spodného panónu. [8]

Produkty severnej časti stratovulkánu Zlatá Baňa a vulkánu Šťavica sa ukladali na suchú zem, do riečno-jazerného prostredia, južný okraj zlatobanského stratovulkánu, Strechov vrch a Makovica, sa vyvíjali vo vodnom prostredí. Vznikli tu aj menšie parazitické vulkány – Košický Klečenov, Vechec, Rankovské skaly a Šebastovka. V strednom sarmate (11,5 mil.r.) vyvrcholila efuzívno-explozívna aktivita a vytvorili sa výrazné stratovulkanické kužele. Okrem toho vznikli aj extruzívne kupolovité (Oblík, Šarišský hradný vrch, Lysá stráž, Veľká stráž, Maliniak) a dómatické často rozsiahle telesá, hlavne po okrajových zlomoch SZ-JV a SV-JZ smerov. V období vulkanickej aktivity vznikali miestami depresie až panvičky (Banské, Juskova Voľa, Židov laz). Na okraji vulkanických kužeľov sa prejavovala aj postvulkanická činnosť vznikom polôh opálov (Herľany, Kamenica, Dargovský lom) a lignitického uhlia. [10]

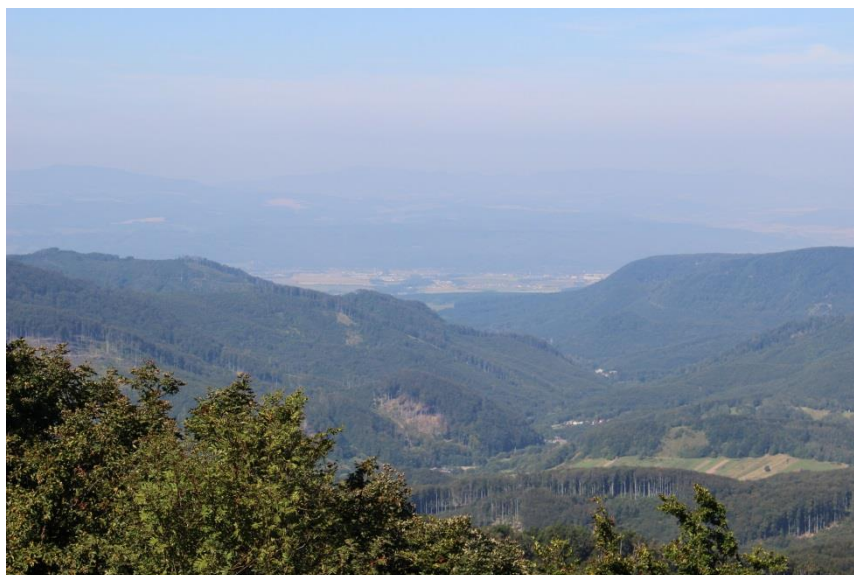
2.3. Vulkanický aparát Zlatá Baňa

Areál Slanských vrchov tvorí súvislú reťaz väčších a taktiež menších polygenetických a monogenetických andezitových vulkánov. Priestorovo najrozsiahlejší z nich je aparát Zlatej Bane, ktorý je zaujímavý a perspektívny na výskyt polymetalických ložísk, ortuti a v minulosti i opálov.

Svojou polohou je vulkanický aparát Zlatá Baňa prechodný článok medzi charakterom mineralizácie západokarpatskej a východokarpatskej proveniencie, ale skôr inklinuje k východokarpatským ložiskám.

Na základe geofyzikálnych údajov je vrchná hranica predneogenného podložia v hĺbke 1500 až 3600 m. Vrchná hranica podložia ostatných stratovulkánov, ktoré sa nachádzajú v Slanských vrchoch, okrem stratovulkánu Veľký Milič, dosahujú miestami hĺbku až 6000 m, čo priamo ovplyvňuje procesy, ktoré prebiehajú v magmatickom krbe a súvisia so vznikom hydrotermálnych roztokov. [11]

Spodnú časť centrálnej zóny tvoria plochy ryolitových vulkanoklastík a piesčito-ílovitých sedimentov. Tieto sedimenty sú miestami pretínané intruzívnymi telesami ryolitov. Vrchná časť centrálnej zóny je tvorená andezitovým komplexom, ktorého vek je spodný sarmat. Andezity sú z väčšej hĺbky silne hydrotermálne premenené. [11]



Obrázok 2: Výhľad z najvyššieho vrchu v Slanských vrchoch na kalderový systém najväčšieho vulkánu Zlatá Baňa

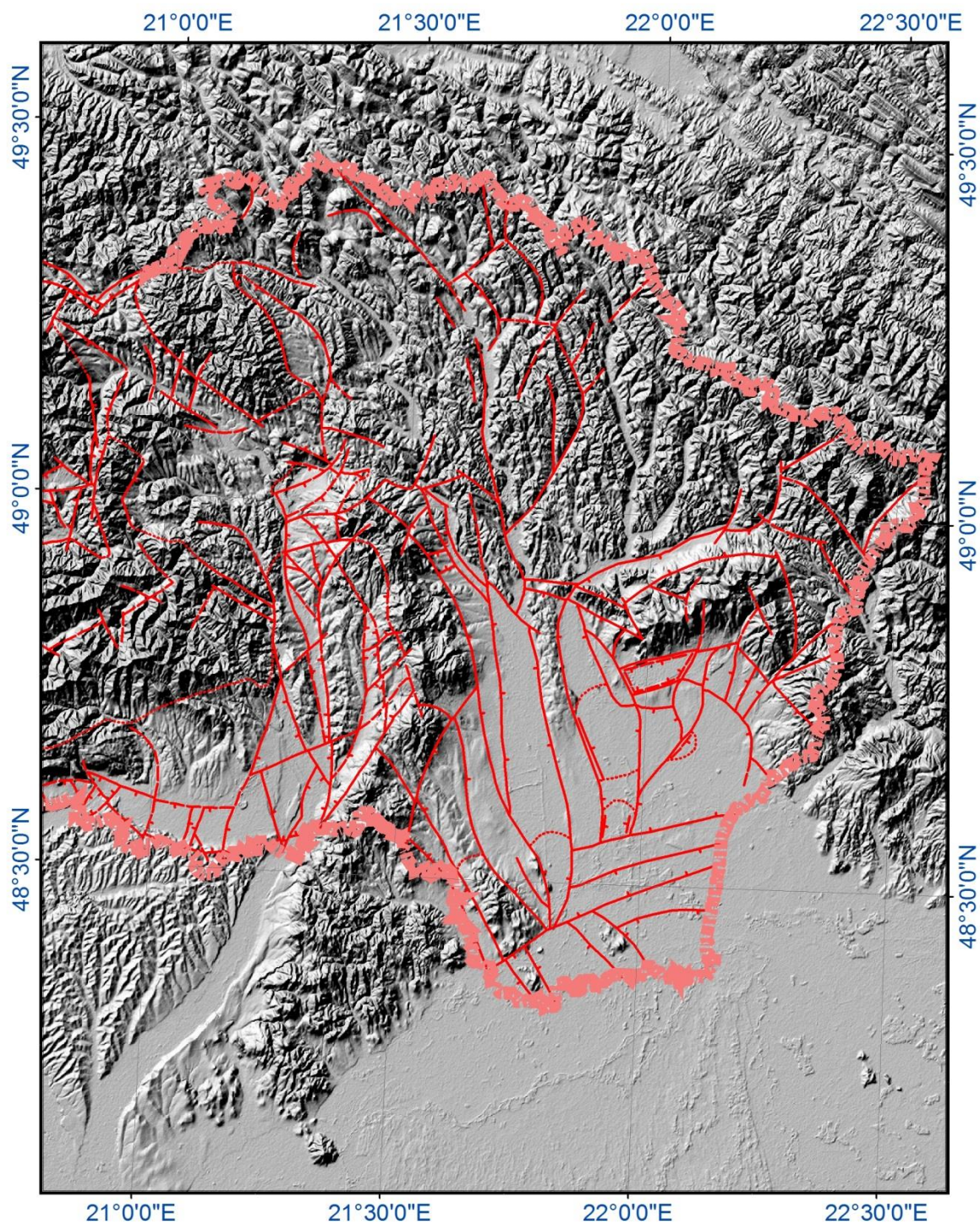
3. Tektonika územia

Záujmová oblasť leží v styčnej oblasti Západných a Východných Karpát a na stavbe tejto oblasti sa podieľajú rôznorodé tektonické jednotky.

Z geologického vrtu Hanušovce vyplýva, že plocha násunu bradlového pásma na magurský flyš je pod uhlom 50 až 70° na J až JZ. Štruktúra bradlového pásma, ktorá je strmo uložená až vztýčená, podmieňuje dvojakú vergenciu a v SZ aj JV časti bradlového pásma boli zistené úklony na S až SV. Okrem týchto lineárnych tektonických prvkov sa v záujmovej oblasti uplatňujú aj mladšie zlomy JJZ-SSV, ale predovšetkým JZ-SV smeru, pozdĺž ktorých je bradlové pásmo segmentované na rad blokov. [12]

Medzi dominujúci prvok v geologickej stavbe územia je neogénna panva, ktorá je vyplnená sedimentmi hlavnej molasy s produktmi neogenného vulkanizmu. Vznik a vývoj panvy boli ovplyvnené zložitou stavbou predterciérneho podložia, ktoré má zložitú alpínsku stavbu. Okrem vrásových a príkrovných štruktúr sú v stavbe predterciérneho podložia výrazne uplatnené aj disjunktívne zlomové štruktúry. V oblasti dominuje prešovsko – trebišovský gráben [13], ktorý je skrytý pod vulkanickým pohorím a považuje sa za hlavnú štruktúru, ktorá ovplyvňuje charakter reliéfu predterciérneho podložia Východoslovenskej neogénnej panvy. [12]

Výrazná zmena tektonickej aktivity bola prejavovaná v bádene. Vznikli výrazné priečne zlomy SV-JZ smeru. Tieto zlomy epigeneticky porušujú staršie sedimenty paleogénu, egenburgu a karpatu a vznikla tak výrazná bloková stavba územia. Hlavná tektonická aktivita bola kulminovaná vo vrchnom bádene až spodnom sarmate. Veľký pokles v panve bol zviazaný so vznikom rozsiahleho andezitového vulkanizmu. [12]



Legenda

- - - - - Hranice
- — — — — Geologické zlomy

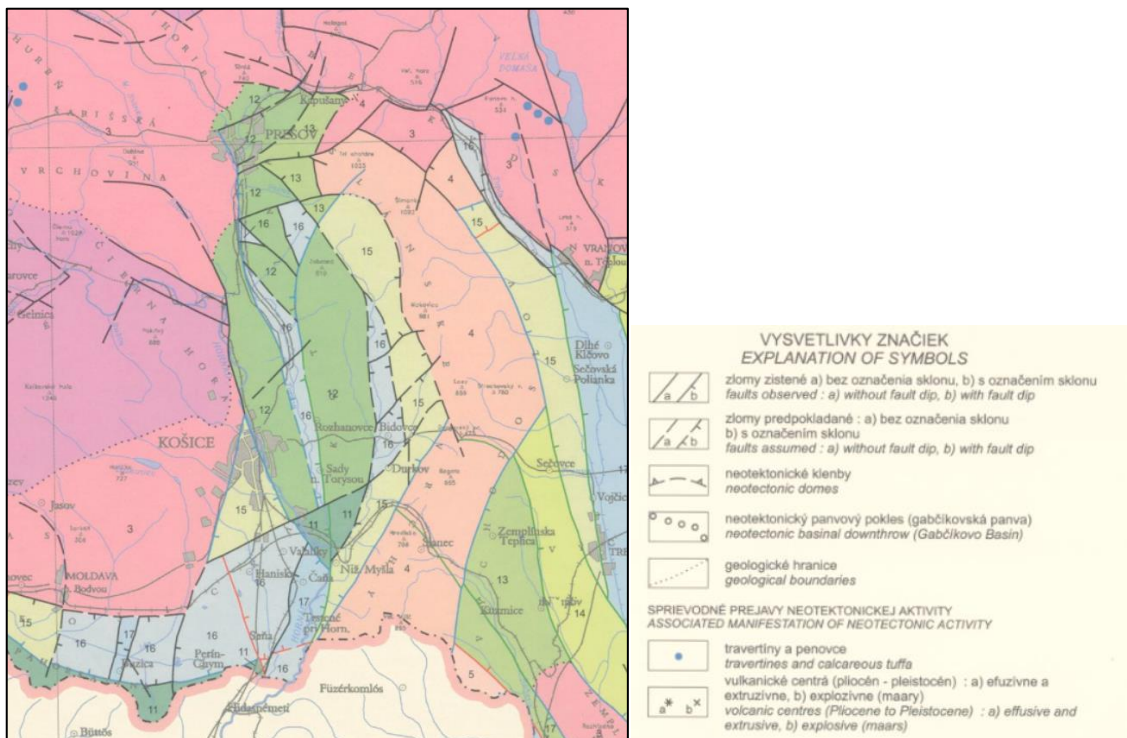


*Obrázok 3: Mapa geologických kvartérnych zlomov. [9] [14] [15]- upravené autorom
 Zlomy sú potvrdením prejavu tektonickej aktivity v kvartéri. Územie bolo porušené
 výhradne disjunktívnou tektonikou. Zlomy majú poklesový charakter.*

3.1. Neotektonické pohyby

Za neotektonické pohyby považujeme mladšie tektonické pohyby, ktoré majú vplyv na tvorbu reliéfu. Neotektonické procesy sú tiež prejavom nestability zemskej kôry.

Za neotektonické obdobie možno považovať na východnom Slovensku po panónske obdobie, kedy po kulminácii poklesu a kulminácii vulkanizmu sa utlmuje aktivita zlomov a depresia nadobúda misovitý charakter panvy. Touto tektonickou aktivitou vznikli čiastkové priečne prepadliny a hraste. [14] Najvýznamnejšia je hrast' Oblík - Lesíček. Najmladším zlomovým systémom je Hornádsky systém, ktorý má S-J priebeh s úklonom na východ a je aj najaktívnejší. Zlomy v tomto smere epigeneticky porušujú sedimenty egenburgu. Aktivity týchto zlomov sú spájané s rozsiahlejšími paleogeografickými zmenami v panve. Vtedy boli vyzdvihnuté predneogénne jednotky v panve pri západnom okraji panvy a poklesávala JV časť neogénnej molasovej panvy, práve pozdĺž týchto zlomov.



Obrázok 4: Výrez z neotektonickej mapy Slovenskej republiky [15]

3.1.1. Svahové zosuvy

Ku geodynamickým prvkom náležia aj prejavy svahových deformácií. Navyše pre zhodnotenie reálnych regionálnych pohybových tendencií je treba vedieť o ich existencii v danom území. Dôvodom vzniku a rozvoja svahových zosuvov v záujmovej lokalite je zložitosť komplexnej interakcie podmienok a faktorov životného prostredia. Podmienky pre svahové pohyby sú dané geologickou a tektonickou stavbou, geomorfologickými, hydrogeologickými a klimatickými pomermi územia.

