

VPLYV HYDRAULICKÉHO ŠTIEPENIA NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE PRI ŤAŽBE ROPY A ZEMNÉHO PLYNU

HYDRAULIC FRACTURING AND ITS IMPACT ON THE ENVIRONMENT AT EXTRACTION OF OIL AND NATURAL GAS

Ján Pinka¹

Abstract

One of the most discussed topics in an ever-advancing technological world is the topic of hydraulic fracturing at extraction of oil and natural gas and its impact on the environment. Hydraulic fracturing is a method of forming cracks in the solidified sedimentary rock slightly by the composition of the fluid (fracking liquids) with a mixture of sand and water in some cases, small amounts of chemicals. Some grit sand is designed to keep the fractures open or enlarge. Chemicals are used, therefore, also to facilitate the passage of fluid and substantially have a similar function and the water and sand. Have created fissures allow release and migration of fluids contained in the rock, but the first release of gas.

Keywords: hydraulic fracturing, fracking, permeability of rock

Úvod

V dnešnej dobe má široká verejnosť veľmi slabé a v niektorých prípadoch aj chybné informácie o hydraulickom štiepení. Preto bude hlavným účelom tohto článku vysvetliť širokej verejnosti, čo vlastne hydraulické štiepenie je a ako sa vlastne v praxi aplikuje a prebieha. Hydraulické štiepenie ako metóda intenzifikácie ťažby ropy a zemného plynu je v niektorých krajinách zakázané (napr. v Českej republike), na internete a v knižnej podobe sa v našom jazyku nachádza veľmi málo odbornej literatúry z tejto problematiky, ktorá by pomohla jednotlivcom ale aj širokej verejnosti vysvetliť problematiku hydraulického štiepenia. A preto vznikajú aj rôzne chybné dohady o použití a aplikácii hydraulického štiepenia pri ťažbe uhl'ovodíkov. Tento príspevok sa zaoberá rôznymi možnými vplyvmi hydraulického štiepenia na životné prostredie a na ľudské zdravie.

1. Z histórie o hydraulickom štiepení

Hydraulické štiepenie ako metódu ťažby úžitkových nerastov používali už starovekí Rimania, kde Plinius vo svojich prácach popisuje postup prác pri štiepení hornín v horských masívoch v oblasti Las Médulas v severnom Španielsku okolo roku 77 po Kristovi. Bol to najväčší lom na zlato v Rímskej ríši, kde akvaduktami privádzali vodu potrebnú na štiepenie veľkých blokov. Dnešné technológie sa pri hydraulickom štiepení intenzívne používajú už od 50. rokov 20. storočia a od začiatku 60. rokov aj na Slovensku. V 60.–80. rokoch sa ako štiepiaca kvapalina často používala nafta. Jedným z hlavných argumentov odporcov ťažby ropy a zemného plynu pomocou hydraulického štiepenia je riziko možného znečistenia spodných vôd. Bohužiaľ, čo sa príliš často neuvádza je tá skutočnosť, že celá vertikálna časť vrtu je od okolitej prevrtavanej horniny hermeticky izolovaná, a to ocelovou pažnicovou rúrou, jednoducho nazývanou aj pažnica. Táto pažnica je z vonkajšej časti medzi vonkajším priemerom pažnice a prevrtanou horninou obklopená vrstvou zmesi vody a cementu. Akýkoľvek únik po ceste do a z pracovnej hĺbky vrtu na povrch vrtu je nemožný, tak isto pri úniku tekutiny po ceste do vrtu by sa nám možnosť hydraulického štiepenia znemožnila. Ďalším častým negatívnym argumentom sú chemické látky, ktoré sú v niektorých výnimočných prípadoch v malom množstve pridávané do fraktúrovacej vody. Tie sú ale vo vode prítomné iba v malom percentuálnom množstve a majú napríklad za úlohu zabezpečiť hlavne to, aby nekorodovali rúry (vrtné rúry, pažnice a stúpačky) vo vertikálnej časti vrtu.

