

P. g. Karel H a a s, VÚHU

P. g. Jana K o h o u t o v á, VÚHU

Hydrogeologické problémy plavení popílku z elektrárny Tisová do
lomu Silvestr III

Začátkem roku 1978 se v prostoru obce Dolní Rychnov u Sokolova a v lomu Silvestr - II b objevily prameny vody, jejichž vydatnost se rychle zvětšovala a dosáhla v krátké době značné velikosti. Vyvěrající voda způsobila škody na některých stavebních objektech a další komplikace.

Jelikož v blízkosti nově vzniklých pramenů je v provozu odkaliště popílku a škváry elektrárny Tisová, v němž se hladina vody a popílku od roku 1972 trvale zvyšovala, byly vývěry vody dávány do příčinné souvislosti s provozem odkaliště. Z těchto důvodů bylo koncem roku 1978 provedeno ve VÚHU v Mostě podrobné hydrogeologické zhodnocení území v okolí odkaliště a byla realizována komunikační zkouška na ověření původu vyvěrajících vod.

Geologická charakteristika

Popisované území leží v západní oblasti sokolovské třetihorní hnědouhelné pánve v dobývacím prostoru Tisová. Podloží terciéru je budováno krystalinikem, tvořícím kontaktně metamorfovaný plášť karlovarského žulového plutonu, který jím místy proniká. Je tvořeno svorovými pararulami, kvarcitickými svory, ortorulami a místy žulami. Všechny horniny v podloží sedimentárního pokryvu jsou kaolinicky zvětralé do hloubek 50 až 100 m. Předterciérní reliéf byl poměrně členitý s řadou elevací a depresí, které ovlivňovaly vývoj třetihorních sedimentů.

Nejstarším členem třetihorního souvrství jsou starosedelské vrstvy, stratigraficky řazené do středního oligocénu. Jsou tvořeny horninovým materiálem, pocházejícím ze splachů vystupujících částí zvětralého krystalinika. Rozšíření těchto vrstev je omezeno na deprese předterciérního povrchu. Jejich mocnost je tedy značně proměnlivá. V záj-

movém území jsou starosedelské vrstvy tvořeny jemně až středně zrnitými písky a pískovci s křemitým a kaolinickým tmelem, písčitými jíly a jílovci.

Produktivní vývoj terciéru začíná tvorbou sloje Josef v postupně se zaplňujících depresích starého reliéfu. Podmínky pro organogenní sedimentaci nebyly stabilní, takže sloj Josef není jednotná, ale je vyvinuta v jedné až čtyřech lávkách, které směrem k elevacím podloží vyklíňují. Jednotlivé lávky uhelné sloje Josef jsou odděleny jílovito-písčitými proplétky a celé slojové pásmo je charakterizováno zvýšeným obsahem pyritu.

Uhelnou sedimentaci sloje Josef ukončila vulkanická činnost a uložení vulkanodetritické série. Ta je tvořena tufity, tufitickými jíly, jílovitými písky, často obsahuje pyrit, kaolinit a uhelnou příměs. Zbarvení těchto sedimentů je pestré, nazelenalé, místy červenofialové, šedé až namodralé.

Produktivní vývoj terciéru pokračoval dále uložení souvrství bilančních slojí Anežka a Antonín (pásmo hlavní sloje). Vývoj sloje Anežka začíná plynule po uložení vulkanodetritické série. Sloj Anežka je rozšířena kontinuálně v celém popisovaném území v mocnosti od 3 do 10 m. Je tvořena nejkvalitnějším uhlím, a proto byla v minulosti předmětem intenzivního hlubinného dobývání.

Organogenní sedimentace sloje Anežka byla ukončena překrytím souvrstvím jílu a jílovců s tufitickou příměsí, jejichž mocnost se v zájmovém území pohybuje od 6 do 23 m.

Sloj Antonín je vyvinuta jen lokálně. Největší mocnosti dosahovala v dobývacím prostoru lomu Silvestr, kde se povrchově dobývala. V prostoru Dolní Rychnov často zcela chybí, nebo je vyvinuta v nebilanční formě (jílovité uhlí až uhelné jíly) v mocnostech do 8 m. Vychází většinou pod kvartérní pokryv a její výchozy jsou pravděpodobně denudační.