Podľa všeobecne používanej klasifikácie svahových pohybov [16], ktorá sa stala všeobecne používanou klasifikáciou svahových pohybov v SR a ČR, možno recentné svahové pohyby v Slanských vrchoch a priľahlých kotlinách zaradiť do skupiny:

- Skupina plazenia (blokové pohyby – blokové rozpadliny a blokové polia)
- Skupiny zosúvania (zosúvanie pozdĺž zloženej šmykovej plochy)
- Skupiny rútenia (opadávanie úlomkov, odvalové rútenie, planárne rútenie) [16]

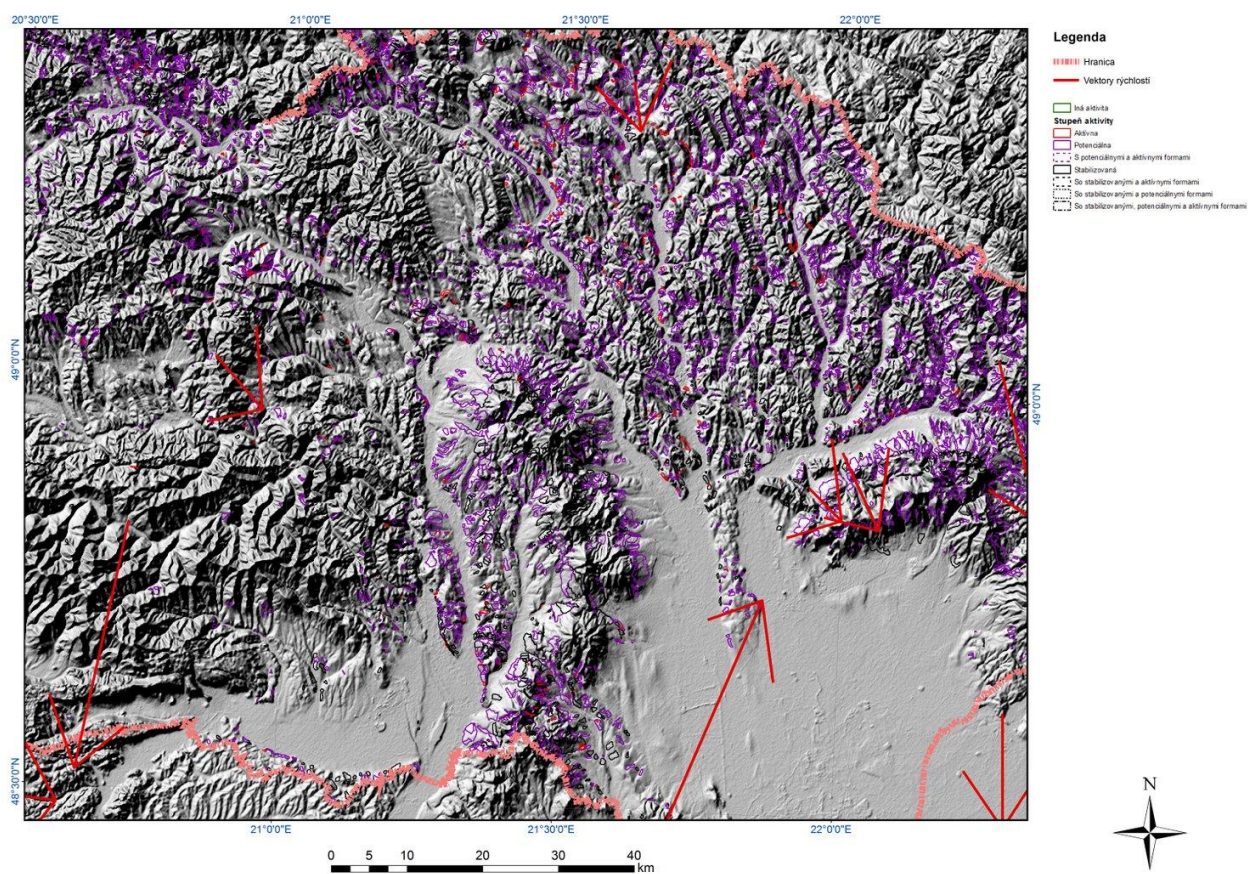
Vyššie uvedené základné skupiny a typy svahových deformácií sa vyskytujú v prevažnej miere po obvode vulkanického masívu (jednotlivých stratovulkánov), ale aj v ich centrálnych častiach (centrálnych vulkanických zónach) a miestami aj v hlboko zarezaných dolinách stratovulkanického plášťa.

Hlavnou podmienkou pre vznik gravitačného svahového pohybu v oblasti Slanských vrchoch je geologická štruktúra, ktorá má priaznivý vplyv pre vznik a rozvoj svahových zosuvov, keďže pevné horniny vulkánov ležia na mäkkších a plastickejších vrstvách neogénu. Horný vulkanický komplex sa vyznačuje vyššou pevnosťou a je objemovo stály, pričom spodný podložný komplex sa vyznačuje nižšou pevnosťou a objemovou nestálosťou.

Už proces formovania reliéfu v danej geologickej štruktúre ovplyvňuje vývoj svahových deformácií. Tektonický výzdvih územia a hĺbková erózia ovplyvnili mäkké plastické podložie a došlo ku uvoľňovaniu horizontálnych napätí. Príčinou tohto javu je napätie, ktoré vzniká v podloží hornín vulkánu.

Na rozvoj svahových pohybov majú taktiež vplyv hydrogeologické pomery. Hydrogeologické pomery priaznivé pre vznik a rozvoj svahových pohybov sú vo všeobecnosti také, ktoré prekážajú rýchlemu odtoku vody zo svahov. Porušené pásma jednotlivých zlomových línií a línií gravitačného rozvoľňovania umožňujú rýchle vsakovanie zrážkovej vody. Nefiltrovaná voda preniká na nepriepustné podložie, kde sa vytvára horizont gravitačne prúdiacej vody. Zvlnený a stupňovitý povrch zosuvov umožňuje zadržiavať zrážkovú vodu v bezodtokových depresiách.

Náhle teplotné rozdiely a zrážkové anomálie tiež prispievajú ku vzniku svahových pohybov. Teplotné rozdiely ovplyvňujú vo vrcholových častiach územia zvetrávanie, ktoré pozdĺž tektonických puklín zasahuje hlboko do vulkanických hornín. Dôvodom je gravitačný rozpad. Medzi faktor, ktorý ovplyvňuje vznik svahových pohybov, patrí aj anomálne zrážky



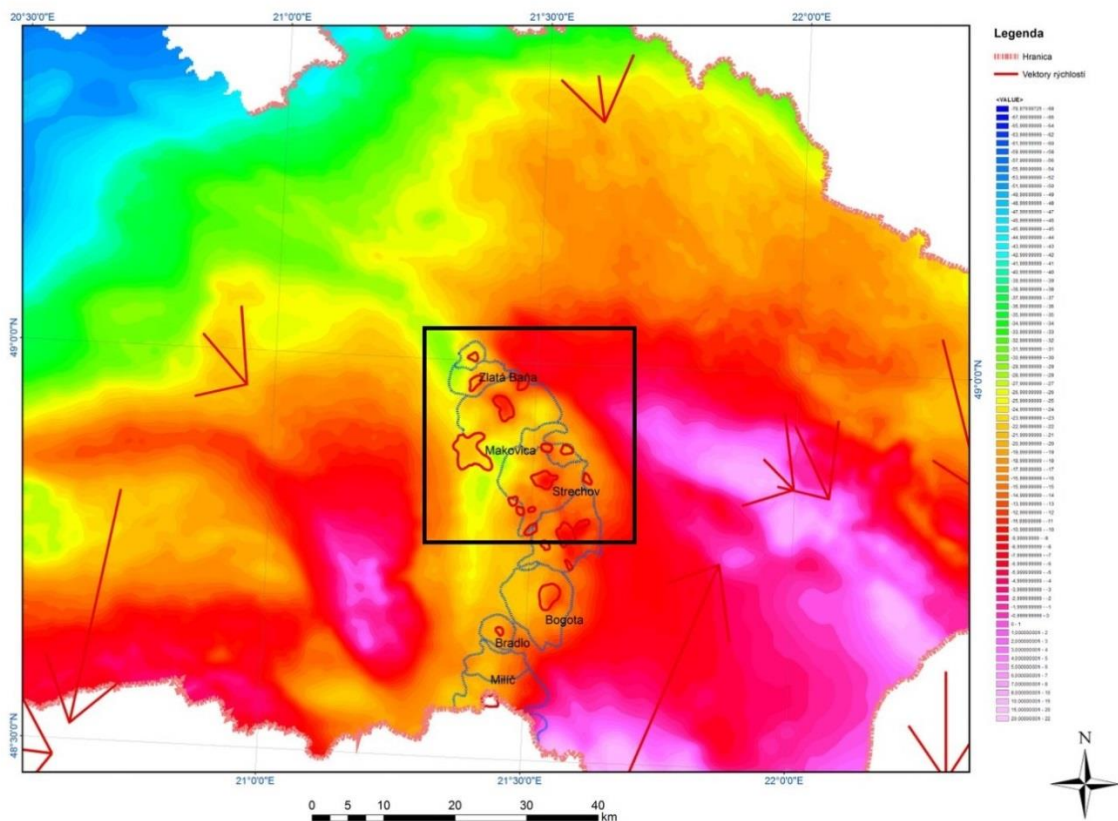
Obrázok 5: Prehľad svahových deformácií na území Slanských vrchov a ich okolia [1] [9] - upravené autorom

4. Geofyzikálne informácie o území

4.1. Gravimetrické dáta

Na východe Slovenska v záujmovej oblasti Slanských vrchov boli vykonané gravimetrické merania v mierke 1:50 000. Výsledkom je mapa úplných Bouguerových anomálií.

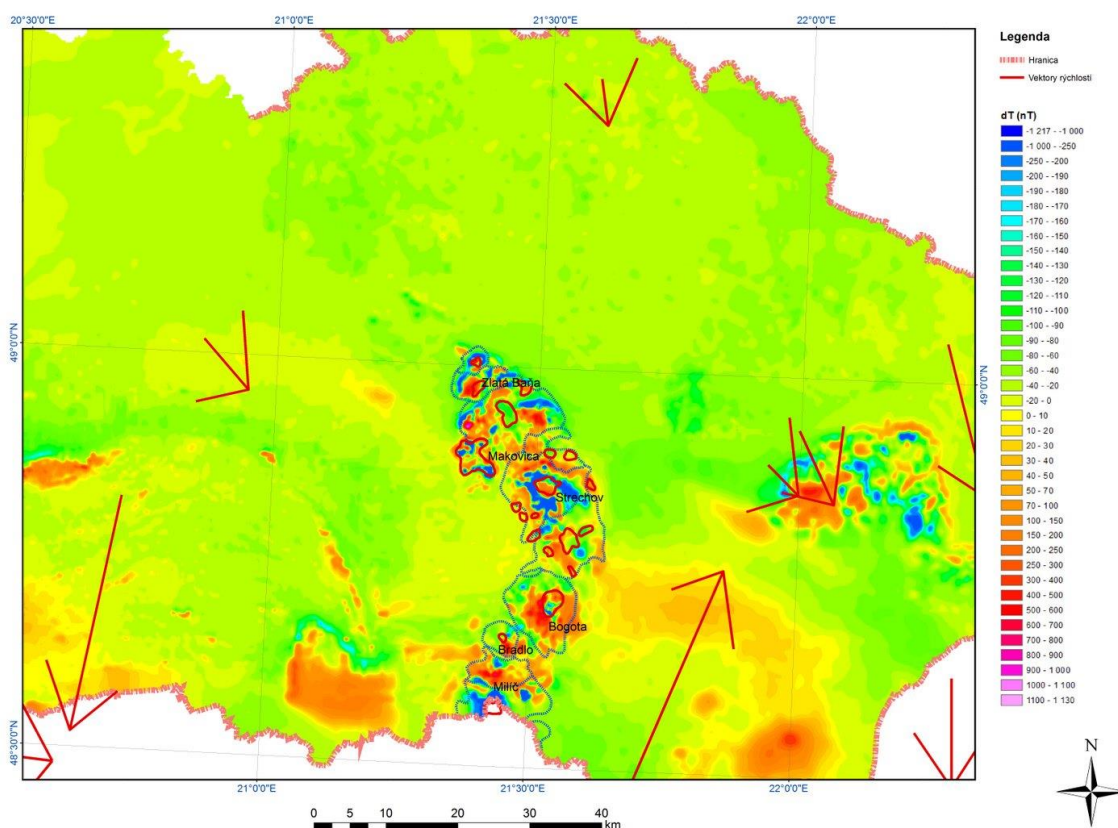
V oblasti Slanských vrchov sa nachádzajú hlavne záporné oblasti tiažových anomálií. Po okrajoch vulkanických aparátov boli zistené regionálne tiažové anomálie, ktoré boli L. Pospíšilom v roku 1980 interpretované ako čiastkový diapír plášťa. Diferencované vertikálne pohyby pomohli ku vzniku vulkanických aparátov, pričom zlomové systémy sa napojili na čiastkový vystupujúci diapír.



Obrázok 6: Mapa úplných Bouguerových anomálií [1][9] - upravené autorom
Záujmová oblasť je vyznačená štvorcom. Najvyšší prejav anomálií sa prejavuje vo vulkanických centrách u jednotlivých vulkánov. Je to pravdepodobne spôsobené vyzdvihovaním vulkánov, pričom aj v tých miestach môže dôjsť ku poklesu. Dôvodom môže byť anomália.