¹ prof. Ing. Ján Pinka, CSc., ÚZZ, Fakulta BERG TU Košice, Park Komenského 19, 040 01 Košice, tel.: 055/ 602 3150, e-mail: jan.pinka@tuke.sk

Ťažbu ropy a zemného plynu a prieskum môžeme vopred odmietnuť, alebo sa o túto ťažbu bližšie zaujímať. Objektívne zhodnotiť riziká a možné prínosy resp. riziká a podľa toho sa k veci postaviť a zaujať stanovisko k prieskumu alebo neskôr aj k samotnej ťažbe. Na našom území Slovenskej republiky sa nachádzajú ložiská ropy a zemného plynu v porovnaní so svetom nie tak v hojnom množstve ako je tomu v iných štátoch, ktoré majú ozaj bohaté zásoby ropy a zemného plynu. Ložiská uhl'ovodíkov delíme na konvenčné a nekonvenčné. Konvenčné ložiská majú ložiskové médium s dostatočným tlakom uložené v dobre priepustných vrstvách. Ako náhle sa takéto ložisko vyťaží, nastupuje sekundárna ťažba, pri ktorej sa v minulosti používala ale aj v súčasnosti používa aj metóda hydraulického štiepenia. Ropa a plyn sú uložené v nepriepustných horninách a je preto potrebné pevné vrstvy narušiť a spraviť ich priepustnými. Podstatou hydraulického štiepenia je vtláčanie vody, piesku a inej tekutiny do ložiska pod vysokým tlakom. Pevné vrstvy nerozrušujú chemikálie, ako si mnoho ľudí nesprávne myslí, ide však o vysoký tlak vody s pieskom, ktorý sa do vrtu alebo do sondy vtláča a pritom narúša pórovitosť danej štruktúry horniny. Ako náhle je hornina narušená, ropa alebo plyn sa z nej ľahšie uvoľní. Frakovanie sa teda ako metóda intenzifikácie ťažby uhl'ovodíkov používa desiatky rokov ako doplnková metóda hlavne pri ťažbe z konvenčných ložísk. Jej použitím sa zvyšuje samotná ťažba. V minulosti v 50. a 60. rokoch minulého storočia sa táto metóda hydraulického štiepenia ako doplnková metóda ťažby ropy a zemného plynu bežne používala aj u nás bez toho, aby bola široká verejnosť o tomto spôsobe intenzifikácie ťažby ropy a zemného plynu akokoľvek informovaná.

2. Rozdelenie ložísk uhl'ovodíkov

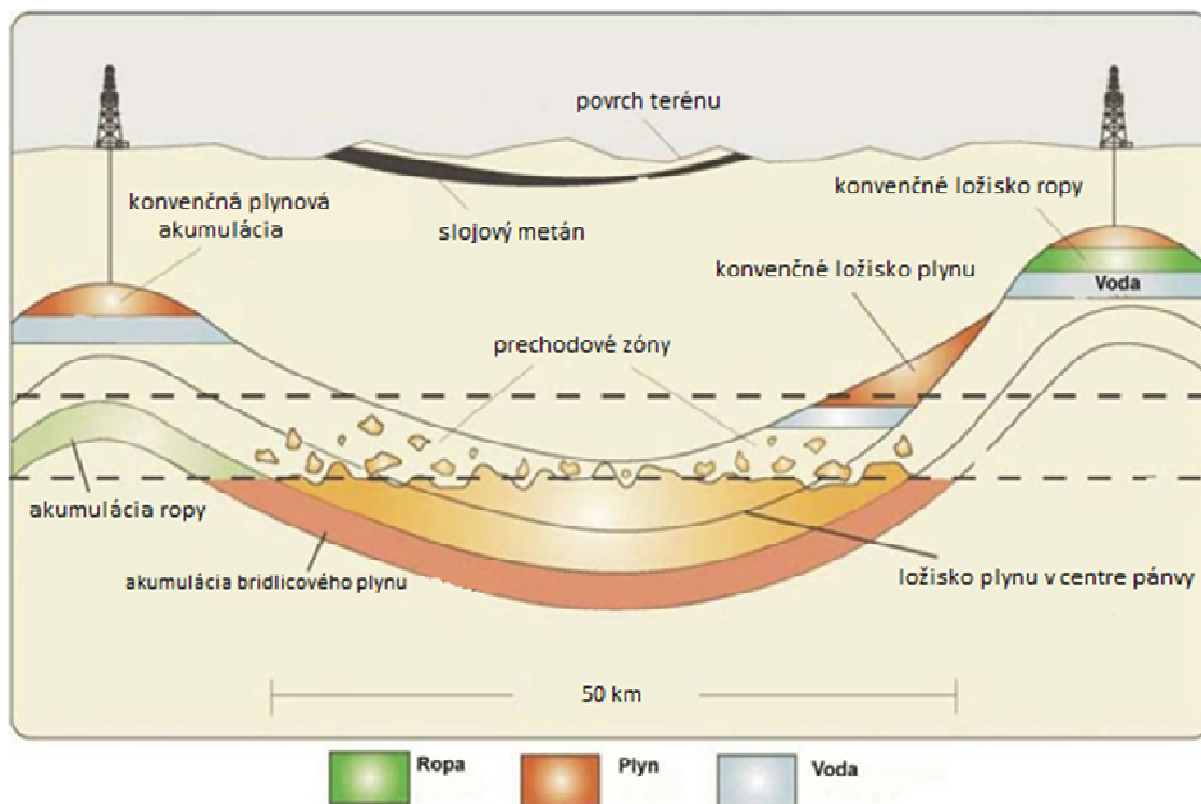
Hydraulické štiepenie sa používa v konvenčných, ale aj nekonvenčných ložiskách. Čo vlastne konvenčné a nekonvenčné ložisko znamená (obr. 1)? Ide o synonymický výraz tradičný, netradičný, alebo typický a atypický. Rozdiel je v tom, že konvenčné ložiská sa postupom času strácajú a médium z nich pomaly ubúda, doteraz ťažba nie tak technologicky náročná a stáva sa ťažbou náročnejšou. Pri ťažbe konvenčných ložísk je médium dostať na povrch jednoduchšie, lebo mu v tom pomáha tlak, alebo samotné čerpadlá. Na rozdiel od nekonvenčných ložísk sa stáva samotná ťažba technicky omnoho náročnejšia, kde musíme siahať na rôzne zložité procesy, akým hydraulické štiepenie rozhodne je. Treba však poznamenať že hydraulické štiepenie sa používa aj pri konvenčných ložiskách, no v dnešnej dobe je využívané viac na ťažbu nekonvenčných ložísk.