Kvartérní sedimenty jsou v zájmovém území reprezentovány jednak terasovými náplavy řeky Ohře (zahliněné šterkopísky) o mocnosti 2 až 13 m, jednak jílovitými hlinami o mocnosti cca 2 m. Kvartér překrývá buď denudační relikty sloje Antonín nebo jílovité meziloží mezi sloje-
mi Antonín a Anežka.

Důlně hydrogeologické poměry

Odkaliště bylo založeno v roce 1972 ve vyuhlené jámě lomu Silvestr III, kde byly dobývány bilanční zásoby hnědého uhlí ve slojích Anežka a Antonín. Báze vyuhleného lomu dosáhla kóty až 395 m, největší hloubka lomu byla 33 m.

Dno odkaliště je tvořeno nepropustnými horninami vulkanodetritické série. Na západě a jihu je odkaliště ohraničeno nepropustnými zeminnými vnitřními výsypky. Na severu a severovýchodě končí svahy bývalého lomu Silvestr III na výchozech sloje Antonín a sloj Anežka protínají v bilanční mocnosti cca 6 m na kótách cca 390 až 412 m.

Jelikož sloj Anežka byla pod severními a severovýchodními svahy zbytkové jámy hlubinně dobývána, zůstaly ve vyuhleném lomu otevřené stařiny a chodby na frontě cca 640 m dlouhé.

Před zahájením plavení popílku nebyly stařiny ani chodby ve sloji Anežka utěsněny, takže se v průběhu plavení mohly postupně naplňovat vodou a částečně i popílkem. Sloj Anežka byla hlubinně dobývána v celém prostoru mezi Dolním Rychnovem a Sokolovem. Jíjí báze upadá generellně k severu (obr. 1). Tím bylo umožněno proudění vody a částečně též vodou unášeného popílku po úpadu sloje do značných vzdáleností od odkaliště.

V souvislosti se zvyšováním hladiny v odkališti postupovalo zatápění celého rozsáhlého komplexu stařin ve sloji Anežka pod obcí Dolní Rychnov a dále na sever. Ve stařinách se tak v zájmovém prostoru vytvořila nádrž podzemních vod s napjatou hladinou, která odpovídala v podstatě úrovni hladiny v odkališti na začátku roku 1978 (423 m n.m.). V této době již vztlak podzemní vody dosáhl nad úroveň terénu v Dolním Rychnově a lomu Silvestr II b a objevily se vývěry podzemní vody.

Na začátku roku 1978 byly pozorovány přítoky vody ve sklepních prostorech laboratoře sklárny v Dolním Rychnově. Zhruba ve stejné době se objevily přítoky pod základy sklářských pecí. Hladina vody v tomto prostoru byla udržována čerpáním ze dvou studní zhruba $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ vody na kótě + 406 m.

Dne 22. 3. 1978 došlo k průvalu podzemní vody pod domkem č. 52 v ulici U kovárny v Dolním Rychnově (obr. 1). Domek bylo nutno zlikvidovat a z průvalového místa voda nadále vytéká na kótě + 416 m v množství, které dosahovalo na začátku roku 1979 asi $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. V místě průvalu byla před likvidací domku zjištěna kaverna kruhového průřezu asi 12 m hluboká.

O několik dní později se objevil vývěr podzemní vody uprostřed asfaltové vozovky v Revoluční ulici v Dolním Rychnově. I v tomto případě byla zjištěna v místě vývěru kaverna, kterou bylo nutno zasypat a vyvěrající vodu odvést potrubím do Dolnorychnovského potoka. Vydatnost tohoto pramene na kótě + 421 m byla odhadnuta na $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Koncem března 1978 se objevil další pramen na patě prvního skrývkového řezu v lomu Silvestr II b na kótě 425 m, jeho vydatnost byla odhadnuta na $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Na začátku dubna 1978 začala podzemní voda vytékat z pasportizačního vrtu do sloje Anežka u čerpací stanice č. 2 v lomu Silvestr II b na kótě + 415 m v množství asi $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Velké přítoky podzemní vody ze sloje Anežka jsou odčerpávány trvale dvěma širokoprofilovými odvodňovacími vrty H 45 a H 46 v lomu Silvestr II b. Z úrovně + 403 až + 405 m n.m. se čerpalo cca $2,0 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ podzemní vody.

