

LUDVÍK LOYDA

POKLESY V PODDOLOVANÉM ÚZEMÍ

L. Loyda: *Subsidence Due to Underground Mining*. — Sborník ČSGS, 91, č. 4, s. 305—317 (1986). — The origin and evolution of sinkholes as well as of large subsidence depressions above underground excavations are explained by the changes in strain in rocks due to the mining activity. But on the periphery of the destructive ellipsoid the extension of rocks and the upheaval of the earth surface also take place, caused by the lowering of the strain. This phenomenon pertains not only to undermined areas but it also partakes in the upheaval of the borders of troughs and rifts, and all raised blocks of the earth's crust.

V době počátků dolování rud ve starověku a uhlí ve středověku neměly poklesy povrchu nad vyrubanými prostory prakticky žádný význam. Zastavěných areálů bylo tehdy mnohem méně a obdělávaných ploch také, chyběly pevné komunikace, inženýrské sítě ap. Poklesy vzniklé poddolováním proto žádné větší škody ani způsobit nemohly. Navíc rozsah tehdejší těžby není vůbec srovnatelný s rozsahem těžby dnešní. Pozornost poklesům zemského povrchu byla proto věnována až mnohem později, v době rozšiřování těžby v 19. století. V důsledku podzemní těžby poklesly už tisíce čtverečných kilometrů zemského povrchu a na dalších tisících kilometrech poklesy zcela určitě nastanou a postihnou celá města s množstvím obyvatelů, komunikacemi, řekami ap. S tím vším musí dnešní těžba počítat.

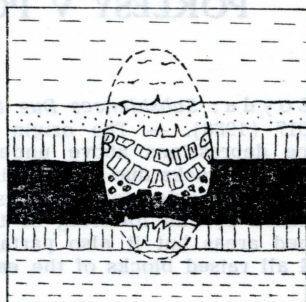
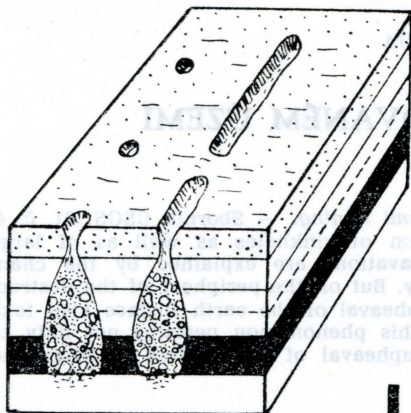
Povrchové deprese v poddolovaných oblastech se mohou svým rozsahem i tvarem značně lišit. Z hlediska ohrožení bezpečnosti člověka se zdá být nejdůležitějším rozdělení poklesů na náhlé a neočekávané na jedné straně a předem očekávané a zvolna se vyvíjející na straně druhé. Toto dělení se zhruba kryje s rozlišováním poklesů podle jejich plošného rozsahu.

Poklesy menšího rozsahu

K první skupině menších, ale neočekávaných, a tedy i nebezpečných poklesů patří náhlá propadání nad místy staré těžby. Jde většinou o následky dolování mělkými štolami a komorami. Poklesy vyvolané tímto způsobem podzemní těžby mají ráz okrouhlých depresí a propadlin (pinek) nebo úzkých příkopů (trogů). Jsou typické pro oblast těžby rud a také pro počátky dobývání uhlí, kdy byly štoly raženy ve svazích často blízko sebe. Sloj sledovaly jen na krátkou vzdálenost, brzy byly opuštěny a zakládaly se další. Poklesy povrchu nad těmito mělkými důlními

díly vznikají hlavně nad provalenými kříži chodeb a nad komorami. Jsou tím větší, čím jsou komory vyšší a mocnost nadloží menší. Při těžbě ve více patrech se mohou poklesy i několikrát opakovat.

Princip propadání. Při těžbě v malé hloubce dochází brzy k praskání a opadávání stropu vytěženého prostoru a nakonec k jeho zřícení. Dno komory nebo chodby je pak zavaleno nadložní horninou, strop se lahovitě protahuje až k zemskému povrchu (obr. 1).



1. Vznik pinek a trogů (Dunrud aj.). — 2. Schéma tlakové elipsy (Dunrud aj.). Borcení vrstev uvnitř elipsy je důsledkem zvýšení napětí v jejím okolí.

Poněkud jiná situace vzniká při těžbě ve větší hloubce a v pevnějších horninách. Vyrubáním komory či štoly jsou zde porušeny původní tlakové poměry. Vytěžená hornina nesla část primárního tlaku a tato část nyní přechází na horniny v okolí. Kolem vyrubaného prostoru vzniká tlaková elipsa, oddělující oblast zvýšeného napětí vně elipsy od oblasti bez napětí uvnitř elipsy (obr. 2). Přesáhne-li zvýšení napětí určitou mez, pak horniny uvnitř elipsy se bortí, a to nejen ve stropě, ale i ve stěnách a v podlaze vyrubaného prostoru. Rozměry tlakové elipsy nejsou vždy stejné — např. při vyrubání 2 m mocné rudní žíly je výška elipsy 40 m (Urbanec, 29).

Štoly i komory však mohou setrvat v původním stavu i velmi dlouho. To je obvyklé u těžby rud, která probíhá často ve velmi pevných horninách. Přesto však vždy dochází k borcení stropu podzemního prostoru. Toto porušení postupuje stále vzhůru a tlaková elipsa (zálomový paraboloid, destrukční elipsoid) se zvolna protahuje k zemskému povrchu. Záleží jen na vlastnostech nadloží, kdy jej dosáhne.

Nečekaná propadání. Náhlý vznik hlubokých propadlin je stálým nebezpečím. Z Velké Británie je znám případ neočekávaného propadnutí od Barrow-in-Furness, kde se odedávna těžila železná ruda. Na nádraží v Lindale se v r. 1892 nenadále propadla lokomotiva i s uhlákem. Uhlák byl později vytažen, ale lokomotiva se už nenašla.