a) Rozdelenie nekonvenčných typov ložísk :

- ložiská v nízko priepustných pieskoch,
- bridlicový plyn, plyn viazaný na bridlice,
- bridlicová ropa,
- slojový, uhoľný metán,
- hydráty metánu v sedimentoch na morskom dne, v trvale zamrznutých pôdach (permafrostoch).

b) Rozdelenie konvenčných typov ložísk :

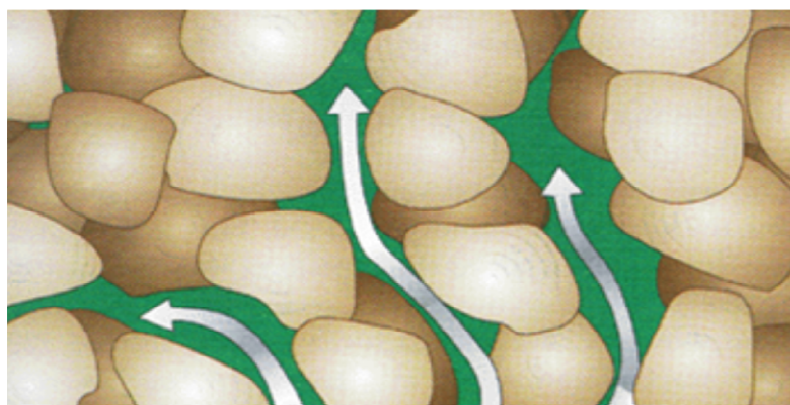
- tradičné, klasické ložiská uhl'ovodíkov pre ropu a plyn: nachádzajú sa v horninách s dobrou pórovitosťou a priepustnosťou, získavame ich klasickými ťažobnými metódami, dostatočný ložiskový tlak vytláča ropu a plyn na povrch, pri absencii dostatočného ložiskového tlaku používame na migráciu ponorné alebo iné druhy čerpadiel.



Obr. 1. Konvenčné a nekonvenčné ložiská uhľovodíkov.

3. Priepustnosť a pórovitosť hornín

Priepustnosť, alebo aj *permeabilita* je úzko spätá s pórovitosťou hornín a navzájom sa ovplyvňujú. Priepustnosť (permeabilita) je schopnosť hornín prepúšťať kvapaliny (vodu, ropu) alebo aj plyn, a to buď vzájomne komunikujúcimi pórami (napr. v štrku, v pieskovci), alebo pozdĺž puklín, vrstevnatosti a pod. (obr. 2). Jednotka priepustnosti sa nazýva darcy. Najvyššie priepustné sú hrubé sedimenty bez ílovitej prímеси (štrky, morény, sute), ďalej piesky a nedostatočne stmelené pieskovce, silne krasové vápence a iné. Priepustnosť horninového prostredia je popis, ktorý sa používa aj v hydrogeológii pre schopnosť horniny prepúšťať tekutinu účinkom hydraulického gradientu. Ide o spôsob hydraulickej komunikácie kvapalín v horninovom prostredí. Je závislá na type horniny a jej konkrétnej pórovitosti. Iným druhom priepustnosti zodpovedajú piesky a iným druhom bridlice a vápence, ktoré môžu byť aj ako sprievodne kolektorské horniny pri výskyte ložísk ropy a zemného plynu.



