

P. g. Karel H a a s, VÚHU

Problematika odvodňování výsypek v SHR

Odvodňování a ochrana před podzemními a povrchovými vodami patří mezi základní předpoklady zajištění stability výsypek. Abychom se v dané oblasti lépe orientovali, je potřebné stanovit okrajové podmínky, které vymezují prostor, v němž je možno úspěšně realizovat odvodňování výsypek s ohledem na současnou úroveň znalostí a technických a ekonomických možností.

Zásadně je nutno problematiku odvodňování a ochrany výsypek proti vodám rozdělit na dvě části :

1. Odvodňování p o v r c h o v ý c h vod v dosahu výsypek
2. Odvodňování p o d z e m n í c h vod, jednak v podloží výsypek v původním přírodním prostředí, jednak podzemních vod přímo ve výsypkových zeminách.

Ochrana výsypek před povrchovými vodami

Ochrana výsypek před nepříznivým účinkem povrchových vod je úkolem do značné míry řešitelným známými technickými prostředky; má převážně vodohospodářský charakter a zahrnuje zpravidla několik úkolů dílčích. Předně je nezbytné navrhnout podle potřeby přeložení povrchových vodních toků mimo výsypný prostor. V této souvislosti je velmi účelné s ohledem na místní hydrogeologické podmínky vyřešit utěsnění přeložek proti průsakům, zejména pak zpětným průsakům povrchové vody do výsypného prostoru. Rozhodnutí o tom, zda a v jakých úsecích budovat těsnění přeložek povrchových toků, se musí opírat o podrobnou hydrogeologickou mapu a zhodnocení celého zájmového území.

Nutnou podmínkou, která nebývá v praxi vždy plněna, je likvidace všech vodních nádrží ve výsypném prostoru.

Přeložením povrchových toků a likvidací vodních nádrží by však neměla končit příprava výsypného prostoru pro zasy-

pání. Mají-li být vytvořeny dobré předpoklady pro zajištění stability budoucí výsypky, musí být zabezpečen urychlený a organizovaný odtok srážkových vod ze zájmového prostoru. Nelze na příklad sypat bez negativních následků vnější výsypku do údolí přeložených vodních toků. I po přeložení vodotečí zůstává výsypný prostor dílčím povodím s povrchovým odtokem, který využívá původní vodní síť. Výsypka v údolí pak funguje jako zemní hráz, na jejíž návodní straně vzniká živelně vodní nádrž. Jak se zcela evidentně ukázalo, na příklad v případě Radovesické výsypky v SHR, nedaří se v podmínkách provozu akumulovanou vodu odčerpávat a vzdutá voda pak infiltruje do vytvořené výsypky. Část zemin se pak zakládá přímo do vody a nejsou tak dodržovány ani elementární zásady ochrany výsypek proti vodám ve smyslu platných bezpečnostních předpisů.

Je tedy zcela nezbytné v odůvodněných případech zabezpečit povrchové odvodnění výsypného prostoru před zasypáním podrobnou drenáží celého zájmového území. Vybudováním drenáže se obvykle zajistí rovněž potřebné jímání a odvodňování pramenů a mělkých podzemních vod ve výsypném prostoru, jak bude ještě dále rozvedeno. Návrh drenáže se musí opírat o zhodnocení hydrogeologických a hydrologických poměrů zájmového prostoru a kapacita odvodňovacího systému musí odpovídat očekávaným přivalovým srážkám a povrchovým odtokům v zájmovém území. Zpracování návrhu drenáže není tedy jednoduchým paušálním úkolem, ale musí vycházet z konkrétních přírodních a báňských podmínek každého výsypného prostoru.

Konečně je v rámci ochrany výsypek před povrchovými vodami velmi žádoucí zabezpečovat co nejrychlejší odtok srážkových vod s povrchu již vybudovaných výsypek. Zejména by bylo účelné organizovat sypání tak, aby nevznikaly bezodtoké deprese, v nichž se dešťová voda hromadí a dlouhodobě infiltruje do výsypkových zemin.

S výjimkou úprav povrchu výsypek v průběhu sypání je zřejmé, že všechna ostatní opatření proti povrchovým vodám

musí být provedena preventivně. Následné řešení je ve většině případů problematické a neúčinné.

Přesto, že opatření na ochranu výsypek proti povrchovým vodám jsou na první pohled nutná a logická, nebyla většinou v SHR v uplynulém období realizována, nebo byla provedena jen nedokonale. Hlavním důvodem byl neopodstatněný názor, že výsypky jsou zcela nepropustné a nemohou tedy být ani povrchovými ani podzemními vodami ohrožovány. Tento názor přežívá u části technické veřejnosti SHR doposud, ačkoliv průzkumné práce ve výsypkách zcela jednoznačně prokázaly jejich propustnost i zvodnění /Pichler E., et al., 1980, Haas K., et al., 1972/.

Ochrana výsypek před podzemními vodami

Podzemní vody se vyskytují jednak v původním přírodním prostředí v podloží výsypek, jednak ve vlastních výsypkových tělesech. Ochrana výsypek před podzemními vodami je úzce spojena s problematikou odvodňování pórovitého horninového prostředí a při řešení konkrétních úkolů v této oblasti je třeba vždy vycházet z objektivních zákonitostí hydrogeologie a hydrauliky podzemních vod. Předmětem efektivního odvodňování může být jen podzemní voda gravitační, která proudí v nekapiálních pórech a dutinách. Voda vázaná fyzikálně v zeminách může být částečně uvolněna a jímána jen speciálními metodami /vakuové odvodňování, elektroosmóza a pod./, které jsou však z technického a ekonomického hlediska v hornictví v podstatě nepoužitelné s ohledem na velký rozsah potřebných odvodňovacích prací.

Důležitým kritériem účinnosti a celkové efektivnosti odvodňování zvodněných kolektorů, tedy i výsypek, je propustnost, vyjádřená koeficientem filtrace k . Výzkumné práce i praktické zkušenosti ukázaly, že efektivně lze odvodňovat v hornictví zpravidla jen takové zvodněné systémy, jejichž průměrný koeficient filtrace $k > 1 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$, a které jsou aspoň v podstatě homogenní.