4.2. Magnetické dáta

V záujmovej oblasti Slanských vrchov môžeme pozorovať výrazne porušené magnetické pole, ktoré je spôsobené vulkanickou stavbou pohoria. Výraznejšie kladné anomálie nad 200 nT sa nachádzajú predovšetkým po okrajoch stratovulkánov a v oblasti intruzívneho komplexu. Záporné anomálie až do -1200 nT sa nachádzajú po vnútorných okrajoch stratovulkánu Makovica. Z magnetickej mapy je zreteľný vzťah ku tektonickej stavbe. Distribúcia jednotlivých andezitových vulkánov je kontrolovaná predovšetkým zlomami SZ-JV a JZ-SV. Regionálne anomálie v centrálnej časti transkarpatskej depresie náleží jednotkám meliatica (Moldavská kotlina) a tzv. „karpatskému penniniku“. [17]



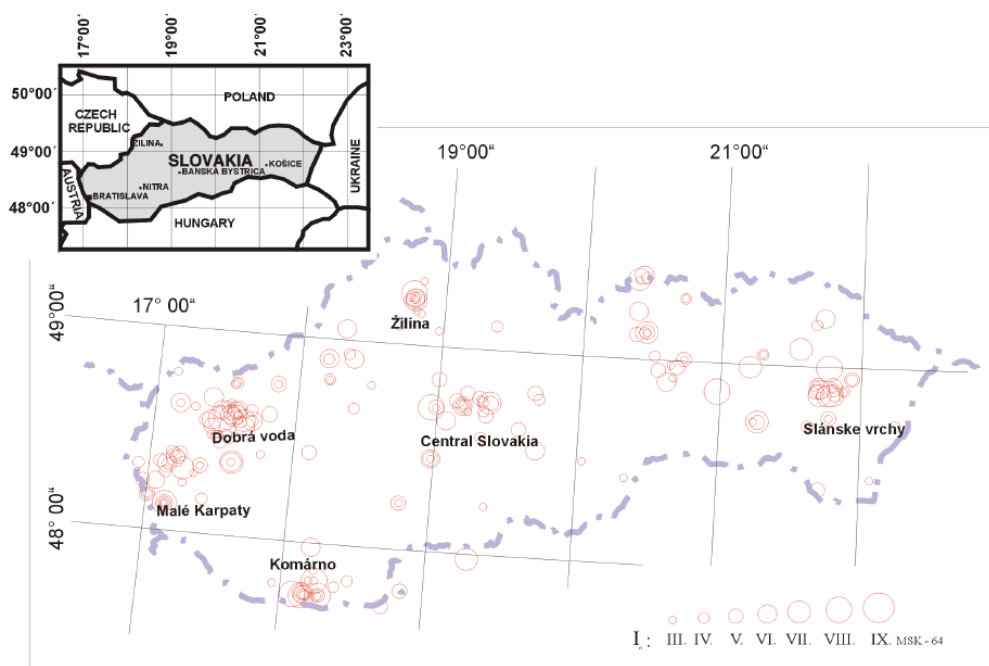
*Obrázok 7: Magnetická mapa [1] [9] - upravené autorom
Mapa znázorňuje výrazne porušené magnetické pole v oblasti Slanských vrchov, kde sa vyskytujú vulkány, ktoré sú pochované v panvách a ktoré dôsledkom porúch stratili magnetizáciu. Centrá týchto vulkánov sú nemagnetické.*

4.3. Seizmologické dáta

4.3.1. Seizmická aktivita a neotektonický vývoj

Seizmická aktivita patrí medzi významné prvky ohrozenia pre životné prostredie. Úzko súvisí s uvoľnením napätia, ktoré vzniklo v zemskej kôre a je často viazaná ku krehkým poruchám a deformáciám. Preto je dôležitý seizmotektonický model skúmanej oblasti, ktorý by slúžil ako prevencia. [18]

Seizmická aktivita na Slovensku úzko súvisí s kôrovou geológiou a štruktúrnym vzorom. Seizmické udalosti, vo väčšine prípadov, súvisia s poruchou zemskej kôry.



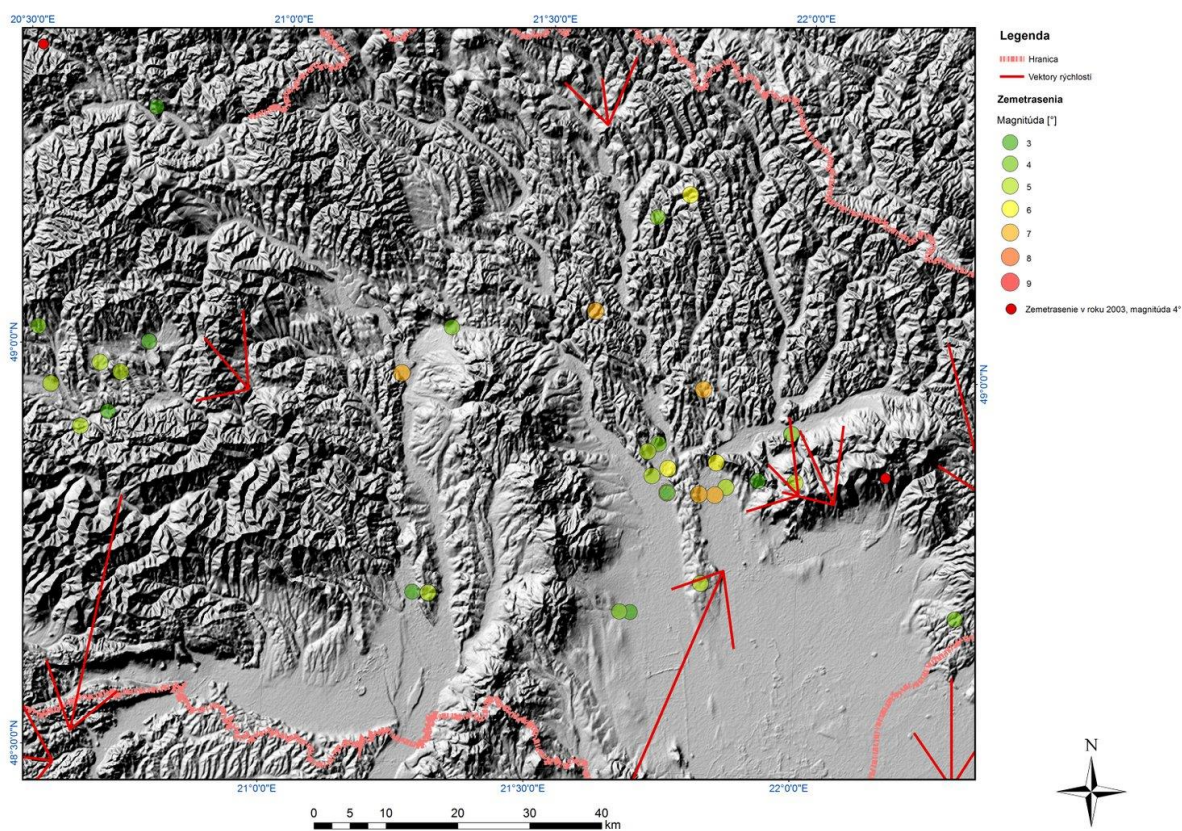
Obrázok 8: Mapa epicentier makroseizmických pozorovaných zemetrasení za obdobie 1034-1990 [19]

Územie Západných Karpát je charakterizované miernou aktivitou zemetrasenia. Od roku 1034 je zdokumentovaných viac ako 591 makroseizmických zemetrasení s epicentrom na území Slovenska. Taktiež je doložená aktivita seizmometrických lokalizovaných zemetrasení. Dáta ukazujú na existenciu niekoľkých zemetrasení fokálnej zóny teda aj v Slanských vrchoch. [18]

U približne 10% z celkového počtu makroseizmických zemetrasení, ktoré vznikli na Slovensku, boli stanovené ich hĺbky. Tieto hĺbky sa pohybujú približne od 15 až 18 km.

Seizmické javy na území Slovenskej republiky sú monitorované seizmickými stanicami Národnej siete seizmických staníc NSSS. Prevádzkovateľom je Geofyzikálny ústav Slovenskej akadémie vied so sídlom v Bratislave [18]

Jedna zo staníc z Národnej siete seizmických staníc sa nachádza v dedinke Červenica (CRVS) v oblasti Slanských vrchov. V tabuľke 2. je prehľad zaznamenaných zemetrasení za obdobie 2002-2009 s príslušnou hĺbkou ohniska a magnitúdou. Zemetrasenia v Slanských vrchoch nepresahujú magnitúdu 1,8. [18]



Obrázok 9: Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení [1] [9] - upravené autorom

Dátum	Čas (UTC)	Geografické súradnice		Hĺbka	Magnitúda
	hh:mm:sec	Dĺžka [°]	Šírka [°]	[km]	
12.7.2005	10:55:27	49,00 N	21,34 E	12	0,6
28.1.2006	10:55:42	49,00 N	21,72 E	-	-
6.8.2006	20:49:31	49,05 N	21,61 E	-	1,1
3.1.2007	10:15:11	48,89 N	21,20 E	25	0,9
19.11.2007	22:55:32	49,06 N	21,28 E	6	1,1
24.1.2008	11:20:12	48,98 N	21,36 E	0	0,9
21.2.2008	12:25:39	48,74 N	21,32 E	0	0,3
17.3.2008	04:46:46	48,60 N	21,52 E	0	0,6
2.5.2008	08:40:42	48,59 N	21,16 E	0	0,8
2.5.2008	08:52:34	48,54 N	21,34 E	1	1,1
17.6.2008	07:27:51	48,67 N	21,24 E	0	0,9
18.9.2008	14:31:27	48,93 N	21,58 E	5	1,6
25.9.2008	14:30:31	49,07 N	21,48 E	0	0,8
21.10.2008	09:06:35	48,84 N	21,54 E	-	1,1
21.10.2008	09:24:50	48,65 N	21,22 E	0	0,6
11.11.2008	20:06:05	48,88 N	21,64 E	4	1,3
18.11.2008	11:18:12	48,82 N	21,52 E	-	1,6
25.11.2008	14:33:50	48,79 N	21,62 E	-	1,8
15.11.2009	10:24:38	48,69 N	21,51 E	0	0,9
29.10.2009	09:55:09	48,53 N	21,43 E	0	1,3

Tabuľka 2: Prehľad zemetrasení v Slanských vrchoch v období 2002-2009 [18]

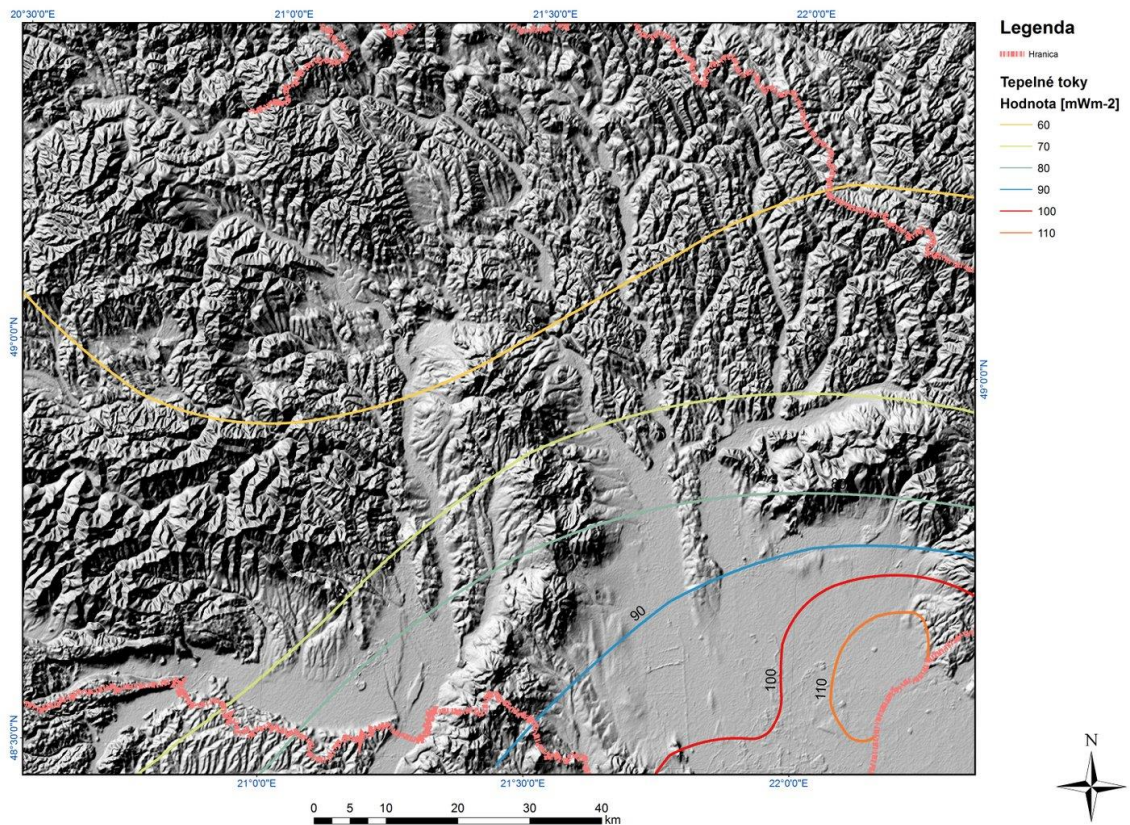
Seizmická aktivita sa prejavuje na tektonicky aktívnych líniách. Tento prejav seizmickej aktivity dokazuje, že geologický vývoj územia nie je ukončený. Seizmickú aktivitu zlomov podmieňuje vulkanická aktivita. Ako dôsledok týchto prejavov predstavuje nestabilita záujmovej oblasti.

4.4. Geotermické dáta

4.4.1. Geotermika

Množstvo tepla, ktoré prejde jednotkou plochy za jednotku času, vyjadruje tepelný tok. Vulkanické centrá sú charakterizované zvýšeným tepelným tokom. Tepelný tok taktiež priamo závisí na hrúbke kôre.

Teplota tepelného toku, ktorá rastie s jeho hĺbkou, súvisí so stenčením kôry a vyzdvihnutím astenosféry. Mapu tepelných tokov pre bývalé Česko – Slovensko spracovali V. Čermák a M. Král. V Slanských vrchoch je hodnota tepelného toku od 60 – 80 mWm⁻². Vyššie hodnoty tepelného toku pravdepodobne ovplyvňuje recentnú pohybovú tendenciu.