Obr. 2. Demonštrácia priepustnosti hornín v horninových póroch.

Celková pórovitosť je definovaná ako pomer objemu pórov k celkovému objemu horniny, pričom póry môžu byť primárne, teda syngenetické, alebo sekundárne. Sekundárny nárast pórovitosti v profiloch zvetrávania je spôsobený tvorbou nových minerálov a odnosom niektorých zložiek horniny. Objem pórov, ktorými môžu cirkulovať fluidá reagujúce s horninou, a teda môžu byť *efektívne* pri interakcii, je však menší ako celkový objem pórov v hornine, preto je takáto efektívna pórovitosť n_e vždy menšia ako celková pórovitosť n (angl. total porosity). Stanovenie celkovej pórovitosti n (udáva sa ako bezrozmerné číslo <1 , alebo po prenásobení číslom 100 v objemových percentách) priamymi metódami je veľmi ojedinelé. Štandardne sa zisťuje nepriamo výpočtom zo vzorca [1]:

$$n = \left(1 - \frac{V_s}{V_t}\right) = \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}\right) \quad (1)$$

kde V_s - je objem pevných častíc horniny, V_t - je celkový objem horniny, ρ_s - je merná hmotnosť, ρ_d - je objemová hmotnosť suchej horniny.

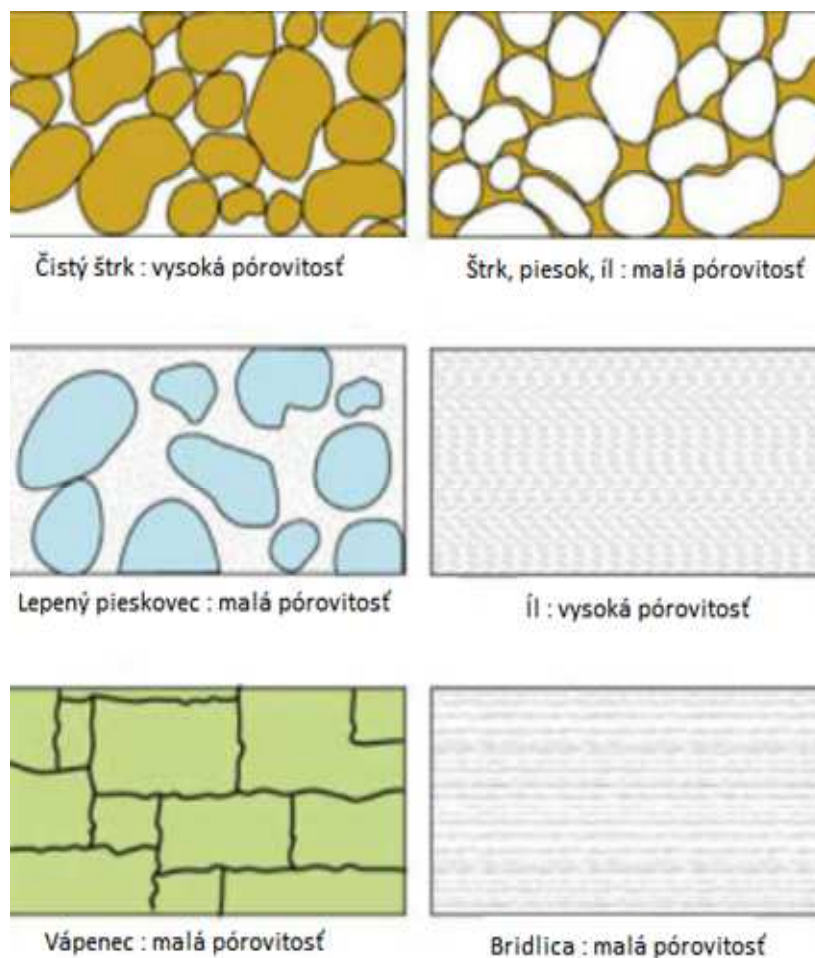
Hodnoty ρ_s a ρ_d sa určujú buď laboratórnymi, prípadne terénnymi skúškami. Štruktúra a pórovitosť niektorých kolektorských vrstiev ropy a zemného plynu je uvedená na obr. 3.

