

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní obor : Geotechnologie



Těžba břidlicového plynu – přínos pro lidstvo nebo hrozící přírodní katastrofa?

Bakalářská práce

Autor: Karolína Kutnarová

Vedoucí práce: doc. RNDr. Stanislav Opluštil, Ph.D.

Praha, 2016

Prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Těžba břidlicového plynu – přínos pro lidstvo nebo hrozící přírodní katastrofa?“ vypracovala samostatně. Veškeré použité informační zdroje a literaturu řádně cituji a uvádím je v sekci Seznam použité literatury a internetových zdrojů.

V Praze, dne 25.4.2016

Podpis

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je na základě dostupných publikovaných a internetových zdrojů podat ucelený přehled o původu břidlicového plynu, jeho zásobách a jejich geografickém rozložení, i o způsobu jeho těžby a dosavadních zkušenostech. Na základě těchto údajů pak bude objektivně posouzen význam břidlicového plynu jak z hlediska využití jeho energetického potenciálu pro potřeby lidstva, tak z hlediska možného rizika vzniku nebezpečných ekologických zátěží s následným negativním dopadem na životní prostředí.

Klíčová slova

Břidlicový plyn, hydraulické frakování, těžba břidlicového plynu, ložiska břidlicového plynu, nekonvenční plyn, průzkum břidlicového plynu

Abstract

Based on available published and internet sources, this Bachelor thesis aims to provide a general overview of the shale gas, its reserves and their geographic distribution and methods of shale gas exploitation including existing experience. These data will serve for assessment of the shale gas from the viewpoint of its energetic potential for the human needs and in context of potential ecological risk related to exploitation of this fossil fuel.

Keywords

Shale gas, hydraulic fracking, shale gas extraction, shale gas deposits, unconvention gas, shale gas exploitation

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce, panu doc. RNDr. Stanislavu Opluštilovi, Ph.D. za trpělivost a za možnost psát práci právě pod jeho vedením. Děkuji!

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Břidlicový plyn.....	10
2.1. Co je břidlicový plyn a kde se vyskytuje.....	10
3. Těžba břidlicového plynu.....	12
3.1. Metody geologického průzkumu.....	12
3.2. Technologie hydraulického frakování.....	12
3.3. Stručný popis těžby.....	13
4. Dopady na zdraví a životní prostředí.....	14
4.1. Frakovací kapalina.....	14
4.1.1. Složení frakovací kapaliny.....	14
4.1.2. Spotřeba vody.....	17
4.1.3. Kontaminace podzemních a povrchových vod.....	17
4.1.4. Čištění a likvidace frakovací kapaliny.....	18
4.2. Zemětřesení vznikající při těžbě.....	19
4.3. Znečištění ovzduší.....	20
5. Těžba a zásoby břidlicového plynu ve světě.....	20
5.1. Země světa mimo USA.....	21
5.1.1. Čína.....	21
5.1.2. Jihoafrická republika.....	21
5.1.3. Austrálie.....	21
5.1.4. Rusko.....	21
5.1.5. Indie a Pákistán.....	21
5.1.6. Indonésie.....	22
5.2. USA.....	22
5.2.1. Historie těžby.....	22
5.2.2. Ložiska břidlicového plynu.....	23
5.2.3. Současný stav těžby.....	24
5.2.4. Vývoz břidlicového plynu.....	25
6. Evropa.....	26
6.1. Polsko.....	26
6.2. Německo.....	27
6.3. Velká Británie.....	27
6.4. Francie.....	28

6.5. Východní Evropa.....	28
7. Česká republika.....	29
7.1. Předpokládaný výskyt ložisek břidlicového plynu v ČR.....	29
7.2. Česká legislativa.....	31
8. Má břidlicový plyn v Evropě budoucnost?.....	32
9. Závěr.....	33
Seznam použité literatury a internetových zdrojů:.....	34
Seznam obrázků:.....	37
Seznam tabulek:.....	37
Použité zkratky:.....	38

1. Úvod

Břidlicový plyn je v dnešní době velmi diskutovaným tématem a to hlavně v souvislosti s jeho možnou těžbou v Evropě. Pro evropské státy je to v podstatě nová příležitost, jak být méně závislý na dovozu energetických surovin, zejména zemního plynu a ropy, z Ruska či států Blízkého východu. Vždy, když se objeví nějaká nová přelomová metoda, např. těžby, vyvolá to velký zájem jak ze strany médií, tak vlád a mocných korporací. Lidé a vlády se většinou rozdělí na ty, kteří jsou jasně proti a ty, kteří jsou pro. Důvodem k takovému rozdělení bývá především nedostatečná informovanost veřejnosti, která napomáhá k šíření spekulací a polopravd. Orientovat se pak správně v problematice je pro nedostatečně zasvěcenou veřejnost obtížné.

Ve Spojených státech amerických je těžba břidlicového plynu celkem běžná; průmyslově se zde těží od 70. let 20. století a tvoří významnou část energetického průmyslu, což vedlo ke zlevnění plynu. Jelikož spotřeba lidstva po energetické stránce stále narůstá, předpokládá se, že břidlicový plyn by mohl rozšířit zdroje zemního plynu a prodloužit tak o desítky let naši spotřebu. Na druhé straně řada ložisek břidlicového plynu je nedostatečně prozkoumána a odhady jejich zásob jsou tak často velmi nepřesné až spekulativní.

Břidlicový plyn patří mezi nekonvenční zdroje zemního plynu. Tento plyn je vázán na černé břidlice, ze kterých se těží pomocí tzv. hydraulického frakování (*z původního ang. názvu „hydraulic fracturing“, dnes se používá zkrácený název „hydraulic fracking“*). Technologie je založena na vertikálních a horizontálních vrtech, jimiž se za pomoci vody, písku a chemikálií hydraulicky rozrušuje plynonosná břidlice. Z rozpukaných břidlic se uvolňuje plyn, který je vrty jímán a odčerpáván na povrch, kde se zpracovává. S těžbou však souvisí i méně pozitivní věci, a to drobná lokální zemětřesení, která vznikají při rozrušování horninového masívu, riziko znečištění podzemní i povrchové vody a úniky metanu do ovzduší. Tyto „vedlejší“ projevy těžby negativně ovlivňují okolí těžební lokality, včetně fauny i flóry. A právě toto bývá hlavním důvodem, proč je tato metoda širokou veřejností často odmítána. Negativní postoj se týká především hustě obydlených oblastí.

Ani Česká republika neunikla pozornosti těžařských společností a v několika posledních letech se hodně diskutovalo o průzkumu ložisek vhodných k těžbě. Jednalo se zejména o Berounsko, Náchodsko, Trutnovsko, Valašsko a Jižní Moravu. V mnoha regionech a obcích došlo ke „vzbouření se“ proti těžbě a sepisovaly se petice. Vzniklo několik občanských sdružení a došlo k vzrůstu silného odporu veřejnosti vůči průzkumu. Jelikož v ČR neexistuje dostatečná legislativa, která by toto zahrnovala a upravovala, zhmotňují se mezi lidmi obavy, zejména pak s ohledem na kontaminaci vodních zdrojů (Stop HF, 2013). Dalším důvodem vzniku obav bývá nedostatečná informovanost veřejnosti.

Podobně skeptický až negativní postoj zaujaly i mnohé evropské státy. Výjimkou je Polsko, kde byl povolen rozsáhlejší průzkum. Jeho zásoby jsou dnes odhadovány 10^{12} m³ plynu, což poukazuje na to, že by tento zdroj mohl být životaschopný a komerčně využitelný. Avšak vzniklý boom pomalu uvažuje a velké společnosti, např.: Exxon Mobil, Talisman a Marathon z Polska již odešly (Český rozhlas, 2014). Podle britské společnosti BP, pravděpodobně nekonvenční plyn dosáhne 26% celkové globální poptávky po energii do roku 2035.

Tato bakalářská práce se zabývá popsáním metody jako takové, její problematikou a porovnáním přínosů a negativ z energetického a environmentálního hlediska. Snahou je

předložit čtenáři objektivní a dostatečně podložené informace tak, aby si sám mohl vytvořit názor, jak k těžbě přistupovat a zda ji považuje za přínos či nikoli.

2. Břidlicový plyn

2.1. Co je břidlicový plyn a kde se vyskytuje

Břidlicový plyn, nebo-li „shale gas“ v angličtině, je přirozeně se vyskytující plyn, převážně metan, vázaný v břidlicových souvrstvích. Plyn se vyskytuje v makropórech břidlic, mikropórech vázaných na laminy či je absorbován minerály této horniny (Česká geologická služba, 2011). Vzhledem k nízkým hodnotám efektivní porozity, kdy póry mezi sebou takřka nekomunikují, je však pro uvolnění tohoto plynu z horniny nutné provádět až několikanásobné hydraulické štěpení (Česká geologická služba, 2011).

Černé břidlice jsou jemnozrnné sedimentární horniny (jílovce, slínovce, prachovce) s typickým obsahem 1-15% TOC (total organic carbon) v podobě jemně dispergované přeměněné organické hmoty (kerogenu), která hornině dává charakteristickou tmavou až černou barvu (Nichols, 2009). Tyto horniny se obvykle označují jako ropomatečné. Vznikají v různých sedimentačních prostředích, především však v mořských. Každé z těchto prostředí je možno rozdělit na řadu dílčích, kde mohou organickou hmotou bohaté jíly sedimentovat, např.: vnitřní či okrajové moře nebo oceánské pánve. Mořská prostředí jsou vzhledem k plošné rozloze a objemu sedimentů nejvýznamnější. Na genezi černých břidlic má vliv mnoho faktorů, např. klimatické podmínky, sedimentační prostředí, morfologie dna, tektonická aktivita a vulkanické procesy. Ty ovlivňují výslednou bioproduktivitu prostředí a podmínky, za kterých probíhá rozklad organické hmoty a následná diagenese. Na hodnotu bioproduktivity má vliv zejména oscilace mořské hladiny. Vzestup mořské hladiny spojený s případným oteplováním a vytvořením izolovaných nebo poloizolovaných pánví bez cirkulace vedoucí ke stagnaci vodního sloupce a jeho následné stratifikaci, výrazně přispívají ke zvýšení produkce organických látek a jejich uchování v sedimentech (Kukal, 1988). Vzniklá biomasa se v anoxických podmínkách při dně a následně i po svém pohřbení sedimenty rozkládá v zóně diagenese na jednodušší monomery za úniku metanu. Z monomerů se následně syntetizují složité geopolymery uhlovodíkové povahy, které tvoří organickou příměs sedimentu. Ta se z hlediska svého složení a vlastností dělí do tří kategorií, podle toho, jak je z horniny extrahovatelná, a to na: bitumen, huminové látky a kerogen.

Humínové látky jsou organické hydrosoly a gely rozpustné v organických rozpouštědlech. Nacházejí se zejména v humusu v půdě, v rašelině a hnědém uhlí.

Kerogen je organická sloučenina, kterou nelze rozpustit organickými ani alkalickými rozpouštědly, lze ji však spálit. Vyskytuje se jako součást pigmentu tmavých a černých sedimentů a může být v sedimentu přítomen i jako mikroskopická, volně uložená tělíska (spory) (Tissot et al., 1984).