Pro ilustraci byly výpočtem podle rovnice /1/ /Kaden S., 1979/ stanoveny maximální teoretické přítoky podzemní vody do úplných odvodňovacích vrtů v závislosti na propustnosti prostředí, mocnosti zvodněné vrstvy a za předpokladu, že odvodňovací vrty jsou ve výsypkovém tělese umístěny v liniové soustavě při vzájemné vzdálenosti 50 m.

$$Q = \frac{k \cdot H}{\frac{a}{2\pi} \cdot \ln \frac{a}{2\pi r} + S_e} \quad /1/$$

- Q - přítok podzemní vody do odvodňovacího vrtu v soustavě při vzájemném ovlivňování jímacích objektů /m³ . s⁻¹/
- h - stav dynamické hladiny ve vrtu /m/
- a - vzdálenost mezi vrty v soustavě /m/
- H - piezometrická výška hladiny podzemní vody /mocnost zvodněné vrstvy při volné hladině/ /m/
- k - koeficient filtrace /m.s⁻¹/
- r - poloměr odvodňovacího vrtu /m/
- S_e - očekávaný skinový efekt na plášti odvodňovacích vrtů /m/

Podle výsledků výpočtů jsme sestrojili graf závislosti $Q = f(k, H)$ pro vzdálenost vrtů $a = 50$ m /obr.1/. Z grafu vyplývá, že při mocnosti zvodněné vrstvy /výsypky/ 10 m a koeficientu filtrace $1 \cdot 10^{-6}$ m . s⁻¹ je maximální přítok podzemní vody do širokoprofilového vrtu o poloměru 400 mm jen 0,14 l.s⁻¹. Při mocnosti zvodněné vrstvy 30 m, vzroste maximální přítok při stejné propustnosti na 0,9 l.s⁻¹. Uvedené hodnoty ukazují, že sám koeficient filtrace nemůže být zcela přesnou okrajovou podmínkou odvodňování, protože přítok podzemní vody je rovněž značně závislý na mocnosti zvodněného kolektoru. Proto z praktického hlediska okrajové podmínky odvodňování výsypek i rostlých zemin lépe charakterizuje průtočnost, definovaná jako součin koeficientu filtrace a mocnosti zvodněného obzoru.

$$T = k \cdot M$$

/2/

T - koeficient průtočnosti $/m^2 \cdot s^{-1}/$

M - mocnost zvodněné vrstvy $/m/$

Teoretická závislost přítoku vody do odvodňovacích vrtů umístěných v linii na průtočnosti horninového prostředí $Q = f/T/$ je znázorněna v grafu na obr. 2. Rovněž tato závislost je stanovena pro hydraulicky se ovlivňující vrty, vzájemně vzdálené od sebe 50 m. Z grafu je možno odvodit hodnotu koeficientu průtočnosti potřebnou pro dosažení zvoleného přítoku podzemní vody do vrtu. Tak na příklad, má-li se z vrtů čerpat minimální množství vody $0,5 \text{ l} \cdot s^{-1}$ při kritické propustnosti zvodněného prostředí $k = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot s^{-1}$, je hodnota potřebného koeficientu průtočnosti $T = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot s^{-1}$. Podle dané hodnoty průtočnosti je možno podle rovnice /1/ určit potřebnou mocnost odvodňovaného kolektoru, která v uvažovaném případě činí 21 m.

Je tedy zřejmé, že možnosti odvodňování výsypkových zemín je účelné posuzovat případ od případu podle konkrétních, průzkumem zjištěných hodnot koeficientů filtrace a průtočnosti. Obecně lze však říci, že budování grafitačních odvodňovacích objektů, zejména vrtů, v prostředí s koeficientem filtrace menším než $1 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot s^{-1}$ nemá naději na pozitivní výsledek. Zvláště při menších mocnostech zvodněného obzoru je přítok vody do odvodňovacích zařízení nepatrný a nemohou se tak výrazněji snížit ani hladina, ani zásoby podzemní vody zvodněného systému. Je nutno vzít na vědomí, že úspěšnost odvodňování pórovitého prostředí je omezena okrajovými podmínkami hydraulického charakteru, které vyplývají z přírodních zákonitostí.

Technickou okrajovou podmínkou odvodňování je minimální přítok vody do vrtu, který je možno odčerpávat dostupnými technickými prostředky. Z dosavadních zkušeností vyplývá, že uvažovaná minimální hodnota přítoku, která ještě umožňuje

technický provoz vrtu, se pohybuje v rozmezí $0,3-0,5 \text{ l.s}^{-1}$.

Experimentální odvodňování výsypkových zemin spádovými odvodňovacími vrty, umístěnými v linii a zaústěnými do odvodňovací chodby v podloží, se plánuje v prostoru Radovesické výsypky. Průběh odvodňování a snižování hladiny podzemní vody bude sledován v pozorovacích vrtech. Hydrogeologickým průzkumem zde byl zjištěn koeficient filtrace výsypkových zemin, který se pohybuje v rozmezí $2,3 \cdot 10^{-7} - 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ a koeficient průtočnosti $1,3 \cdot 10^{-6} - 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Uvedené hydraulické parametry se pohybují na teoretické hranici efektivní odvodnitelnosti zemin gravitačními metodami, a proto se očekává, že pokusné odvodňování umožní dále upřesnit a ověřit skutečné okrajové podmínky odvodňování výsypkových zemin.

Z praktického hlediska je účelné rozdělit odvodňování podzemních vod v prostoru výsypek na odvodňování preventivní a následné.

Preventivní odvodňování výsypných prostorů a podloží výsypek se realizuje zásadně před zasypáním výsypného prostoru a plní svoji funkci dlouhodobě i po překrytí výsypkovými zeminami. Cílem je jímání podzemních vod a pramenů v podložce výsypky a průsakových vod, které na podložku prosáknou z vlastního tělesa výsypky i z jiných zdrojů. Odvodňování následné zahrnuje všechny odvodňovací práce, které se provádějí ve výsypce i v jejím podloží po zasypání výsypného prostoru.