Efektívna pórovitosť (v angl. effective porosity, kinematic porosity) pórovitého média je definovaná ako pomer tej časti objemu pórov, ktorými môže prúdiť voda, k celkovému objemu reprezentatívnej vzorky média. V prírodných pórovitých systémoch, ako sú horniny v prirodzenom uložení, kde je prúdenie vody vyvolané súčasným pôsobením kapilárnych, molekulárnych a gravitačných síl, je možné odhadnúť efektívnu pórovitosť z tzv. drenážnej pórovitosti (angl. drainage porosity, specific yield). Je to pomer objemu vody, ktorý gravitačne vytečie z plne saturovanej vzorky horniny, ku celkovému objemu vzorky.

Filtrácie hornín sa v článku dotknem iba okrajovo. Koeficient filtrácie sa číselne rovná filtračnej rýchlosti pri jednotkovom hydraulickom gradiente. Má rozmer rýchlosti a vyjadruje sa v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Koeficient filtrácie je mierou priepustnosti pórového prostredia pre vodu s danou kinematickou viskozitou. Pre niektoré typy zemín a hornín sú v tabuľke 1 uvedené hodnoty pórovitosti a koeficientov filtrácie.

4. Hydraulické štiepenie

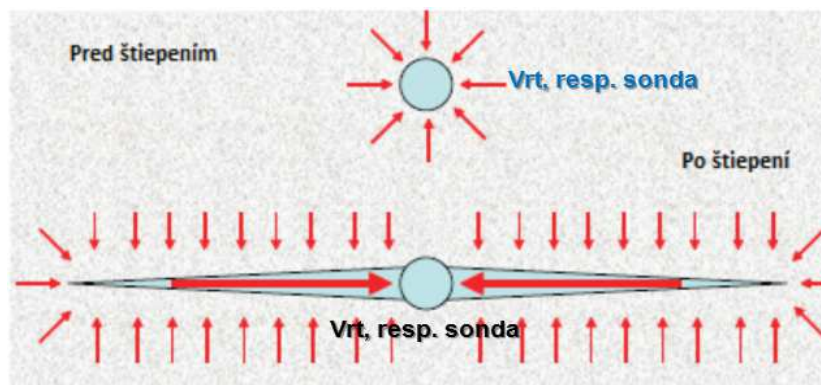
Hydraulické štiepenie je technologický proces zatláčania zmesi vody a piesku pod vysokým tlakom do ložiska za účelom vytvorenia trhlín a pórov v nosnej kolektorskej hornine, ktorá po vytvorení pórov a trhlín v hornine potom ľahšie umožní prúdeniu ropy a zemného plynu dostať sa do vrtu. Pred samotným zatláčaním štiepiacej kvapaliny sa vo vystrojenom vrte prevedie perforácia pažníc a cementačného kameňa za pažnicou a následne aj v kolektorskej hornine (obr. 4. a obr. 5). V roku 1990 sa na frakovanie použila iba čistá voda, ktorá tak isto uľahčila prietok média, avšak problém nastal až vtedy, keď sa vysoko tlakové čerpadlá zastavili, novonadobudnutá veľkosť pórov stratila svoj nadobudnutý objem a vrátila sa takmer do pôvodného tvaru. Riešením tohto problému je pridávanie piesku do frakovacej tekutiny, ktorá je zatláčaná do otvorených trhlín a pórov. Týmto spôsobom voda s prímiesou piesku zabráni uzavretiu pórov a trvalo vystuží požadované miesta. Táto technika bola zdokonalená v roku 1999 zatláčaním okrem vody a piesku aj iných látok a to tzv. propantov. Propanty sú látky, ktoré sa používajú pre zatláčanie, teda kompresiu malých častíc. Zatláčanie propantov má za úlohu držať póry v hornine po celý čas ťažby otvorenej. Najčastejšie ide o prírodný kremičitý piesok, alebo syntetický a tak isto keramický piesok. Ale pre hydraulické štiepenie sa ako propanty používajú aj iné, napr. prírodné látky (rastlina guar gum, pozri obr. 6), plynné látky (propán, bután), jemne kremičitý piesok, resp. najnovší najmodernejší spôsob hydraulického štiepenia je ten, že namiesto vody sa najnovšie používa plynný CO_2 .