Bitumen je organická sloučenina rozpustná v organických rozpouštědlech, které tvoří základ přírodních uhlovodíků, včetně ropy a zemního plynu. *Bitumenace* je proces, kdy se z kerogenem bohatých ropomatečných sedimentů za narůstající teploty a tlaku postupným pohřbíváním do větších hloubek uvolňují kapalné nebo i plynné uhlovodíky. Ropomatečnými sedimenty jsou převážně pelity, ale i aleurity, karbonáty či křemelina. V zóně katagenese se uvolněné přírodní uhlovodíky dále kataliticky štěpí za zvýšené teploty (tzv. *proces přírodního*

krakování) na jednodušší formy. Při této termicky podmíněné depolymerizaci uhlovodíků vzniká velké množství metanu. Část vzniklých uhlovodíků migruje ve směru tlakového spádu mimo ropomatečný sediment a akumuluje se v ložiskově příhodných strukturách, kde vytváří konvenčně těžitelná ložiska ropy a zemního plynu. Základem těchto ložiskových struktur je propustná hornina tvořící kolektor, ve které se uhlovodíky akumuluji v pórech či puklinách a další migraci ji brání nepropustný horizont (Dopita et al., 1985).

Migrace uhlovodíků zahrnuje veškerý pohyb uhlovodíků horninou. Může docházet k vytěsňování uhlovodíků do pórů (primární migrace) nebo pohyb uhlovodíků mimo ropomatečný sediment (sekundární migrace). Jak bude migrovat je dáno zejména typem ropomatečného sedimentu, jeho vlastnostmi a okolními podmínkami (tlakem, teplotou atd.). Migrace plyných uhlovodíků se uskutečňuje difuzí. Černá břidlice působí jako kolektor plyných uhlovodíků (břidlicového plynu) a řadí se mezi puklinové kolektory (Dopita et al., 1985).

3. Těžba břidlicového plynu

3.1. Metody geologického průzkumu

Každý průzkum začíná rešerší a revizí existujících geologických, geofyzikálních a archivních vrtných dat nezbytných k detailnějšímu poznání litostratigrafie, litologie a geochemie hornin. Dalším krokem je vytyčení potenciálně vhodných lokalit a provedení seismického a gravimetrického průzkumu. Na vybraném místě je vyhlouben svislý průzkumný vrt (jehož hloubka se odvíjí na základě hloubky a mocnosti břidlicového horizontu). Odebere se jádro, provede karotážní měření, akustické sondáže a vstrojení vrtu. Průzkum je zakončen tlakovým a dynamickým testem a provedením zkoušky hydraulického štěpení (TZBinfo, 2015, 1).

Při průzkumu jsou velmi užitečné geofyzikální metody (2D a 3D seismika umožňuje z akustických vln získat horizontální i vertikální řez podloží a určit možné plynonosné struktury), které sice neposkytují definitivní důkaz o existenci uhlovodíků, ale umožňují nalézt vhodné struktury, kde se výskyt předpokládá.

3.2. Technologie hydraulického frakování

Břidlice se dříve neuvažovala jako potenciální uložisko plynu, kvůli své nízké propustnosti (0,001 – 0,0001 mD) a nemožnosti využít konvenční těžební technologie. Během 90. let však byly vyvinuty nové technologie potřebné pro průmyslovou těžbu břidlicového plynu. První jsou *směrové vrty*, a druhou je *hydraulické frakování*. Jelikož je plyn uzavřen v pórech, pro zahájení těžby je nezbytné provést hydraulické štěpení, pomocí kterého se zvýší propustnost. Pukliny v břidlicích jsou vertikální, takže možnost, že je svislý vrt zasáhne, je velmi malá. Pro zvýšení pravděpodobnosti protnutí puklin je potřeba provrtat je horizontálním vrtem, tj. kolmo k dominantnímu směru puklin, zjištěnému mapováním puklin v terénu nebo seismickým měřením (Benada et al., 2012).

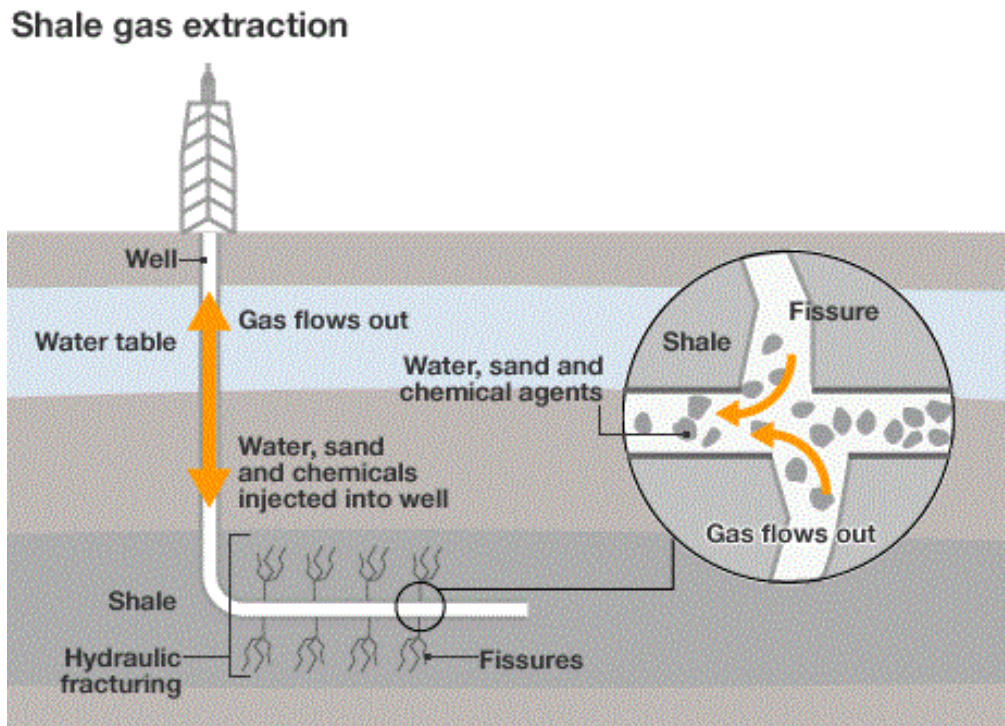
Před začátkem samotné těžby se provádí odvrtání několika testovacích vrtů, které jsou umístěny na vhodných místech. Místa jsou vybrána za použití 2D a 3D seismického měření – zjištění tektonických porušení, nutná dobrá znalosti geologie. Vrt se zapaží a provede se cementace izolačního prstence, aby nedošlo ke kontaminaci podzemní vody. Provede se test hydraulického frakování, aby se zjistily parametry pro stanovení optimálního množství frakovací kapaliny, tlaků, hloubky a mocnosti vrstev (Oilandgasinfo.ca).

Po vyvrtání vlastních těžebních vrtů se provede hydraulické štěpení (*Obr. 1*), které spočívá ve vhánění vody s chemickými příměsemi pod tlakem vyšším, než je tlak v nalezišti (až 100Mpa). To způsobuje vznik trhlin vedoucí k propojení pórů a vzniku cest pro průchod plynu. Aby nedocházelo k uzavírání trhlin, je společně s kapalinou do horniny vháněn i pevný materiál, především křemenný písek, keramický materiál nebo bauxit. Frakování ve vodorovné části vrtu probíhá po etapách. Části jsou od sebe odděleny přepážkami, které se postupně odstraňují. Plyn proudí dle Darcyho zákona, zatímco desorpce plynu z mikro a nanopórů probíhá dle Fickianovy difuze (Lutyński, 2014).

Po skončení frakování se odčerpává použitá tekutina do speciálních nádrží na povrchu.

Tekutina se buď může znova použít či by se měla ekologicky likvidovat. Na závěr se postaví potřebné těžební zařízení se zásobníky na plyn a začne se s odčerpáváním plynu.

Obr. 1 Zjednodušené schéma průběhu frakování, (zdroj:<http://oenergetice.cz/plyn/bridlicovy-plyn-usa-vs-evropa/>)



3.3. Stručný popis těžby

Každá firma specializovaná na těžbu břidlicového plynu má svoji vlastní metodu, avšak základ těchto metod je podobný. Nejprve se vyhledá vhodná lokalita pro založení vrtů. K tomuto průzkumu se využívá geofyzikálních metod a to zejména 2D a 3D seismického průzkumu. Vybrané místo se musí připravit pro výstavbu těžební věže, napojit na elektřinu, zabezpečit dostatečný přísun vody, vystavět nádrže na použitou vodu z vrtu, vhodnou příjezdovou cestu atd. Nejprve se zahlubí kolona, která slouží jako ochranné pažení. Poté se vyvrtá běžný vrt, jehož průměr se s hloubkou postupně zmenšuje. Vrt je nutno zajistit a oddělit od vodonosného kolektoru podzemní vody pomocí zacementování izolačního prstence. Cementační prstenec může podle potřeby zasahovat až do hloubky 250 – 300 m (TZBinfo, 2015, 1).

4. Dopady na zdraví a životní prostředí

4.1. Frakovací kapalina

4.1.1. Složení frakovací kapaliny

Aby byl proces frakování účinný a efektivní, přidávají se do vody chemické látky, které ho usnadňují. Voda k frakování se získává především z místních zdrojů, aby se co nejvíce snížily náklady na provoz vrtu. Především jsou to řeky, přehrady, jezera či čerpání podzemní vody. Obsah chemických látek (*Obr. 2*) ve vodě na jeden frakovací proces se pohybuje mezi 0,5 – 2% (desítky m³). Současně se do vody přidává propantový písek, bauxit či keramická drť (stovky tun) ke zlepšení průchodnosti puklinových kanálků (Ground Water Protection Council, 2009). Přesné složení frakovací kapaliny se určuje na základě horninového prostředí, hloubky, tlaku, teploty, apod. Jedná se zejména o látky zamezující korozi a vysrážení oxidů železa, zlepšující viskozitu kapaliny a zamezující nadměrnému tření, emulgátory, anti-filtrační přísady, nosné látky, zahušťovadla, zabraňující usazování vodního kamene a regulátory pH (FracFocus).

Dosud žádná těžební společnost nezveřejnila přesné složení frakovací kapaliny, kterou používá k těžbě. Avšak na několika webových stránkách, které se složením frakovací kapaliny zabývají (*Tab. 1*), můžeme nalézt přibližný seznam použitých látek. Některé z nich jsou zdraví neškodné a běžně se vyskytují v potravinách, kosmetice či přípravcích pro domácnost např.: hydroxid sodný, chlorid sodný, kyselina mravenčí, kyselina octová, borátové soli, guarová guma, ethylenglykon, isopropylalkohol a další (Kansas Geological Survey, 2011). Jiné jsou však silně toxické, mutagenní, neurotoxické či alergenní. Mezi tyto látky patří např.: naftalen, ethanol, methanol a látky obsahující benzen, xylen nebo toluen. Zmíněné látky mohou způsobit velmi těžká poškození lidského zdraví, zejména rakovinná bujení, poleptání sliznic, poškození mozku, otravu či dokonce úmrtí při požití.

