

## PODPOVRCHOVÉ PSEUDOMONTÁNNÉ ANTROPOGÉNNE TVARY RELIÉFU

## UNDERGROUND PSEUDOMONTANEOUS ANTHROPOGENIC RELIEF FORMS

Pavel HRONČEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Inštitút výskumu krajiny a regiónov Fakulty prírodných vied UMB, Cesta na amfiteáter 1, SK-974 01 Banská Bystrica; email: pavel.hroncek@umb.sk

### Abstract

Montaneous (mining, extraction) geomorphological forms are created or predetermined by subsurface or surface mining of mineral resources. The most frequently occurring shapes are: quarries, landfills, shafts, tunnels, subsidence basins, sinkhole subsidences, mining chambers and others. Based on the location of the montaneous relief shapes in the surface layer of Earth's crust we distinguish between surface and subsurface shapes. A special group of montaneous relief shapes is called pseudomontaneous anthropogenic relief shapes.

Pseudomontaneous relief shapes are shapes that feature all of the corresponding characteristics typical for montaneous shapes, but they did not originate for the purposes of mining nor as a result of mineral resources extraction. Pseudomontaneous shapes are any objects and shapes located underground and created using the procedures employed in mining (e.g. by digging of underground areas and shapes), yet the causes, requirements and, above all, the purpose of their origin is different than the extraction of mineral resources.

**Key words:** mining geomorphological forms, underground, pseudomontaneous relief shapes, mining technology

### Úvod

Pojem podzemie, respektíve podzemný priestor v súčasnosti chápeme ako dutý podzemný priestor vytvorený prírodnými procesmi alebo činnosťou človeka (antropogénnymi procesmi) v zemskej kôre, t. j. pod zemským povrchom. Tento priestor, bez ohľadu na svoju veľkosť, pôvod, tvar a vlastnosti je zo všetkých strán, alebo aspoň v prevažnej väčšine obklopený okolitou horninou, respektíve materiálom v ktorom sa nachádza.

Prirodzene vytvorené podzemie sa označuje ako jaskyňa. Za jaskyňu môžeme vo všeobecnosti považovať každý podzemný priestor – dutinu, ktorej dĺžka je väčšia ako veľkosť jeho otvoru a je prirodzene priechodná pre človeka. Podľa zákona NR SR č. 543/2002 Z. z.

o ochrane prírody a krajiny je jaskyňa definovaná ako človeku prístupný a prírodnými procesmi vytvorený dutý podzemný priestor v zemskej kôre, ktorého dĺžka alebo hĺbka presahuje dva metre a rozmery povrchového otvoru sú menšie ako jeho dĺžka alebo hĺbka.

Človekom vyrazené a vybudované podzemie sa označuje aj ako antropogénne alebo umelé podzemie. Fundamentálne delenie antropogénneho podzemia sa odvíja od jeho genézy (genetická klasifikácia), resp. hospodárskeho určenia a využitia na montánne podzemie a pseudomontánne podzemie. Montánne (banské, ťažobné) podzemie bolo vydobyté priamo pri ťažbe nerastných surovín alebo bolo jeho vyrazenie podmienené hlbinnou ťažbou nerastných surovín. Najčastejšie sa vyskytujúce tvary sú: štôlne, šachty, podzemné chodby, banské komory, podzemné lomy, piliere a iné.

Využívanie podzemia človekom na iné ako ťažobné účely je teda také staré, ako celá ľudská spoločnosť. Postupný nárast ľudskej populácie a rozvoj modernej ťažobnej a dobývacej techniky vplýval aj na nárast budovania podzemných priestorov. Prudký rozvoj budovania podzemných stavieb začína začiatkom novoveku a predovšetkým v 18. a 19. storočí. Rozvoj ľudskej spoločnosti podnietil budovanie veľkopriemerových líniových stavieb, tunelov, a tiež rozsiahlych komorových priestorov a výnimkou nie je ani Slovensko.

Práve v priebehu 19. storočia sa vo svete začína profilovať samostatný stavebný odbor podzemné staviteľstvo. Podzemné staviteľstvo sa v súčasnosti zaoberá razením a budovaním podzemia všetkého druhu, ktoré označujeme ako podzemné pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu.

## **Cieľ**

Cieľom štúdie je na základe najnovšej vedeckej literatúry, prameňov a skúseností z terénneho výskumu antropogénneho podzemia analyzovať v intenciách antropogénnej geomorfológie a montanistiky podzemné pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu. Cieľom prvej časti štúdie je sformulovať základnú definíciu podzemných pseudomontánnych antropogénnych tvarov reliéfu. Cieľom druhej nosnej časti štúdie bolo zostaviť triedenie podpovrchových pseudomontánnych antropogénnych tvarov reliéfu na základe ich morfológických, morfometrických, genetických vlastností a ich odraze v horninovom prostredí, resp. v krajine a vytvoriť jednotný metodicko-analytický aparát pre ich výskum.