V Porúří skončila těžba uhlí už na rozloze 1300 km². Jejím pozůstatkem je tu však stále 8000 opuštěných lomů a šachet a navíc 3000 sta-

rých protileteckých krytů ve štolách (Hollmann, 10). Je proto nutné dodatečné vyplňování těchto podzemních prostorů, provádění injektáže půdy ap. Větším problémem než likvidace těchto dutin je však jejich vyhledávání.

Jistě neobvyklý případ je znám z Jižní Afriky. U Carletonville na jz. od Johannesburgu se v hloubce 1000—3000 m těžilo zlato. Nadloží je tvořeno dolomity s množstvím dutin vyplněných vodou. Čerpání této vody a náhlé průvaly v hluboko ležících důlních dílech způsobily četná propadání stropů mělce položených dutin a vznik propadlin hlubokých i přes 80 m. V polovině r. 1962 se náhle propadla drtírna kamene a s ní zmizelo i 29 lidí. V srpnu 1964 se pak propadly dva domy s 5 lidmi do hloubky 30 m. Tyto katastrofy nikdo nepřežil (Bezuidenhout aj., 2).

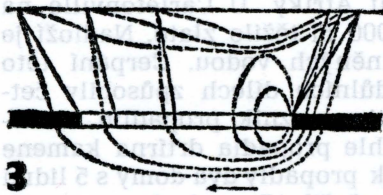
I u nás by mohlo k náhlým propadáním dojít — rudy se v našich zemích těží už od starověku. O četných propadlinách nad starými důlními díly dobře víme — např. Blatenská hora a Hřebečná v Krušných horách nebo hubský peň ve Slavkovském lese aj. Hep (8) se zmiňuje o restaurování jáchymovské radnice v r. 1902, poškozené poklesy. Uváděné příklady jsou vázány převážně na starou těžbu rud. Avšak ani území, kde se u nás dříve těžilo uhlí komorováním, nelze považovat za bezpečné před případnými poklesy. Hilse (9) např. upozorňuje, že chemické závody v Záluží stojí v místech, kde se dříve těžilo uhlí, takže doznívání pohybů není stále vyloučeno.

Poklesy však probíhají i nad tunely metra, nad kanály ap. Ke katastrofám zde ovšem nedochází, protože podzemní práce jsou prováděny s ohledem na povrchovou zástavbu — což se u těžby rud nedělo. Jde tu vlastně jen o sedání nad porušenou horninou. Větší potíže vznikají tam, kde jsou tunely metra raženy v místech už dříve porušených podzemním dolováním. Příkladem jsou pařížské katakomby, které vznikly a vyvíjelely se už v dobách galsko-římských. V podzemí se zde těžil vápenec, sádrovec a křída na ploše přes 4000 ha, z nichž 835 ha je přímo pod městem. Při stavbě tunelů metra pak docházelo ke skutečným propadáním (Proust, 24).

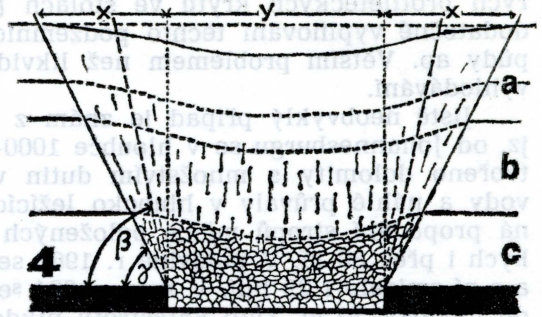
Poklesy většího rozsahu

Jestliže náhlé poklesy a propadání menšího rozsahu jsou charakteristické pro těžbu rud a divokou těžbu uhlí, pak klesání povrchu o větší rozloze se váže téměř výhradně k organizované těžbě uhlí. Tyto poklesy nejsou nebezpečné — jsou očekávány a často i řízeny. Jejich systematické zkoumání se provádí už asi 60 let a za tu dobu bylo nashromážděno množství faktografického materiálu — většinou ovšem nepublikovaného.

Princip poklesu. U větších vyrubaných podzemních prostorů vzniká také rozhraní mezi oblastí zvýšeného napětí a oblastí bez napětí, které má tvar tlakové elipsy. Zvětšováním vyrubaného prostoru se zvětšují i rozměry elipsy, takže brzy dosahuje až nad zemský povrch a vymezuje na něm klesající oblast. Do vyrubaného prostoru klesají nadložní vrstvy postupně za posouvajícím se čelem podzemního porubu. U vodorovně uložených vrstev má povrchová deprese zprvu asymetrické svahy a teprve po ukončení poklesů dostává definitivní pravidelný tvar (obr. 3).



3

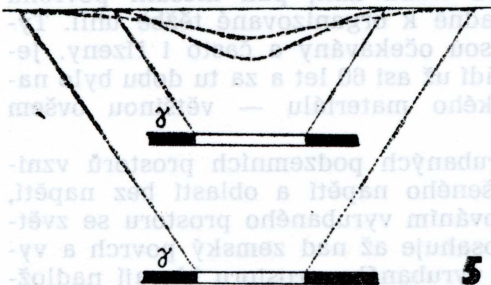


3. Zvětšování tlakové elipsy při postupující těžbě. Její průřezy se zemským povrchem vymezují poklesovou kotlinu. — 4. Zóny vertikálního stlačení a roztážení a deformace vrstev nad vyrubaným prostorem: x — zóny roztážení, y — zóna stlačení, β — úhel záломový, γ — úhel mezní, a — pásmo prohýbání, b — pásmo záломové, c — pásmo závalové.