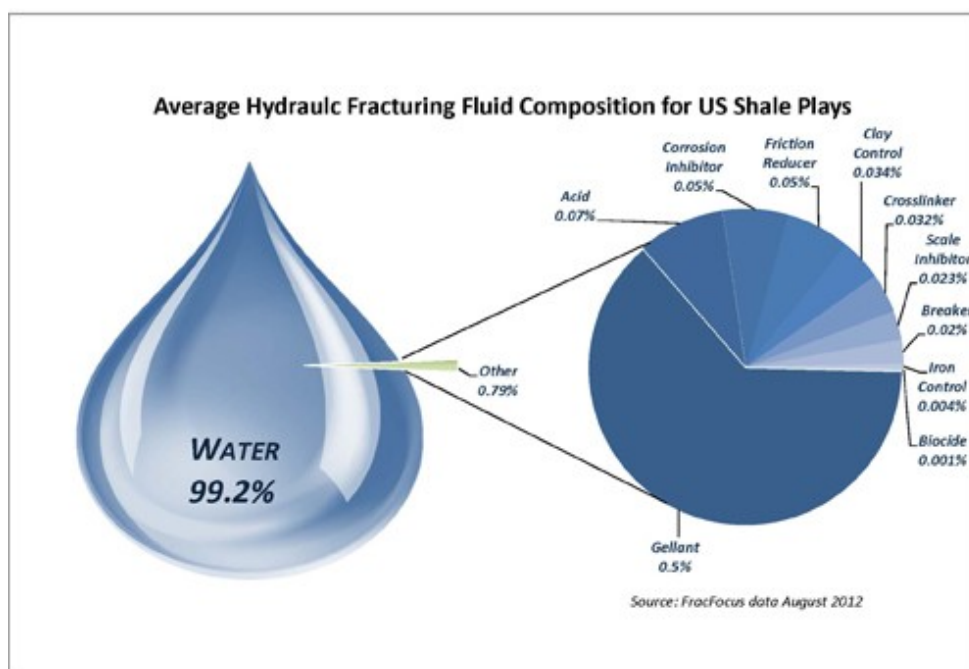
Tab. 1 Přehled nejčastějších chemických látek vyskytujících se ve frakovací kapalině, (zdroj: <http://fracfocus.org/chemical-use/what-chemicals-are-used>)

NÁZEV CHEMIKÁLIE	CAS	ÚČEL
Kyselina chlorovodíková	007647-01-0	Pomáhá rozpouštět minerály a iniciovat trhliny ve skále
Glutaraldehyd	000111-30-8	Ničí bakterie ve vodě, které napomáhají korozi
Amonný chlorid	061789-71-1	Ničí bakterie ve vodě, které napomáhají korozi
Tetrakis hydroxymethyl-fosfonium-sulfát	055566-30-8	Ničí bakterie ve vodě, které napomáhají korozi
Persíran amonný	007727-54-0	Umožňuje zpožděné rozpouštění gelu
Chlorid sodný	007647-14-5	Stabilizátor produktu
Peroxid hořečnatý	014452-57-4	Umožňuje zpožděné rozpouštění gelu
Oxid hořečnatý	001309-48-4	Umožňuje zpožděné rozpouštění gelu
Chlorid vápenatý	010043-52-4	Stabilizátor produktu

NÁZEV CHEMIKÁLIE	CAS	ÚČEL
Cholin chlorid	000067-48-1	Zabraňuje jílu zvodnatění nebo posunutí
Tetramethyl amonium chlorid	000075-57-0	Zabraňuje jílu zvodnatění nebo posunutí
Chlorid sodný	007647-14-5	Zabraňuje jílu zvodnatění nebo posunutí
Isopropylalkohol	000067-63-0	Stabilizátor produktu
Methanol	000067-56-1	Stabilizátor produktu
Kyselina mravenčí	000064-18-6	Zabraňuje korozi potrubí
Acetaldehyd	000075-07-0	Zabraňuje korozi potrubí
Ropné destiláty	064741-85-1	Nosná kapalina pro borátové nebo zirkoničné činidlo
Hydrogenované lehké ropné destiláty	064742-47-8	Nosná kapalina pro borátové nebo zirkoničné činidlo
Metaboritan draselný	013709-94-9	Udržuje viskozitu kapaliny se zvyšující se teplotou
Trietanolamin zirkoničitan	101033-44-7	Udržuje viskozitu kapaliny se zvyšující se teplotou
Tetraboritan sodný	001303-96-4	Udržuje viskozitu kapaliny se zvyšující se teplotou
Kyselina boritá	001333-73-9	Udržuje viskozitu kapaliny se zvyšující se teplotou
Zirkonový complex	113184-20-6	Udržuje viskozitu kapaliny se zvyšující se teplotou
Borátové sole	.	Udržuje viskozitu kapaliny se zvyšující se teplotou
Ethylenglykol	000107-21-1	Stabilizátor produktu
Methanol	000067-56-1	Stabilizátor produktu
Polyakrylamid	009003-05-8	Zamezuje tření
Guarová guma	009000-30-0	Zahušťovadlo vody k pozastavení křemen. zrn
Polysacharid	068130-15-4	Zahušťovadlo vody k pozastavení křemenných zrn
Ethylenglykol	000107-21-1	Stabilizátor produktu
Kyselina citronová	000077-92-9	Zabraňuje vzniku oxidů kovů
Octová kyselina	000064-19-7	Zabraňuje vzniku oxidů kovů
Kyselina thioglykolová	000068-11-1	Zabraňuje vzniku oxidů kovů
Erythorbate sodný	006381-77-7	Zabraňuje vzniku oxidů kovů
Lauryl-sulfát	000151-21-3	Zabraňuje vzniku emulzí v tekutině
Hydroxid sodný	001310-73-2	Upravuje pH kapaliny pro zvýšení působnosti ostatních činidel
Hydroxid draselný	001310-58-3	Upravuje pH kapaliny pro zvýšení působnosti ostatních činidel
Octová kyselina	000064-19-7	Upravuje pH kapaliny pro zvýšení působnosti ostatních činidel
Uhličitan sodný	000497-19-8	Upravuje pH pro zvýšení působnosti ostatních činidel
Uhličitan draselný	000584-08-7	Upravuje pH kapaliny

NÁZEV CHEMIKÁLIE	CAS	ÚČEL
Kopolymery akrylamidu	025987-30-8	Zabraňuje usazování vodního kamene v potrubí
Polykarboxylát sodný	.	Zabraňuje usazování vodního kamene v potrubí
Sůl kyseliny forsfonové	.	Zabraňuje usazování vodního kamene v potrubí
Lauryl-sulfát	000151-21-3	Pro zvýšení viskozity tekutiny
Ethanol	000064-17-5	Stabilizátor produktu
Naftalen	000091-20-3	Nosná kapalina pro činidla
2-butylglykol	000111-76-2	Stabilizátor produkt

Obr. 2 Průměrné zastoupení chemikálií ve frakovací kapalině, (zdroj: <https://fracfocus.org/water-protection/drilling-usage>)



4.1.2. Spotřeba vody

Při jednom štěpícím procesu se spotřebuje v průměru 11 500 m³ vody, což je v porovnání se spotřebou v zemědělství při zavlažování či výrobou elektrické energie výrazně nižší (Malík et al., 2014). Avšak vezmeme-li v úvahu, že se proces štěpení v jednom vrtu po dobu jeho životnosti může opakovat přibližně 10 krát, spotřeba vody v jediném vrtu stoupne na cca 115 000 m³. Aby byla těžba ekonomicky efektivní, musí být v provozu několik desítek až stovek vrtů na relativně malé ploše. Potom se tedy spotřeba vody pohybuje v stamilionech metrů krychlových. Z toho se cca 20-80% čerpá zpět a může se recyklovat, což však vyžaduje další investici na recyklaci a tudíž se provádí pouze v omezené míře. Zbytek kapaliny zůstává v horninovém prostředí. Vzhledem ke krátké době těžby v porovnání s rychlostí proudění podzemní vody, chybí přesnější informace o tom, co může „zbytková“ tekutina zapříčinit.

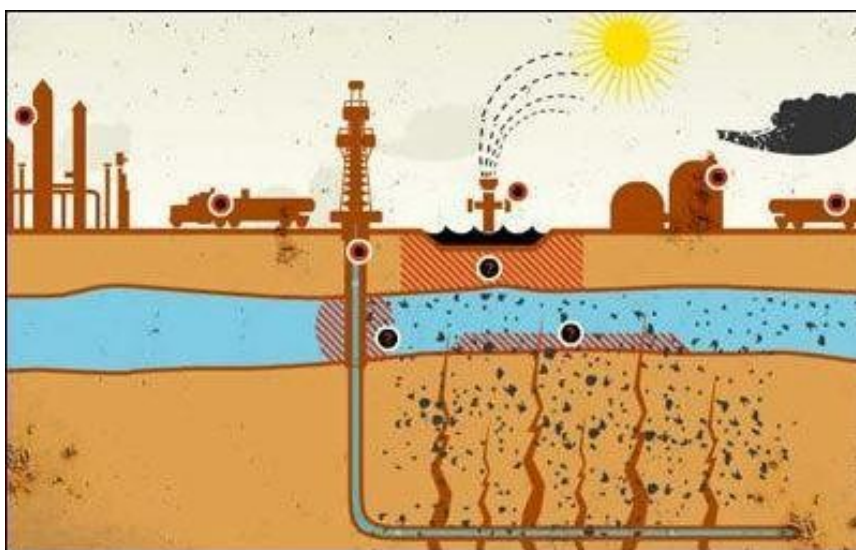
4.1.3. Kontaminace podzemních a povrchových vod

Dopady na povrchové a podzemní vody představují velké riziko a ekologickou zátěž, která by šla jen velmi těžko napravit.

Technologie hydraulického frakování se využívá při těžbě z ložisek s velmi nízkou propustností a je málo pravděpodobné, že by trhliny vzniklé frakováním penetrovaly vodonosné kolektory. Ve Spojených státech amerických se hloubka ložisek pohybuje mezi 1 – 3 km a v Evropě se nachází ložiska v hloubkách okolo 2 – 5 km. Při těžbě v takových to hloubkách je možnost proniknutí frakovací kapaliny do vodonosných kolektorů, které se nacházejí do cca 250 m pod povrchem jen velmi málo pravděpodobné, nikoli však zcela vyloučené. Právě z USA jsou známy případy, kdy jsou studny obyvatel žijících v blízkosti vrtu kontaminovány plynem (město Fort Lupton, Colorado) (Benada et al., 2012). Testy nakonec ukázaly, že plyn ve studni je biogenního původu vzniklý při prouhelňování (studna prošla uhelnou slojí), který se svým složením liší od břidlicového plynu.

Při těžbě se předchází kontaminaci podzemní vody pomocí zacementování izolačního prstence, který prochází celým vodonosným kolektorem. Může zasahovat do hloubky až 300 m. Dále je vrt chráněn několika vrstvami opláštění, které zabraňuje proniknutí kapaliny mimo vrt. Takto zajištěný vrt by měl být pro své okolí zcela bezpečný za předpokladu, že jsou uvedené opatření kvalitně provedena a že nedojde v průběhu těžby k selhání lidského faktoru při zajišťování ochranných opatření. K úniku frakovací kapaliny může nejpravděpodobněji dojít při čerpání kapaliny z vrtu, ukládání do odkališť, netěsností potrubí a korozi (Obr. 3). Jsou známy případy z USA i Evropy, kdy např. v německém Söhlingenu v roce 2007 došlo ke kontaminaci podzemní vody únikem frakovací kapaliny z potrubí na povrchu. Ve městě Dimock, ve státě Pensylvánie, byla v roce 2010 kontaminována i pitná voda následkem výbuchu špatně zapouzdřeného vrtu. Společnost Cabot Oil a Gas Corporation, které vrt patří, tvrdí, že příčinou výbuchu studně nebyla kontaminace břidlicovým plynem (Cabot oil and gas corp., 2014).