Sformulovanie definície a charakteristík jednotlivých foriem, procesov a pojmov súvisiacich s podpovrchovými pseudomontánnymi antropogénnymi tvarmi reliéfu budú využiteľné ako jednotný metodicko-analytický vedný aparát aj pre príbuzné vedné

zaoberajúce sa výskumom podzemných pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu ktoré doposiaľ využívali vlastný vzájomne neujednotený metodicko-analytický vedecký aparát.

### **Podpovrchové pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu**

Podpovrchové pseudomontánne tvary reliéfu sú tvary, ktoré majú všetky zodpovedajúce typické vlastnosti pre montánne tvary antropogénneho reliéfu, ale nevznikli pre účely baníctva alebo ako výsledok ťažby nerastných surovín. **Pri podpovrchových pseudomontánných tvaroch reliéfu ide o všetky podzemné objekty a tvary vytvorené činnosťou vykonávanou bankým spôsobom (čiže razením podzemných priestorov a tvarov), ale príčiny, požiadavky a predovšetkým účel ich vzniku je iný ako ťažba nerastných surovín.**

Môžeme teda konštatovať, že vznikli jednoznačne bankým razením chodieb, šácht, komôr alebo iných tvarov, ale ich primárne využitie nie je určené pre banké účely, ale pre iné hospodárske odvetvia. Sú to bankou činnosťou účelovo vydobyté takéto podzemné priestory majúce najčastejšie charakter chodieb, komôr, komínov, štôlní, veľkých kavern a podobne. Slovenským jazykovým ekvivalentom podzemných pseudomontánných tvarov antropogénneho reliéfu je pojem nepravé banké tvary reliéfu vytvorené človekom.

Pri výskume podzemných pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu platí celý vedecký aparát ako pri geomorfológii, respektíve pri antropogénnej geomorfológii. Vedecký aparát antropogénnej geomorfológie s dôrazom na montánnu antropogénnu geomorfológiu je detailne komplexne spracovaný v práci P. Hrončka, P. Rabára a K Weisa (HRONČEK, RYBÁR & WEIS 2011).

### **Možnosti metodického triedenia podpovrchových pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu**

Pri výskume a následnej analýze podpovrchových pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu je nevyhnutná ich správna metodická analýza na základe ich rozdelenia a triedenia v rámci antropogénnej geomorfológie. Takáto metodika v antropogénnej geomorfológii nebola doposiaľ spracovaná.

Na základe analýz vedeckej literatúry, odborných prameňov z iných prírodovedných, technických a spoločenskovedných vedeckých odborov a na základe vlastných výskumov v teréne sme spracovali základné členenie jednotlivých typov podpovrchových

pseudomontánných antropogénnych montánných tvarov reliéfu. Toto rozdelenie je prehľadné, logické a zabezpečuje korektné analýzy jednotlivých tvarov antropogénneho reliéfu využiteľné v rámci výskumov antropogénnej geomorfológie. Takto postavené rozdelenie je aplikovateľné aj v rámci ostatných príbuzných vedných odborov – v montanistike, historickej geografii, geografii, montánnom turizme, environmentálnych vedách, krajinnej ekológii a ostatných geovedách.

Okrem niekoľkoročných skúseností z výskumov v teréne sme pre spracovanie rozdelenia podpovrchových pseudomontánných tvarov antropogénneho reliéfu využili práce domácich a českých autorov: M. Holeca a kolektívu (HOLEC et al. 1962), J. Mencla a V. Mencla (MENCL & MENCL 1962), J. Straku (STRAKA 1966), L. Zapletala (ZAPLETAL 1968 & 1969), M. Buceka a J. Bartáka (BUCEK & BARTÁK 1989), F. Klepsatela, P. Kusého a A. Kopáčika (KLEPSATEL, KUSÝ & KOPÁČIK 1998), F. Klepsatela a J. Chabroňovej (KLEPSATEL & CHABROŇOVÁ 1999), F. Klepsatela, P. Kusého a L. Maříka (KLEPSATEL, KUSÝ & MAŘÍK 2003), F. Klepsatela (KLEPSATEL 2004), F. Klepsatela, L. Maříka a M. Frankovského (KLEPSATEL, MAŘÍK & FRANKOVSKÝ 2005), anonym (ANONYMUS 2006), J. Bartáka (BARTÁK 2006, 2009 & 2010), J. Bartáka a kolektívu (BARTÁK et al 2007), P. Hrončeka, P. Rybára a K. Weisa (HRONČEK, RYBÁR & WEIS 2011) a P. Příbyla a J. Bartáka (PŘIBYL & BARTÁK 2011).