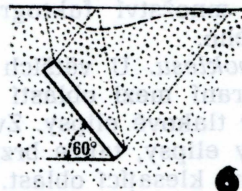
Rozsah působení vyrubaného podzemního prostoru na zemském povrchu vymezují dva úhly — mezní a záломový. Rameno mezního úhlu směřuje od okraje porubu do míst na povrchu, kde přestávají jakékoli vlivy těžby, rameno záломového úhlu pak do místa největšího roztážení povrchu, kde vznikají i trhliny (obr. 4). Zvláštností, která dosud nebyla objasněna, je nestejná hodnota mezního úhlu ve směru postupu porubu a ve směru na něm kolmém. Tento rozdíl je asi podmíněn anisotropií hornin.

Mezi vyrubaným podzemním prostorem a zemským povrchem není hornina porušena všude stejně. V povrchovém pásmu se sypkými a plastickými horninami vznikají jen vlasové trhlinky, podle nichž dochází k neznamatelným posunům. Pod tímto povrchovým pásmem prohýbání jsou horniny už rozpraskány a tvoří tzv. pásmo zálomové o mocnosti i 40krát větší než je vyrubaná sloj. Těsně nad vytěženým prostorem je už rozdrčené pásmo závalové, až 8krát mocnější než je vyrubaná sloj (obr. 4).

Na tvar a velikost povrchové deprese má vliv i hloubka těžby.



5



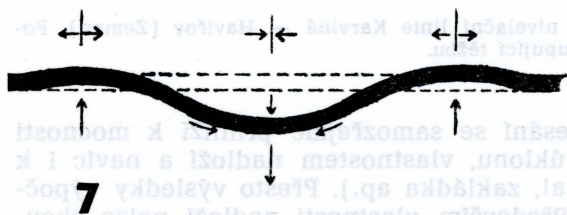
6

5. Při stejném nadloží je tvar a rozsah deprese podmíněn pouze různou hloubkou těžby [Kratzsch]. — 6. Změna tvaru, rozsahu a půdorysu povrchové deprese nad vyrubanou ukloněnou slojí.

Obecně platí (Neset, 20), že čím je tato hloubka větší, tím rozsáhlejší a mělčí je klesající deprese na zemském povrchu (obr. 5). To se projevuje i u ukloněných slojí (obr. 6). Přesný vliv hloubky těžby na poklesy jednotlivých vrstev nadloží však zatím není bezpečně znám. Stává se totiž, že prostor vytěžený v malé hloubce je zcela bez vlivu na klesání povrchu, zatímco prostor ve větší hloubce už poklesy způsobuje, ač má stejný rozsah (Fritsche 1958). Při sedimentárním nadloží — a to je při těžbě uhlí vlastně vždy — je třeba s poklesy povrchu stále počítat. Neexistuje žádná zcela „bezpečná“ hloubka těžby, při níž by už k poklesům nemohlo dojít.

Pravidelnost poklesů i tvaru povrchové deprese jsou ovlivněny přítomností zlomů a starých vyrubaných prostorů. Pozůstatky po bývalé těžbě lokálně mění vlastnosti nadloží, takže poklesy nejsou rovnoměrné, probíhají rychleji a zasahují do větších vzdáleností. Zlomové plochy pak musí mít úklon 80—90° a být delší než 15—25 m, aby vůbec mohly pokles ovlivnit.

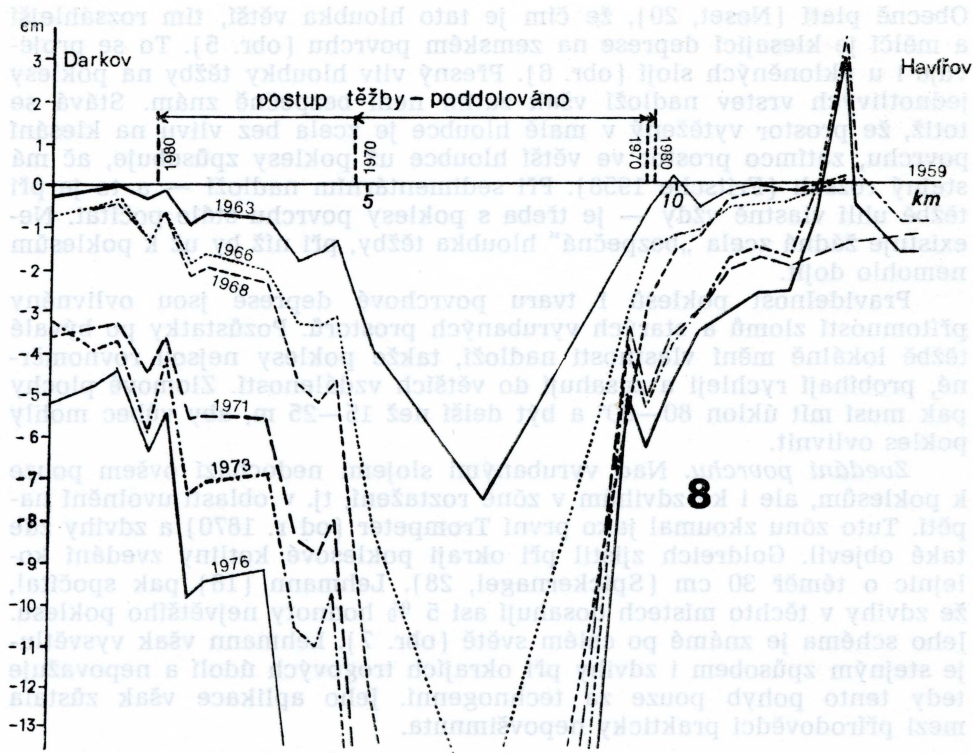
Zvedání povrchu. Nad vyrubanými slojemi nedochází ovšem pouze k poklesům, ale i ke zdvihům v zóně roztažení, tj. v oblasti uvolnění napětí. Tuto zónu zkoumal jako první Trompeter (od r. 1870) a zdvihy zde také objevil. Goldreich zjistil při okraji poklesové kotliny zvedání kolejnič o téměř 30 cm (Spickernagel, 28). Lehmann (18) pak spočítal, že zdvihy v těchto místech dosahují asi 5 % hodnoty největšího poklesu. Jeho schéma je známé po celém světě (obr. 7). Lehmann však vysvětluje stejným způsobem i zdvihy při okrajích trogových údolí a nepovažuje tedy tento pohyb pouze za technogenní. Jeho aplikace však zůstala mezi přírodovědci prakticky nepovšimnuta.