Obr. 3 Schéma ukazuje možnosti znečištění prostředí frakovací kapalinou, (zdroj: http://www.zvedavec.org/send_print.php?clanek_id=5426&status=print)



4.1.4. Čištění a likvidace frakovací kapaliny

Přibližná jedna třetina kapaliny sloužící k frakování, je společně s plynem čerpána zpátky na povrch. Od plynu je oddělena a jímána do izolovaných nádrží (*Obr. 4*). Kapalina se buď použije znovu, nebo je vyčištěna a zlikvidována stejně jako voda z průmyslových továren. Kapalina z vrtu může být mírně radioaktivní, jelikož při frakování dochází k uvolnění radioaktivních izotopů z hornin do kapaliny. Neexistují však důkazy, že by vyčištěná voda vypuštěná do řek, zvýšila přirozenou radioaktivitu prostředí. Na některých místech USA je běžné, že se odpadní voda likviduje vtlačováním zpátky pod zem. Úřady v loňském roce prověřovaly okolo 50 tisíc vrtů, do kterých se odpadní voda vtlačuje. Nacházely se totiž blízko zdrojů pitné vody, a pokud se prokáže negativní vliv na kvalitu vodních zdrojů, může být zpětné vtlačování pod zem zakázáno (E15, 2015, 1).

Obr. 4 Nádrže s použitou frakovací kapalinou,

zdroj: <http://www.theprovince.com/technology/flushes+away+revenue+with+cheap+water+prices+fracking/10175182/story.html>



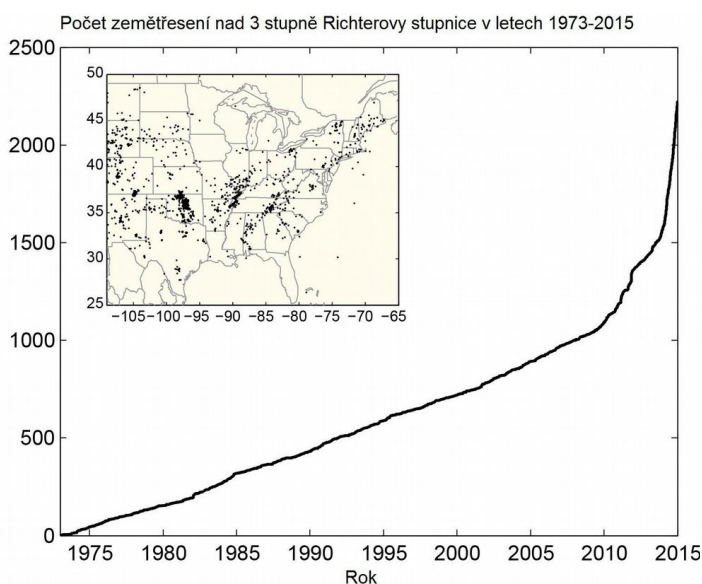
Čištění probíhá v několika etapách. První etapa spočívá v uložení kapaliny do nádrže, kde se může samovolně odpařovat a tak dochází k jejímu úbytku. Další etapou jsou elektrokoagulační cely, které používají elektřinu k destabilizaci a rozpuštění sraženin. Třetím krokem, pokud je nutný, je vyrovnání pH, pro urychlení rozkladu sraženin. Posledním krokem je filtrace rozpuštěných látek a znovupoužití takto vyčištěné vody (The Wall Streer Journal, 2012).

V posledních čtyřech letech, kdy Kalifornii (USA) zasáhlo velké sucho a stát nařídil střídme používání vody na zavlažování, se rozmáhá čištění frakovací kapaliny a její prodej tamním zemědělcům pěstujících mandle a avokádo (E15, 2015, 1).

4.2. Zemětřesení vznikající při těžbě

S těžbou jsou spojena i zemětřesení v oblastech, která nejsou běžně seismicky aktivní. Tato uměle vyvolaná zemětřesení stoupla v USA až o stovky procent (Obr. 5). Úřad pro přírodní zdroje v USA označil tyto zemětřesení jako následek vstříkávání odpadní frakovací kapaliny do vrtů k jejímu ukládání (Reuters, 2012). V Británii u vrtu Blackpool došlo k zemětřesení o síle 2,4° Richterovy škály. Postupem času se ukazuje, že štěpné operace vyvolávají zemětřesení až o síle 5° Richterovy škály (Oklahoma, USA). Rizikem takto vzniklých zemětřesení je porušení vrtu v místě vodonosného kolektoru a následný únik chemikálií do podzemní vody (Malík et al., 2014).

Obr. 5 Graf nárůstu zemětřesení na vyznačených místech v USA, (zdroj: <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/tezba-ropy-a-plynu-vyvolala-radu-zemetreseni-potvrdili-vedci-v-usa-1183959>)



4.3. Znečištění ovzduší

Břidlicový plyn by měl být čistším palivem, než je např. uhlí. Spalování plynu v elektrárnách má za následek poloviční emise oxidu uhličitého, než při spalování uhlí. Studie Evropské komise z roku 2011, kterou vydalo Generální ředitelství pro klima, však potvrdila, že uhlíková náročnost těžby a spotřeby břidlicového plynu je vyšší než u zemního plynu a ropy. Spalování břidlicového plynu vede k uvolňování skleníkových plynů do atmosféry. Také samotný způsob těžby způsobuje vysoké uvolňování emisí a popř. úniky metanu přímo z vrtu (Friends of the Earth Europe). Výzkumy ukazují, že metan je 32x „silnějším“ skleníkovým plynem než oxid uhličitý. Uvádí se, že při samotné těžbě můžou do ovzduší unikat až 4 % metanu (Nature.com, 2012). Německá studie z roku 2012 dokonce uvádí, že vliv břidlicového plynu vytěženého z hloubky 1000 m má na klima vliv o 30 % vyšší než zemní plyn a z hloubky 2500 m až o 60 % vyšší vliv (Dialog-erdgasundfrac.de, 2012). A to zejména kvůli tomu, že frakovací vrtáky jsou poháněny dieselovými motory, které generují veliké množství oxidu

uhličitého a s hloubkou vrtání jejich využití a spotřeba paliva roste. Ke znečištění dochází také rozstřikováním odpadní tekutiny vodními děly, které usnadňují vypařování.

5. Těžba a zásoby břidlicového plynu ve světě

Cílem této kapitoly není podat vyčerpávající přehled všech světových zásob břidlicového plynu. V následujících odstavcích představím pouze země, které mají předpokládané největší zásoby břidlicového plynu na světě (*Obr: 6*). Záměrně nezmiňuji Spojené státy americké, které zauímají první místo ve světovém žebříčku v zásobách břidlicového plynu, těm bude věnována samostatná kapitola. Zásoby jsou vyčísleny přibližně (k roku 2015), jelikož se ve většině zemí zatím provádějí průzkumné práce a přesný rozsah ložisek se zjišťuje a objem zásob se tak neustále mění.

5.1. Země světa mimo USA

5.1.1. Čína

Čína se díky svým odhadovaným zásobám břidlicového plynu, přibližně 31,5 bilionu m³, umístila na druhém místě za USA. V oblasti Číny se nacházejí dvě hlavní pánve a několik menších pánví obsahující mocné paleozoické břidlice mořského i sladkovodního původu (oblasti Tarim, Yangtze, Sichuan, Jianghan, Oidam, Ordos, Junggan, Turpan, Songliao). V současné době se provádí vrtný průzkum ke stanovení těžitelnosti jednotlivých ložisek. Průzkum provádí především státem řízené firmy jako CNPC, Sinopec a China United Coal Bed Methan (TZBinfo, 2015, 2). Poptávka po plynu je v Číně obrovská a firmy i stát do těžby hodlají investovat miliardy amerických dolarů. Peking dokonce plánuje do roku 2020, aby produkce břidlicového plynu stoupla na jednu třetinu toho, co momentálně produkuje USA. Velký problém pro těžbu představuje voda, jelikož na severozápadě země, kde jsou největší potenciální naleziště, je nedostatek vody a dlouhotrvající sucho (Český rozhlas, 2014).

5.1.2. Jihoafrická republika

Nejvýznamnější a nejrozsáhlejší ložiskově nadějnou strukturou je pánev Karoo. Zabírá přibližně 60 % rozlohy Jihoafrické republiky. Firmy Shell, Falcon OaG a Sunset Energy dostaly od vlády povolení k těžbě. Zásoby se odhadují na 13,7 bilionu m³ vytěžitelného plynu (TZBinfo, 2015, 2).

5.1.3. Austrálie

Tři velké pánve a jedna menší při pobřeží obsahují cca 12,3 bilionu m³ břidlicového plynu. Pánve se nazývají Cooper Basin, Maryborough Basin, Canning Basin a Perth Basin. Z velké většiny jsou sladkovodního původu permokarbonského stáří (TZBinfo, 2015, 2).

5.1.4. Rusko

Formace černých břidlic vhodná k těžbě se nachází ve Východosibiřské pánvi, kde se momentálně konvenčně těží ropa a zemní plyn. Odhadované zásoby představují 8 bilionů m³ plynu (TZBinfo, 2015, 2).

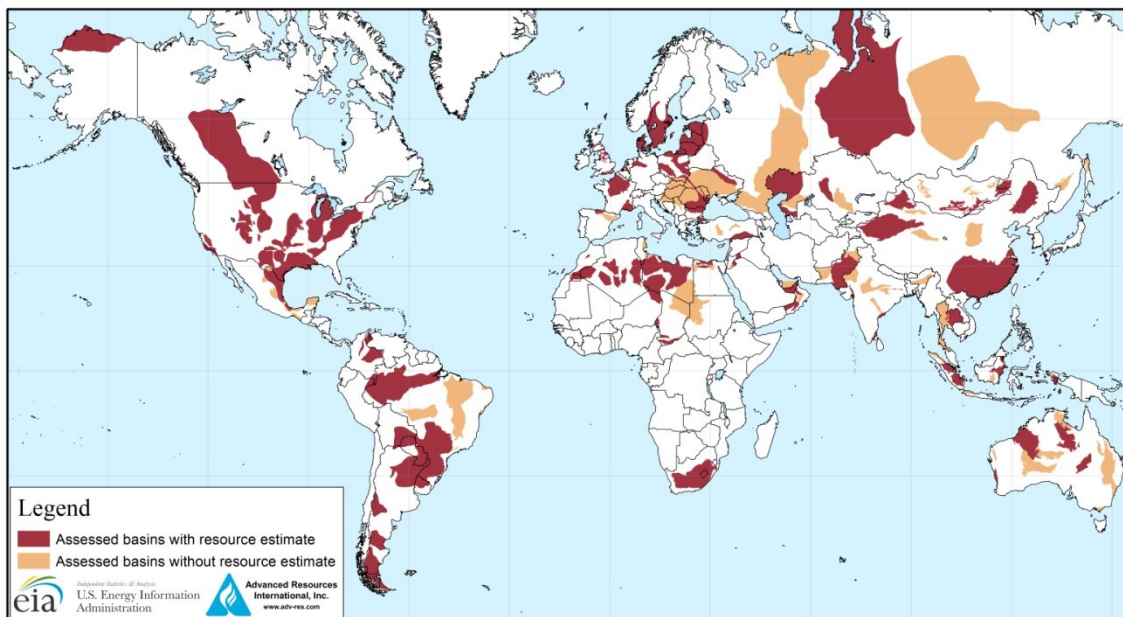
5.1.5. Indie a Pákistán

Odhadované zásoby jsou vytyčeny na 5,7 bilionu m³ břidlicového plynu. V oblasti se jedná o pět pánví, které mohou představovat vhodná místa s vydatnými ložisky. Jedná se o pánve Cambay, Krishna Godovan, Cauvery a Damodar Valley Basin (Indie) a Southern Indus Basin (Pákistán). Zatím proběhlo jen několik průzkumných aktivit (TZBinfo, 2015, 2).