Zo zahraničných prác to boli predovšetkým najnovšie práce nórskeho a amerického inžinierskeho geológov zaoberajúcich sa budovaním podzemných mestských a dopravných stavieb, a v menšej miere odborníkov z ostatného sveta. Išlo o nasledovné vedecké monografické práce, štúdie a správy: J. Bartáka, I. Hrdinu, G. Romanceva a J. Zlámala (BARTÁK, HRDINA, ROMANCEV & ZLÁMAL eds. 2007), J. Bartáka a J. Pruška (BARTÁK & PRUŠKA 2011), C. A. Brebbiu, D. Kalimpakosa a P. Procházku (BREBBIA, KALIAMPAKOS & PROCHÁZKA eds. 2008), E. Brocha (BROCH 2003, 2006a, 2006b, 2007 & 2010), E. Brocha a E. Moea (BROCH & MOE 2000), E. Brocha, A. M. Myrvanga a G. Stjerna (BROCH, MYRVANG & STJERN 1996), J. Carmodyho a R. Sterlinga (CARMODY & STERLING 1993), S. Durmievičovej (DURMIEVIČ 1999), R. W. Henna (HENN 2003), E. Hoeka (HOEK 2001), D. Kolymbasa (KOLYMBAS 2008), V. Kučeru (KUČERA 1985 & 2009), J. Zhaoa, J. N. Shirlawa a R. Krischnana (ZHAO, SHIRLAW & KRISCHNAN eds. 2000) a monografie spracované kolektívom autorov (Kolektív 1981, 1986, 1988, 2003, 2004, 2005, 2007 & 2011).

## **Podzemné pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu môžeme analyzovať a triediť:**

### **Podľa základného tvaru**

Základné tvary podzemných pseudomontánnych tvarov reliéfu sú odvodené od ich vzájomného pomeru dĺžky, šírky a výšky. Na základe týchto charakteristík rozoznávame líniové, plošné a halové tvary. Pričom platí pravidlo, že nemusia mať len tvar pravouhlého hranolu ale aj iných základných, či odvodených geometrických tvarov.

Pre **líniové** tvary platí základná charakteristika, že ich dĺžka je niekoľkonásobne väčšia v porovnaní s ich šírkou a výškou. Sú to napr. šachty, štôlne a chodby.

**Plošné** tvary sú také, pri ktorých dva vodorovné rozmery (šírka a dĺžka) výrazne dominujú nad svojou výškou v reze, t.j. v porovnaní s výškou zaberajú veľkú plochu. Typickými tvarmi tohto typu sú garáže, sklady, parkoviská a podchody.

**Halové** (kaverny) tvary sú také tvary, pri ktorých sú všetky rozmery približne rovnaké. Sú to napr. podzemné štadióny a športoviská, elektrárne, zásobníky a ďalšie.

**Podzemné telesá** ako podzemné pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu sú súčasťou vydobytých priestorov. Reprezentujú ich napr. piliere, lavice, schodištia a rôzne stupne.

### **Podľa uhla sklonu**

Rozdelenie podzemných pseudomontánnych tvarov reliéfu podľa uhla sklonu, platí predovšetkým pre líniové tvary, ale je aplikovateľné aj na ostatné tvary. Uhol sklonu je uhol, ktorý zvierá pozdĺžna os analyzovaného tvaru s myslenou horizontálnou rovinou. Podľa uhla sklonu môžeme podzemné pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu rozdeliť na:

**Vodorovné** (horizontálne) tvary sú tie, ktoré majú maximálny odklon pozdĺžnej osi od vodorovnej roviny do  $10^\circ$ . Sú to štôlne, tunely, podzemné chodby a tiež aj ďalšie tvary nielen líniového tvaru ale aj plošné, halové a podzemné telesá. Základný veľkostný rozdiel medzi štôľňou a tunelom je v ploche ich priečného profilu. Priečny profil štôľní je do  $16 \text{ m}^2$  a pri tuneloch je väčší ako  $16 \text{ m}^2$ . Podzemná chodba je horizontálne líniové bansky zhotovené dielo, ktoré začína a končí pod zemským povrchom.

**Naklonené** tvary označované aj ako úklonné alebo úpadné štôlne a tunely sú vymedzené uhlom sklonu svojej pozdĺžnej osi od vodorovnej roviny. Uhol sklonu sa musí pohybovať v intervale od  $10^\circ$  do  $60^\circ$ .

**Šikmé** tvary, majú uhol sklonu pozdĺžnej osi v intervale od  $60^\circ$  do  $90^\circ$ . Základné tvary sú šachty respektíve úklonné šachty, ktoré majú maximálny odklon od zvislice  $30^\circ$ , a tiež všetky tvary podobného charakteru.

**Vertikálne** (zvislé) tvary sú vymedzené uhlom sklonu svojej pozdĺžnej osi od zvislej roviny v uhle  $90^\circ$ . Základné tvary sú šachty a od nich odvodené tvary.