7. Schéma prohýbání povrchu nad vyrubaným prostorem a zóny stlačení a roztažení, spojené se zdvihy (Lehmann).

Že nejde o zdvihy náhodné, ale pravidelně se vyskytující, dokazuje Niemczyk (21). Na základě přesných měření dochází k názoru, že při okraji klesající deprese probíhá vždy zvedání aspoň do hodnoty 10 mm. Výskyt těchto zdvihů potvrzují i pozdější nivelační měření (obr. 8). Otázku příčiny zdvihů však Niemczyk považuje za otevřenou. Je jistě zajímavé, že rozdíly v napětí, podobně jako na obvodu tlakové elipsy, jsou zjišťovány i při okraji velkých ker zemské kůry (plate tectonics) a provázejí i okraje riftových údolí (Savage, 25). Zdá se tedy, že na zvedání okrajů ker se podílejí kromě tektonického pohybu i změny v napětí.

Faktor času. Nejde jistě jen o to, zda pokles proběhne pomaleji či rychleji, ale také, kdy lze očekávat počátek poklesu a jeho konec. To jsou údaje nezbytné pro plánování a týkají se nejen zástavby, ale i zemědělství, vodních toků ap.



8. Postupující klesání povrchu podél nivelační linie Karviná — Havířov (Zeman). Poklesy i zdvihy zřetelně sledují postupující těžbu.

Při výpočtech průběhu klesání se samozřejmě přihlíží k mocnosti těžené vrstvy, její hloubce a úklonu, vlastnostem nadloží a navíc i k rychlosti a způsobu těžby (zával, zakládka ap.). Přesto výsledky výpočtů nebývají vždy uspokojivé. Především vlastnosti nadloží nelze zkoumat tak podrobně, aby bylo možno přesně vypočíst dobu i průběh klesání každého povrchového bodu. Výpočet klesání povrchové deprese nad místem podzemní těžby je už z tohoto důvodu jen přibližný.

Každý pokles, pokud nejde o náhlé propadání, má v podstatě tři stadia — počáteční, intenzivní a doznívající. První dvě lze spojovat do stadia aktivního. Ilavský (12) udává, že asi 6—8 týdnů po zahájení těžby v hloubce 250 m začíná klesání povrchu. Poklesy pak probíhají zhruba takto:

1. počáteční stadium — 1—3 měsíce, asi 5 % poklesu,
2. intenzivní stadium — 3—6 měsíců, 80—90 % poklesu,
3. doznívající stadium — 6—12 měsíců, 5—15 % poklesu.

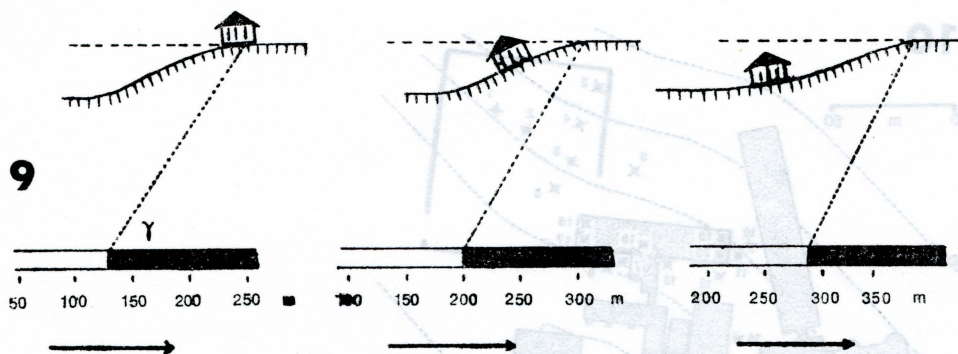
Pro hodnocení poklesů však nejsou užívána stejná kritéria. Kumar aj. (15) udává, že v Indii začíná propadání stropů ve vyrubaných prostorech 51. den po zahájení těžby a první pokles zemského povrchu ještě o 90 dní později. Před skončením těžby proběhne asi 63 % celkového poklesu, zbývajících 37 % až po jejím ukončení.

Eckmann [5] uvádí případ dost odlišný. Při těžbě železné rudy v Horní Falci v hloubce 80—100 m vznikají povrchové deprese a propadliny po 14 dnech a při sypkém nadloží dokonce za 1—2 dny. Zcela jiné jsou údaje ze Sárska (Bamberger, 1), kde se těží v hloubce do 100 metrů. Na základě statistických údajů je zjištěno, že 20 % poklesů zde vzniklo 10—60 let po skončení těžby a 45 % dokonce až po 50—110 letech. Pro stálé nebezpečí poklesů, a protože chybí i záznamy o staré těžbě, musí být podzemní prostory hledány vrtným průzkumem aodatečně vyplňovány základkou.