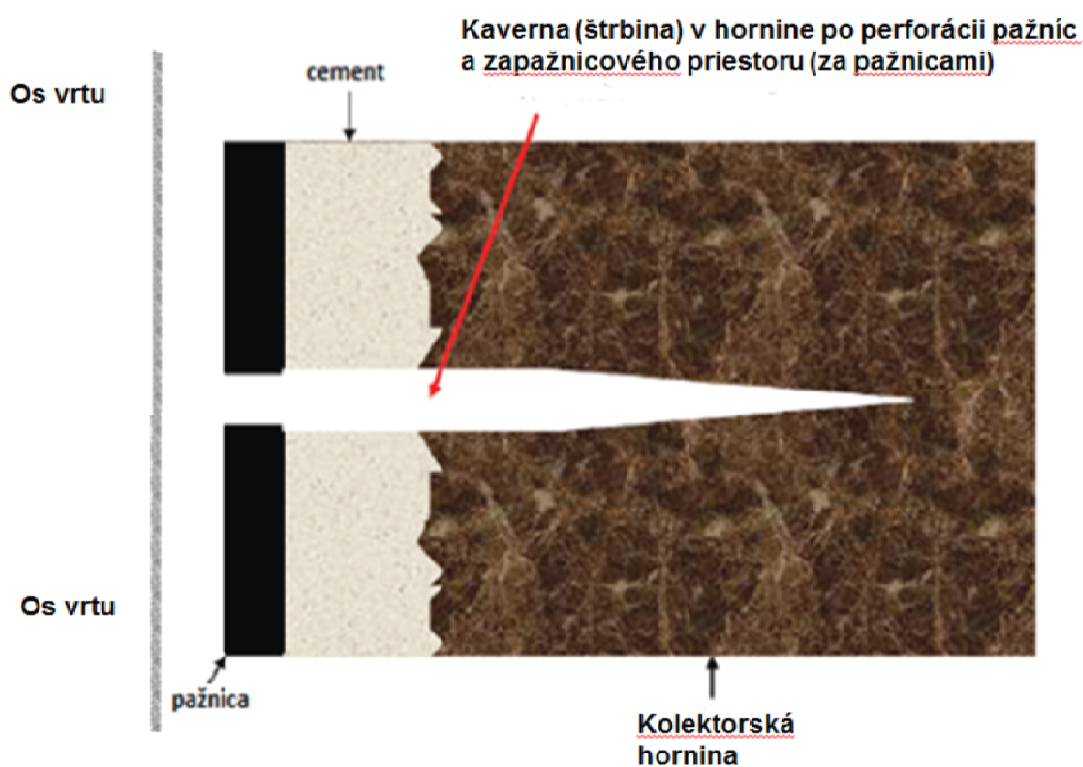
Obr. 3 Štruktúra a pórovitosť jednotlivých hornín

Tabuľka 1. Pórovitosť a koeficient filtrácie pre niektoré typy hornín a zemín

Druh zeminy	Pórovitosť n (%)	Koeficient filtrácie k_f (m.s-1)
Štrk	20 ÷ 25	$1 \cdot 10^{-2} \div 5 \cdot 10^{-3}$
Štrk hlinitý	23 ÷ 45	$2 \div 10 \cdot 10^{-4}$
Hrubý piesok	30 ÷ 40	$1 \div 5 \cdot 10^{-4}$
Piesok	25 ÷ 45	$1 \div 5 \cdot 10^{-5}$
Hlina piesčitá	35 ÷ 50	$< 1 \cdot 10^{-6}$
Íl	30 ÷ 75	$< 1 \cdot 10^{-8}$
Vulkanické tufy	10 ÷ 20	-
Skalné horniny	< 3	-
Pieskovce	2 ÷ 12	-



Obr. 4. Vrt, resp. sonda (vystrojený vrt) pred a po hydraulickom štiepení.



Obr. 5. Úspešne prevedená perforácia pri hydraulickom štiepení.