5.1.6. Indonésie

Nejvhodnějšími oblastmi pro potenciální těžbu jsou pánve na Sumatře a Borneu. Odhad zásob je 1,3 bilionu m³ (TZBinfo, 2015, 2).

Obr. 6 Přehled ložisek břidlicového plynu ve světě, (zdroj: <http://geology.com/energy/world-shale-gas/>)



5.2. USA

5.2.1. Historie těžby

Metoda frakování byla poprvé použita v roce 1857, kdy Preston Barmore použil k získání plynu střelný prach, který nasypal do vrtu v Canadaway Creek (GeoExPro, 2013). Na střelný prach hodil rozžhavené železo a následně došlo k explozi, která narušila horninový masív a uvolnila plyn. Edward Roberts a jeho bratr v roce 1865 vyvinuli techniku známou jako "superincumbent fluid-tamping", kdy při explozi vhněli do vrtu vodu, aby zabránila vylétávání nečistot a prachu z vrtu a umožnila snadnější jímání plynu. Tito bratři také poprvé začali

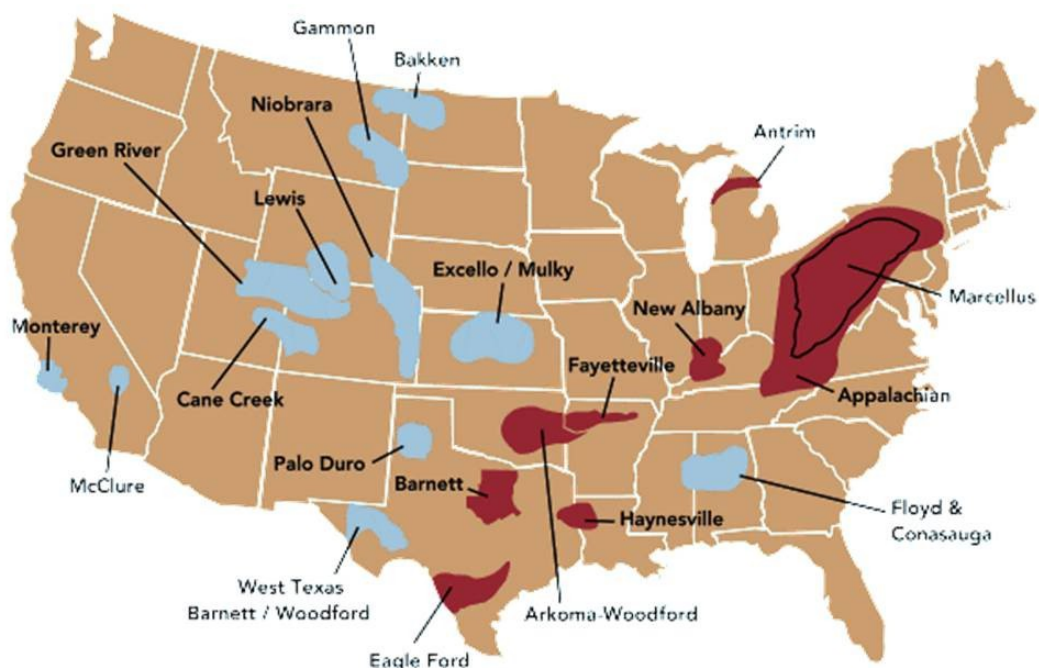
používat při těžbě místo původního střelného prachu, nitroglycerin (PetroWiki, 2016). Na počátku 40. let 20. století Floyd Farris ze společnosti Stanolind Oil započal těžbu pomocí hydraulického tlaku, aby zvýšil efektivitu získávání plynu. Roku 1949 firma Haliburton Oil Well Cementing Company si metodu hydraulického frakování patentovala.

V 70. letech 20. století se těžba stala průmyslově využitelnou a začalo se těžit v Pennsylvánii, Západní Virginii, Wyomingu, Texasu, Utahu a Marylandu. Velký průlom nastal, když se společně s vertikálními vrty začaly používat i vrty horizontální a společně s chemikáliemi se vhněl pod vysokým tlakem i písek. Firma Michell Energy společně s texaskou plynovou společností začaly v roce 1998 využívat nový postup frakování, tzv. slick-water fracking, který se používá dodnes. Tato metoda vedla k skokovému nárůstu těžby mezi lety 2001 a 2014, což výrazně ovlivnilo trh se zemním plynem. V roce 2007 tvořila produkce břidlicového plynu 42% celkové produkce plynu a podle odhadů se množství patrně zvýší až na 64% (Lutyński, 2014). Hlavními lokalitami, kde probíhá těžba, jsou Fayetteville, Barnett, Haynesville, Horn River, Marcellus, Montney, Woodford (GeoExPro 2013). Podle zprávy IEA (2015), Spojené státy mají 389 trilionů kubických stop (TCF) potenciálních zdrojů zemního plynu. Ověřené zásoby jsou spočteny na $622,5 \cdot 10^{12}$ kubických stop.

5.2.2. Ložiska břidlicového plynu

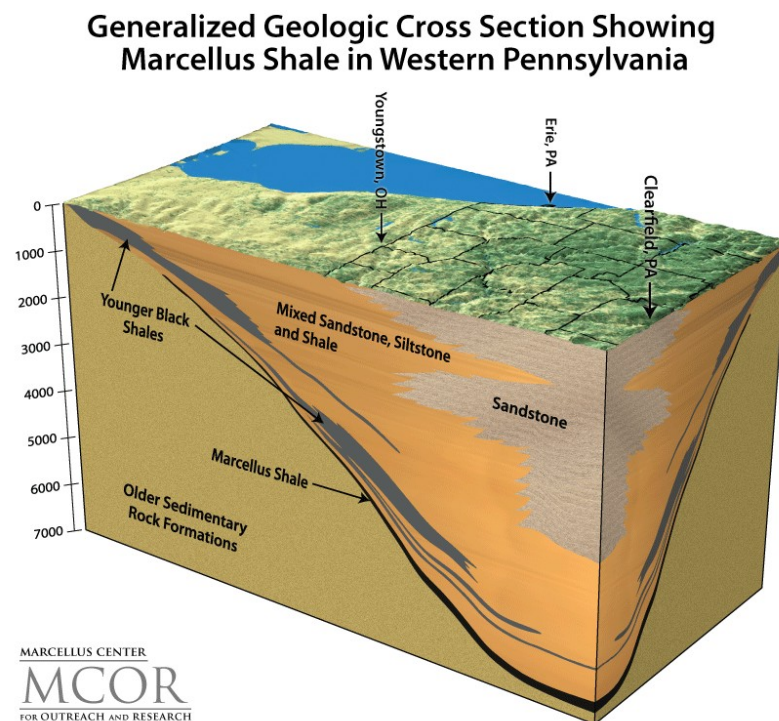
Na území USA se nachází celkem pět významnějších ložisek břidlicového plynu, která jsou v současné době v těžbě: Marcellus, Barnett, Fayetteville, Haynesville, Woodford (Obr. 7). Ložiska jsou součástí sedimentární formace zejména mořského původu (Geology.com, 2010).

Obr. 7 Mapa největších ložisek břidlicového plynu na území USA, (zdroj: <http://www.2b1stconsulting.com/one-day-one-country-usa/>)



Marcellus Shale je geologický útvar středně devonského stáří v appalačské pánvi o rozloze 152 000 km² a mocnosti mezi 15 a 60 m (Obr. 8). TOC se pohybuje od 3 do 12 %. Táhne od severovýchodu k jihovýchodu USA. Začíná na úpatí Catskills ve státu New York a pokračuje k jihozápadu až do Západní Virginie, Kentucky a Ohia. Nejmocnější je při jihovýchodním okraji formace. Při povrchu je naopak na severovýchodě, směrem k Ohio a Lake Erie. Od roku 2011 zažívá největší expanzi v počtu odvrtných vrtů, 3D seismického měření, hydraulického frakování a testování . Ložisko se nachází okolo 1200 – 2590 m pod zemí. První produktivní vrt byl odvrtn firmou Range Resources Corporation v roce 2003 a těžba byla zahájena v roce 2005. Předpokládané vyčísitelné zásoby jsou vyčísleny na 7,07 bilionu m³ plynu (Dvořáková et al., 2011).

Obr. 8 Oblast Marcellus Shale, (zdroj:<http://www.marcellus.psu.edu/resources/maps.php>)



Barnett Shale se nachází ve Fort Worth Basin v severo-centrálním Texasu o rozloze cca 8000 km² v hloubce 1980 - 2590 m. TOC se pohybuje okolo 4,5 %. V nynější době je tato formace nejprozkoumanějším ložiskem, odvrtno je zde více než 10 000 vrtů. Průměrná mocnost horizontu plynosných břidlic je 30-180 m. Zásoby jsou vyčísleny na 1,19 bilionu m³ plynu (Dvořáková et al., 2011).

Fayetteville Shale se nachází v Arkoma Basin v severním Arkansasu a východní Oklahomě v hloubce od 304 m do 2133 m a rozlohou 14 400 km². TOC je mezi 4 – 9,8 %. Průzkum této formace byl započat v roce 2000. Mocnost vrstev je 9 – 60 m. V současné době je tato formace jednou z nejatraktivnějších a nejproduktivnějších. Odhad zásob je 1,12 bilionu m³ plynu (Dvořáková et al., 2011).

Haynesville Shale se nachází v North Louisiana Salt Basin a z části zasahuje do východního Texasu. Rozloha ložiska je cca 14 400 km² s hloubkou mezi 3200 – 4100 a mocností 60 – 90 m. TOC je 0,5 – 4 %. Předpokládané zásoby jsou 6,77 bilionu m³ plynu (Dvořáková et al., 2011).

Woodford Shale se nachází v Oklahomě s rozlohou 17 600 km² a hloubkou 1820 – 3350 m. TOC je 1 – 14 %. Mocnost vrstev je mezi 36 – 67 m. Těžba byla započata v letech 2003 a 2004. Odhad vytěžitelného plynu je 0,31 bilionu m³ plynu (Dvořáková et al., 2011).

5.2.3. Současný stav těžby

Jedna z největších těžařských společností, Whiting Petroleum Corp ze Severní Dakoty, oznámila zastavení veškerého frakování a zakonzervování vrtů k 1. dubnu 2016. Důvodem jsou velmi nízké ceny ropy, kdy už se nevyplácí společnosti těžit plyn z břidlic. Těžba by se vyplácela, pokud by se cena za barel ropy pohybovala okolo 45 dolarů, nyní je však na 33 dolarech za barel. Dále společnosti zveřejnila, že její investice do těžby poklesnou až o 80 % a přibližně 500 milionů dolarů půjde na konzervaci vrtů.

Firmy Continental Resources, Devon Energy a Marathon Oil, oznámily snížení těžby přibližně o 10 %. Společnost EOG Resources, která je považovaná za jednu z nejefektivnějších v těžbě, snižuje o 5 %. Jedná se doposud o nejrozsáhlejší úsporný program amerických těžařů (E15, 2016, 1).