Preventivní odvodňování výsypného prostoru a výsypek

Preventivní odvodňování podložky výsypek se důvodně požaduje zvláště v těch případech, kdy podložka je buď zvodněná jako celek, nebo vyskytují-li se ve výsypném prostoru prameny, případně rozptýlené vývěry podzemních vod. V rámci obecných okrajových podmínek odvodňování podzemních vod je tento úkol řešitelný známými technickými prostředky. Nejčastěji se provádí podrobnou gravitační drenáží, která se skládá z hlav-

ních a vedlejších drénů /obr.3./. Každý drén je tvořen třemi konstrukčními prvky. Předně drenážním příkopem, širokým zpravidla 2 až 3 m a hlubokým 1,5 až 4 m, dále dobře propustným zásypem a perforovaným drenážním potrubím o průměru zpravidla 150 až 350 mm podle potřebné jímací kapacity drénu. Propustný zásyp může být tvořen štěrkopískem, vypálenými jíly, hrubozrnným štěrskem a pod. Průměrná velikost středního zrna zásypu D_{50} by měla být přibližně šestkrát až sedmkrát větší než průměrná velikost středního zrna odvodňovaného prostředí. Perforace drenážního potrubí může být vrtaná, propalovaná nebo prostřelovaná náložemi s kumulativním účinkem. Procento perforace by mělo dosahovat hodnoty nejméně 5 až 7 %. Aby nedocházelo k ucpávání drénů musí být dodržován minimální spád 5 promile.

Jímací kapacita drénů závisí na jímací kapacitě zásypu a drenážního potrubí. Jímací schopnost zásypu závisí na průtočném průřezu propustnosti a spádu.

$$Q_s = F \cdot k_T \cdot \sqrt{I} \quad /3/$$

Q_s - jímací schopnost drenážního zásypu $/m^3 \cdot s^{-1}/$

F - průtočný průřez $/m^2/$

k_T - koeficient turbulentní propustnosti zásypu $/m \cdot s^{-1}/$

Pro hrubý štěrk lze uvažovat $k_T = 0,23 \text{ m} \cdot s^{-1}$

/Boor B. et al., 1968/

I - spád drénu

Jímací kapacita drenážního potrubí je závislá na spádu, průměru potrubí a jeho kvalitě.

$$Q_p = K \cdot \sqrt{I} \quad /4/$$

Q_p - jímací kapacita potrubí $/m^3 \cdot s^{-1}/$

K - modul průtoku /uvádí se v hydraulických tabulkách - na př. Boor B. et al., 1968/. Pro ocelové potrubí Ø 150 mm je modul průtoku $K = 0,187 \text{ m}^3 \cdot s^{-1}$.

I - spád potrubí

Jímací kapacita drénů se volí podle očekávaných přítoků podzemní, případně povrchové vody s rezervou cca 50 %. Podle zvolené kapacity lze pak výpočtem stanovit potřebné parametry drénu včetně průměru drenážního potrubí.

Umístění drénů v terénu, hlavně jejich vzájemné vzdálenosti, závisí na hydrogeologických a hydraulických poměrech odvodňovaného území.

Má-li se provádět plošné odvodňování spojitě zvodněného území, je nutno stanovit vzdálenost mezi drény - tzv. rozchod drénů vhodným hydraulickým výpočtem. Hladina podzemní vody musí být snížena na všech místech odvodňovaného území pod úroveň povrchu terénu /obr.4/. Rozchod drénu lze stanovit přibližně na příklad podle rovnice /5/. /Dvořák P., 1976/

$$L = \left[\frac{10 \cdot k \cdot H \cdot t}{P_d \cdot 1n/1,16 \cdot \frac{h_o}{h_t}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad /5/$$

k - koeficient filtrace /m.den⁻¹/

H - průměrná mocnost zvodněného kolektoru /m/

t - doba odvodňování /dny/

h_o - počáteční výška hladiny podzemní vody, měřená uprostřed sousedních drénů od roviny dna stejně hluboko uložených drénů /obr. 4/ /m/

h_t - konečná /snížená/ výška hladiny podzemní vody uprostřed sousedních drénů /m/

P_d - drenážní pórovitost zvodněného prostředí /%/

L - rozchod drénů /m/

Platnost rovnice /5/ je omezena okrajovou podmínkou, podle které hloubka nepropustné vrstvy a , měřená od dna drenážní rýhy, musí vyhovovat nerovnostem $a > 0$, $a < 1/4 L$.

Pokud se na budoucím podloží výsypek vyskytují prameny a rozptýlené vývěry podzemních vod, je účelné drény lokalizovat zejména s ohledem na umístění pramenů i za cenu nepravidelného rozchoďu.

Závažné problémy bývají v praxi s překonáváním depresí a elevací v terénu. Jelikož je nezbytné zachovávat kontinuitu drenážního systému a potřebný spád drénů, narůstá na elevacích hloubka drenážních příkopů a vznikají technické obtíže s jejich provedením. Největší obtíže jsou s odvodňováním uzavřených rozsáhlých a hlubokých depresí, které nelze technicky odvodňovat gravitační drenáží. V těchto případech je možné aplikovat několik variant řešení. Jednou z jednoduchých možností je zasypat uvažované prohlubně dobře propustným a stabilním materiálem /štěrkopískem, lomovým kamenem, demoličním materiálem a pod./. V propustném zásypu se pak podzemní voda po přesypání výsypkou může vzdouvat a hromadit, aniž by napájela výsypkové zeminy a zvyšovala jejich plasticitu. Nevýhodou tohoto řešení v podmínkách SHR je častý nedostatek vhodného materiálu pro propustný zásyp.