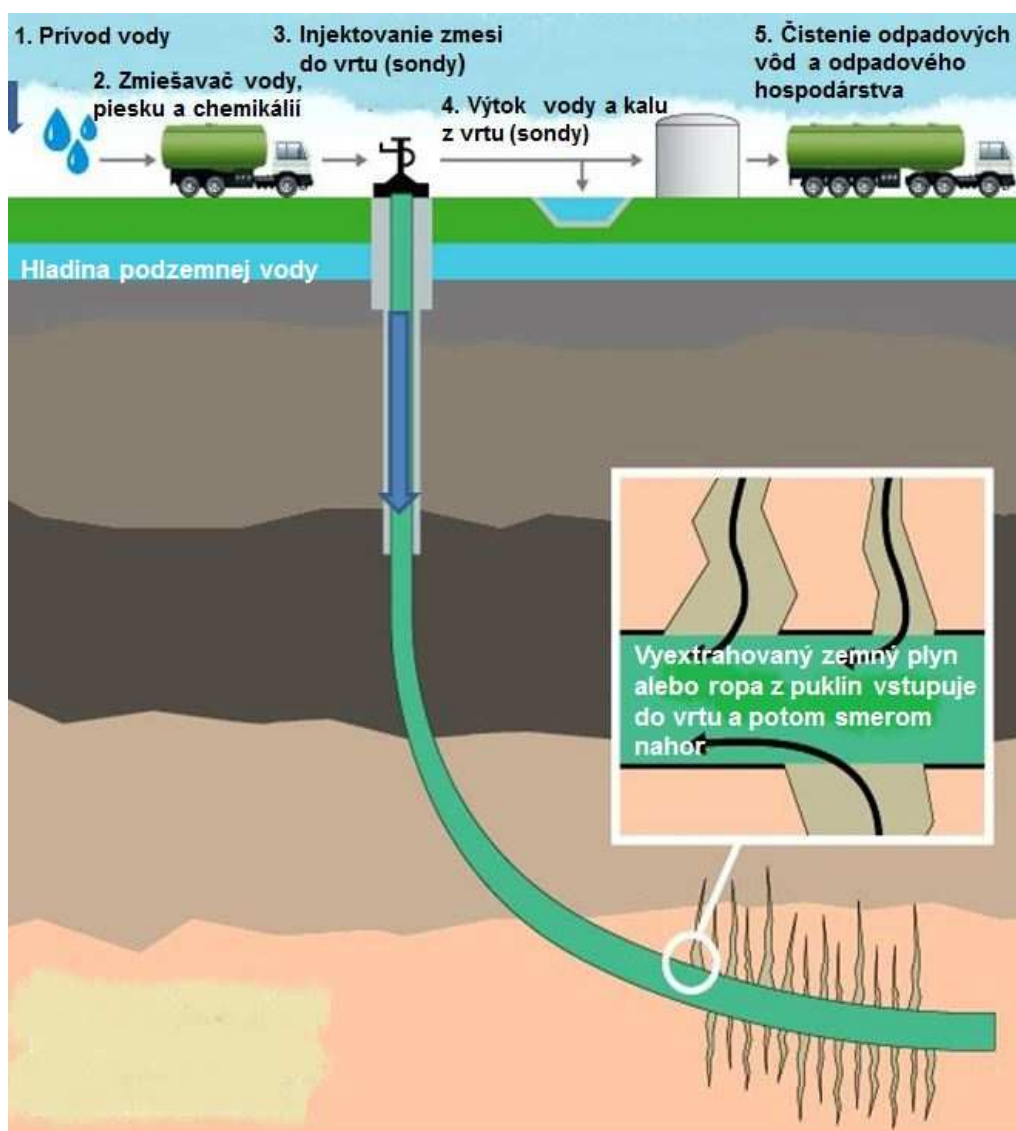


Obr. 6. Rastlina Quar gum.

5. Vplyv hydraulického štiepenia na životné prostredie

Zatláčanie štiepiacich kvapalín do vrtov, v ktorých je použitá metóda hydraulického štiepenia je realizovaná pod vysokým tlakom. Po uvoľnení tlaku, zmes štiepiacich kvapalín, zlúčenín, metánu a vody z ložiska sa vracia späť na povrch. Táto voda musí byť zachytená a správne odvedená. Podľa dostupných zdrojov sa takto na povrch dostáva asi 20 až 50 % vody, ktorá sa využíva na hydraulické štiepenie v ropných a plynových vrtoch (časť takejto vody sa recykluje na opätovné hydraulické štiepenie ak je to potrebné). Iné zdroje zase uvádzajú 9 % až 35 % vody vracajúcej sa na povrch zeme.