Přítoky podzemní vody se v průběhu roku 1978 objevily též ve sklepních prostorách některých obytných domů v Revoluční ulici v Dolním Rychnově, odkud se dle potřeby odčerpávala voda v celkovém množství asi $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Je pravděpodobné, že prameny vznikly v místech různých netěsností v jílovitém nadloží sloje Anežka, které je sice jako celek nepropustné a tvoří artéský strop, lokálně je však porušeno zálomovými trhlinami nad zavalenými poruby ve sloji, nebo starými vertikálními důlními díly. Jejich umístění není známo, protože se nezachovaly potřebné důlní mapy. Kromě toho může ke komunikaci mezi povrchem terénu a napjatými vodami ve stařinách sloje Anežka dojít v místech, kde se mocnost jílovitého nadloží snižuje pouze na několik metrů.

Z důlně hydrogeologického zhodnocení prostoru odkaliště a jeho okolí vyplývá, že příčinou vzniku pramenů v Dolním Rychnově a zvyše-

ných přítoků do lomu Silvestr II b může být jediné zvyšování hladiny vody a popílku v odkališti.

Dalším důkazem komunikace mezi odkalištěm a prameny v Dolním Rychnově je zjištění vyplaveného popílku v prameništi u domku č. 52. Vyplavený materiál byl srovnáván na základě mikroskopického studia s popílkem odebraným v odkališti (obr. č. 4, 5).

Částice popílku mají charakteristický kulovitý tvar, naprosto odlišný od tvaru minerálů a horninových částic (jíly, uhlí, písek apod.), které se mohou v uvažovaném území vyskytovat. Případná záměna popílku za jiný horninový materiál je vyloučena. Kulovité útvary popílku, odebrané z odkaliště, jsou duté a mají ve většině případů hladký povrch se skelným leskem. U větších agregátů bývá zpravidla barva tmavší a povrch jemně granulovaný.

Tatáž kulovitá tělíska byla zjištěna ve výplavu z vývěru v Dolním Rychnově u domku č. 52. Z pozorování vyplývá, že v sedimentu vynesném pramenem je popílek přítomen a že pronikl jako plavená základka alespoň částečně do starin ve sloji Anežka, v tomto případě až do vzdálenosti 600 m.

Komunikační zkouška

Aby byl podán objektivní a přímý důkaz předpokládané komunikace vody mezi odkalištěm a pramenními vývěry v Dolním Rychnově a v lomu Silvestr II b, byla v říjnu 1978 provedena komunikační zkouška pomocí radioaktivního indikátoru - tritia.

Zkoušku provedli pracovníci laboratoře jaderné fyziky VÚHU Most. Voda v odkališti byla označena indikátorem na několika místech podél severního a východního břehu plaviště, kde je udržována vodní hladina nad usazeným popílkem. Celková plocha odkaliště činí asi 17 ha. Více než polovinu této plochy tvoří popílková pláž.

Kontrolní vzorky byly odbírány jednak v plavišti (odběrové místo č. 1), jednak v jeho předpolí v prostoru Dolní Rychnov a Silvestr II b (odběrová místa č. 2 - 7, viz obr. č. 1).

Komunikace vody z plaviště byla jednoznačně prokázána do prostoru obce Dolní Rychnov k domku č. 52, kam označená voda dospěla za 41 ho-

din, zdánlivá rychlost proudění vody v tomto směru činila 413 m.den^{-1} . Dále byla označená voda zjištěna po 65 hodinách ve vývěru vody pod silnicí v Revoluční ulici (odběrové místo č. 3). Zdánlivá rychlost proudění vody v tomto směru byla 235 m.den^{-1} .

Konečně po 185 hodinách dospěl indikátor do vývěru na pláni prvního skryvkového řezu v lomu Silvestr II b (odběrové místo č. 6). Zdánlivá rychlost proudění vody byla 88 m.den^{-1} .

Ve vývěrech vody v prostoru sklárny v Dolním Rychmově (odběrová místa č. 4, 5) sice označená voda zjištěna nebyla, přesto však nebylo možno komunikaci v tomto směru vyloučit. Mezi sklárnou a odkalištěm tvoří podloží sloje Anežka lokální elevaci, což znemožňuje přímé proudění vod ve stařinách. Skutečná dráha proudění označené vody z plaviště do prostoru sklárny je mnohem delší než přímá vzdálenost a dochází k ředění s neoznačenou vodou a k poklesu koncentrace radioaktivního indikátoru pod mez detekce.