Dalším možným řešením je vybudovat v depresích sběrné drény - jímací objekty a z nich vodu po zasypání výsypkou odčerpávat vertikálními čerpacími vrty, hloubenými z jednotlivých výsypkových etáží. Jde sice o řešení technicky reálné, provozně však velmi náročné, zejména je obtížné zajišťovat přívody energie pro čerpadla a odvádění vyčerpané vody na výsypce, která je v provozu. Rovněž vyhloubení odvodňovacích vrtů ve výsypce se stává technickým problémem. Dosavadní zkušenosti totiž ukázaly, že hydrogeologické a odvodňovací vrty ve výsypkách lze úspěšně hloubit jedině nárazovým způsobem na sucho s průběžným dopažováním technickými kolonami. Soupravy pro suché vrtání se však likvidují bez náhrady, protože jejich provoz je pro vrtné organizace ekonomicky nevýhodný a nahrazují se výplachovými rotačními soupravami, s nimiž nelze odvodňovací vrty ve výsypkách provádět.

Uvažované prohlubně - deprese v podloží výsypek lze též

odvodňovat pomocí podzemních báňských děl, jako jsou gravitační odvodňovací štoly, případně podzemní čerpací stanice, napojené na drenážní systém pod výsypkou a zpřístupněné štolou v podloží výsypky. V prostoru VČSA probíhá v současné době výstavba podzemní čerpací stanice v depresi pod kótou 100 m na dně lomu. Jímka čerpací stanice se napojí na systém drénů na podložce vnitřní výsypky VČSA. Čerpací stanice bude zpřístupněna úpadní chodbou, která se buduje s povrchu terénu /betonová výztuž chodby se provádí do otevřeného výkopu na dně VČSA/. Chodba bude sloužit pro faráni obsluhy čerpadel a provádění údržby čerpací stanice. V chodbě budou položena výtlačná potrubí a přívody elektrické energie pro čerpadla. Celá stavba bude uvedena do provozu v r. 1982 a zasypána výsypkou.

Nevýhodou báňských děl je značná stavební a ekonomická náročnost. Samo řešení je však provozně spolehlivé a nekomplikuje provoz a zakládání výsypky.

Dalším preventivním prostředkem odvodňovací techniky, kterým je možno zabezpečit odvodnění je plošná drenáž celého výsypného prostoru nebo jeho hydrogeologicky nejexponovanějších částí propustnou vrstvou štěrkopísku, lomového kamene a pod. Mocnost vrstvy musí být nejméně 1 m, dále je potřebné, aby odvodňovaný prostor nebyl příliš členitý a umožňoval gravitační odtok jímané vody. Tato metoda je však velmi náročná na objem drenážního materiálu, a proto v podmínkách SHR sotva použitelná.

Výjimečně je účelné k odvodnění výsypného prostoru použít některých speciálních prostředků jako jsou spádové odvodňovací vrty, vsakovačí vrty, vertikální drény a čerpací odvodňovací vrty. Obecnou podmínkou pro použití uvedených způsobů je existence drenážního obzoru v hlubším podloží /obr. 5/. Jako drenážní kolektor, do kterého lze podzemní vodu z podložky spouštět a na jiném místě mimo výsypku odvádět nebo odčerpávat, mohou sloužit na příklad stařiny a důlní díla v uhelné sloji, odvodněné vrstvy písků v hlubším podloží výsyp-

ky, případně účelově ražená odvodňovací důlní díla. Zjevnými nevýhodami uvedeného řešení jsou ekonomická a technická náročnost, případně riziko deformace odvodňovacích vrtů po jejich zasypání, zejména vysokými výsypkami.

Považujeme za nutné zdůraznit, že odvodnění podzemních vod ve výsypném prostoru je nezbytné provádět preventivně stejně tak, jako drenáž povrchových vod. Dále je důležité, že dobře provedená drenáž podložky nezajišťuje jen snižování hladiny a jímání podzemních vod, vyvěrajících z podloží, ale po zasypání výsypkovými zeminami slouží rovněž k zachycení vody, prosakující tělesem výsypky. Tím zabraňuje vzdouvání vod a podmáčení spodní výsypkové etáže. Platí to zvláště v těch případech, kdy propustnost výsypek umožňuje vertikální průsak srážkových a povrchových vod.

Následné odvodňování vlastních výsypek

Průzkumné práce prokázaly, že výsypky jsou ve většině případů víceméně propustným hominovým prostředím, ve kterém se vytváří postupně specifický režim podzemní vody. Vznikají zvodněné polohy, zvodněné zóny, a to nejen ve spodní etáži, ale rovněž v provzdušněném pásmu nad hladinou podz.vody. Převážně je však zvodnění vázáno na spodní etáž nebo na propustnější partie výsypek. Rozložení propustných poloh ve výsypce je zpravidla nepravidlené a jejich následné zjištění pomocí vrtů je obtížné. Výsypky nejsou přírodním útvarem, vznikly poměrně složitou činností člověka a vyznačují se často inhomogenitou v petrografickém a fyzikálně - mechanickém složení zemin, a tím i v propustnosti. V podmínkách SHR, kde výsypky jsou většinou jílovité nebo písčitojílovité, je propustnost většinou nízká. Zkoušky propustnosti výsypek prokázaly, že průměrný koeficient filtrace se v převážně většině případů pohybuje v řádech 10^{-6} až 10^{-7} m.s⁻¹, tj. v oblasti, kde je gravitační odvodňování z hydraulických důvodů neefektivní, nebo na hranicích efektivnosti. Je nutno otevřeně konstatovat, že odvodňování zvodněných výsypkových zemin s koe-

ficientem filtrace menším než $1 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ je nevyřešeným problémem, který má charakter základního výzkumu.

Pro odvodňování výsypkových těles s vyšší propustností je možno přijmout různá opatření, která však většinou počítají s realizací vrtných prací. Vertikální vrtné odvodňovací objekty /spádové vrty, vertikální drény/ umožňují bez čerpání spouštět jímanou podzemní vodu na podložku výsypky buď do sběrných drenů /obr.3/, do umělého drenážního obzoru, nebo hlouběji do podloží, do odvodňovacích chodeb důlních děl a stařin v uhelné sloji. Velkou výhodou je gravitační odvádění vody z výsypky bez čerpání, nevýhodou je obtížnost vrtných prací ve výsypkových zeminách.