### **Podľa geometrických tvarov telies**

Rozdelenie podzemných pseudomontánných antropogénnych foriem reliéfu podľa geometrických tvarov telies nie je presné a je skôr orientačné. Pretože ideálny tvar, ktorý jednoznačne zodpovedá niektorému tvaru je problematické v teréne (v praxi) nájsť. Skôr ide o kombinácie jednotlivých základných tvarov telies. Pri výskume sa preto pri pričlenení analyzovaného tvaru k jednotlivému geometrickému telesu vychádza z jeho dominantného tvaru, ktorý výrazne dominuje nad ostatnými. Táto činnosť si vyžaduje odborné a praktické zručnosti výskumníka získané pri práci v teréne. Napr. podzemná športová hala má tvar hranola s obdĺžnikovou podstavou, prípadne s hornou klenbou, kaverna podzemnej elektrárne môže mať tvar hranolu, valca a pod.

Rozoznávame tieto základné tvary podzemných pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu, vyplývajúcich zo základných geometrických tvarov telies: **hranolové** (podstava môže byť štvorec, obdĺžnik, lichobežník, trojuholník, mnohouholník), **kockové**, **valcové**, **kužeľovité** (tiež zrezaný kužeľ), **ihlanovité** (podstava môže byť štvorec, obdĺžnik, trojuholník, mnohouholník, a tiež zrezaný ihlan) a **kombinácie** jednotlivých **základných tvarov** geometrických telies.

### **Podľa tvaru priečného profilu**

Pri projektovaní podzemných stavieb je dôležitá voľba tvaru ich priečného profilu. Tvar profilu vyrazeného podzemného tvaru budúcej podzemnej stavby je zvolený predovšetkým podľa účelu, ktorému má podzemná stavba vytvorená banským spôsobom slúžiť. Dôležitým faktorom voľby vybraného profilu sú aj vlastnosti okolitého horninového prostredia. Ide o fyzikálne, mechanické a chemické vlastnosti hornín. Pri priečných profiloch vyrazeného podzemných tvarov reliéfu určujeme ich základné rozmery v metroch a tiež plochu profilu výlomu v metroch štvorcových.

Pri tvaroch priečných profilov pseudomontánných tvarov antropogénneho reliéfu rozlišujeme nasledovné základné tvary: **pravouhlé** (obdĺžnikové, štvorcové), **lichobežníkové**, **kruhové**, **eliptické**, **klebové** a **kombinované**.

### **Podľa spôsobu razenia**

Razenie je súbor činností vykonávaných banským spôsobom, ktorým vznikajú podzemné objekty a tvary patriace k podzemným pseudomontánnym tvarom reliéfu. Ide o vylamovanie horninového masívu, čím vznikajú podzemné dutiny. Podľa spôsobu razenia

podzemných pseudomontánných tvarov reliéfu rozoznávame tvary razené z povrchu, z podzemia, horizontálne, zvisle nadol a dovrchne.

Základnými razenými tvarmi sú šachta, štôlna a komora. Šachta je zvislý alebo takmer zvislý podzemný líniový tvar ústiaci na povrch. Štôlna je vodorovný alebo mierne uklonený podzemný líniový tvar ústiaci na povrch. Zvyčajne je razená v úbočí svahovitého terénu. býva označovaná aj ako (chodba alebo tunel). Komora je rozľahlý podzemný priestor (dutina duté teleso), ktorého dĺžka výrazne nepredstihuje jeho šírku a výšku, často môže mať rozmery niekoľko desiatok metrov

Tvary reliéfu **razené z povrchu**. Všetky tvary, ktoré sú razené z povrchu majú ústie na povrch (zväčša šachta, štôlna alebo tunel). Často ide o takzvané úvodné dielo, ktorým sa z povrchu otvára priestor podzemnej výstavby, naň nadväzujú ostatné podzemné pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu.

Tvary reliéfu **razené z podzemia**. Vyrazenie priestorov v podzemí, ktoré neústia priamo na povrch, či už líniové tvary (chodby) alebo komorové tvary.

Tvary reliéfu **razené horizontálne**. Vylamovanie vodorovného (zväčša líniového) podzemného priestoru, ktorý má pozdĺžnu os s úklonom menším ako  $10^\circ$  voči vodorovnej rovine.

Tvary reliéfu **razené zvisle nadol**. Vylamovanie zvislého (zväčša líniového) podzemného priestoru, ktorého pozdĺžna os zvierá  $60^\circ$  až  $90^\circ$  uhol zo zvislou rovinou.

Tvary reliéfu **razené dovrchne**. Tvary razené v smere zdola na hor (z nižšieho horizontu na vyšší). V banskej terminológii ide o tzv. komíny, t.j. zvislé alebo úklonné podzemné banské dielo menšieho prierezu, razené dovrchným spôsobom.