Povrchové škody a řízení poklesů

Při pohybech povrchu v poddolovaném území může snadno dojít k poškození staveb (obr. 9). Podle tabulek relace velikosti pohybu a typických škod (Schonfeldt aj., 26) mohou být následky:

a) velmi slabé (zanedbatelné), při posunu 1—3 cm; vznikají vlasové trhlinky na chodníku a silnici a zvenčí na budovách;



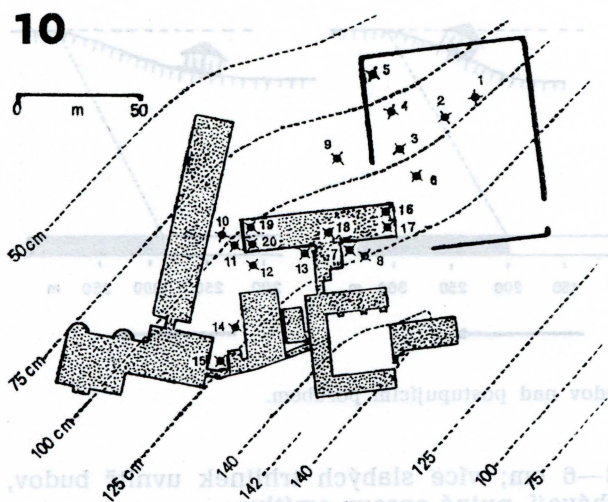
9. Schéma uklánění a poklesu budov nad postupujícím porubem.

- b) slabé (mírné), posun 3—6 cm; více slabých trhlinek uvnitř budov, dveře a okna slabě zadržávají, nutné opravy omítky;
- c) zřetelné, posun 6—12 cm; menší trhlinky na vnější straně budov (nebo jedna větší), dveře a okna drhnou, potrubí může praskat;
- d) silné (těžké), posun 12—18 cm; potrubí praská, do budov zatéká, vznikají zející trhliny, dveřní a okenní rámy se krotí, podlaha se uklání, stěny se vlní; při stlačení se zdi zvedají a vznikají otevřené horizontální trhliny;
- e) velmi silné, posun přes 18 cm; uvolňování trámů (nutné podpěry), zvlnění podlahy, při stlačení silné vyklenutí stěn i stropu, nutnost částečné nebo úplné přestavby.

Škody lze samozřejmě i předvídat. Při vhodně volené technice lze na snímcích pořízených dálkovým průzkumem vymezit areály už pokleslé i místa budoucích poklesů. To je důležité nejen pro předběžný odhad škod na stavbách a v zemědělství a pro určení způsobu jejich likvi-

dace, ale i pro plánování dalšího využití poklesem postiženého území. Organizování těžby pak už jen řídí poklesy v detailu. Ani to však není jednoduché, protože kromě ne dost podrobné znalosti petrografické povahy nadloží chybí často informace i o tom, jak se šíří pohyb z místa těžby k zemskému povrchu, jaký je vliv různých tlaků a napětí na rozdílné typy staveb a také údaje o faktorech při převodu pohybu půdy na struktury budov (Parate, 22). Studium těchto problémů se zabývá nové odvětví — *mining subsidence engineering*. V dalším je uvedeno několik předem vypočtených poklesů nad místy podzemní těžby, při nichž nedošlo k žádným nebo jen bezvýznamným škodám na budovách.

Historický objekt Eastwood Hall u Nottinghamu stojí v uhelné pánvi, v níž se už v minulém století těžily v hloubce 176 a 163 m dvě sloje mocné 1,2 a 1,1 m. Další sloj mocná 2 m v hloubce pouhých 9 m se asi těžila také, ale stopy po těžbě nebyly nalezeny. Před zahájením těžby další sloje v hloubce 260 m, mocné 1,68 m, byl určen nejvýhodnější způsob těžby a předběžně vypočteny i poklesy povrchu. Klesání proběhlo dobře (obr. 10), výpočty se od skutečnosti lišily max. o 7 % a k poškození budov nedošlo (Whittaker aj., 30).

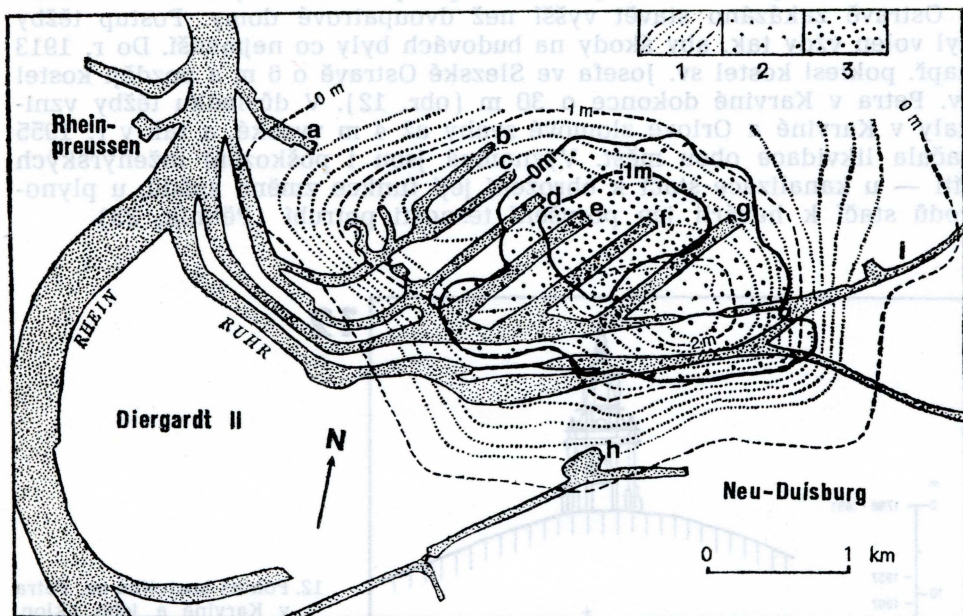


10. Pokles historické stavby Eastwood Hall (Whittaker aj.).

Známé se staly i důlní práce pod přístavem v Duisburgu. Pod celou oblastí přístavu byly původně ponechány nevyrubané sloje, aby nedošlo k poškození zařízení přístavu a rušení plavby. Přesto došlo ke kritické situaci. Silný lodní provoz na Rýně způsobil trvalé zviření jemných sedimentů říčního dna a jejich postupný odnos vodním proudem. V období 1900—1951 se tak dno Rýna prohloubilo asi o 2 m a úměrně klesla i jeho hladina. V řece Ruhr, v kanálech a v přístavu však k tomuto prohloubení nedošlo, i když zde hladina samozřejmě klesla také. Tím byla ohrožena plavba, takže bylo nutno znovu srovnat úroveň dna všech těchto vodních cest. K vyřešení tohoto problému se přistoupilo vytěžením tří uhelných slojí pod přístavem v hloubce 60—600 m. Tak