5.2.4. Vývoz břidlicového plynu

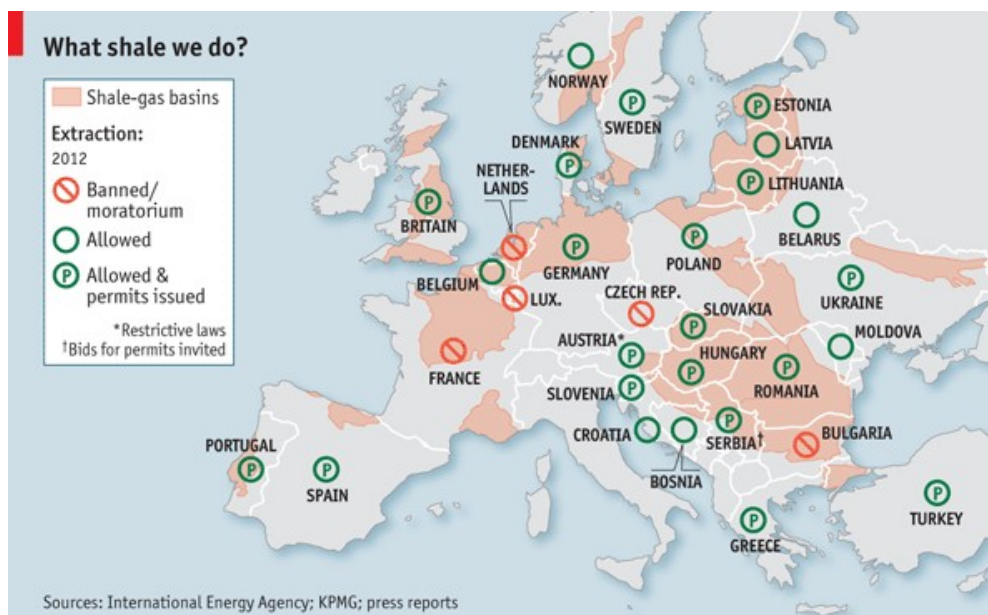
Spojené státy začínají s vývozem zkapalněného břidlicového plynu (LNG). První nakládka proběhla v terminálu Sabine Pass v Louisianě. Vývoz LNG by mohl vést k přetlaku surovin na světovém trhu a poklesu cen plynu v době, kde začínají běžet projekty na vývoz LNG v Austrálii. První tanker s názvem Asia Vision, veze přibližně 85 milionů m³ břidlicového plynu do Brazílie, kde sídlí společnost Petrobras. Dalším tankerem, který vypluje z Mexického přístavu, by mělo být plavidlo společnosti Energy Atlantic (E15, 2016, 2)

6. Evropa

V Evropě jsou vyčleňovány tři hlavní regionální formace obsahující břidlicový plyn (Obr. 9). Jsou to: paleozoická souvrství rozprostírající se od Dánska přes jižní Švédsko do východního Polska až k Ukrajině. Touto formací se v roce 2012 zabývala hlavně firma Shell. Podle firmy Advanced Resources International zde mohou být zásoby okolo 300 mld. m³. Druhou jednotkou je karbonská bazální mořská břidlicová formace táhnoucí se od anglické pánve v Cheshire přes severní Německo až do západní části sudetské monoklinály v jihozápadním Polsku. Firma ExxonMobil se zabývá výzkumem v dolno-saské pánvi v severozápadním Německu. Ložiska v této oblasti jsou spodnojurského stáří. Třetí formací jsou bitumenní břidlice táhnoucí se z okolí Weald na jihu Anglie přes pařížskou pánev až po molasovou pánev alpské předhlubně ve Švýcarsku. První vrt byl proveden na území Chateau Thierry. Průzkumné práce v jižní Anglii provádí dceřiná společnost firmy Cuadrilla Resources - Bowland Resources. V Evropě jsou průzkumy realizovány pouze v Polsku, Švédsku, Německu a Maďarsku. Nejperspektivněji se pro těžbu jeví graptolitové břidlice staršího paleozoika v baltské a lubelsko-podlaské pánvi (Kachyňa, 2012).

Obr. 9 Mapa ložisek břidlicového plynu v Evropě,

(zdroj: <http://www.economist.com/news/business/21571171-extracting-europes-shale-gas-and-oil-will-be-slow-and-difficult-business-frack-future>)



6.1. Polsko

Polsko projevilo zájem o nekonvenční plyn zejména kvůli vysokým cenám zemního plynu a nutnosti diverzifikace zdrojů. Ze zprávy Polského geologického institutu z roku 2012 vyplývá, že Polsko odhaduje své zásoby na cca $0,3461 - 0,7679 \cdot 10^{12}$ m³. Dle vydané zprávy amerického úřadu Energy Information Administration z roku 2013, se však hovoří o rezervách

až $4,2 \cdot 10^{12}$ m³. Pokud by Polsko těžilo vlastní plyn, mohlo by se osvobodit od závislosti na dovozu zemního plynu z Ruska a snížit emise CO₂ ze spalování uhlí. Nejvhodnější ložisko pro těžbu břidlicového plynu se nachází v nižší paleozoické formaci v regionu Pobaltí-Podlesí-Lublin. Hloubka plynonosné formace se pohybuje od 2,5 do 3,5 km. Do roku 2014 bylo provedeno přes 50 vrtů (Lutyński, 2014).

První horizontální vrt byl vyvrtán firmou MND Drilling a Services u obce Lebień. Bylo provedeno hydraulické štěpení a dle oficiálně dostupných a vydaných zpráv se dosáhlo udržitelné míry těžitelnosti. Během čerpacího pokusu bylo získáno cca 62 tisíc m³ za den až se čerpání stabilizovalo na 14 tisících m³/denně. To však z komerčního hlediska není zajímavé, ale byl to první zkušební vrt, který prokázal přítomnost břidlicového plynu a potenciální těžitelnost. Aby byla těžba efektivní, je potřeba velké množství vrtů na malé ploše. Jelikož v Evropě nelze aplikovat metodu “mnoho vrtů na malé ploše”, jak je to např.: v oblasti Barnett, je nutné aplikovat nejmodernější technologie vrtání, např. trsové vrtání (několik vrtů vedle sebe z jednoho místa), což spoří náklady a zefektivňuje produktivitu vrtu (Kachyňa, 2012).

Avšak možná polský sen o frakování brzo skončí. Dceřiná společnost americké Conoco Phillips – Lane Energy Poland, ukončila v Polsku minulý rok průzkum ložisek břidlicového plynu. Vysvětlením byly neuspokojivé výsledky. V průzkumu tedy pokračují už jen polské společnosti řízené státem (PGNiG a PKN Orlen).

6.2. Německo

Ministerstvo životního prostředí od roku 2018 nejspíše povolí komerční těžbu břidlicového plynu, pokud se podaří zajistit dostatek průkazných informací o těžitelnosti ze zkušebních vrtů. Návrh zákona však zakazuje těžbu v místech, kde se získává pitná voda, chráněné krajinné oblasti či národního parku. Také rozděluje těžbu na konvenční, což zahrnuje štěpení pískovců, a na nekonvenční, což zahrnuje právě hydraulické štěpení břidlic. Nekonvenční štěpení je prozatím zakázáno používat v hloubkách menších než 3 km, pro vědecké účely je však povoleno bez použití chemikálií.

Německá geologická služba BGR odhaduje, že je pod zemí až 1,2 – 2,3 bilionu m³ těžitelného plynu. Výhodou těžby z nekonvenčních ložisek by mohl být výrazný pokles cen plynu (E15, 2015, 2).

6.3. Velká Británie

Ve Velké Británii se nacházejí dvě velké geologické formace břidlic, které se nacházejí z menších pánvích. Jednou z nich je mesozoický jižní systém (Weald a Wessex Basin) a druhou je karbonický severní systém (Cheshire Basin). Tyto systémy jsou využívány desítky let pro těžbu ropy a zemního plynu a jsou dobře prozkoumané. V severním systému se břidlice vyskytují v hloubce 960 – 1890 m a mají průměrnou mocnost kolem 150 m. Společnost Cuadrill Resources (Blacpool area) vyvrtala první vrt v tomto systému v roce 2010, který dal velmi uspokojivé výsledky. Jižní systém má hloubku cca 3450 – 4650 m a mocnost 40 m. Doposud bylo uděleno 389 licencí pokrývajících rozlohu více jak 7000 km². Celkové odhadované zásoby vytěžitelného plynu jsou 0,7 bilionu m³ (GOV.UK, 2014)

6.4. Francie

V centrální části Francie se rozprostírá Pařížská pánev o rozloze 98 000 km². Tvoří ji dva typy břidlice, avšak významné pro těžbu břidlicového plynu jsou pouze permo-karbonické břidlice s hloubkou mezi 2800 – 4200 m. Průměrná mocnost je kolem 350 m. TOC se odhaduje na 3 %. Vytěžitelné zásoby jsou odhadnuty na 2,05 bilionu m³ plynu. Dále je těžařsky zajímavá akvitanská pánev s mesozoickými a kenozoickými sedimenty. Kdysi byla zkoumána kvůli ložiskům ropy, ale průzkumy ukázaly, že je ekonomicky nezajímavá (Dvořáková et al., 2011). Dnes se o ní však uvažuje jako o potenciálním ložisku břidlicového plynu. Nyní platí ve Francii moratorium na těžbu za pomoci hydraulického frakování.

6.5. Východní Evropa

Ve východní Evropě se nachází několik oblastí, které mohou být pro těžbu břidlicového plynu vhodné. Mezi ně patří pobaltská pánev v Litvě, lublinská pánev v Polsku a její jv. pokračování na Ukrajinu, dněpersko-doněcká pánev na Ukrajině, pannonská pánev v Maďarsku a Rumunsku a karpatsko-balkánská pánev v jižním Rumunsku a Bulharsku. Převážně se jedná o silurské břidlice s TOC okolo 4 %. Momentálně není dostatek podložených dat pro stanovení velikosti ložisek a odhad vytěžitelných zásob. V některých státech byly povoleny průzkumné vrty (Dvořáková et al., 2011).

7. Česká republika

V roce 2011 požádaly společnosti Basgas Energia Czech s.r.o., dceřiná společnost nadnárodní firmy Hutton Energy a Cuadrilla Morava s.r.o., dceřiná společnost britské firmy Cuadrilla Resources, ministerstvo životního prostředí o stanovení průzkumných území pro průzkum břidlicového plynu v České republice. Společnost Cuadrilla Resources se zajímala o oblast Meziříčí. Jedná se o území 945,7 km² a týká se především měst Nový Jičín, Hranice, Lipník, Dřevohostice, Valašské Meziříčí, Vsetín, Halenkov a Velké Karlovice. Společnost žádala o platnost průzkumu na čtyři roky. Společnosti Basgas Energia Czech s.r.o. žádala o stanovení průzkumného území v oblasti Berounska a Trutnovska o rozloze 92,62 km² a 777,54 km². Hranicí na Berounsku by byly obce Beroun, Zbuzany, Měňany, Srbsko, Karlštejn, Kosoř a Ořech. O souhlas žádá na dobu pěti let (Úřední věstník Evropské unie, 2011). Oblasti zajímavé s hlediska těžby se nalézají především chráněných území CHKO Český kras, CHKO Beskydy a okrajově CHKO Poodří, CHKO Broumovsko a okrajově též KRNP (Malík, 2014).