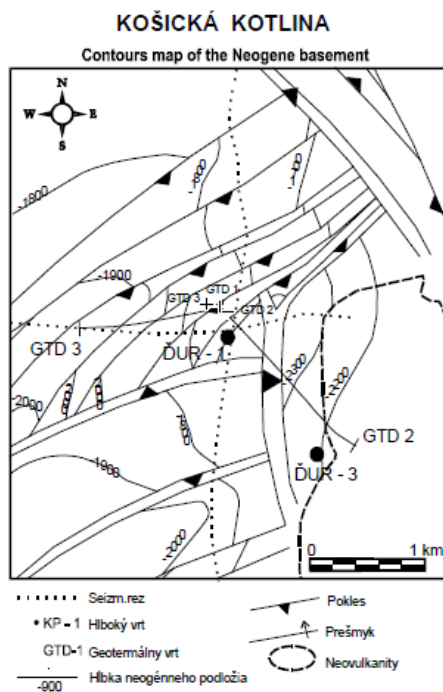


Obrázok 10: Mapa tepelných tokov [20] - upravené autorom

4.4.2. Geotermálne zdroje

Slovenská republika má významný potenciál geotermálnej energie vďaka svojim prírodným podmienkam zdrojov geotermálnej energie a tiež možnosť ich využitia. Na základe najnovších výsledkov geologického prieskumu boli na území východného Slovenska vyčlenené tri perspektívne oblasti – Košická kotlina, Humenský chrbát a Oblasť Beša – Čičarovce. [21]

Práve Košická kotlina sa z hľadiska potenciálu javí ako najperspektívnejšia oblasť. Táto časť východného Slovenska je charakteristická prítomnosťou geotermálnych podzemných vôd s teplotou 120 – 160°C v hĺbke menej ako 3000 metrov. V tejto oblasti boli zrealizované tri vrty v okolí obce Ďurkov. Štruktúra sa nachádza na priečnom herlianskom tektonickom systéme, s ktorým je zviazaný i známy herlianský gejzír. [21]



Obrázok 11: Lokalizácia geotermálnych vrto v Košickej kotline [22]

Systematický naftový prieskum vo Východoslovenskej panve priniesol výsledky o výskyte mineralizovaných naftových vôd so zvýšeným obsahom jodidov. Ide o vlažné až teplé liečivé vody. Tieto liečivé vody môžu byť využívané vo forme vaňových kúpeľov, v kúpaliskách a priamym pitím. Jeden z vrto s najväčším obsahom jódu a CO₂ sa nachádza i v blízkosti nášho územia - v oblasti obce Kecerovské Pekl'any. [21]

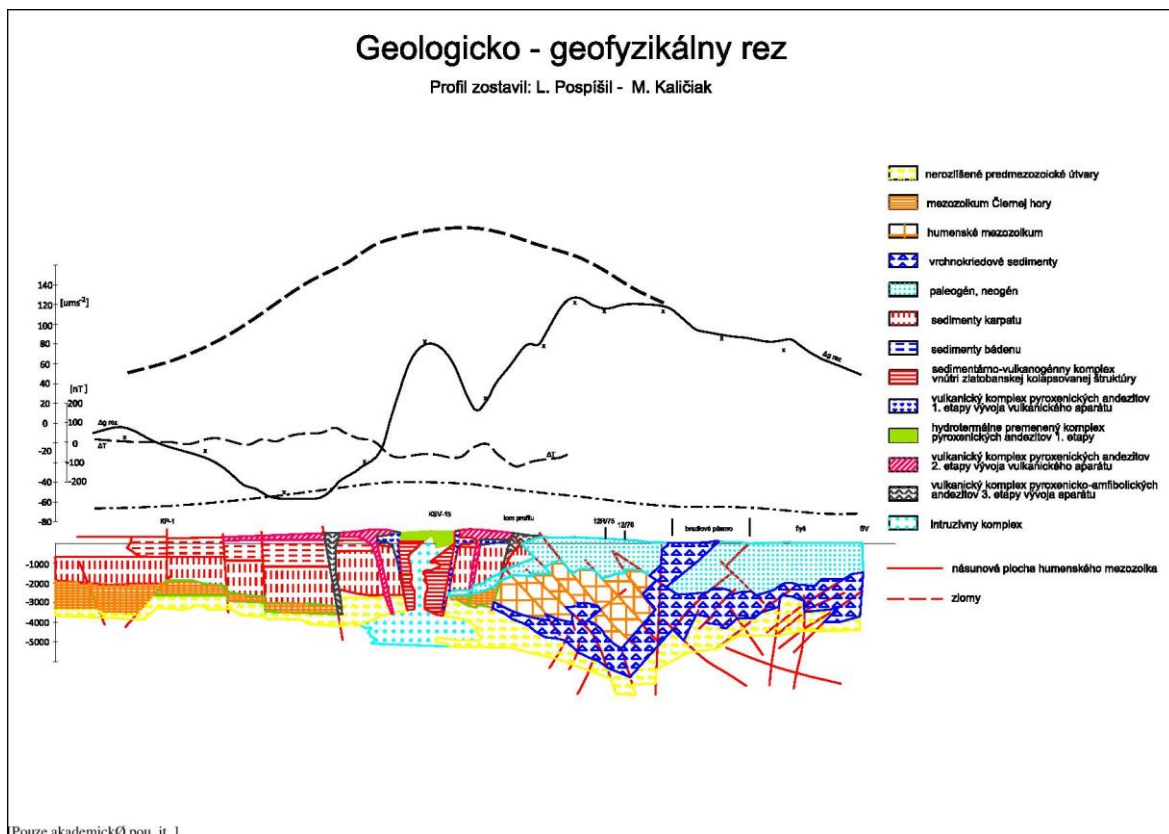
4.5. Geofyzikálne merania v okolí Zlatej Bane a ich geologická interpretácia

Predmetom analýzy bola oblasť v širokom okolí severnej časti Slanských vrchov. Táto časť je na povrchu budovaná produktmi prechodného neogénneho vulkanizmu. Zlatá Baňa je centrálnou zónou vulkanického aparátu, ktorý tu vznikol v priebehu vrchného bádenu až spodného panónu. Stavba vulkanického aparátu je zložená z rozličných vulkanických komplexov s extruzívno – efuzívnymi vulkanickými formami a plytkointruzívnymi telesami dioritových porfýrov. [13]

Staršie predterciérne horninové komplexy na povrch nevystupujú. Charakter predterciérneho podložia možno preto usudzovať iba podľa výsledkov hlbokých štruktúrnych vrtov Prešov - a Kecerovské Pekl'any – 1 a geofyzikálnych dát, predovšetkým seizmických, gravimetrických a magnetometrických. Tieto vrty zistili v bezprostrednej blízkosti vulkanického aparátu v podloží neogénu a paleogénu horniny mezozoika, mladšieho paleozoika a kryštalinika. [13]

Reliéf predterciérneho podložia v oblasti Zlatej Bane bol prvý krát interpretovaný na základe regionálnych gravimetrických a aeromagnetických meraní spolu s interpretáciou ťažových profilov a s detailným geofyzikálnym prieskumom. [13]

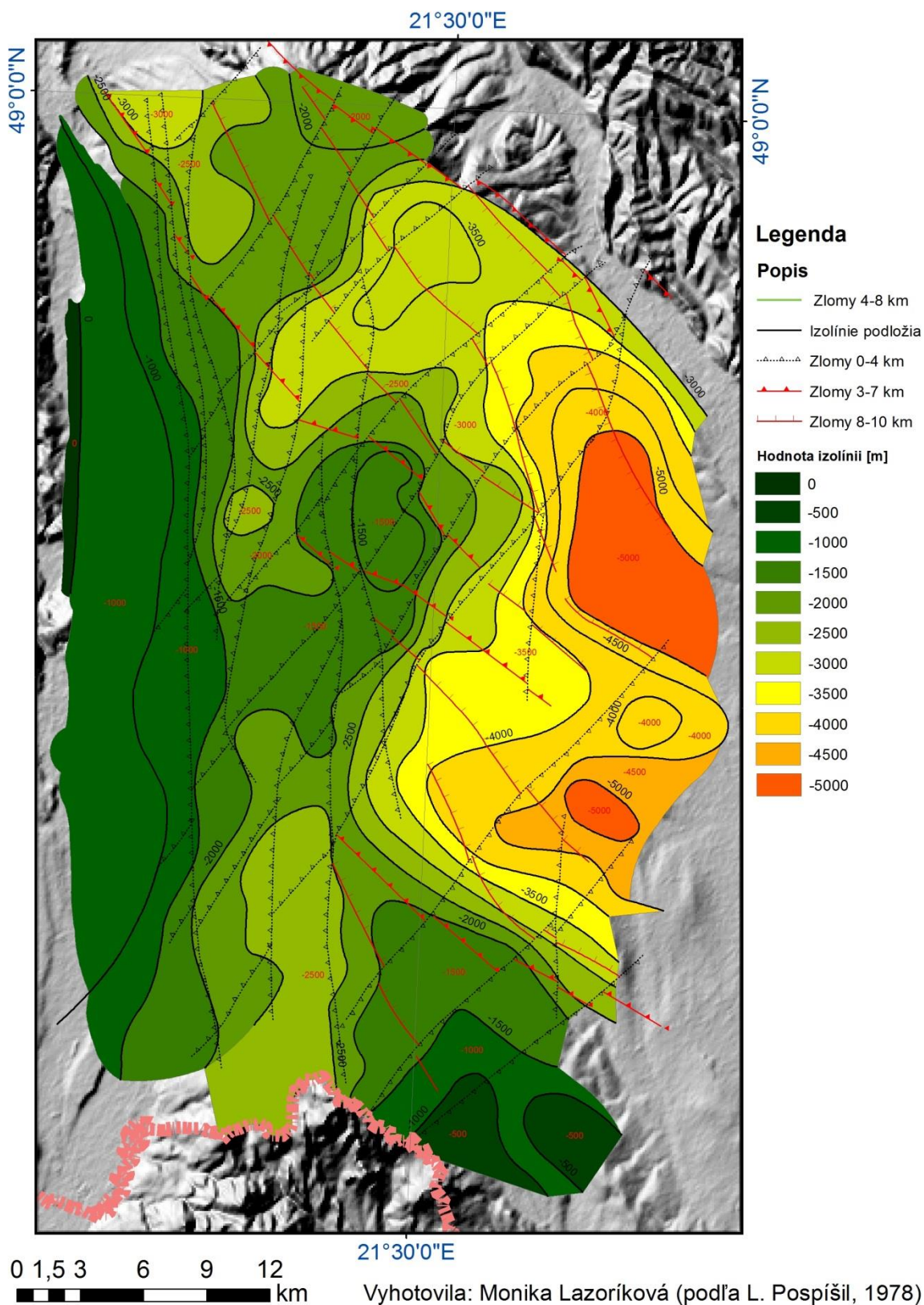
Hĺbka a morfológia predterciérneho podložia bola odvodená z kvantitatívnej interpretácie ťažových meraní. Interpretovaný reliéf podložia bol odvodený na základe reflexného rozhrania seizmických profilov 12/76, 16/76 a na skutočnú hĺbku predterciérneho podložia vo vrte Prešov- 1 a Kecerovské Pekl'any – 1, ktoré sú znázornené na obrázku 12. Interpretačný profil, nadväzujúci na seizmický reflexný profil 16/76, zachycuje priečnu tektoniku smeru SZ – JV. Zrejma je grabenová štruktúra priamo pod vulkanickým aparátom, ktorý sa prejavuje intenzívnou pozitívnou anomáliou. Celkom odlišný tektonický obraz je zviazaný s príbradlovou zónou, kde je zložené deformované ako bradlové pásmo s mezozoikom Humenských vrchov, tak i pod ne sa podsúvajúcim flyšom. [13]



Obrázok 12: Geologicko - geofyzikálny rez, ktorý znázorňuje stavbu sedimentárnej výplne a predterciérneho podložia [13] - upravené autorom

Seizmický profil 16/76 bol určený na zistenie stavby bradlového pásma a humensko – užhorodskej hraste na SV od Slanských vrchov. Pri tomto profile bol zistený rad významných reflexov a v kombinácii s ostatnými geofyzikálnymi meraniami bolo možné urobiť odhad a interpretáciu hlbších častí v tejto oblasti a určiť priebeh hustotného rozhrania. Tiažová anomália v tejto oblasti predstavuje výrazné elevačné pásmo, ktoré patrí do hermanovskej časti rozsiahlej kladnej tiažovej zóny. Reliéf predterciérneho podložia má v tejto oblasti zložitý priebeh. Na základe fyzikálneho modelu, ktorý bol zostavený podľa výsledkov seizmických, tiažových a magnetických meraní, ide o nahromadenie horninových komplexov, ktoré patria do rozličných štruktúrno – tektonických jednotiek. [13]

Diferenčná hustota jednotlivých neogénnych horizontov bola určená pomocou štatistického zhodnotenia hustoty, ktoré boli zistené vo vrtoch Košickej nížiny a Potiskej nížiny a taktiež zo závislosti tiažových anomálií od hĺbky predterciérneho podložia. [13]

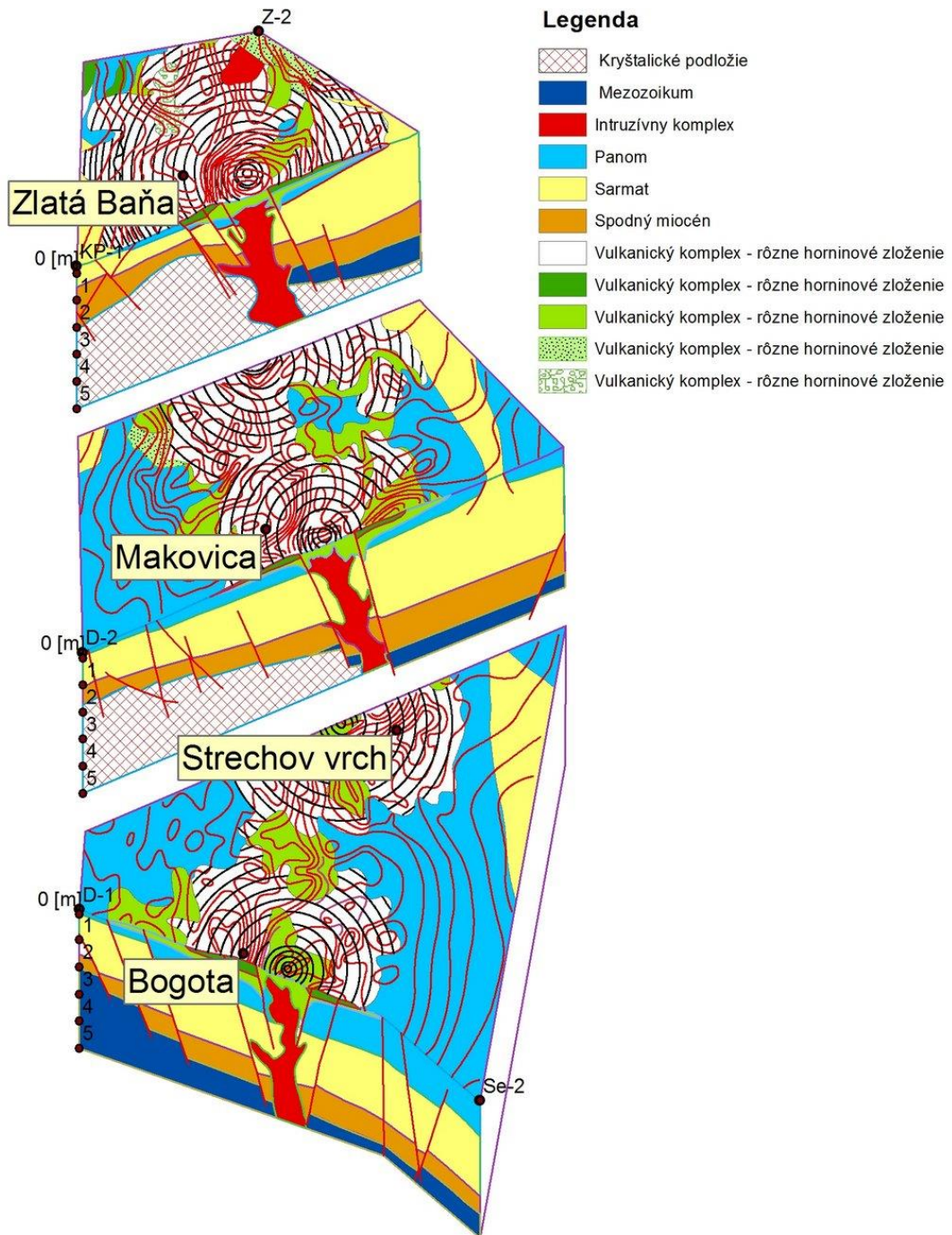


Obrázok 13: Štruktúrna schéma predterciérneho podložia v Slanských vrchoch. Dominantná Herlianska elevačná štruktúra je vytvorená už skôr zmenenými tektonickými systémami SZ-JV a JZ-SV smerov.