Prognóza zvětšení průsaků vlivem zvyšování hladiny v odkališti

Ze zhodnocení báňských a hydrogeologických poměrů plaviště popítku ve zbytkové jámě lomu Silvestr III vyplývá, že nádrž funguje z hydraulického hlediska jako velký vsakovací objekt. Voda vsakuje v bocích lomu pod tlakem do stařin sloje Anežka, kryté relativně nepropustným jílovitým nadložím. Proudění vody z odkaliště je však vzhledem ke stavu vyuhlení sloje Anežka orientováno jen k severu a k východu. Voda prosakuje tedy jen v části, rovnající se zhruba polovině celkového obvodu nádrže.

Jelikož v průběhu provozu plaviště se plánuje další zvyšování hladiny vody, bylo nutno řešit otázku, jak se bude vyvíjet celkový průsak vody s ohledem na vzrůstající hydraulický spád.

Zjednodušeným matematickým modelem hydraulických poměrů odkaliště je, za předpokladu zhruba rovnovážného stavu mezi průsakem vody a sumou vývěrů, následující rovnice (C. V. Bogomolov et. al., 1955)

$$Q_0 = 2\pi k \cdot M \cdot \frac{h_0 - y_0}{\ln x - \ln \frac{r}{r_0}} \cdot \frac{1}{2}$$

$$Q_0 = \frac{\pi \cdot k \cdot M \cdot (h_0 - y_0)}{\ln \frac{r}{r_0}}$$

kde je Q_0 - celkový průsak vody z odkaliště do uhlavné sloje

M - průměrná mocnost sloje Anežka v zájmovém prostoru

h_0 - piezometrická výška hladiny vody v odkališti vztažená na bázi sloje Anežka, stanovená jako rozdíl mezi současnou úrovní hladiny 426 m n.m. a průměrnou úrovní báze sloje 406 m n.m.

y_0 - průměrná piezometrická výška tlakové hladiny vody ve vzdálenosti x od středu odkaliště

k - průměrný koeficient filtrace prostředí, kterým voda v odkališti proudí

P - plocha, omezená kolmým průmětem kontury vyuhlení sloje Anežka v odkališti (13 ha)

r_0 - poloměr odkaliště

$$r_0 = \sqrt{\frac{P}{\pi}} = \sqrt{\frac{130\,000}{3,14}} = 203,4 \text{ m}$$

Hodnotu součinitele k vyjádříme z rovnice /1/

$$k = \frac{Q_0 (\ln x - \ln r_0)}{\pi \cdot M \cdot (h_0 - y_0)} \quad /2/$$

Po dosazení vstupních údajů do této rovnice dostáváme hodnotu $k = 84,79 \text{ m.den}^{-1}$.

Jako vstupní hodnoty pro výpočet koeficientu filtrace byly použity následující údaje:

- celkový průsak vody z odkaliště koncem roku 1978 - Q_0 - byl stanoven odhadem vydatnosti jednotlivých pramenních vývěrů a činí $7,4 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
- hodnotu x uvažujeme jako průměrnou vzdálenost od středu odkaliště k pramenům, tj. 717 m
- hodnota y_0 byla stanovena jako průměr všech piezometrických výšek v místech vývěrů vody a činí 11,6 m

- piezometrická výška v odkališti h_0 byla koncem roku 1978 cca 20 m.

V průběhu dalšího plavení směsi vody a popílku do odkaliště se bude zvyšovat piezometrická výška hladiny vody v nádrži a bude vzrůstat celkový průsak vody v závislosti na rostoucím hydraulickém spádu, což se projeví zvyšováním vydatnosti pramenů.

Zvyšování celkového průsaku lze orientačně stanovit podle rovnice /1/, při čemž závislost má lineární průběh. Při zvýšení hladiny v nádrži na kótu 430 m, tj. při piezometrické výšce $h_0 = 24$ m, dosahuje již celkový průsak hodnoty $Q \approx 11 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, což reprezentuje zvýšení o cca 50 % proti stavu hladiny v plavišti z konce roku 1978.