Vláda dne 20. února 2013 rozhodla, že hlavním zájmem pro stanovení průzkumného území pro vyhledávání a průzkum nekonvenčních zdrojů zemního plynu, je ochrana životního prostředí. V zákoně o geologických pracích je psáno, že průzkumné území nemůže být stanoveno, pokud nesplňuje podmínky Státní politiky životního prostředí, Státní surovinové politiky nebo pokud převažuje jiný veřejný zájem. Toto rozhodnutí se vztahuje nejen na průzkumy nekonvenční těžby břidlicového plynu, ale i na podzemní zplyňování uhlí. "Pokud nebudou příroda a Krajina dostatečně chráněné, nebudou se průzkumy povolovat," řekl ministr životního prostředí Tomáš Chalupa v roce 2013. Zákaz by však neměl platit do „nekonečna“, jelikož za několik let může být těžba mnohem vyspělejší a šetrnější vůči životnímu prostředí než dnes (Veřejná správa, 2013).

Zájem o těžbu břidlicového plynu byl zejména kvůli stoupajícím cenám fosilních paliv (platilo do konce roku 2015). Možnost těžby však nelze uvažovat jen z ekonomického hlediska. Musí se brát v úvahu i dopad na životní prostředí a vliv těžby na život lidí v okolí vrtů. Každý vrt zabírá plochu přibližně 1-3 ha, kterou je potřeba zarovnat a zpevnit. Vznikají tak velké antropogenní zásahy (terasy), které narušují vzhled i diverzitu krajiny. Jelikož vrtná věž dosahuje výšky 50 m a je po celou dobu osvětlena, vzniká i světelné znečištění. Hlučná je i technologie hydraulického štěpení.

V roce 2013 vzniklo mnoho protestních petic (Stop HF apod.), např. na Berounsku a Trutnovsku, proti povolení průzkumu a těžbě plynu, avšak jen několik z nich bylo kvalitně odborně odůvodněno. Hlavními argumenty byly: 1. neúspěšnost štěpení, 2. možnost kontaminování povrchových a podzemních vod, 3. nebezpečné složení frakovací kapaliny, 4. většina těžby by byla situována v chráněných územích, 5. oblasti jsou hustě osídleny.

7.1. Předpokládaný výskyt ložisek břidlicového plynu v ČR

Plyn může být nejpravděpodobněji vázán na jemnozrnné, laminované jílovito-prachovité sedimenty s obsahem nad 1% TOC, které se vyskytují v paleozoiku až terciéru

Českého masívu a Západních Karpat (Obr. 10).

Spodní paleozoikum Českého masívu obsahuje plynonosné jílovce převážně v pražské pánvi (spodní devon, silur, ordovik). Obsah TOC je odahdován mezi 1 – 3,5 %. V oblasti se nacházejí pouze vrty Tobolka-1 a Klonk-1, které však neposkytují dostatečná data pro ohodnocení plynonosných jílovců.

Permokarbon Českého masívu (oblast Trutnovska) obsahuje dostatek TOC, přibližně 2 – 10 %. Tato oblast je velice nadějná i pro svou větší prozkoumanost a malou hloubku ložiska (0 – 1000 m) s velkou mocností (Dvořáková et al., 2011).

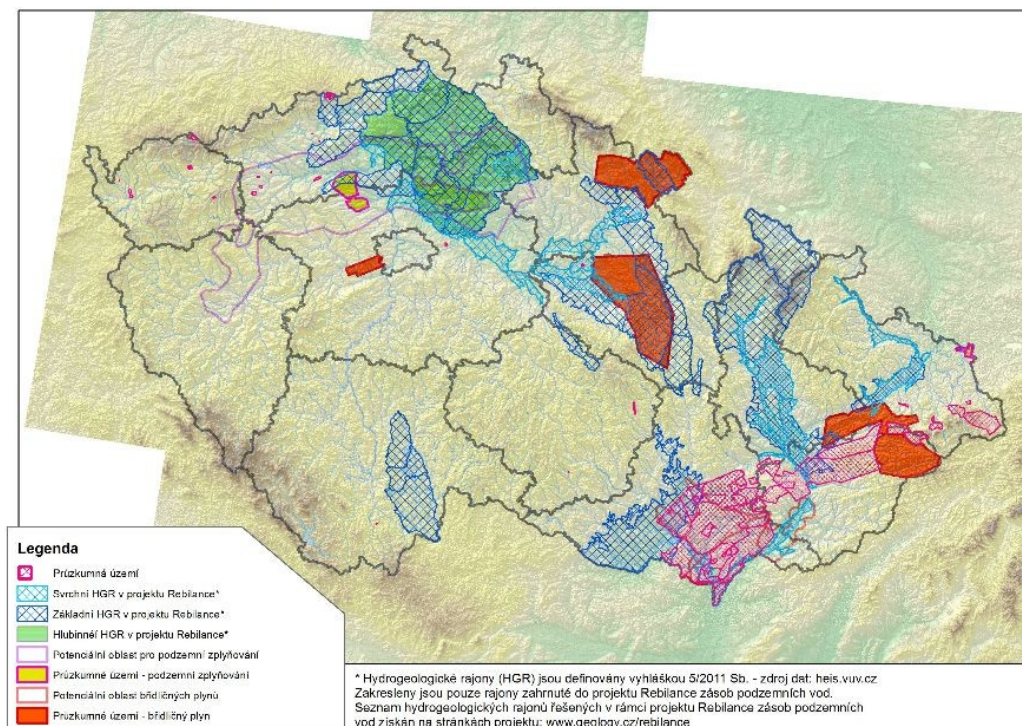
Jílovce svrchní jury bohaté na organické látky, tzv. mikulovské slíny, nalezneme v depresi jižní Moravy a severovýchodního Rakouska. Celkový obsah organického uhlíku se pohybuje mezi 0,2 – 10%, průměrně 1,9% TOC.

Jílovce a břidlice autochtonního paleogenu bohaté na organické látky patří mezi další důležité zdrojové oblasti na Moravě. Jedná se o nesvačillské souvrství, které sedimentovalo v anoxických podmínkách nesvačillského příkopu. Obsah TOC je mezi 1 – 9%, v průměru okolo 3% (Kachyňa, 2012).

Další vhodnou oblastí je území okolo Hranice na Moravě. Vyskytují se zde menilitové vrstvy vnějšího flyšového pásma Karpat (Geologické a geovědní mapy).

Obr. 10 Mapa možných průzkumných území v ČR – červené a růžové oblasti,

(zdroj:<http://www.orlickydenik.cz/stat-stopnul-tezarum-plany-v-celem-kraji-vitezstvi-slavi-i-obce-na-rychnovsku>)



7.2. Česká legislativa

Vyhledávání a průzkum ložisek vyhrazených nerostů se řídí podle zákona ČNR č. 62/1988 Sb., o geologických pracích. Firma, která by měla zájem zahájit průzkumné práce a ověřování zásob nerostů, musí požádat Ministerstvo životního prostředí o stanovení průzkumného území. Pokud ministerstvo odpoví kladně, stanoví přesně vymezené území, kde se vyhledávání a průzkum smí provádět. Dále se firma musí řídit zvláštními ustanoveními zmíněného zákona pro vyhledávání a průzkum ložisek ropy nebo hořlavého zemního plynu. V rámci provádění prací ve výše zmíněném zákoně, musí firmy respektovat zájmy chráněné podle zvláštních předpisů (zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů, č. 164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech (lázeňský zákon), č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči apod.) Dojde-li k porušení některého ustanovení či zákona, může ministerstvo průzkumné území zrušit.

Podrobnější informace o legislativě a zákonech vztahujících se k nekonvenční těžbě břidlicového plynu jsou k dispozici na : <http://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/12754-bridlicovy-plyn-legislativa>

8. Má břidlicový plyn v Evropě budoucnost?

Jak se lze dočíst v předchozích kapitolách, rozvoj průzkumu nalezišť břidlicového plynu začal před několika lety v důsledku stoupajících cen zemního plynu a tento stav setrval až do konce roku 2015. Počátkem roku 2016 však začalo docházet k poklesům cen zemního plynu. Následkem poklesu obchodních cen plynu se nyní těžba plynu z nekonvekčních ložisek ekonomicky nevyplácí. Mimo to, většina států EU udělila zákaz nebo moratorium na těžbu pomocí hydraulického frakování. Pouze v některých státech je udělena licence na průzkumné vrty.

Avšak oproti těžbě v USA je Evropa v mnohém v nevýhodě. Krajina je pod dohledem národních správ, není jedna federální vláda EU. Jsou tu mnohem vyšší pořizovací náklady na technické vybavení a infrastrukturu. Ložiska se nalézají mnohem hlouběji a mají jinou geologickou strukturu. Pozemková práva a surovinové zdroje jsou ve vlastnictví státu, nikoli vlastníka nemovitosti na pozemku, tedy vlastník nemovitosti neprofituje z těžby pod jeho nemovitostí. Evropa je také velmi hustě osídlena na rozdíl od některých států USA, kde probíhá těžba. Nejsou tu žádné servisní specializující se organizace, které by v případě havárie rychle zabezpečily vrt i okolí. A nakonec nás pojí i dlouhodobé kontakty s Ruskem (Dvořáková et al., 2011).

V této chvíli je budoucnost těžby v Evropě a zvláště v ČR nejistá, nikoli však zcela zavržená. Velice závisí na přístupu vlád k této problematice, zejména nevyhýbat se problému hydraulického frakování, konstruktivně jej řešit a nalézat vhodná, co nejvíce ekologická řešení.

9. Závěr

Těžba břidlicového plynu, jakožto fosilního paliva, s sebou nese nejen pozitiva, ale má i svá negativa, ke kterým je nutné přistupovat obezřetně. Ví se, že těžba hydraulickým frakováním zanechává výraznou uhlíkovou stopu a existuje mnoho důkazů o tom, že samotný průběh těžby mohou potkat nepříjemnosti v podobě malých i větších havárií. Při těchto haváriích dochází k uvolnění metanu, toxických, radioaktivních a karcinogenních látek do půdy, vody i ovzduší, což vede k poškozování nejen lidského zdraví, ale i okolní fauny a flóry. Důležité je si uvědomit, že se těží krátkou dobu na to, abychom byli schopni správně odhadnout následky frakování a ukládání odpadní tekutiny hluboko v horninách. Výše uvedené dopady mohou mít velmi rozsáhlé následky v podobě silné kontaminace půdy, vodních zdrojů a ovzduší, které půjdou jen těžko napravit. Lidé by měli mít právo rozhodovat, co se stane s jejich blízkým okolím.

Z břidlicového plynu se v posledních letech stal v Evropě velký boom, zejména díky masivnímu rozvoji těžby v USA, ale je nutné s ním zacházet opatrně a s rozvahou. Musíme si uvědomit, že to, co je výhodné a fungující v USA, nemusí být výhodné pro Evropu. Evropa má na rozdíl od USA velmi husté osídlení, ložiska mají jinou geologickou strukturu a státy mají různé regulace těžby. V neposlední řadě tu nejsou žádné servisní specializující se organizace, které by mohly zabezpečit vrt a jeho okolí při havárii.

Na druhou stranu, pokud by státy EU těžily vlastní břidlicový plyn, mohly by si zabezpečit nezávislost na dodavatelích zemního plynu např. z Ruska či Blízkého východu. Vybudovala by se modernější a rozsáhlejší infrastruktura, zlevnily by se služby spojené se zemním plynem (autodoprava, teplo a ohřev v domácnostech, výroba elektřiny spalováním apod.) a zlepšila by se i ekonomická situace zemí těžících tento plyn.