Interpretácia geofyzikálnych meraní priniesla základné informácie o štruktúrno – tektonickej schéme predterciérneho podložia z územia vulkanického aparátu Zlatá Baňa a z jeho blízkeho okolia. Schéma zobrazuje priebeh a tvar reliéfu predterciérneho podložia, ktorého hĺbka je interpretovaná od 1000 do 3600 m. Detektované tektonické systémy majú v miestach hustotného rozhrania smer SV – JZ. [13]

Pozdĺžna grabenová štruktúra patrí medzi výrazné štruktúrované prvky predterciérneho podložia v smere SZ-JV s priebehom od Prešova po Sečovce. Priebeh bol zachytený a interpretovaný na základe tiažových profilov, ktoré boli skúmané už mimo oblasť. Paralelné zlomy s Močarianským zlomovým systémom ju ohraničujú zo severovýchodu a z juhozápadu je ohraničená Prešovským zlomom, ktorý má priebeh od Ruskej Novej Vsi po Opinú. Prešovský zlom bol zistený aj meraním vrtnej refrakcie vo vrte Prešov – 1. [13]

Priečna elevácia v smere SV – JZ prerušuje v oblasti centrálnej časti zlatobanského vulkanického aparátu pozdĺžnu zónu. Elevácia sa prejavuje aj v povrchovej geologickej stavbe. Jej vznik bol podmienený rozsiahlymi intruzívnymi procesmi v centrálnej zóne vulkánu Zlatá Baňa. [13]



Obrázok 14: Blokdiagram tektonickej stavby Slanských vrchov doplnený o tiažové anomálie. Zreteľný je prejav centrálnych vulkanických zón prejavujúcich sa pozitívnou tiažovou anomáliou a kruhovým systémom magnetických anomálií s rôznou polaritou.

Z mapy Slanských vrchov, na ktorej sú znázornené tiažové anomálie, je zrejmé, že výrazne kladné tiažové anomálie, ktoré sú v oblastiach Zlatej Bane, Makovice a Strechova sú viazané na pozdĺžnu grabenovú štruktúru Prešov – Sečovce. Tiažové anomálie sú priestorovo kryté s centrálnymi zónami vulkanických aparátov a boli vyvolané intruzívnymi komplexmi. Najintenzívnejšie subsidenčné pohyby, ktoré sú späté s tektonickým režimom oblasti, prebiehali v období vrchný bádén až sarmat. V tomto období nastali vertikálne diferencované pohyby, staršie priečne zlomy s hlbokým dosahom sa rejuvenizovali a vznikli nové zlomy. V miestach, kde sa križovali priečne zlomy SV – JZ so zlomami, ktoré obmedzovali pozdĺžnu grabenovú štruktúru, sa produkty magmatických krbov napojili na pripovrchové časti a na povrch. Tým bol vyvolaný vznik rozsiahlych vulkanických aparátov. [13]

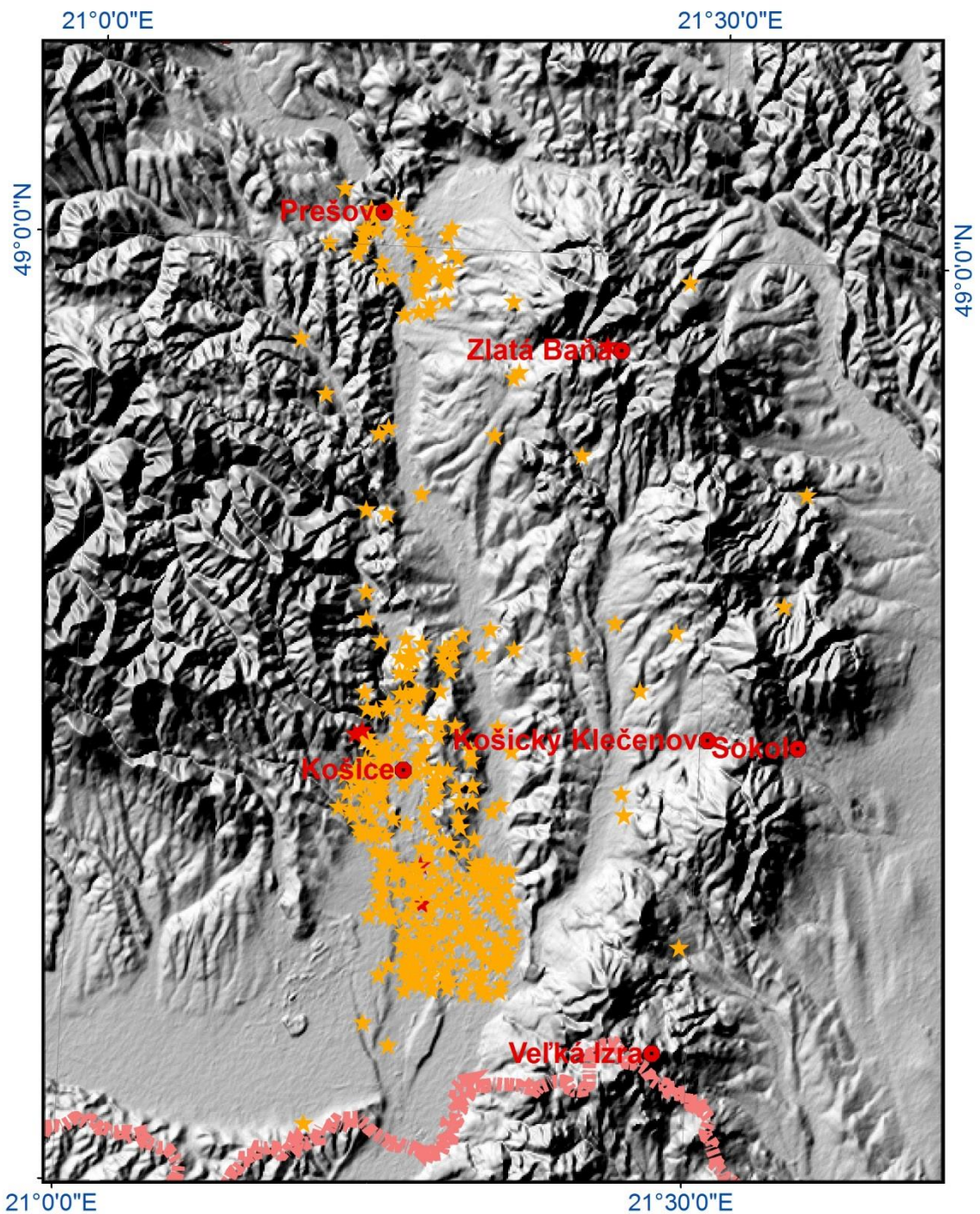
4.6. Ostatné geofyzikálne dáta

4.6.1. Radónové riziko

Rádioaktivita patrí medzi najškodlivejšie prvky životného prostredia vzhľadom na zdravie obyvateľstva. Na radiačnú záťaž obyvateľstva má radón a produkty jeho rozpadu vysoký vplyv.

Radón je rádioaktívny plyn, ktorý sa normálne vyskytuje v prírode. Vzniká postupnou rádioaktívnou premenou uránu. V horninách a v neotektonických zónach sa šíri difúziou a konvekciou. Množstvo radónu, ktoré vystupuje na povrch, stúpa so zvyšujúcou sa teplotou vzduchu a klesá s vysokým tlakom vzduchu, zvyšovaním vlhkosti atmosféry a vodnými zrážkami. [23]

V oblasti Slanských vrchov sa vyskytuje stredné až vysoké radónové riziko. Oblasti vysokého radónového rizika sú málo početné a priestorovo malé. Vysoké radónové riziko sa vyskytuje v okolí Zlatej Bani a v okolí Košíc. Vyšší výskyt radónu je viazaný na uránové rudy v permských sedimentoch a taktiež na vyššiu koncentráciu uránu v gemeridných granitoch a tufických horninách. Zvýšený radón je takisto spôsobený štruktúrnou porušenosťou horninových komplexov a intenzívnou banskou činnosťou.



Legenda

▬▬▬▬▬ Hranice

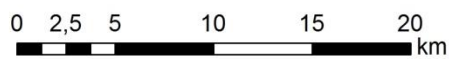
● Mestá

Radónové riziko

★ Stredné radónové riziko

★ Vysoké radónové riziko

Vyhotovila: Monika Lazoríková (podľa A. Gluch, Š. Dzurenda, S. Pramuka, P. Bajtoš; 2014)



Obrázok 15: Radónové riziko v oblasti Slanských vrchov [24] - upravené autorom

5. Metodika spracovania

5.1. Morfológická analýza územia

Slanské vrchy sú morfológicky veľmi výrazné. Hromadenie vulkanického materiálu tu ovplyvnilo viac ako len výzdvihy krýh po zlomoch. Slanské vrchy sú ako bariéra medzi Východoslovenskou nížinou a Košickou kotlinou. Pre morfológické zhodnotenie územia boli využité nasledovné metódy:

- a) SRTM dáta
- b) Družicové multispektrálne snímky
- c) Klasické letecké čierno - biele snímky pre stereoskopickú analýzu

5.1.1. SRTM dáta

Ako podklad pre mapy bol použitý SRTM model, čo predstavuje celosvetový digitálny model terénu. Tento model vyjadruje povrch v treťom rozmere a je vhodný pre lepšiu predstavu a reprezentáciu terénu. Digitálne modely vznikajú leteckým alebo pozemným zberom dát. Pri vzniknutom modeli zohráva rolu jeho výsledné parametre, medzi ktoré sa radí hustota bodov, vnútorná presnosť a vonkajšia presnosť.

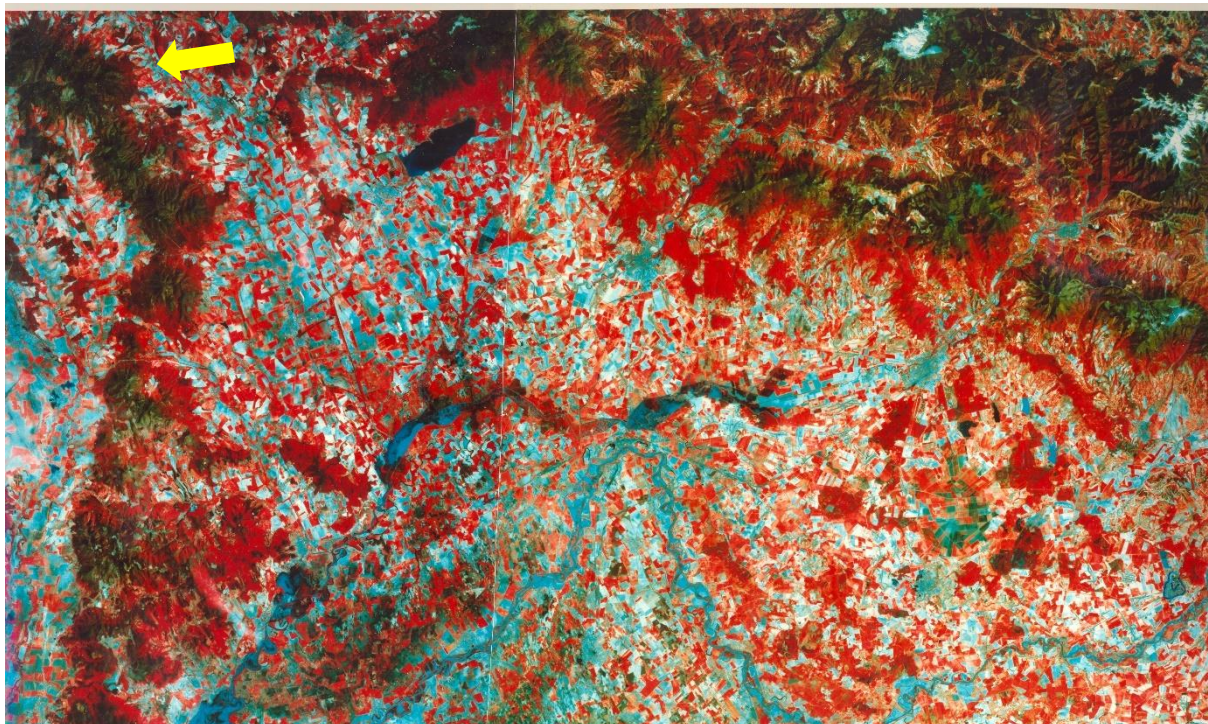
5.1.2. Interpretácia materiálov DPZ

Diaľkový prieskum Zeme je súbor metód a postupov, ktoré sa zaoberajú pozorovaním objektov a javov na zemskom povrchu bez priameho fyzického kontaktu. Pomocou diaľkového prieskumu sa tak získavajú užitočné informácie o objektoch a javoch aj na ťažko dostupných miestach. Pri diaľkovom prieskume sa využívajú letecké aj družicové snímky. Využívajú sa pri objavovaní a spresňovaní nových lineárnych a nelineárnych štruktúr.

Na diaľkový prieskum sa využívajú napríklad aj družice LANDSAT. Pomocou týchto družíc sme schopní získať snímky a následne ich interpretovať. Tieto snímkové dáta majú vysokú rozlišovaciu schopnosť a pomocou nich vieme identifikovať prejavy neotektonickej aktivity, ako sú napríklad zlomy.

Z mozaiky LANDSAT je možné jasne identifikovať priebeh pohoria Slanské vrchy. Taktiež sú presne viditeľné jednotlivé kontúry stratovulkánov. Červené časti znázorňujú

pyroklasty, čo predstavuje jemný vulkanický materiál z výbuchu sopky a majú menšiu objemovú hmotnosť. Nachádzajú sa hlavne po obvodě a nie v centrálnych zónach. Na snímke je taktiež vidieť rieku Latorica, ktorá vplyvom vulkánu, ktorý sa postupne zväčšoval, musela zmeniť smer toku a začala vulkán obtekať.



Obrázok 16: Mozaika Landsat TM východného Slovenska spracovaná z pásiem 1,2,4. Slanské vrchy sa nachádzajú v ľavej časti obrázku (žltá šípka)

5.1.3. Letecké snímky

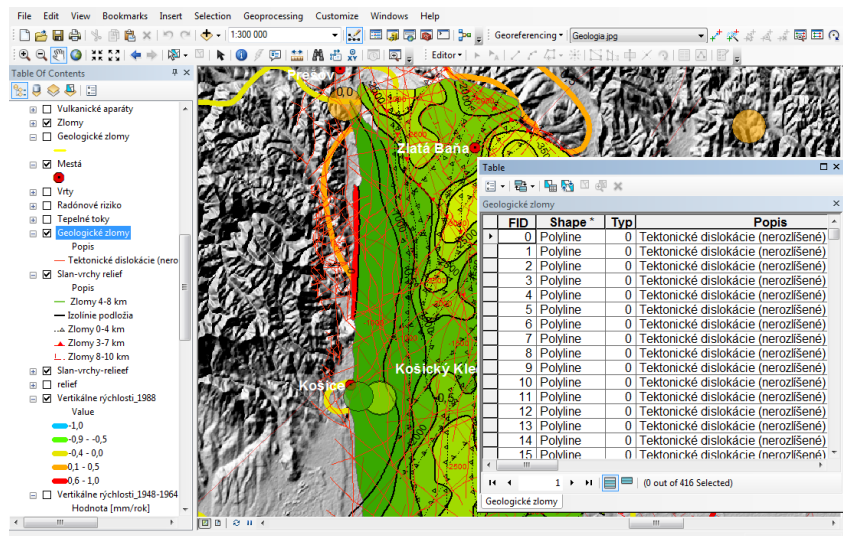
Letecké fotografie sú získavané z lietadla a to v pravidelných intervaloch. Fotografie môžu byť dvojrozmerné alebo trojrozmerné. Pri štruktúrnom výskume územia je výhodnejšie použiť trojrozmerné snímky, pretože geologické znaky sú na nich výraznejšie a v teréne sa presnejšie lokalizujú.