Nie sú známe prípady nehôd, ktoré vznikli pri hydraulickom štiepení, kedy nastal únik odpadovej vody z potrubia ťažobného poľa plynu. Značné množstvo prípadov znečistenia vody je spôsobené nekorektnými technologickými postupmi resp. zlyhaním ľudského faktora. Ak náhodou dôjde k znečisteniu zdrojov podzemnej vody (čo sa zvyčajne nestáva) vždy sa to mohlo stať iba nedodržaním technologických a technických postupov. Vodonosný horizont sa vždy zapažuje a zacementuje vodou, cementačnou zmesou a aditívami, ktoré sú sanitárne neškodné a nemajú vplyv na životné prostredie ani na zdravie obyvateľstva, ktoré je dotknuté pri ťažbe ropy a zemného plynu. Postup pri hydraulickom štiepení je názorne zobrazený na obr. 7.



Obr. 7. Technické zariadenia a technologický postup pri hydraulickom štiepení

K znečisteniu vody povrchovej, resp. podpovrchovej vody, môže dôjsť iba z týchto dôvodov a z týchto uvedených príčin:

- únik z výplachových nádrží, kde sa skladovala soľanka, vrtný kal, ktoré spôsobujú znečistenie, alebo zasolovanie vody vplyvom netesnosti výplachových nádrží,
- netesnosťami cirkulačného potrubia, z dôvodu zastaraných zariadení, či nádrží na kvapaliny alebo tak isto nádrží na odpadovú vodu, hlavne neodbornou manipuláciou,
- netesnosti a úniky z dôvodu nedostatočnej cementácie vrtu,
- netesnosti samotných geologických štruktúr, tektonické poruchy, prírodné, ale aj umelé trhliny či spoje.

Záver

Je na mieste mať obavy zo znečistenia podzemných vôd. Je riziko skutočne veľké? Znečistenie podzemnej vody môže vzniknúť aj pri realizácii balneologických a hydrogeologických vrtov. Je známe, že verejnosť je zásadne vždy proti inovatívnym technológiám. Štiepiaca kvapalina, ktorá sa používa pri hydraulickom štiepení nemá tu možnosť rozštiepiť kilometre nadložia, toľko energie sa v systéme nenachádza. Látka ktorá je používaná ako štiepiaca kvapalina sa na povrch z podložia ani v žiadnom prípade samovoľne nedostane. Voda, ktorá je použitá na zatlačenie do samotného vrtu je dômyselne uložená v odizolovaných bazénoch, ktoré žiadnym spôsobom neovplyvňujú samotné okolie. Pri väčšine štiepení sa používa zmes vody (90 %) a piesku (9,5%) kde ide o takmer čistú vodu, ktorá má minimálny obsah chemikálie, v niektorých prípadoch ide o vodu čistejšiu než vodu v existujúcej hornine (ložisková voda). Je veľmi pozoruhodné, prečo sa ochranári prírody začali aktívne angažovať až po 50 rokoch činnosti, keď v minulom tisícročí sa štiepilo v oveľa menších a plytších hĺbkach ako v dnešnej dobe. V tomto príspevku sú zohľadnené možné riziká a potenciálne dopady na životné prostredie. Po technologickej stránke neexistujú žiadne obavy zo znečistenia podzemných vôd a aj iné havárie sú úplne irelevantné, ak sa dodržia všetky technologické postupy a bezpečnostné predpisy. Pri pomere v ktorom sa ročne vrta niekoľko tisíc vrtov v porovnaní s niektorými spornými haváriami, ide o jednu z najbezpečnejších odborných činností. Môžeme si spomenúť jednoduchý príklad, kde aj najlepší chirurg vstupuje do každého zákroku s veľkou dávkou rizika a podstupuje zodpovednosť, ktorej si je vedomý, no svoju prácu chce aj napriek tomu odvieť čo najlepšie bez vedľajších zlyhaní. Zakázať hydraulické štiepenie nie je riešenie, za osobné zlyhanie nemôže niesť zodpovednosť celá odborná a vedecká komunita.

Literatúra

1. PINKA, J.: Hydrogeologické a inženýrské vrty. Monografie. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2016, s. 1–305, ISBN 978-80-248-3938-7
2. PINKA, J.: Vyhľadávanie a ťažba nekonvenčných zdrojov ropy a zemného plynu. Monografia. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2013, s. 1–136, ISBN 978-80-248-3242-5
3. PINKA, J.: Moderní technologie hlubinného vrtání. Monografie. VŠB TU Ostrava, Ostrava, 2015, s. 1–144, ISBN 978-80-248-3871-7