měla celá oblast přístavu a přilehlých kanálů i dolního toku řeky Ruhr poklesnout a dna těchto vodních cest by se opět měla vyrovnat s Rýnem. Těžba začala r. 1958 a trvala do r. 1968, kdy také velká část území měla klesnout o 1,5 m. Pokles by pak měl dosáhnout plánované hodnoty 2 m kolem r. 2000 (obr. 11).

11



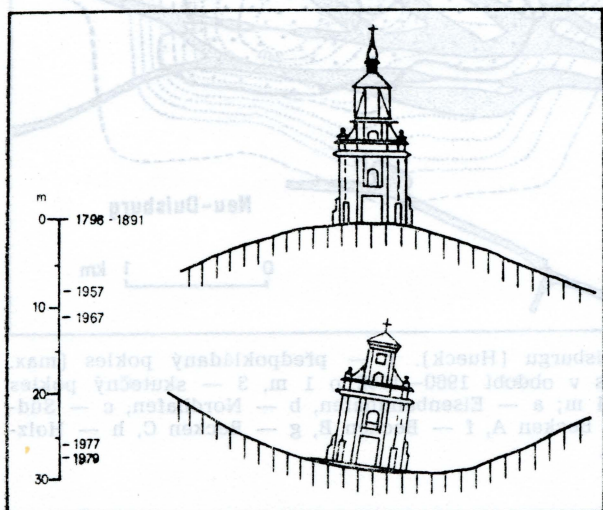
11. Řízený pokles přístavu v Duisburgu (Hueck). 1 — předpokládaný pokles (max. 2,4 m), 2 — skutečný pokles v období 1960—1962 o 1 m, 3 — skutečný pokles v období 1960—1962 o 1,0—1,4 m; a — Eisenbahnhafen, b — Nordhafen, c — Südhafen, d — Kaiserhafen, e — Becken A, f — Becken B, g — Becken C, h — Holzhafen, i — Rhein-Herne-Kanal.

Na Kladensku nebyla divoká podzemní těžba nikdy rozsáhlá a ani nesahala do větších hloubek, takže poklesy povrchu měly spíše povahu propadání a ne sedání. Později organizovaná těžba však už vyvolávala rozsáhlejší deformace povrchu. Bylo propočteno, že k doznívání poklesů zde má docházet 8—12 let po skončení těžby. Přesto se stává, že klesání trvá mnohem déle. Tak např. u Studeněvsí skončila těžba v dole Luisa v hloubce 38 m už v r. 1908, ale ještě v r. 1961 zde byl zaznamenán pokles 3 cm. Podzemní těžbou byl postižen zemský povrch i u Tuchlovic. Až do r. 1950 zde byla podél potoka Kačáku rozsáhlá niva využívaná jako pastvina. Při poddolování niva poklesla a vzniklo jezero, tzv. Turyňský rybník, sahající od Kamenných Žehrovic až za silnici ze Srb do Tuchlovic. Poklesy u Srb už dosáhly přes 3 m. V areálu Kladna lze vymežit oblast poklesů s amplitudou přes 5 cm za rok, avšak v převážné části kladenské pánve se už pohyby zřetelně uklidňují (Zeman, 31).

Nejrozsáhlejší poddolovanou oblastí u nás je jistě Ostravsko. Uhlí

zde bylo objeveno r. 1767, ale větší těžba začala mnohem později. První škody na povrchu způsobila hlavně změna úrovně vodní hladiny v potocích a mlýnských náhonech. Roku 1883 už musely být podél Ostravice sypány ochranné hráze. Do roku 1900 poklesl Horní mlýn u Ostravy o 2,5 m, později ztrácí Selecký a Karvinský potok spád a rozlévají se v jezera (Hep, 8).

Pro nebezpečí většího poškození při poklesech bylo už v r. 1887 v Ostravě zakázáno stavět vyšší než dvoupatrové domy. Postup těžby byl volen vždy tak, aby škody na budovách byly co nejmenší. Do r. 1913 např. poklesl kostel sv. Josefa ve Slezské Ostravě o 6 m a později kostel sv. Petra v Karvině dokonce o 30 m (obr. 12). V důsledku těžby vznikly v Karvině a Orlově zlomové svahy až 4 m vysoké, a tak v r. 1955 začala likvidace obou měst. Významná jsou i poškození inženýrských sítí — u kanalizace stačí k ohrožení její funkce změna spádu, u plynovodů stačí k havárii jen porušení těsnosti potrubí (Pěkník, 23).



12

12. Pokles kostelíka sv. Petra v Karvině a jeho úklon. V letech 1957–1979 bylo vytěženo v hloubce 145–682 m celkem 26 slojí. Poklesy začaly v malé míře už v r. 1891. Dnes má kostelík úklon $7 \text{ cm} \cdot \text{m}^{-1}$ a tím se blíží úklonu věže v Pise ($7,8 \text{ cm} \cdot \text{m}^{-1}$).