6. Spracovanie

6.1. Spracovanie geodynamickkej mapy

Na začiatku spracovania boli zhromaždené dostupné dáta a mapové podklady a postupne boli upravené a spracované. Mapové podklady boli prevažne v rastrových formátoch a bolo nutné ich previesť do digitálnej podoby. To bolo realizované v Geografickom Informačnom Systéme GIS, ktorý je zameraný na zber, ukladanie, analýzu a následnú interpretáciu dát. Cieľom programu GIS je získať nové informácie, ktoré budú následne využité. Na túto prácu bol využitý program ArcGIS 10.2.

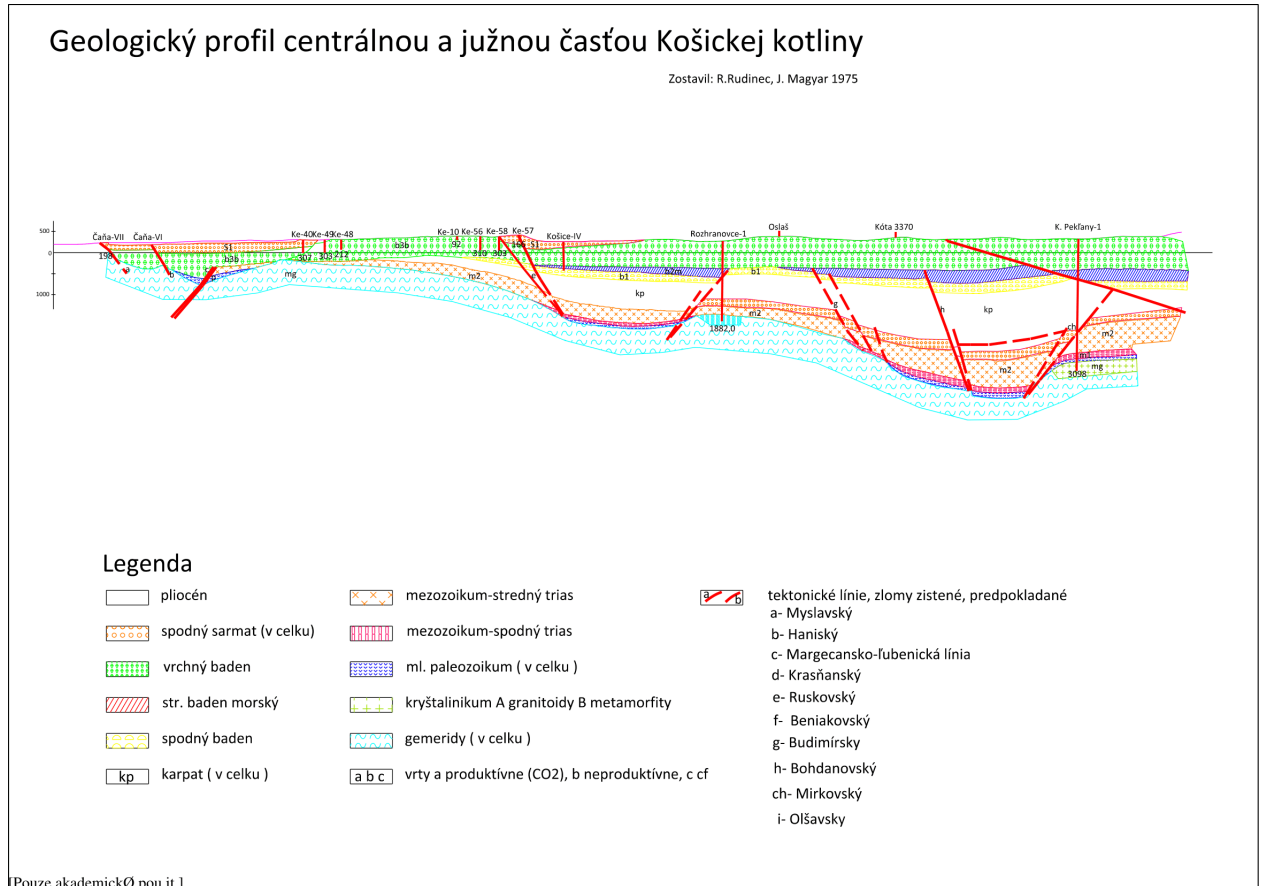
Rastrové a naskenované dáta boli najprv v programe ArcGIS 10.2 georeferencované, čiže im boli pridelené súradnice v súradnicovom systéme S-JTSK. Následne tieto dáta boli zvektorizované, teda prevedené do vektorového digitálneho formátu. Zložitosť tohto prevedenia pozostávala predovšetkým zo skreslenia týchto rastrových dát. Každému zvektorizovanému prvku boli pridané atribúty, ktoré zahrňovali napr. názov prvku, meno autora, popis, označenie a podobne. Tieto atribúty sú ukladané do atribútových tabuliek, čo nám umožňuje s nimi ďalej pracovať a využívať ich. Zvektorizované dáta boli ukladané do formátu shapefile. Dátový formát shapefile sa využíva pre ukladanie vektorových priestorových dát pre geografické informačné systémy. Tento otvorený formát, ktorý je vyvinutý a riadený firmou Esri, je kompatibilný aj s inými softwarovými produktmi. Výsledkom spracovania je geodynamická mapa Slanských vrchov a okolia.



Obrázok 17: Prostredie programu ArcGIS 10.2

6.2. Spracovanie profilov

Súčasťou spracovania bolo aj vyhotovenie geologických profilov. Profily boli spracované v programe MicroStation PowerDraft V8i. Každý profil zahŕňa legendu jednotlivých geologických rozhraní, názov autora a rok vydania.



Obrázok 18: Geologický profil centrálnou a južnou časťou Košickej kotliny

Medzi zozbierané dáta patrili aj blokdiagramy, kde je znázornený priebeh gravimetrických a magnetických línií, zlomy a taktiež jednotlivé geologické rozhrania. Tieto blokdiagramy boli prevedené do digitálnej podoby v programe MicroStation PowerDraft V8i a ďalej upravované v programe ArcGIS 10.2.

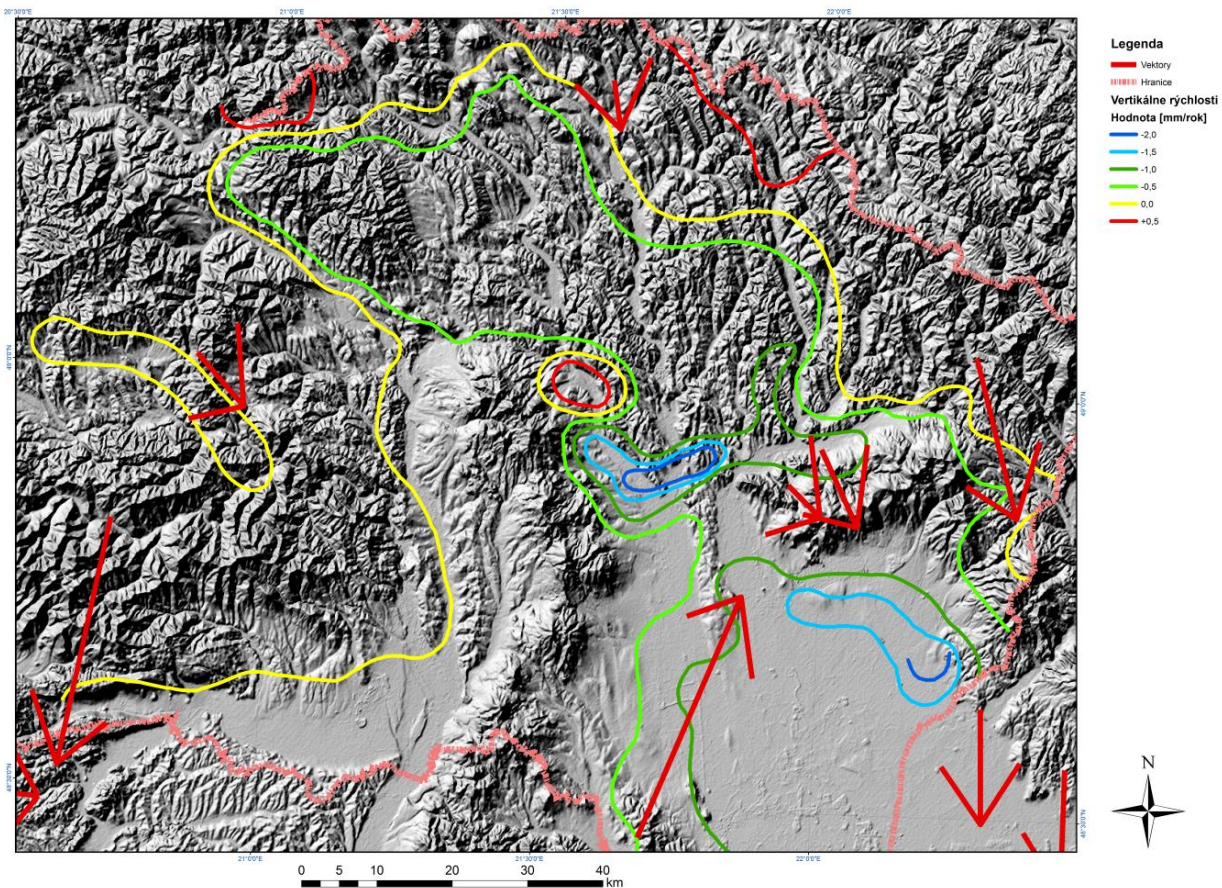
7. Výsledky a interpretácia recentných pohybov

7.1. Geodetické dáta

Geodetické dáta sa využívajú pri štúdiu recentných pohybov. Do roku 1993 boli tieto pohyby systematicky pozorované presnými nivelačnými meraniami v celoštátnej nivelačnej sieti, vďaka ktorej bolo možné pomerne presne identifikovať vertikálne pohyby. Od roku 1993 sa pohyby merajú pomocou diaľkového prieskumu Zeme, pričom meranie horizontálnych pohybov je pomerne presné, ale meranie vertikálnych pohybov je zaťažené so značnými chybami. V súčasnosti sa pohyby povrchu sledujú meraním na 24 bodoch Slovenskej geodynamickéj referenčnej siete. Súčasťou tejto siete je aj 5 špeciálnych geodetických bodov, ktoré majú hĺbkovú stabilizáciu až 10 m. Na týchto bodoch sa vykonáva sledovanie pohybov povrchu územia pomocou globálnych navigačných satelitných systémov.

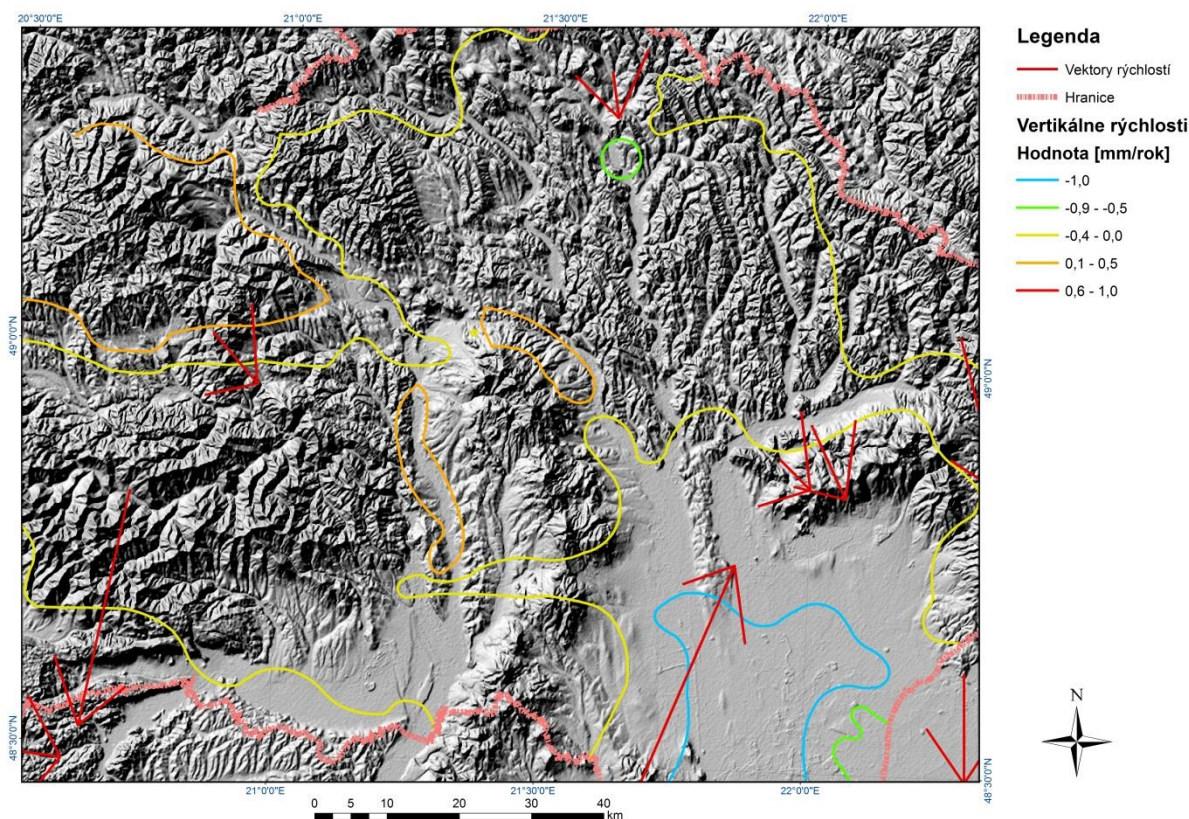
7.1.1. Recentné vertikálne pohyby

Recentné vertikálne pohyby súvisia s tektonickou stavbou územia. Mapu recentných vertikálnych pohybov zhotovil J. Vanko a J. Kvítkovič v rokoch 1948 – 1964. Slanské vrchy sa nachádzajú v stabilnej oblasti s nulovou amplitúdou. Záporné hodnoty vertikálnych pohybov súvisia taktiež s tenšou hrúbkou zemskej kôry a majú klesajúcu tendenciu. Výraznejšie pohybové tendencie sa vyskytujú východným smerom od Slanských vrchov v rozhraní $-0,5$ mm/rok až $-2,0$ mm/rok. Kladné vertikálne pohyby sa vyskytujú až mimo oblasť Slanských vrchov a to v oblasti Poľských hraníc.



Obrázok 19: Mapa recentných vertikálnych pohybov 1948-1964 [5] - upravené autorom

V roku 1988 bola vytvorená ďalšia mapa recentných vertikálnych pohybov od J. Vanka a P. Vyskočila, na ktorej dochádza ku zmene. V oblasti Slanských vrchov dochádza ku zmenám rýchlosti a to v južnej časti. Rýchlosti nadobúdajú hodnoty -0,5 mm/rok.