Jelikož množství plavené směsi se pohybuje v rozmezí $15\text{--}20 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, je otázkou, zda bude možno zvýšení hladiny vody na kótu 430 m vůbec dosáhnout, protože značná část vody musí být z odkaliště odčerpávána zpět jako vratná voda pro plavení popílku. Dále je z uvedeného zřejmé, že v průběhu dalšího provozu odkaliště lze očekávat zhoršení situace v Dolním Rychnově, tj. vznik dalších pramenů a zvýšení vydatnosti pramenů stávajících, příp. další škody na povrchových objektech. Kromě toho bude nutno počítat se zvyšováním přítoků vody do lomu Silvestr II b a do odvodňovacích vrtů II 45 a H 46.

Závěr

Problematika ukládání plavených popelových odpadů z elektráren do zbytkových jam po lomovém dobývání je aktuální jak v sokolovské oblasti, tak v severočeském hnědohorném revíru. Dostatečné utěsnění odkališť proti průsakům a nežádoucím komunikacím vod bývá zpravidla spojeno s velice obtížně řešitelnými problémy technickými i ekonomickými. Dosavadní zkušenosti s provozem odkališť popílku jednoznačně prokazují, že ještě před zahájením plavení je nezbytné včas realizovat protiprůsaková opatření na základě podrobného zhodnocení báňsko-hydrogeologických poměrů v prostoru plaviště a v širokém okolí. Uvažovaná opatření zahrnují na příklad utěsnění stařin a důlních děl ústících do plavicího prostoru, utěsnění propustných vrstev ve svazích nádrže apod.

Finanční náklady, spojené s přípravou plavicího prostoru a jeho zajištění proti nežádoucím průsakům a komunikacím vod jsou podstatně

nižší, než následné škody. V některých případech není později možno, vzhledem k netěsnosti odkaliště, využít plánované kapacity nádrže, což má za následek požadavky na zakládání nových plavicích prostorů.

Ze zhodnocení báňsko-hydrogeologických poměrů v prostoru odkaliště Silvestr III vyplývá, že plavení popílku je nutno ukončit již při dosažení kóty 430 m, při čemž negativní vlivy plavení, tj. vývěry vody v objektech a na komunikacích v obci Dolní Rychnov a zvýšené přítoky do lomu Silvestr II b, se budou nadále zvyšovat. Nedostatečné utěsnění plavicího prostoru bude mít tedy za následek předčasné ukončení provozu odkaliště. Žádná efektivní sanační opatření, která by zabránila průsakům vody a celkovou situaci výrazněji zlepšila, nelze již z časových a technických důvodů realizovat.

Literatura

- /1/ Haas K., Kohoutová J.: Posouzení komunikací vod mezi odkalištěm popílku Silvestr III a prostorem obce Dolní Rychnov (posudek VÚHU Most 1979)
- /2/ Bogomolov G. V. et al. (1955): Specialnaja gidrogeologija, Moskva