### **Podľa polohy v krajine**

**Horské** podzemné pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu sú vyrazené za účelom prekonávať horské chrbty a konvexné časti reliéfu. Sú to predovšetkým líniové podzemné tvary reliéfu vydobyté za účelom dopravy, či už cestnej alebo železničnej, na privádzanie, respektíve odvádzanie vody z miest, pre priemysel a pod.

**Rovinné** tvary sú vyrazené v rovinnom reliéfe. Účel ich vzniku, tvary a veľkosť je rôzna, môžeme sem zaradiť všetky typy podzemné pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu, ktoré sú vydobyté na rovinnom reliéfe.

**Podvodné** tvary sú vyrazené popod vodné toky (prírodné aj umelé), popod vodné plochy a morské úžiny a prieplavy. Najčastejšie ide o líniové tvary komunikačného charakteru.

**Mestské** tvary vznikajú v priestoroch centier veľkomiest, kde je nedostatok priestoru na ich ďalší rozvoj. Mestské podzemné stavby sú detailne rozpracované predovšetkým v technických vedách (podzemné stavitel'stvo). Z hľadiska antropogénnej geomorfológie ide podzemné priestory vyrazené za rôznym účelom. V podzemí sa budujú napr.: komunikačné tunely, podchody, garáže, parkoviská, inžinierske siete, zásobníky, sklady, kryty, obchody, kostoly, obytné priestory, múzeá, športové objekty, koncertné sály, kiná, kostoly, kancelárske priestory, čistiarne odpadových vôd a pod.

#### **Podľa dôvodov, ktoré vyvolávajú potrebu ich vzniku**

Podľa dôvodov, ktoré prioritne vyvolávajú a určujú potrebu vydobytia podzemných pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu rozoznávame ekologické, klimatické, ochranné, technické, vedecké a rekreačné tvary.

Pri **ekologických** tvaroch je určujúcim faktorom ich budovania ochrana životného prostredia a negatívny vplyv na krajinu. Sú to napríklad podzemné úložiská odpadov (predovšetkým jadrových), podzemné zásobníky, podzemná doprava v mestách a pod.

**Klimatické** príčiny budovania podzemných pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu sú uplatňované z dôvodu minimalizácie vplyvov klímy na ich hospodárske využitie vzhľadom k zemepisnej šírke. Napr. podzemné elektrárne z dôvodu eliminácie zamrzania vody vo vyšších zemepisných šírkach, pivnice a sklady z dôvodu stabilnej klímy prostredia v podzemí a pod.

**Ochranné** tvary sú budované z dôvodu ochrany pred živelným a ľudským nebezpečenstvom. Sú to rôzne odvodňovacie štôlne, ale predovšetkým podzemné stavby vojenského charakteru. Ide predovšetkým o historické mestské podzemie, rôzne historické skrýše, kryty CO, vojenské obranné tunely napr. Cu Chi tunely v južnom Vietname a pod.

**Technické** dôvody budovania podzemných pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu sa v súčasnom modernom technickom a stále viac sa globalizujúcom svete dostávajú stále viac do popredia. Ide o rôzne technické riešenia, ktoré uľahčujú chod ľudskej spoločnosti na zemskom povrchu. Tieto tvary sú vydobyté pre cestnú dopravu a železničnú dopravu, pre špeciálne druhy dopravy, tiež pre dopravu vody vodnými štôľňami.

**Vedecké** príčiny budovania podzemných pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu sa uplatňujú od posledných desaťročí 20. storočia. Podzemné laboratória a výskumné ústavy sú budované v podzemí z dôvodu špecifických a na zemskom povrchu ťažko dosiahnuteľných podmienok na výskum. Môžeme sem zaradiť aj prieskumné vrty. Najznámejším podzemným výskumným laboratóriom je Cern.



Podzemné pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu pre **rekreačné** účely sa budujú predovšetkým od druhej polovice 20. storočia. Ide predovšetkým o športoviská (športové haly – hokejové, hádzanárske, atletické, tiež plavecké bazény, strelnice, lezecké steny a pod.). Sú budované z dôvodu nedostatku priestoru v mestách a stabilnej klímy v podzemí.

### **Podľa rozloženia hmoty**

Podľa rozloženia horninovej hmoty Zemskeho plášťa, v ktorom boli vyrazené podzemné priestory rozlišujeme dve skupiny pseudomontánnych foriem reliéfu, a to **duté** a **plné tvary** (telesá).

Najčastejšie sa vyskytujúce tvary, ktoré výrazne dominujú sú **duté telesá – podzemné dutiny**. Dutina je ohraničený vydobytý podzemný dutý (prázdny) priestor, ktorý nemusí byť úplne homogénny. V geometrii sa duté telesá označujú aj ako negatívne telesá. Dutými tvarmi sú všetky štôlne, šachty, komory, tunely, kaverny, t.j. všetky vydobyté priestory v podzemí.