Horizontální odvodňovací vrty, vrtné do svahů výsypek lze využít jen pro odvodnění omezených částí výsypkového tělesa, protože technicky dosažitelná délka vrtů je max. 200 m. Nevýhodou horizontálních vrtů je dále skutečnost, že je lze provádět jen rotačním způsobem s výplachem, což snižuje jejich jímací kapacitu.

Vertikální čerpací vrty s ponornými čerpadly jsou pro odvodňování vlastních výsypek v SHR většinou neefektivní pro malou vydatnost.

Určitou teoretickou a dosud neprozkoumanou možností je zakládání drenážních vrstev do výsypek. Toto řešení by bylo pravděpodobně spojeno s řadou problémů, hlavně by výrazně komplikovalo zakládání výsypky jako celku a dále je pravděpodobné, že v průběhu konzolidace zemin by se drenážní vrstvy deformovaly, což by komplikovalo odtok jímaných vod.

Protože v podmínkách malé propustnosti výsypek nelze od uvedených metod očekávat uspokojivé výsledky, byly hlavně v zahraničí zkoumány možnosti, jak zvýšit vydatnost a odvodňovací účinek vrtných objektů, zejména využitím vakua a elektroosmósy. Výzkumy vakuových metod /G.N.Kamenskij et al., 1957/ ukázaly, že nejúčinnější jsou vakuové jímací objekty při čerpání vody z vrstev s napjatou hladinou, kde zvyšují vydatnost 2 až 3 krát. U zvodněných systémů, které bezprost-

ředně navazují na průchozí provzdušněné pásmo, však brzy po vytvoření podtlaku pronikne do vrtu vzduch a efekt podtlaku se nemůže trvale uplatnit přidatným tlakem, který zvyšuje hydraulický spád v okolí jímacího objektu. Jelikož ve výsypkách se vesměs vytvářejí zvodněné systémy s volnou hladinou a zvodněné kolektory nejsou vždy strukturně uzavřené, nemá využití vakua pro zvýšení vydatnosti odvodňovacích objektů naději na širší uplatnění.

Poměrně rozsáhlý výzkum využití elektroosmosy pro odvodnění písčitojilovitých, těžko odvodnitelných zemin byl v hornictví proveden v NDR /Härtig H., Böhme E., 1959/. Na výsypce povrchového dolu Zechau byl proveden experiment, jehož cílem bylo zvýšit vydatnost čerpacího vrtu, dosáhnout snížení hladiny podzemní vody a stabilizovat svah výsypky, který byl ve skluzu. Odvodňovací čerpací vrt, hluboký 17 m měl před zahájením experimentu vydatnost max. $0,0032 \text{ l.s}^{-1}$. Ve vzdálenosti 7 m od čerpacího vrtu, který plnil funkci katody, byly vyhloubeny 4 pozorovací vrty, umístěné na obvodu polokruhu jako anody. Z teorie elektroosmosy je známo, že po zavedení stejnosměrného proudu do zvodněného, málo propustného prostředí s koeficientem filtrace $k \leq 1 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$, proudí podzemní voda vlivem elektrického pole k záporné elektrodě. Vybavíme-li katodu jako studni, je možno tuto elektroosmoticky uvolněnou vodu odčerpávat.

Při experimentu bylo využito zdroje el.proudu o výkonu 10,3 kW, napětí 45 V a intenzitě 60 A. Vydatnost jímacího objektu se vlivem elektroosmosy podařilo zvýšit na $0,0036 \text{ l.s}^{-1}$, tedy přibližně jen o 13 %. Zarážející byla však spotřeba elektrické energie, přepočítaná na jednotku elektroosmoticky uvolněné vody, která činila $1\,875 \text{ kWh.m}^{-3}$.