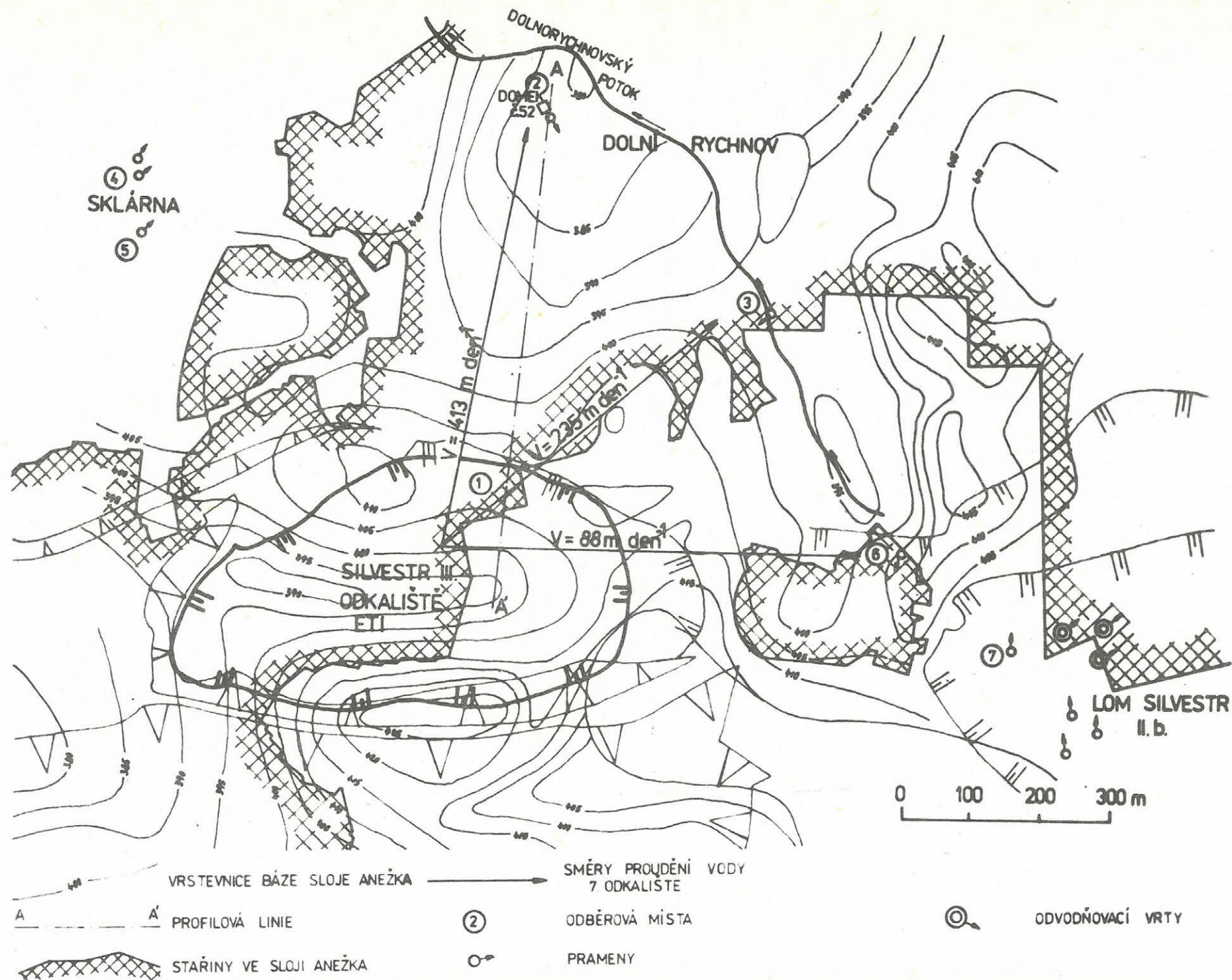
Recenzoval: Ing. Oldřich Glivický

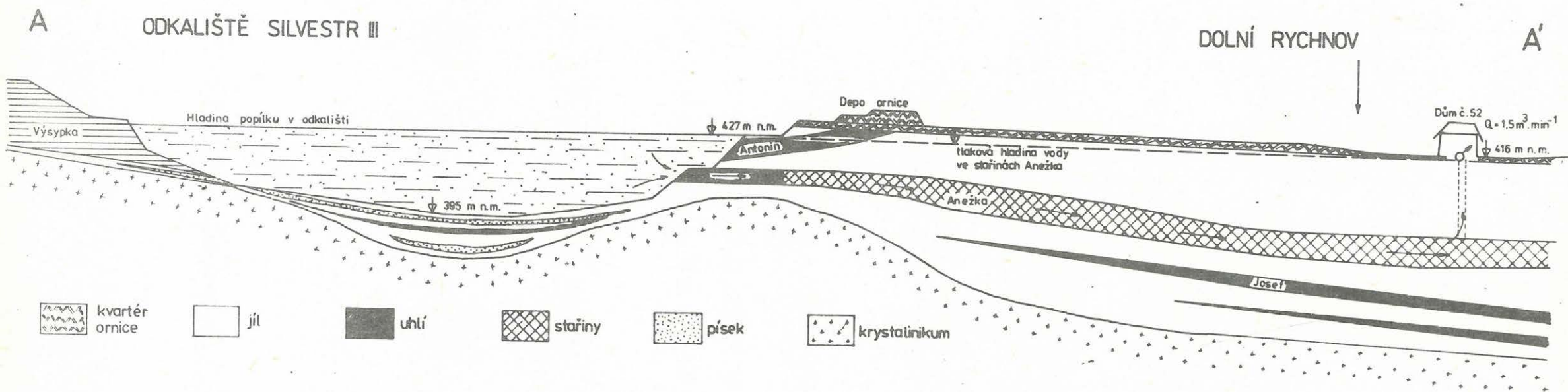
S h r n u t í

Hydrogeologické problémy plavení popílku z elektrárny Tisová do lomu Silvestr III