Do r. 1962 bylo na Ostravsku znehodnoceno poklesy 4000 ha půdy, z toho část byla zaplavena (Drlík, 3). Do r. 1970 už bylo zcela devastováno 12 000 a částečně 16 000 ha (Smolík, 27). Při poklesu do 1 m je pro poškození půdy rozhodující výška hladiny podzemní vody, při větším poklesu může dojít i k sesuvům. Většina poklesů na Ostravsku je „mokrá“, tj. pokles dosahuje úrovně podzemní vody, takže vznikají bažiny nebo nové vodní plochy.

Spolu se zemědělstvím je změnou úrovně hladiny podzemní vody postiženo i životní prostředí. Stoupnutím hladiny a po případě smíšením podzemní vody s důlními vodami se z původně pitné vody stává voda průmyslové nebo i odpadní. Kromě podmáčení staveb a vegetačního krytu je tak porušeno i zásobování vodou.

Příkladem změn režimu podzemní vody mohou být jodobromové vody známé hlavně z lázní Darkov. Dříve vyvěraly na povrchu, nyní se už

jen čerpají. Tyto vody jsou vázány na miocenní písky a pískovce lanzen-dorfské série. Jsou to v podstatě metamorfované fosilní mořské vody, jejichž zásoby jsou neobnovitelné. Dnes se čerpají v Horní Suché z hloubky 250—300 m (Michálek, 19).

Poznávání vzniku, průběhu a podmínek poklesů v poddolovaných územích si vynutila ochrana povrchových objektů a životního prostředí těchto oblastí. Pokud jde o řízení těžby tak, aby způsobila na povrchu co nejmenší škody, pak tato problematika byla zřejmě zvládnuta. Jiné však je to se škodami ne tak zjevnými a samozřejmě s problematikou pozůstatků staré divoké těžby. Tento problém není jednoduchý a je stále otevřený.

Literatura:

1. BAMBERGER, K.: Ergebnisse von Untersuchungen des oberflächennahen Abbaues im saarländischen Steinkohlenbergbau. Mitt. Markscheiderwesen, 85, Herne, Kartenberg-Verlag, 1978, č. 1—2, s. 113—125.
2. BEZUIDENHOUT, C. A., ENSLIN, J. F.: Surface subsidence and sinkholes in the dolomitic areas of the Far West Rand, Transvaal, Republic of South Africa. Land Subsidence, Proc. Tokyo Symp. 1969, Unesco 1970, č. 2, s. 482—495.
3. DRLÍK, R.: Poddolované území v OKR. Uhlí, 12, Praha, SNTL 1962, č. 12, s. 419—422.
4. DUNRUD, C. R., OSTERWALD, F. W.: Effects of coal mine subsidence in the Sheridan, Wyoming, area. Geol. Surv. Prof. Paper č. 1164, Washington 1980, 49 s.
5. ECKMANN, W.: Der Kreideerzbergbau der Oberpfalz und seine Abbaueinwirkungen über Tage. Glückauf, 107, Essen, Glückauf-Verlag 1971, č. 13, s. 488—494.
6. FRITSCH, C. H.: Bergbaukunde. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer-Verlag 1958, 611 s.
7. Geologické charakteristiky oblastí a průvodce k exkurzím sekcí A až E. 24. celostátní geol. konf. Ostrava 1983, Ostrava, Čs. spol. miner. geol. a Vys. šk. báňská 1983, 131 s.
8. HEP, L.: Historický vývoj podolování povrchu OKR. Studie z dějin hornictví, Praha, NTM 1973, č. 3, s. 97—113.
9. HILSE, A.: Studie k problematice vlivů hlubinného dobývání na povrch a povrchové objekty. Zprav. VÚHU Most, Most 1971, č. 9—10, s. 3—34.
10. HOLLMANN, F.: Zur Grösse tagesbruch gefährdeter Flächen im Bereich tagesnaher Grubenbaue. Bergbau, 22, Herne, Kartenberg-Verlag 1971, č. 10, s. 263—267.
11. HUECK, E.: Die planmässige Absenkung des Duisburger Hafens durch Abbau mit wechselseitiger Anwendung von Blasversatz und Bruchbau. Glückauf, 99, Essen, Glückauf-Verlag 1963, č. 11, s. 584—590.
12. ILAVSKÝ, J.: Vplyvy poddolovania v terciernych útvaroch na Slovensku. Uhlí, 4, Praha, SNTL 1962, č. 1, 16—20.
13. KAZAKOVSKIJ, D. A.: Sdviženija zemnoj poverchnosti pod vlijanijem gornych razrabotok. Moskva—Charkov, Ugletechizdat 1953, 228 s.
14. KRATZSCH, H.: Mining subsidence engineering. Berlin—Heidelberg—New York, Springer 1983, 543 s.
15. KUMAR, R., SINGH, B.: Mine subsidence investigation over longwall working and the prediction of subsidence parameters for Indian mines. Int. J. Rock Mech, Min. Sci., 10, Oxford—New York—Toronto—Sydney, Pergamon Press 1973, č. 2, s. 151—172.
16. LAUTSCH, H.: Die erweiterte Trogtheorie und Deutung bergbaulich bedingter Bodenbewegungen. Glückauf-Forschungshefte, 35, Essen, Glückauf-Verlag 1974, č. 5, 167—173.
17. LEGGET, R. F.: Duisburg harbour lowered by controlled coal mining. Canad. Geotechn. J., 9, Ottawa, Canad. Geotechn. Soc. 1972, č. 4, s. 374—383.
18. LEHMANN, K.: Bewegungsvorgänge bei der Bildung von Pingen und Trögen. Glückauf, 55, Essen, Glückauf-Verlag 1919, č. 48, s. 933—942.
19. MICHÁLEK, R.: Vliv hlubinných báňských prací na režim mělkých vod a tím na životní prostředí. In: Geol. charakteristiky oblastí a průvodce k exkurzím sekcí A až E. Ostrava, Čs. spol. miner. geol. a Vys. šk. báňská 1983, s. 111—115.