**Plné tvary** (telesá) podzemného pseudomontánneho antropogénneho reliéfu sú v porovnaní s dutými tvarmi vytvorené v menšom počte a aj ich rozmery sú menšie. Plné tvary sa vždy nachádzajú v priestore alebo sú súčasťou dutých tvarov. Najčastejšie vyskytujúce plné tvary sú piliere, schodišťa, lavice, stĺpy, katafalky a pod.

### **Podľa veľkosti**

Pri triedení podzemných pseudomontánnych antropogénnych tvarov reliéfu vychádzajúc zo všeobecného veľkostného triedenia antropogénnych tvarov reliéfu môžeme použiť štyri kategórie veľkostí. Pričom na zaradenie jednotlivých tvarov do jednotlivých veľkostných kategórií postačuje aby spĺňali rozmery v jednom smere, či už dĺžka, šírka a lebo výška. Rozoznávame nanotvary, mikrotvary, mezotvary a makrotvary:

- **nanotvary** sú veľkostne najmenšie pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu, dosahujú rozmer do jedného metra,
- **mikrotvary** sú malé tvary, ich veľkosť sa pohybuje do desiatich metrov,
- **mezotvary** sú tvary dosahujúce stredné veľkosti niekoľko desiatok metrov, v jednom smere môžu výnimočne presahovať aj stovky metrov a
- **makrotvary** sú veľkostne najväčšie pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu, sú veľké niekoľko sto metrov, často až kilometrov.

### **Podľa horninového zloženia**

Podzemné pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu rozdeľujeme podľa ich lokalizácie v horninových komplexoch, t.j. v akých horninách sú vydobyté na:

- **homogénne tvary** - majú homogénne (rovnaké) petrografické zloženie v celom svojom objeme,

- **nehomogénne tvary** - majú rôznorodé petrografické zloženie a
- **podľa druhu horniny** (žula, vápenec, čadič, íl a pod.), v ktorej sú vydobyté, prípadne ktorá ich buduje pri plných telesách.

### **Podľa veku**

Triedenie podľa veku je jednoznačné v tých prípadoch, kde vieme presne určiť vek jednotlivých tvarov na základe archívnych dokumentov, správ, máp, plánov a iných materiálov rôznej proveniencie. Vyjadrujeme ho v absolútnych číslach.

Stanovenie veku podzemných pseudomontánných antropogénnych tvarov reliéfu je dôležité v tých prípadoch, kedy sa nám nezachovali žiadne archívne dokumenty, správy, mapy a plány, ktoré by jednoznačne určovali ich vek. Potom počas terénnych výskumov musíme jednotlivé tvary zaradiť do vekových kategórií. Stanovenie kategórií vychádza z metodiky všeobecnej antropogénnej geomorfológie. Použitie tohto triedenia si vyžaduje kritický prístup výskumníka a jeho vynikajúce teoretické ale predovšetkým praktické znalosti a zručnosti z práce v teréne.

Podľa veku rozdeľujeme podzemné pseudomontánne tvary antropogénneho reliéfu na živé, zrelé, zanikajúce, zaniknuté a oživené:

- **živé** sú tie tvary, ktoré sú práve v čase výskumu budované, t.j. prebieha ich razenie,
- **zrelé** slúžia svojmu účelu pre, ktorý boli vybudované,
- **zanikajúce** tvary v čase prebiehajúceho výskumu sú opustené a neslúžia svojmu pôvodnému účely a začínajú zanikať. Zánik je dlhodobý proces do ktorého vstupuje množstvo ďalších faktorov (prirodzených, antropogénnych – spoločenskoekonomických),
- **zaniknuté** tvary môžu zaniknúť prirodzenou cestou, prestanú slúžiť pôvodnému účelu a postupne chátrajú. Prirodzený zánik je neporovnateľne dlhší ako antropogénny zásah (asanácia) a
- **oživené** tvary sú také, ktoré boli znovu obnovené podzemnou výstavbou, prehĺbením, úpravou a pod., pričom už nemusia slúžiť pôvodnému účelu ale boli upravené pre iné hospodárske využitie.

### **Podľa účelu využitia pre jednotlivé hospodárske odvetvia**

Podzemné pseudomontánne antropogénne tvary reliéfu rozdeľujeme podľa účelu využitia pre jednotlivé hospodárske odvetvia v kontexte s vývojom súčasnej modernej spoločnosti na priemyselné, poľnohospodárske, sídelné, vodohospodárske, dopravné, vojenské, pohrebné, oslavné, rekreačné, vedecké a športové tvarov.

## Záver

V súčasnosti je pseudomontánne podzemie niekoľkonásobne rozsiahlejšie ako tvary vytvorené ťažbou nerastných surovín alebo pre účely ťažby nerastných surovín. S použitím najmodernejšej dobývacej techniky a metodiky dobývacích prác postupne narastá ich početnosť a rozmery. Tieto tvary sú nevyhnutné pre fungovanie a technické napredovanie súčasnej modernej spoločnosti a komunity mesta.