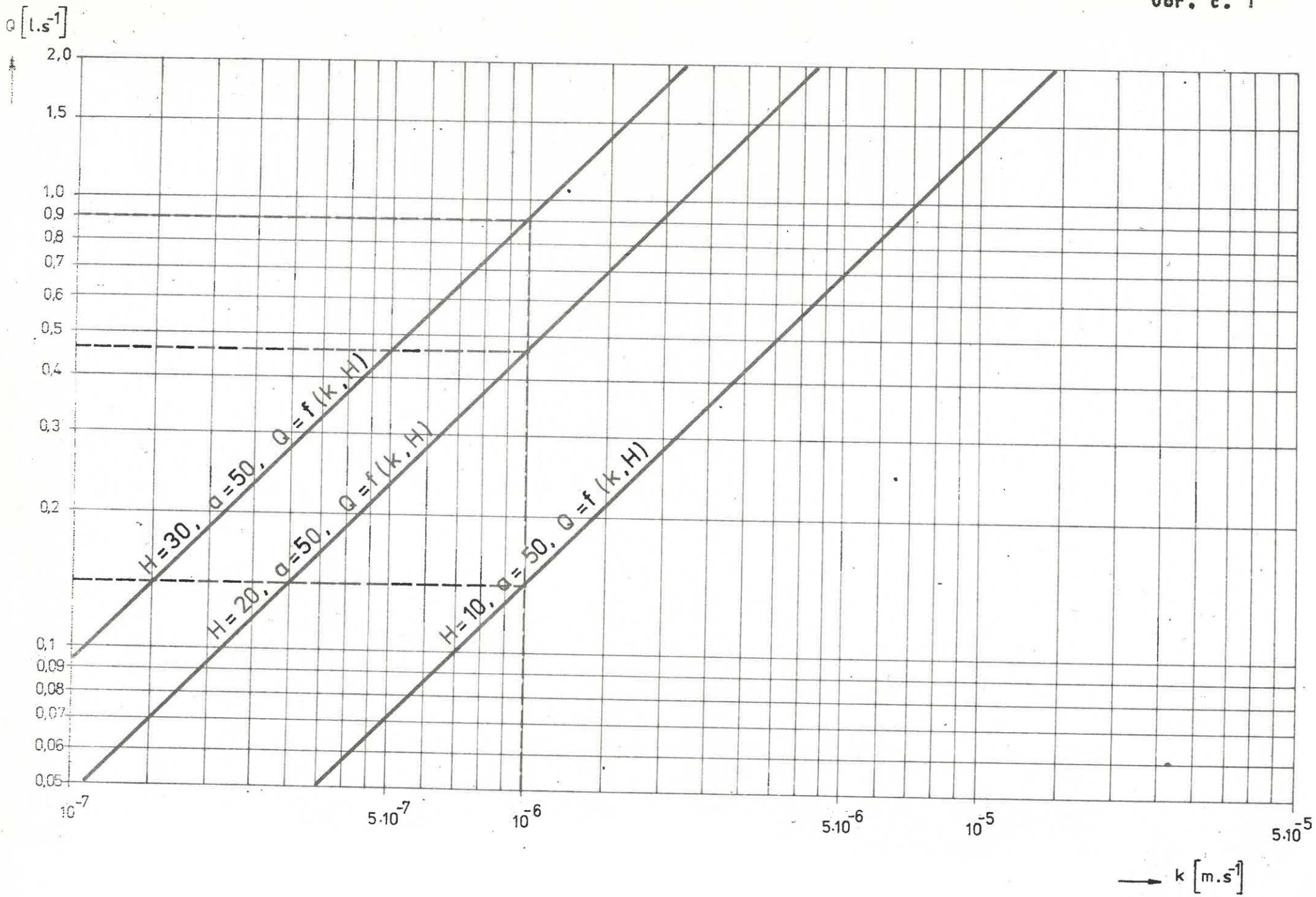
Celá série pokusu o zvýšení vydatnosti odvodňovacích objektů elektroosmosou byla nakonec ukončena s tím, že elektroosmosa je v hornictví nepoužitelná. Hlavním důvodem je vysoká energetická náročnost, dále nízký odvodňovací účinek, který je způsoben hlavně tím, že při elektroosmose se zároveň

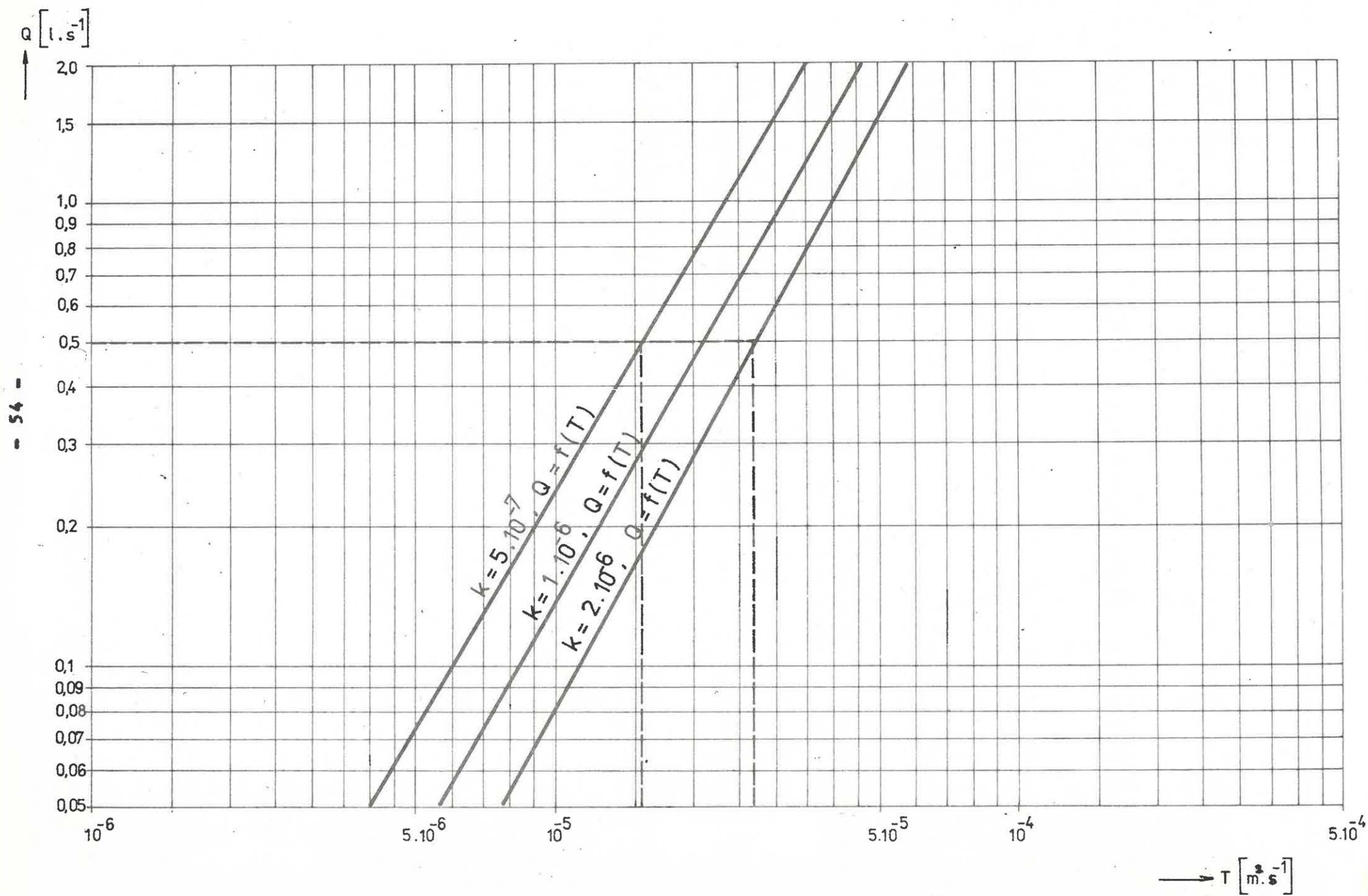
částečně elektrolyticky rozkládá podzemní voda; H_2 se hromadí na plášti katody a O_2 na plášti anody. Tím vzniká kolem elektrod proplyněná zóna, která výrazně zvyšuje přechodové elektrické odpory na plášti elektrod. Snížení elektrické vodivosti odvodňovacího systému vede ve svých důsledcích k redukci napětí mezi elektrodami, a tak pouze malá část z dodávaného napětí může být využita k vlastnímu odvodňovacímu procesu.