Obrázok 20: Mapa recentných vertikálnych pohybov [4] - upravené autorom

7.1.2. Recentné horizontálne pohyby

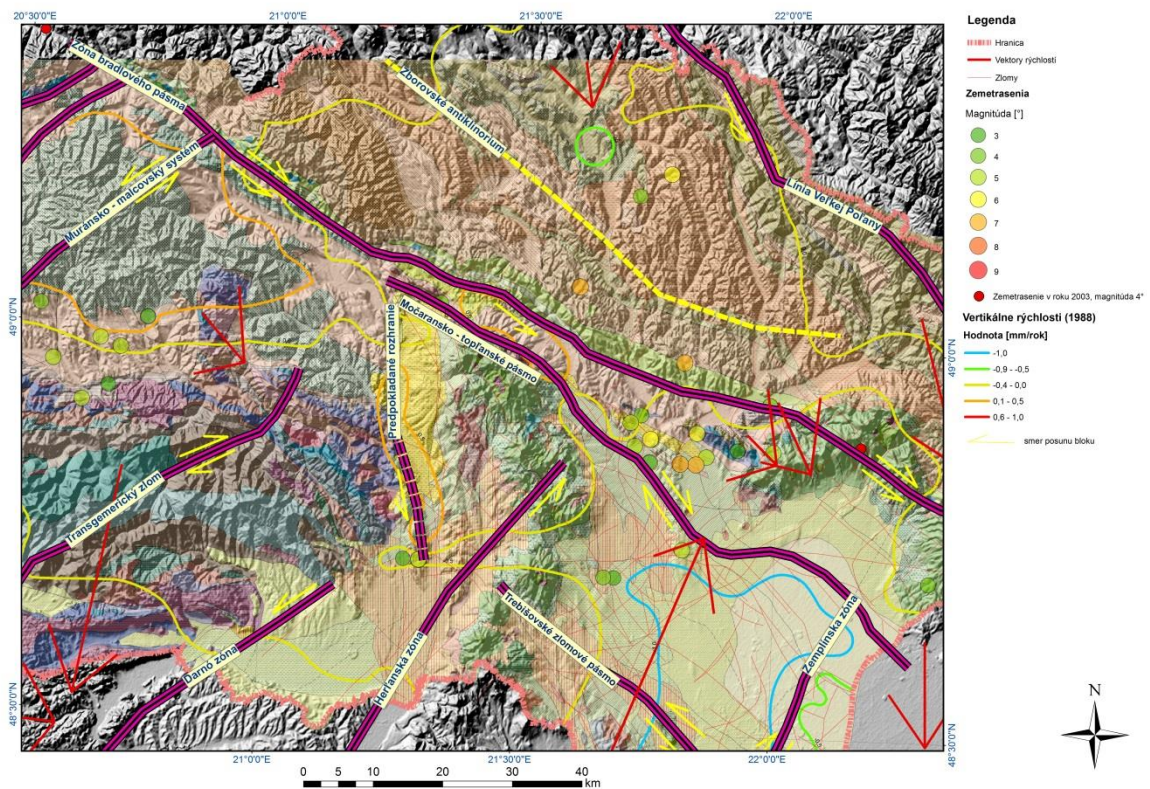
Recentné horizontálne pohyby sú sledované pomocou systému GNSS (Global Navigation Satellite System). Slovenská priestorová služba (SKPOS) je nástroj na určovanie polohy objektov a javov na základe globálnych družicových systémov. Na Slovensku je v rámci SKPOS vybudovaná sieť permanentných referenčných staníc GNSS. Niektoré z týchto bodov boli špeciálne stabilizované, aby z nich bolo možné získať vierohodné výsledky o pohybe bodov a teda aj príslušnej lokality.

Monitoring horizontálnych pohybových tendencií spočíva vo veľmi presnom meraní na referenčných bodoch. Tieto merania sa až v súčasnej dobe začínajú analyzovať, ale výsledky poukazujú, že Západné Karpaty sa pohybujú v smere VSV až SV. Tento pohyb je spôsobený pohybom euroázijskej platne a to v priemere 1,6 mm/rok. Pre potvrdenie by bolo nutné spočítať hodnoty zo SKPOS za určité obdobie, aby bolo možné poukázať na známky pohybu. Jedná sa o starý fenomén, ktorý je ale morfológicko viditeľný, ale je nutné ho potvrdiť.

8. Výsledná geodynamická mapa Slanských vrchov a ich okolia

Na výslednej mape geodynamických javov v Slanských vrchoch sú zobrazené globálne vertikálne recentné vektory rýchlostí [1], recentné vertikálne pohyby [4] a jednotlivé zlomové systémy. Ako podklad boli použité WMS mapy a to Geologická mapa Slovenskej republiky, Tektonická mapa podložia terciéru, Neotektonická mapa a Mapa hrúbky kvartérneho pokryvu.

Z výslednej mapy je možné vidieť, že najvýraznejší pohyb sa prejavuje v Zóne bradlového pásma a to južným až juhovýchodným smerom. Veľká zmena nastáva v Močaransko – topľanskom pásme, kedy je pohyb severovýchodným smerom. V tomto mieste sa nachádzajú aj výrazne recentné vertikálne pohyby a to až do -2,0 mm/rok.

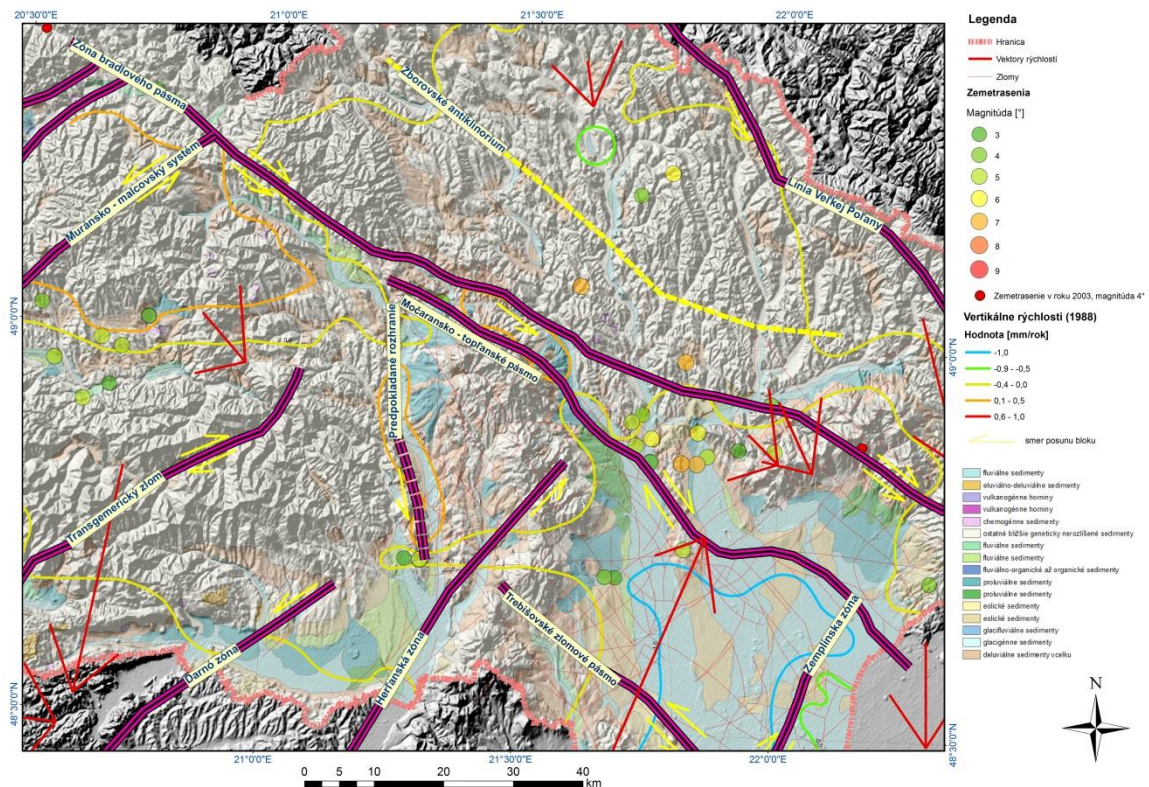


Obrázok 21: Model geologickej stavby oblasti Slanských vrchov a ich okolia zobrazuje geologickú stavbu, ktorú tvoria horninové komplexy staršieho a mladšieho paleozoika, mezozoika, paleogénu, neogénu a kvartéru. Charakter geologickej stavby ovplyvňuje distribúciu vulkanizmu vzhľadom na čas. [1] [4] [9] - upravené autorom

V tejto oblasti je geologická stavba tvorená prevažne neogénom a taktiež sa tu nachádzajú vulkány a tým pádom tu prebiehala a ešte stále môže prebiehať vulkanická činnosť. Ako dôsledok môžu byť práve tieto výrazné zmeny.

Výraznejšie pohybové zmeny sú viditeľné aj medzi Zborovským antiklinoriumom a Líniou Veľkej Poľany.

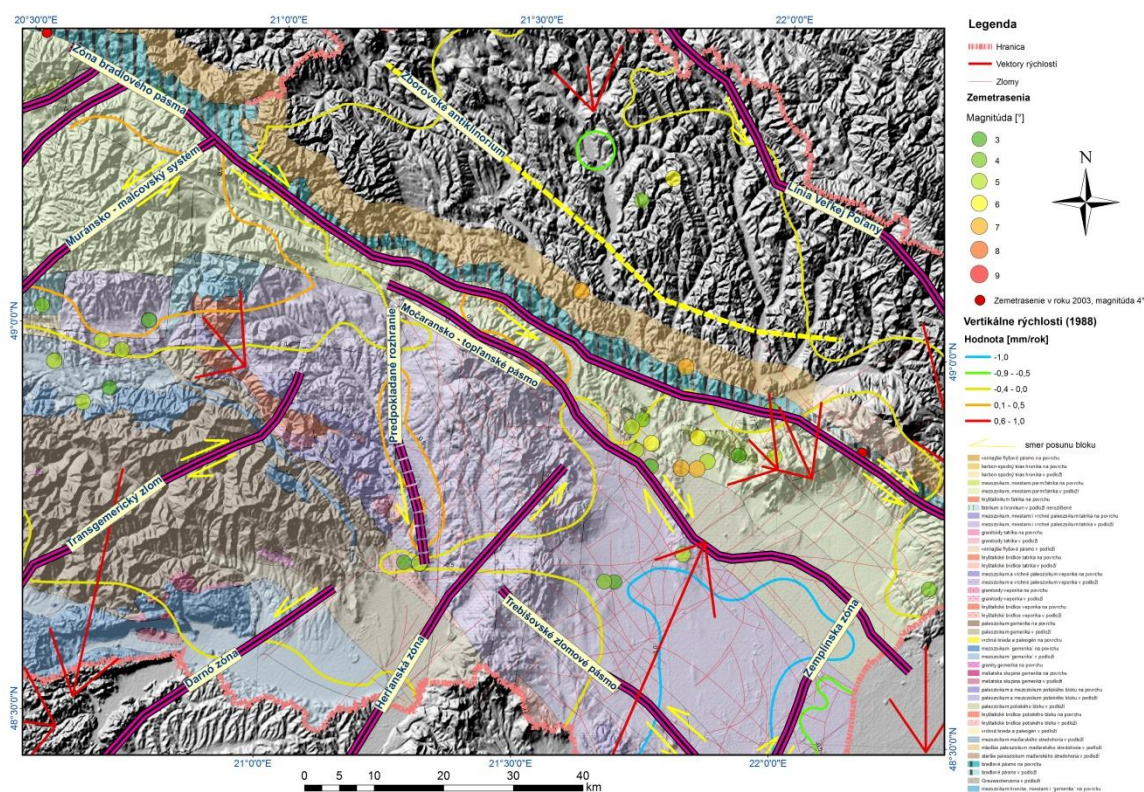
Pohorie Slanské vrchy je predovšetkým vyplnené deluviálnymi sedimentmi, pričom okraj pohoria je tvorený fluviálnymi a proluviálnymi sedimentmi. Fluviálne sedimenty vznikajú činnosťou riek. Keďže v priamej oblasti Slanských vrchov sa tieto sedimenty nevyskytujú, pravdepodobne je to spôsobené tým, že pohorie bránilo toku rieky, ktorá musela zmeniť svoj smer. Dôvodom mohol byť vznik oblastí s výskytom fluviálnych, fluviálno – organických až organických sedimentov a glacifluviálnych sedimentov a to hlavne medzi Močaransko – topľanským pásmom a Trebišovským zlomovým pásmom. V tejto časti sa výrazne prejavujú aj vertikálne pohyby.



Obrázok 22: Model kvartérneho pokryvu znázorňuje pestrosť kvartérnych sedimentov, ktorá je spôsobená členitým reliéfom v záujmovej oblasti. Kvartérne sedimenty sa začleňujú do starého, stredného, mladšieho pleistocénu a holocénu.

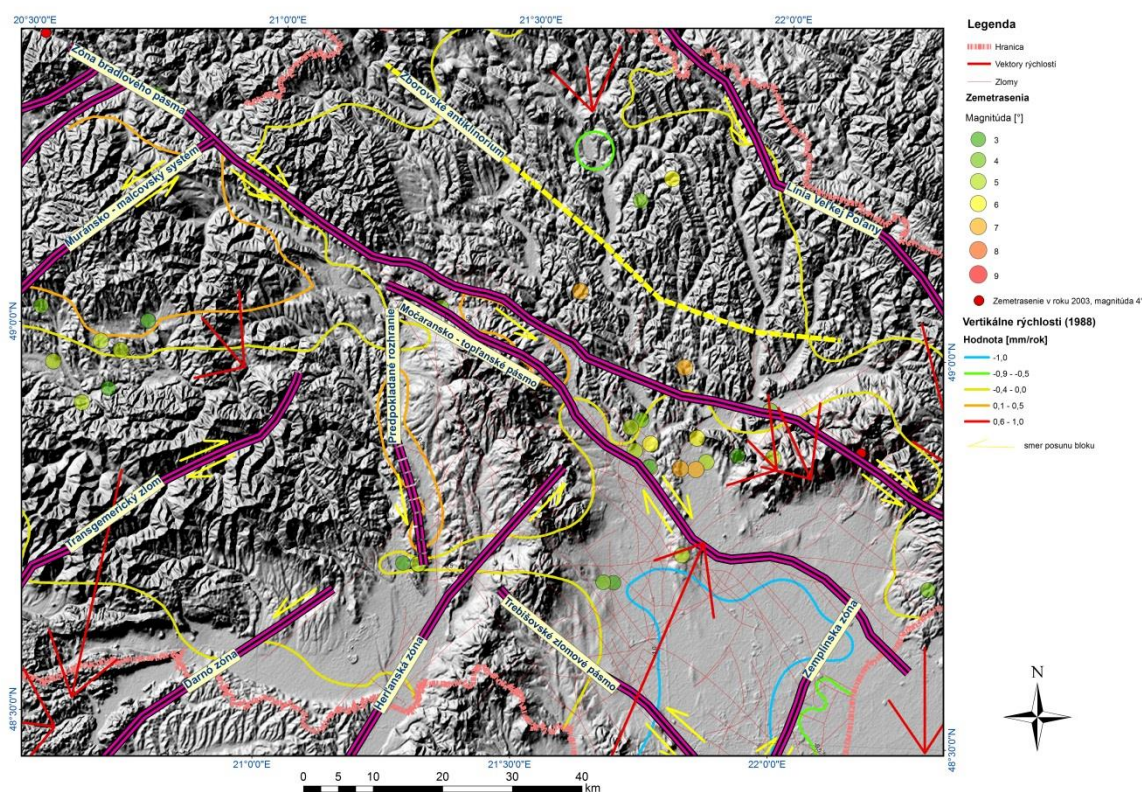
[1] [4] [9] - upravené autorom

V záujmovej oblasti sa vyskytujú významné zlomové systémy. Flyšové a bradlové pásmo je od mezozoika oddelené význačnou Zónou bradlového pásma, ktorá ohraňuje Východoslovenskú panvu a mohla zohrať významnú úlohu pri jej vytváraní. Bradlové pásmo taktiež umožňovalo výstup vulkanických hornín, ktoré tvoria Slanské vrchy. Čiastočne paralelné je Močaransko - topľanské pásmo, ktoré vymedzuje oblasť mezozoika. V tejto oblasti dochádza ku JV pohybu. Pozdĺž týchto zlomov dochádza ku výraznému pohybu paleozoika smerom na východ.