Pri razení a budovaní podzemných priestoroch a ich náraste v peče a rozsahu sa do popredia čoraz viac dostávajú ich nespočetné výhody:

- Vyrazené a vybudované podzemné priestory sa povrchu dotýkajú len v bode, respektíve vo viacerých bodoch, ktoré slúžia ako vstupy a výstupy. Po dobudovaní infraštruktúry podzemných priestorov sú v krajine stále neviditeľné s výnimkou a ich vstupov. systém moderných podzemných priestorov môžeme obrazne prirovnať k ľadovcu plávajúceho po hladine, kde je viditeľné len jeho minimálna časť.
- Riešia problém s nedostatkom miesta v husto zastavaných priestoroch, napr. podzemné garáže.
- V podzemných priestoroch je dobrá prirodzená ochrana vzhľadom ku klimatickým podmienkam, čo využívali bystrický mešťania pri skladovaní potravín vo svojich pivniciach.
- Podzemné priestory sú ekonomicky lacnejšie a prevádzku a údržbu. Zabezpečujú ochranu pred prírodnými katastrofami, pred vojnou a často aj ochranu životného prostredia na ovrchu.
- V súčasnom zrýchľujúcom sa svete je dôležité, že v komunikáciách odstraňujú prírodné bariéry.

## Literatúra a pramene

- ANONYMUS 2002: Zákon o ochrane prírody a krajiny č. 543/2002 Z. z. In Zbierka zákonov SR, čiastka 212, NR SR:5410-5463.
- ANONYMUS 2006: Tunelové názvoslovie, Technické podmienky. Ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií, Sekcia dopravnej infraštruktúry, Bratislava, 25 pp.
- BARTÁK, J. 2006: Vývoj podzemného staviteľství v České republice. In Tunel, roč. 15, č. 1, pp. 2 – 14.
- BARTÁK J. 2009: Podzemní stavby. ČVUT v Praze, Stavební fakulta, Katedra geotechniky, Praha, 25 pp. Dostupné on-line: <http://departmentens.fsv.cvut.cz>.
- BARTÁK, J. 2010: Vývoj podzemního staviteľství v České republice. In Silnice a železnice, č. 2, On-line časopis, ISSN 1803-8441. Dostupné on-line: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vyvoj-podzemniho-stavitelstvi-v-ceske-republice/>
- BARTÁK, J. et al. 2007: Podzemní staviteľství v České republice. SATRA, Praha, 318 p.
- BARTÁK, J., HRDINA, I., ROMANCEV, G. & ZLÁMAL, J. (eds.) 2007: Underground Space – The 4th Dimension of Metropolises. International Tunnelling and Underground Space Association, Prague, 2064 pp. ISBN 0415408075.
- BARTÁK, J. & PRUŠKA, J. 2011: Podzemní stavby. ČVUT, Stavební fakulta, Praha, 170 pp.
- BREBBIA, C. A., KALIAMPAKOS, D. & PROCHÁZKA, P. (eds.) 2008: Underground spaces - design, engineering and enviromental aspects. WITpress, Southampton, UK, 224 pp. ISBN 978-1-84564-125-2.
- BROCH, E. 2003: Use of the underground in Norway, pp. 1 – 14. In Publication No. 9 Norwegian Underground Storage (103 pp.), Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, Dostupné on-line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- BROCH, E. 2006a: Use of rock caverns in urban areas in Norway. Sharm El-Sheikh, Egypt, November 2006: International Symposium on Utilization of Underground Space in Urban Areas, International Tunnelling and Underground Space Association, 13 pp. Dostupné on-line: <http://www.ita-aites.org/fileadmin/filemounts/general/pdf/ItaAssociation/Organisation/Members/MemberNations/Egypt/PapersSharm2006/kn05.pdf>
- BROCH, E. 2006b: Use of rock caverns in urban areas in Norway. Sharm El-Sheikh, Egypt, November 2006: International Symposium on Utilization of Underground Space in Urban Areas, International Tunnelling and Underground Space Association, Power-Point presentation, 37 pp. Dostupné on-line: [http://www.ita-aites.org/fileadmin/filemounts/general/pdf/ItaAssociation/Organisation/Members/MemberNations/Egypt/Sharm2006/kn2\\_1.pdf](http://www.ita-aites.org/fileadmin/filemounts/general/pdf/ItaAssociation/Organisation/Members/MemberNations/Egypt/Sharm2006/kn2_1.pdf)
- BROCH, E. 2007: Use of the Underground in the City of Trondheim, Norway. In 11th ACUUS Conference: “Underground Space: Expanding the Frontiers”, September 10. – 13. 2007, Athens – Greece, pp. 6.
- BROCH, E. 2010: Tunnels and Underground works for Hydropower projects, lessons learned in home country and from projects worldwide. Muir wood lecture, april 2010, International Tunnelling and Underground Space Association, Avignon, France, 20 p. ISBN 978-2-9700624-4-8.