Z_á_v_ě_r

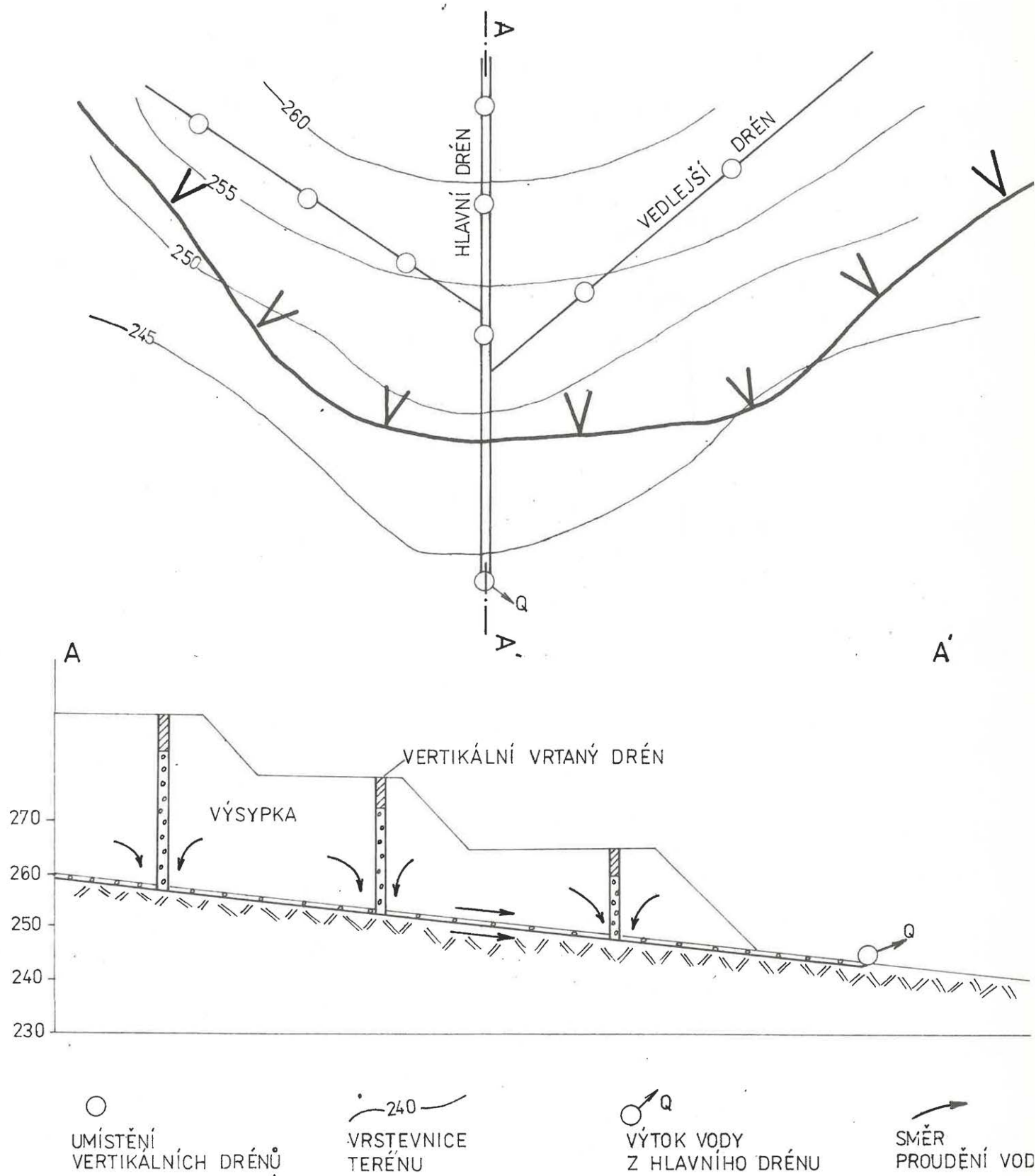
Vzhledem k úrovni současných znalostí a technických možností je účelné chápat odvodňování výsypek jako preventivní činnost, ať již se týká ochrany proti nepříznivým účinkům povrchových vod nebo odvodňování podzemních vod ve výsypném prostoru. V této oblasti jsou úkoly odvodňování výsypek řešitelné a realizovaná opatření výrazně přispívají k zajištění stability svahů výsypkových zemin. Preventivní odvodňování výsypných prostorů a výsypek zahrnuje v konkrétních případech podrobný inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum zájmového území, který musí být realizován a vyhodnocen již v předprojektční přípravě výsypky. Podle výsledků průzkumu v průběhu zpracování projektové dokumentace je pak třeba navrhnout odvodnění výsypného prostoru a vyřešit potřebnou ochranu výsypky před nepříznivým účinkem povrchových a podzemních vod. Požadavky na odvodňování se tak musí stát součástí báňského řešení již v první fázi projekční přípravy výsypky. Odvodnění výsypek nemohou zajistit koncernové podniky a závody SHR jako běžnou provozní činnost.

Následné odvodňování zvodněných výsypkových těles je často z principiálních důvodů neřešitelné. Odvodňování málo propustných výsypkových zemin v hornictví je stále nedořešenou otázkou základního výzkumu.