V průběhu plavení popílku vznikly v okolí odkaliště vydatné prameny podzemní vody, které způsobily podměčnění a destrukci povrchových objektů a zvýšení přítoků do sousedního povrchového dolu. Příčinou jsou neutěsněné stařiny ve stěnách odkaliště a vznik rozsáhlé artéské nádrže podzemních vod, lokálně s pozitivním piezometrickým nivó. Komunikace byla jednoznačně prokázána pomocí radioaktivního stopovače -

Obr. 1 - Schéma důlně-hydrogeologických poměrů odkaliště Silvestr III

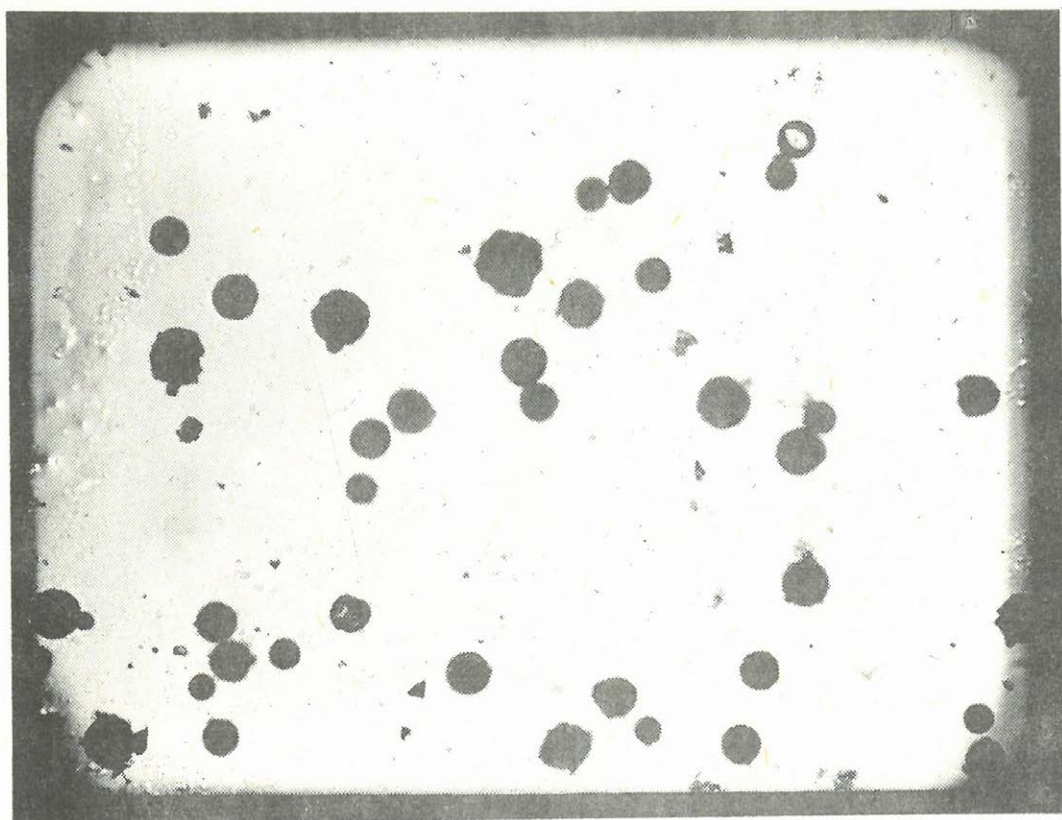




Obr. 2 - Schematický hydrogeologický řez ve směru odkaliště Silvestr III - Dolní Rychnov



Obr. 3 - Prameniště pod domem č. 52 v Dolním Rychnově



Obr. 4 - Popílek z odkaliště Silvestr III (zvětšeno 30 x) Foto RNDr. Hurník



Obr. 5 - Separovaný popílek z výplavu pod domkem č. 52 (zvětšeno 30 x)
Foto RNDr. Hurník