Obrázok 23: Model tektonickej stavby oblasti Slanských vrchov a ich okolia znázorňuje zadané územie ako styčnú zónu medzi Západnými a Východnými Karpatmi. Na tektonickej stavbe sa podieľali rôznorodé tektonické jednotky. [1] [4] [9] - upravené autorom

V priamej oblasti Slanských vrchov sa nenachádzajú výraznejšie seizmické aktivity, ale iba v ich okolí. Zemetrasenia sú najviac sústredené medzi Zónou bradlového pásma a Močaransko – topľanským pásmom, čo môže byť zapríčinené výraznejšími pohybovými zmenami. Z novších údajov o zemetrasení bolo v tejto oblasti zaznamenané len jedno a to z roku 2003 s magnitúdou 4, opäť vo vulkanickej oblasti, čo mohol byť aj následok zemetrasenia.

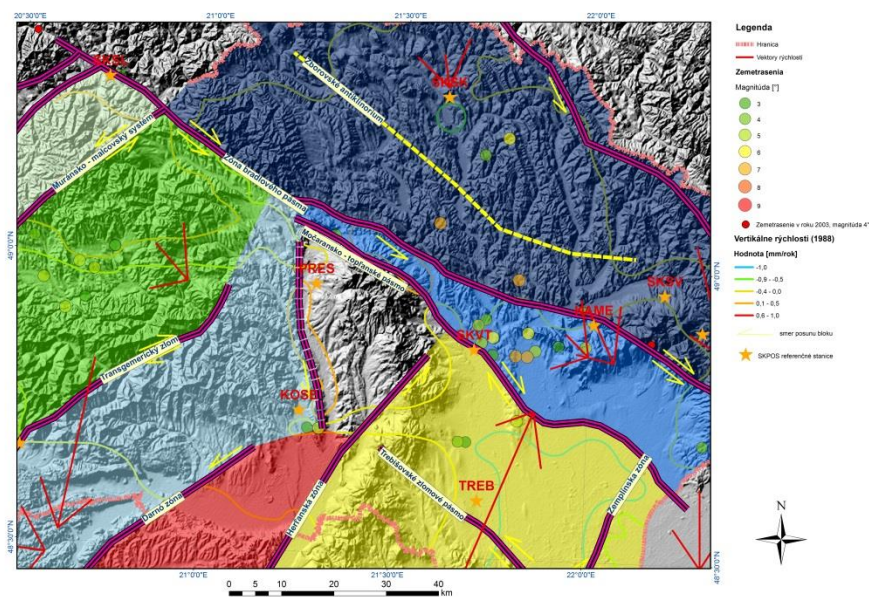


Obrázok 25: Prehľad zemetrasení v oblasti Slanských vrchov. Seizmická aktivita signalizuje recentné zmeny napätia. Lokalizácia jednotlivých zemetrasení je sústredená medzi neotektonickými blokmi a jednotlivé zemetrasenia sú často podmienené vulkanickou aktivitou. [1] [4] [9] - upravené autorom

9. Odporúčanie

Geodynamický vývoj Slanských vrchov je ovplyvnený tektonickými a neotektonickými pohybmi a tiež seizmickou aktivitou. Taktiež sa tu vo vysokej miere prejavujú recentné vertikálne a horizontálne pohyby. Je potrebné pokračovať v geodetických, geologických a geofyzikálnych meraniach a ich následnou interpretáciou.

Podľa siete referenčných staníc SKPOS znázornených na obrázku č. 26 sú v záujmovej lokalite 4 referenčné stanice – PRES, KOSE SKVT, TREB. Rozloženie referenčných staníc, aj keď nie je dostačujúce, umožňuje ich využitie pre ďalšie spresnenie horizontálnych pohybových tendencií v tejto oblasti. Preto by som odporučila spracovať dáta z týchto staníc a zahrnúť do tejto analýzy. Pre ďalší výskum je možné doplniť túto sieť o ďalšie body pre podrobnejšiu analýzu recentných pohybov, zvlášť v blízkosti zóny bradlového pásma. Monitorovacie stanice by bolo vhodné umiestniť aj do oblastí, kde sú výrazné pohybové tendencie a taktiež do oblastí, kde je za posledné obdobie monitorovaná seizmická aktivita. Monitoring by bol potrebný aj v ďalších aktívnych zlomových systémoch vyznačených vo výsledných mapách na obrázkoch č. 21 až č. 25. V Slanských vrchoch sa prejavujú aj svahové deformácie, ktoré sú však pravidelne merané a monitorované, ale môžu tiež ovplyvniť tieto analýzy. Výsledná geodynamická mapa môže slúžiť ako podklad pri budovaní tejto siete, predovšetkým do aktívnych oblastí.



Obrázok 26: Sieť referenčných staníc SKPOS [1][9] - upravené autorom

10. Záver

Okolie vulkanického pohoria Slanských vrchov je v neustálom pohybe. Dôsledkom môže byť práve doznievanie pohybov zviazaných s termálnym kolapsom Panónskej panvy.

Výsledná mapa geodynamických javov v oblasti Slanských vrchov využíva dostupné geodetické, geologické, geomorfologické a geofyzikálne údaje. Taktiež využíva vhodné dostupné dáta a mapové podklady, predovšetkým dáta z GNSS mapovania [1]. Výsledkom je ukážka možnosti interpretácie a analýzy pohybových tendencií v zadanej oblasti a vymedzení kinematicky zaujímavých rozhraní pre ďalšie overenie.

Geodynamická mapa Slanských vrchov je vyhotovená v programe ArcMap s využitím technológie GIS. Vďaka tomu, môže byť stále postupne doplňovaná a aktualizovaná o ďalšie výsledky merania.

Výsledná práca môže v budúcnosti slúžiť ako podklad pri vybudovaní monitorovacej siete v aktívnych oblastiach a môže aj pomôcť pri ďalšom podrobnejšom výskume v lokalite Slanské vrchy, ktoré tvorí veľmi špecifické rozhranie na rozhraní Západných a Východných Karpát.

11. Zoznam použitých zdrojov

- [1] HEFTY, J. Geo-kinematics of Central and South-east Europe resulting from combination of various regional GPS velocity fields. *Acta Geodyn. Geometer* 2007, 4(4), 173-189. ISSN 2336-4351.
- [2] UHLIG, V. Uber die Tektonik der Karpaten. Sitzubgsber der. K. Akad. Wiss. – Leipzig 1907
- [3] POSPÍŠIL, L., HEFTY J., ŠVÁBENSKÝ, O. Geodynamically active areas in Central Europe determined on the bases of GPS measurements: kinematic models. *Acta Montanistica Slovaca*. 2014 19(3), 126-140. ISSN 1335- 1788.
- [4] VANKO, J., VYSKOČIL, P. *MAPA RECENTNÝCH VERTIKÁLNYCH POHYBOV ČSSR*. Mierka 1: 1 000 000. 1988.
- [5] VANKO, J., KVÍTKOVIČ, J. *MAPA RECENTNÝCH VERTIKÁLNYCH POHYBOV ZÁPADNÝCH KARPÁT*. Mierka 1: 1 000 000. 1948-1964.
- [6] *SLANSKÉ VRCHY* [online]. ©2016 [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: <http://www.slanskevrchy.sk/>
- [7] *SLANSKÉ VRCHY* [online]. ©2009 [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: http://www.treking.cz/regiony/slanske_vrchy.htm
- [8] *SLOVENSKO (Geológia) – Východoslovenské vulkanity* [online]. ©2008 [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: http://www.mineraly.sk/files/lok/301-400/393_slovgeo_vychod_vul_1.htm
- [9] *WEBOVÁ MAPOVÁ SLUŽBA (WMS)* [online]. Aktualizované 12.11.2014. © 2014 Geodetický a kartografický ústav Bratislava. [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: <http://apl.geology.sk/mapportal/#/sluzby>
- [10] *SLANSKÉ VRCHY* [online]. ©2007 [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: www.fberg.tuke.sk/kg/predmety/RegGeol/Slanske_vrchy.doc

- [11] DIVINEC, E., KOTULÁK, P., REPČIAK, M., KALIČIAKOVÁ, E., Ďuďa, R. Ložisko Zlatá Baňa vo svetle nových údajov geologického prieskumu. *MINERALIA SLOVACA*: časopis Slovenskej geologickej spoločnosti a slovenských geologických organizácií. Bratislava: Geocomple, 1988 20(3), 221-237. ISSN 0369-2086.
- [12] KALIČIAK, M. Vysvetlivky ku Geologickej mape severnej časti Slanských vrchov a Košickej kotliny: v mierke 1:50 000. Bratislava: Geol. úst. Dionýza Štúra, 1991.
- [13] POSPÍŠIL, L., KALIČIAK, M. Geologická interpretácia geofyzikálnych meraní v okolí Zlatej Bane (Slanské vrchy). *MINERALIA SLOVACA*: časopis Slovenskej geologickej spoločnosti a slovenských geologických organizácií. Bratislava: Geocomple, 1979 11(2), 115-125. ISSN 0369-2086.
- [14] BAŇACKÝ, V. Vysvetlivky ku Geologickej mape severnej časti Východoslovenskej nížiny: V mierke 1:50 000. Bratislava: Veda, 1987, 117.
- [15] MAGLAY, J. et al. *Neotektonická mapa Slovenska v mierke 1 : 500 000*. Bratislava: MŽP SR a GSSR, 1999.
- [16] NEMČOK, A., PAŠEK, J., RYBÁŘ, J. Dělení svahových pohybů, In: *Sborník geologických věd*. Vyd. I. Praha: Československá akademie věd, 1974, ISSN 0581-9172.
- [17] SOTÁK, J., RUDINEC, R., SPIŠIAK, J. The Penninic "pull-apart" dome in the pre-Neogene basement of the Transcarpathian Depression (Eastern Slovakia). *GEOLOGICA CARPATHICA*, Bratislava: 1993, 44(1) 11–16. ISSN 1210-2695.
- [18] *TEKTONICKÁ A SEIZMICKÁ AKTIVITA ÚZEMIA* [online]. ©2009 [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/files/Ciast_spr_2002_2009/02/02.pdf
- [19] *SEIZMICKÁ AKTIVITA ÚZEMIA* [online]. ©2002 [cit. 23.04.2017]. ftp://www.nuquake.eu/pub/Papers/Kovac_etal_EGU_2002.pdf
- [20] ČERMÁK, V., KRÁL, M. *HEAT FLOW MAP OF EUROPE*. 1979.
- [21] *ZDROJE GEOTERMÁLNEJ ENERGIE A MOŽNOSTI ICH VYUŽÍVANIA* [online]. ©2007 [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: <http://actamont.tuke.sk/pdf/2007/s1/5rybar.pdf>

[22] *SKÚMNANIE GEOTERMÁLNEJ ŠTRUKÚRY* [online]. ©1999 [cit. 23.04.2017].
Dostupné z: <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/EGC/1999/Benovsky.pdf>

[23] *MAPY RADONÓVÉHO RIZIKA* [online]. ©1997 [cit. 23.04.2017].
Dostupné z: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/29/061/29061244.pdf

[24] GLUCH, A., DZURENDA, Š., PRAMUKA, S., BAJTOŠ P. *Mapa prírodnej rádioaktivity*. Mierka 1:50 000. ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA, 2014

12. Zoznam použitých obrázkov a tabuliek

12.1. Zoznam obrázkov

Obrázok 1:.....	- 13 -
Obrázok 2:.....	- 16 -
Obrázok 3:.....	- 18 -
Obrázok 4:.....	- 19 -
Obrázok 5:.....	- 21 -
Obrázok 6:.....	- 22 -
Obrázok 7:.....	- 23 -
Obrázok 8:.....	- 24 -
Obrázok 9:.....	- 25 -
Obrázok 10:.....	- 27 -
Obrázok 11:.....	- 28 -
Obrázok 12:.....	- 30 -
Obrázok 13:.....	- 31 -
Obrázok 14:	- 33 -
Obrázok 15:.....	- 35 -
Obrázok 16:.....	- 37 -
Obrázok 17:.....	- 38 -
Obrázok 18:.....	- 39 -
Obrázok 19:.....	- 41 -
Obrázok 20:.....	- 42 -
Obrázok 21:.....	- 43 -
Obrázok 22:.....	- 44 -
Obrázok 23:.....	- 45 -
Obrázok 24:.....	- 46 -
Obrázok 25:.....	- 47 -
Obrázok 26:.....	- 48 -

12.2. Zoznam tabuliek

Tabuľka 1:.....	- 12 -
Tabuľka 2:.....	- 26 -

13. Zoznam príloh

Príloha č. 1 – Gravimetrický blokdiagram

Príloha č. 2 – Magnetický blokdiagram

Príloha č. 3 – Schematický priečny geologický profil

Príloha č. 4 – Profil 16-75

Príloha č. 5 – Geologicko - geofyzikálny rez

Príloha č. 6 – Geologický profil

Príloha č. 7 – Pozdĺžny geologický profil

Príloha č. 8 – Štruktúrna schéma predterciérneho podložia severnej časti SV

Príloha č. 9 – Model geologickej stavby v oblasti SV

Príloha č. 9.1 – Legenda ku Geologickej mape SV

Príloha č. 10 – Model kvartérneho pokryvu v oblasti SV

Príloha č. 11 – Model tektonickej stavby v oblasti SV

Príloha č. 12 – Model neotektonickej stavby v oblasti SV

Príloha č. 13 – Prehľad zemetrasení

Príloha č. 14 - Sieť referenčných staníc SKPOS