20. NESET, K.: Vliv dolování na povrch. In: Sb. věd. prací VŠB v Ostravě, řada horn., 4, Ostrava 1958, č. 1, článek 17, s. 7—26.
21. NIEMCZYK, O.: Bergschadenkunde. Essen, Glückauf-Verlag 1949, 291 s.
22. PARATE, N. S.: Subsidence damage. Min. Mag., 126, London, Salisbury House 1972, č. 2, s. 119—129.
23. PĚKNÍK, J.: Automatický systém kontinuálního sledování deformací a namáhání potrubních sítí uložených v zemi na poddolovaném území. Uhlí, 30, Praha, SNTL 1982, č. 12, s. 487—491.
24. PROUST, J.: Les carrières. Travaux, 58, Paris 1972, č. 444, s. 31—35.
25. SAVAGE, J. C.: Strain patterns and strain accumulation along plate margins. In: Int. Symp. Appl. Geod. Geodyn., Columbus, Ohio State Univ. Dep. Geod. Sci. 1978, Rept. 280, s. 93—97.
26. SCHOFELDT, A., WRIGHT, F. D., UNRUG, K. F.: Subsidence and its effects on long-wall mine design. Min. Congr. J., 66, Washington, Amer. Min. Congr. 1980, č. 5, s. 41—53.
27. SMOLÍK, D.: Změny fyzikálních vlastností půdy uvnitř poklesových kotlin v ostravsko-karvinském revíru. Uhlí, 12, Praha, SNTL 1970, č. 9, s. 346—349.
28. SPICKERNAGEL, H.: Hebungen des Gebirges als Folgen des Bergbaus unter Tage. Glückauf-Forschungshefte, 36, Essen, Glückauf-Verlag 1975, č. 4, s. 170—176.
29. URBANEC, J.: Stanovení vlivu dobývání—poddolování na povrch metodou rotačního paraboloidu. Rudy, 20, Praha, SNTL 1977, č. 12, s. 356—358.
30. WHITTAKER, B. N., PASAMEHMETOGLU, A. G.: Ground tilt in relation to subsidence in longwall mining. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 18, Oxford—New York—Toronto—Sydney, Pergamon Press, 1981, č. 4, s. 321—329.
31. ZEMAN, A.: Zhodnocení dosavadních výsledků měření v ZNS Kladno. Výzk. zpráva VÚGTK č. 606, Praha 1976, 16 s.
32. ZEMAN, A.: Vyhodnocení vertikálních pohybů v ZNS Ostrava. Výzk. zpráva VÚGTK č. 643, Praha 1978, 17 s.
33. ŽILAVÝ, B.: Vplyvy poddolovania. Bratislava, Alfa 1986, 268.

Summary

SUBSIDENCES DUE TO UNDERGROUND MINING

The article deals with the present knowledge of the evolution of various types of subsidence depressions above underground mining areas. The principle of unexpected collapses of the earth surface above shallow underground excavations is explained by means of the destructive ellipsoid. Some examples of catastrophic surface collapses and shallow sinkings above large goafs are mentioned as well as the main factors influencing the evolution of all these surface depressions. The zone of upheaval on the border of the subsiding area is the consequence of strain changes. The application of this phenomenon in the evolution of troughs (Lehmann 1919) and its occurrence on the rim of great plates seems to be of importance for the tectonics as well as for the geomorphology. Subsidence depressions above goafs cause also damages to surface structures (buildings, pipe-lines), surface waters, to ground water level, agricultural land, etc. Some causes of pre-calculated subsidence are given. The main subsidence areas in Czechoslovakia which are due to the mining activity are referred to.

Figures:

1. Origin of sinkholes and troughs above underground workings.
2. Diagram of a destructive ellipsoid. Collapse of strata around the excavated chamber inside the ellipsoid as a consequence of an increasing strain in the neighbouring rocks.
3. Enlarging of the destructive ellipsoid following the advanced face. The shape of the surface depression varies with the advanced face.
4. Vertical compression and extension zones of a subsidence depression and the deformation of strata above the goaf; x — extension zones, y — compression zone, β — break angle, γ — draw angle, a — surface zone, b — fissured intermediate zone, c — shattered zone.
5. The shape and size of the subsided depression reflects various depths of the goaf.

6. Changing shape, size and ground plan of a subsidence depression above an inclined goaf.
7. Scheme of bending above an underground excavation — subsiding central zone of compression and bulging marginal zone of extension (Lehmann 1919).
8. Progressive surface subsidence measured on the levelling line Karviná-Havířov (Zeman 1978). Subsidence and upheaval follow distinctly the enlarging goaf.
9. Scheme of a continuing tilt and subsidence of a building above an advancing face.
10. Pre-calculated subsidence of historical buildings of Eastwood Hall in centimetres.
11. Controlled subsidence of the Duisburg harbour (Hueck 1963). 1 — pre-calculated subsidence (max. 2,4 m), 2 — actual subsidence in 1960-62 (0,0—1,0 m), 3 — actual subsidence in 1960-62 (1,0—1,4 m).
12. St. Peter's tilting and subsiding at Karviná. At the depth of 145—682 m 26 seams were mined in 1957—1971. The tilt of the church reaches 7 cm/1 m, the subsidence 30 m.

(Adresa autora: Jilemnického 278, 250 01 Brandýs n. L.)
Došlo do redakce 13. 5. 1984.



1. Zaplavení poddolované nivy potoka Kačáku při silnici ze Srb do Tuchlovic.
2. Turyňský rybník u Kamenných Žehrovic — postupující záplava poddolovaného území na jz. břehu. Snímky L. Loyda.