- BROCH, E. & MOE, E. 2000: Use of rock caverns in urban areas, pp. 269 – 276. In ZHAO, J., SHIRLAW, J., N. & KRISCHNAN, R. (eds) 2000: Tunnels and Underground Structures. A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 696 p. ISBN 90-5809-1716.
- BROCH, E., MYRVANG, A. M. & STJERN, G. 1996: Support of large rock caverns in Norway. In Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 11, Issue 1, pp. 11 – 19.
- BUCEK M. & BARTÁK J. 1989: Podzemní stavby. Skriptum, ČVUT, Praha, 222 p.
- CARMODY, J. & STERLING, R. 1993: Underground Space Design – A Guide to Subsurface Utilization and Design for People in Underground Spaces. International Thomson Publishing company, New York, USA, 328 p. ISBN-10: 047128548X.
- DURMIEVIČ, S. 1999: The future of the underground space. In Cities, Volume 16, Issue 4, August 1999, pp. 233 – 245.
- HENN, R., W. 2003: AUA Guidelines for Backfilling and Contact Grouting of Tunnels and Shafts. American Society of Civil Engineers, London, UK, 248 p. ISBN 0-7277-2983-7.
- HOEK, E. 2001: Design of large underground caverns. 30 pp. Dostupné on-line: <http://www.roscience.com/hoek/pdf/Design%20of%20large%20underground%20caverns.pdf>.
- HOLEC M. et al. 1962: Příručka pro lomaře. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 336 pp.
- HRONČEK P., RYBÁR P. & WEIS K. 2011: Montánný turizmus – Kapitoly z antropogénnej geomorfológie. Skriptum, TU Košice, Fakulta BERG, Ústav geoturizmu, Košice, 96 pp.
- KLEPSATEL F. 2004: Podzemní stavby II. Skriptum, ES STU, Bratislava, 199 pp.
- KLEPSATEL F. & CHABROŇOVÁ J. 1999: Vodohospodárske podzemné stavby. Skriptum, SvF STU, Bratislava.
- KLEPSATEL F., KUSÝ P. & KOPÁČIK A. 1998: Podzemní stavby I. Skriptum, SvF STU, Bratislava, 326 pp.
- KLEPSATEL F., KUSÝ P. & MAŘÍK L. 2003: Výstavba tunelu ve skalních horninách. JAGA group, s. r. o., Bratislava, 230 pp.
- KLEPSATEL F., MAŘÍK L. & FRANKOVSKÝ M. 2005: Městské podzemní stavby. JAGA group, s. r. o., Bratislava, 285 pp.
- Kolektív 1981: Norwegian Hard rock tunneling, Publication No. 1. Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 101 pp. Dostupné on-line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektív 1986: Norwegian Road tunneling, Publication No. 4. Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 108 pp. Dostupné on-line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektív 1988: Norwegian tunneling Today, Publication No. 5. Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 117 pp. Dostupné on-line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektív 2003: Norwegian Underground Storage, Publication No. 9. Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 103 pp. Dostupné on-line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>

- Kolektív 2004: Norwegian Urban tunneling, Publication No. 10. Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 112 pp. Dostupné on-line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektív 2005: Norwegian tunneling, Publication No. 14. Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 48 pp. Dostupné on-line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektív 2007: Underground constructions for the Norwegian oil and gas industry, Norwegian tunneling, Publication No. 16. Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 181 pp. Dostupné on-line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektív 2011: Moving Coal Stocks Underground in Helsink. Cmpny Atlas Copco, Helsinky, Finland, pp. 70 – 72. Dostupné on line: <http://www.yitgroup.com/docs/yit-group-documents/2011/04/14/Moving%20Coal%20Stocks%20Underground%20Helsinki%20%28139%20kt%29.pdf>
- MENCL J. & MENCL, V. 1962: Štôlne a tunely. STVL, Bratislava.
- PŘIBYL P. & BARTÁK J. 2011: Tunely na pozemních komunikacích. ČVUT, Praha, 384 p.
- STRAKA J. 1966: Podzemní stavby. SNTL, Praha, 444 pp.
- ZAPLETAL, L. 1968: Geneticko-morfologická klasifikace antropogénních forem reliéfu. In Acta universitatis Palackianae Olomucensis tom 23, Geographica - Geologia. SPN, Praha, 23, pp. 239 – 426.
- ZAPLETAL L. 1969: Úvod do antropogénní geomorfologie I. Skriptum, Univerzita Palackého, Olomouc, 278 pp.
- ZHAO, J., SHIRLAW, J., N. & KRISCHNAN, R. (eds.) 2000: Tunells and Underground Structures. A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlandes, 696 pp. ISBN 90-5809-1716.