Avšak v současnosti, kdy klesá cena zemního plynu, není dle mého názoru, nutné těžit další fosilní palivo a riskovat další ekologické problémy a rozvoj skleníkového efektu. Mnohé vlády si toto uvědomují a těžbu frakováním buď zakázaly, nebo na ni uvalily moratorium. Někteří si také myslí, že pokud by v Evropě došlo k povolení těžby, porušil by se článek 35 Charty základních práv, kde má EU usilovat o co nejvyšší úroveň ochrany lidského zdraví ve všech unijních opatřeních a nástrojích. Uvážím-li výše zmíněná rizika a nedostatečnou propracovanost zákonů o těžbě a ochraně životního prostředí, myslím si, že povolení těžby frakováním je v rozporu s dlouhodobou vizí EU.

Jsem přesvědčena, že bychom se místo těžby dalšího fosilního paliva měli spíše zaměřovat na rozvoj a zlepšování efektivního získávání čistější energie z jaderné fúze či z obnovitelných zdrojů, které poškozují prostředí minimálně. Jsme natolik vyspělá společnost, abychom šli kupředu, zaměřovali se a investovali do získávání opravdu čisté energie, ochrany krajiny a prostředí okolo nás.

Seznam použité literatury a internetových zdrojů:

Použitá literatura:

- BENADA, S., DVOŘÁKOVÁ, P., EISNER, L., ZAJÍČEK, M., KLAUS, V., 2012, *Břidlicový plyn. Energetická revoluce?* 1.vyd. Praha. CEP.171 s. ISBN 978-80-87460-12-2, s. 108, s. 131 - 135
- DOPITA, M., HAVLENA, V., PEŠEK, J., 1985, *Ložiska fosilních paliv* Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 264 s., s. 9, s. 66
- KACHYŇA, R., 2012, *Horizontální průzkumné vrty MND Drilling a Services v Polsku s těžbou plynu z břidlice*. Uhlí-Rudy-Geologický průzkum, roč. 20, č. 3, s. 10-12
- KUKAL, Z., 1988, *Proč a jak sedimentují černé břidlice?*, Geologický průzkum, roč. 30, č. 2, s. 44-46.
- LUTYŃSKI, M., 2014, *Břidličný plyn v Polsku*. Minerální suroviny, roč. 16, č. 1, s. 23-27
- MALÍK, J., MAŠTÁLKA, J., VÁCLAVKOVÁ, L., 2014, *Hrozba břidličným plynům*, Příroda, č. 9, s. 74-79
- NICHOLS, G., 2009, *Sedimentology and stratigraphy*, 2. vydání, Chichester, UK : Blackwell Publishing, 419 s., ISBN 978-1-4051-3592-4, s. 172
- TISSOT, B., P., WELHE, D., H., 1984, *Petroleum formation and occurrence*, 2. vydání, Berlin Heidelberg : Springer-Verlag Publishing, 699 s., ISBN 3 -540-13281-3 2, s. 131
- Veřejná správa, 2013, *Zásady pro průzkum břidlicového plynu.*, roč. 24, č. 5, s. 4

Internetové zdroje:

- Cabot Oil and Gas Corp. *Cabot Report*. Dostupné online na: <http://www.cabotog.com/wp-content/uploads/2015/06/cabot-csr-2014.pdf>
- Česká geologická služba. *Nekonvenční zemní plyn z břidlic*, dostupné online na: <http://www.geology.cz/extranet/vav/nerostne-suroviny/bridlicny-plyn.pdf>, [15.6.2011]
- Český rozhlas. *Je břidlicový plyn opravdu takovým zázrakem?*. Dostupné online na: http://www.rozhlas.cz/plus/svet/_zprava/1336693, [8.4.2014]
- Dialog-erdgasundfrac.de. *Hydrofracking Risk Assessment*. Dostupné online na: http://dialog-erdgasundfrac.de/sites/dialog-erdgasundfrac.de/files/Ex_HydrofrackingRiskAssessment_120611.pdf, [7.12.2012]
- DVOŘÁKOVÁ V., FRANCÚ, J., PAŠAVA, J., KŘÍBEK, B., SITENSKÝ, I., 15.6.2011, *Nekonvenční plyn z břidlic, Potenciální zásoby a technologie jeho těžby*. Studie pro Ministerstvo životního prostředí, sekce technické ochrany přírody, Praha,. Dostupné online na: <http://www.geology.cz/extranet/vav/nerostne-suroviny/bridlicny-plyn.pdf>

- E15 (1). *Další američtí těžaři omezují frakování, ropa je příliš levná.* Dostupné online na: <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/dalsi-americti-tezari-omezuji-frakovani-ropa-je-prilis-levna-1275783>, [1.3.2016]
- E15 (1). *Vyschlé Kalifornii může pomoci nový byznys, recyklace vody z ropných vrtů.* Dostupné online na: <http://e-svet.e15.cz/technika/vyschle-kalifornii-muze-pomoci-novy-byznys-recyklace-vody-z-ropnych-vrtu-1207880>, [9.7.2015]
- E15 (2). *Německo pootvívá dveře těžbě břidlicového plynu.* Dostupné online na: <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/nemecko-pootvira-dvere-tezbe-bridlicoveho-plynu-1163249>, [16.2.2015]
- E15 (2). *Z USA vyplul první tanker s břidlicovým plynem, dodávka je pro Brazílce.* Dostupné online na: <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/z-usa-vyplul-prvni-tanker-s-bridlicovym-plynem-dodavka-je-pro-brazilce-1274218>, [25.2.2016]
- FracFocus. *What chemicals are used.* Dostupné online na: <http://fracfocus.org/chemical-use/what-chemicals-are-used>
- Friends of the Earth Europe. *Břidlicový plyn, Nekonvenční a nechtěný: případ břidlicový plyn, těžební průmysl: pomoc nebo hrozba?.* Dostupné online na: https://www.foeeurope.org/sites/default/files/publications/foee_shale_gas_report_czech.pdf
- GeoExPro. *Unlocking the earth - a short history of hydraulic fracturing.* Dostupné online na: <http://www.geoexpro.com/articles/2014/02/unlocking-the-earth-a-short-history-of-hydraulic-fracturing>, [vol. 10, No. 6 - 2013]
- Geologické a geovědní mapy. Dostupné online na: <http://www.geologicke-mapy.cz/>
- Geology.com. *Hydraulic fracturing of oil & gas wells drilled in shale.* Dostupné online na: <http://geology.com/articles/hydraulic-fracturing/>, [2010]
- Geology.com. *What is shale gas?.* Dostupné online na: <http://geology.com/energy/shale-gas/>, [12.2010]
- GOV.UK. *The unconventional hydrocarbon resources of britain's onshore basins - shale gas.* Dostupné online na: https://itportal.decc.gov.uk/web_files/promote/2015/regional_reports/Promote_UK_Shalegas_2015.pdf, [2014]
- Ground Water Protection Council, (Report), s. 10, s. 56–66, DE-FG26-04NT15455, dostupné online na: http://energy.gov/sites/prod/files/2013/03/f0/ShaleGasPrimer_Online_4-2009.pdf, [4.2009]
- Kansas Geological Survey. *Water Quality and Hydraulic Fracturing.* Dostupné online na: <http://www.kgs.ku.edu/Hydro/Publications/2012/Fracturing/>, [3.11.2011]
- Nature.com. *Air sampling reveals high emissions from gas field.* Dostupné online na: <http://www.nature.com/news/air-sampling-reveals-high-emissions-from-gas-field-1.9982>, [7.2.2012]
- Oilandgasinfo.ca. *Hydraulic fracturing explained.* Dostupné online na: <http://www.oilandgasinfo.ca/fracopedia/hydraulic-fracturing-explained>

PetroWiki. *Acid Fracturing*. Dostupné online na: http://petrowiki.spe.org/Acid_fracturing
[18.1.2016]

Reuters. *Ohio agency says fracking-related activity caused earthquakes*. Dostupné online na:
<http://www.reuters.com/article/us-energy-fracking-ohio-idUSBRE8281DX20120309>,
[9.3.2012]

Stop HF. *Voda nad zlato i nad břidlice*. Dostupné online na: <http://stophf.cz/archives/4274>,
[21.2.2013]

The Wall Streer Journal. *Drillers Begin Reusing 'Frack Water'*. Dostupné online na:
<http://www.wsj.com/articles/SB10001424052970203937004578077183112409260>,
[20.11.2012]

TZBinfo (1). *Americká a globální břidlicová revoluce*. Dostupné online na:
<http://energetika.tzb-info.cz/vytapime-plynem/12610-bridlicovy-plyn-tezba>, [27.4.2015]

TZBinfo (2). *Břidlicový plyn - Asie, Austrálie, Afrika a Evropa*. Dostupné online na:
<http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/12546-bridlicovy-plyn-asie-australie-afrika-a-evropa> , [13.4.2015]

Úřední věstník Evropské unie. *Sdělení*. Dospupné online na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2011:105:0010:0010:CS:PDF>,
[7.5.2011]

Seznam obrázků:

- Obr. 1 Zjednodušené schéma průběhu frakování, zdroj:<http://oenergetice.cz/plyn/bridlicovy-plyn-usa-vs-evropa/>
- Obr. 2 Průměrné zastoupení chemikálií ve frakovací kapalině, zdroj:<https://fracfocus.org/water-protection/drilling-usage>
- Obr. 3 Schéma ukazuje možnosti znečištění prostředí frakovací kapalinou, zdroj:http://www.zvedavec.org/send_print.php?clanek_id=5426&status=print
- Obr. 4 Nádrže s použitou frakovací kapalinou zdroj:<http://www.theprovince.com/technology/flushes+away+revenue+with+cheap+water+price+s+fracking/10175182/story.html>
- Obr. 5 Graf nárůstu zemětřesení na vyznačených místech v USA, zdroj:<http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/tezba-ropy-a-plynu-vyvolala-radu-zemetreseni-potvrdili-vedci-v-usa-1183959>
- Obr. 6 Přehled ložisek břidlicového plynu ve světě, zdroj:<http://geology.com/energy/world-shale-gas/>
- Obr. 7 Mapa největších ložisek břidlicového plynu na území USA, zdroj:<http://www.2b1stconsulting.com/one-day-one-country-usa/>
- Obr. 8 Oblast Marcellus Shale, zdroj:<http://www.marcellus.psu.edu/resources/maps.php>
- Obr. 9 Mapa ložisek břidlicového plynu v Evropě, zdroj:<http://www.economist.com/news/business/21571171-extracting-europes-shale-gas-and-oil-will-be-slow-and-difficult-business-frack-future>
- Obr. 10 Mapa možných průzkumných území v ČR – červené a růžové oblasti, zdroj:<http://www.orlickytydenik.cz/stat-stopnul-tezarum-plany-v-celem-kraji-vitezstvi-slavi-i-obce-na-rychnovsku>

Seznam tabulek:

- Tabulka 1 Přehled nejčastějších chemických látek vyskytujících se ve frakovací kapalině, zdroj:<http://fracfocus.org/chemical-use/what-chemicals-are-used>

Použité zkratky:

EU	- Evropská unie
CHKO	- chráněná krajinná oblast
IEA	- mezinárodní energetická agentura
KRNAP	- krkonošský národní park
LNG	- zkapalněný zemní/břidlicový plyn (<i>ang. liquefied natural gas</i>)
TCF	- trilion kubických stop (<i>ang. trillion cubic feet</i>)
TOC	- celkový organický uhlík (<i>ang. total organic carbon</i>)