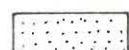
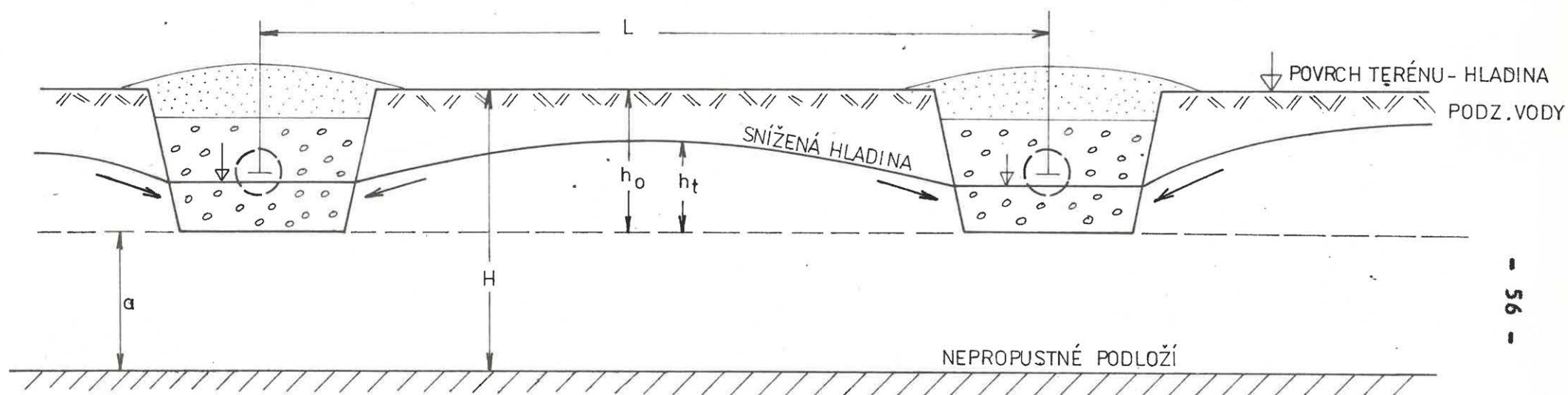




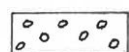
Obr. č. 3



Obr. č. 4



KOPANÝ PÍSEK



DRENÁŽNÍ ZÁSYP (ŠTĚRK)

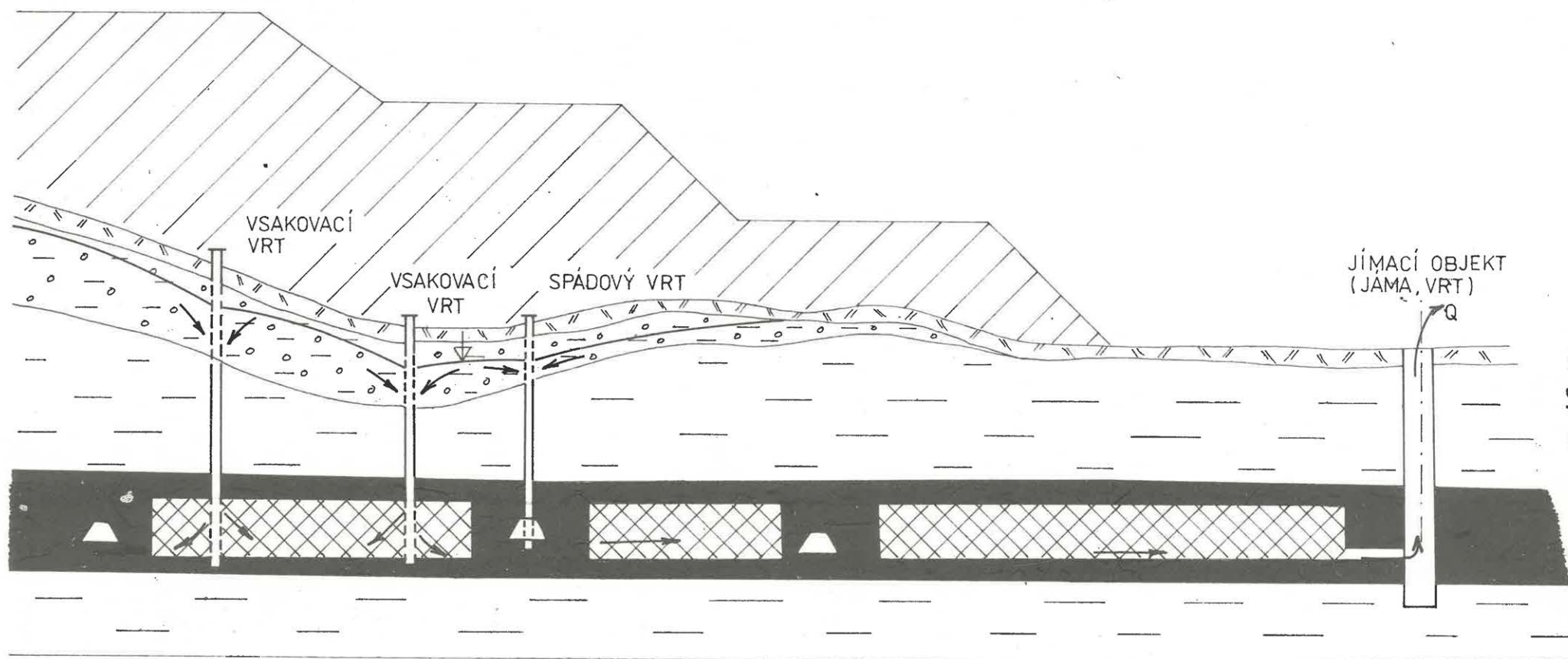


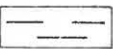
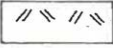
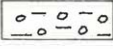
SMĚR PROUDĚNÍ PODZ. VODY



PERFOROVANÉ
DRENÁŽNÍ POTRUBÍ

Obr. č. 5



- | | |
|---|---|
|  VÝSYPKA |  JÍL |
|  HLÍNA |  UHLÍ |
|  HLINITÝ ŠTĚRK |  STAŘINY PO HLUBIN. DOBÝVÁNÍ |

→ SMĚR PROUDĚNÍ
PODZEMNÍ VODY