

UNIVERZITA PALACKÉHO
Přírodovědecká fakulta
Katedra geologie



Vliv vtláčení polymerů jako druhotné těžební
metody na životní prostředí

Diplomová práce

Bc. Jiří Šťavík

Environmentální geologie

Vedoucí práce: Prof. Mgr. Ondřej Bábek, Dr.

Konzultant: Ing. Mariana Prochácová, Ph.D.

Olomouc 2015

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že všechna literatura je řádně citována.

V Olomouci dne

.....

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu Prof. Mgr. Ondřeji Bábkovi, Dr. za odborné vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat své konzultantce Ing. Marianě Prochácové, Ph.D. za rady, trpělivost a odbornou pomoc, RNDr. Tomáši Třasoňovi, za pomoc a poskytnutí materiálů potřebných pro geologickou část, Kateřině Svobodové za odborný dohled při práci v laboratoři, vedoucímu chemických laboratoří RNDr. Davidu Ciprysovi za všechny připomínky a cenné nápady a personálu chemických laboratoří a celé společnosti MND a.s. bez níž by realizace této práce nebyla možná. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat celé rodině a přítelkyni za podporu během studia.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Jiří Šťavík

Název práce: Vliv vtláčení polymerů jako druhotné těžební metody na životní prostředí

Typ práce: Diplomová práce

Pracoviště: Katedra geologie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

Vedoucí práce: Prof. Mgr. Ondřej Bábek, Dr.

Rok obhajoby práce: 2015

Abstrakt: Cílem této práce je posouzení vlivu polymeru s obchodním názvem Flopaam 3330 S na životní prostředí v souvislosti s těžbou uhlovodíků a vytipováním možných míst úniku polymerového roztoku. Pro vytipování možných míst úniku bylo použito plánované technologické schéma společnosti MND a.s. Pro laboratorní část práce bylo použito dostupné vybavení chemických laboratoří společnosti MND a.s. V laboratořích byla měřena hustota, viskozita, chemická spotřeba kyslíku, biologická spotřeba kyslíku, absorpce polymeru na zeminu nebo UV absorbance. Měření biologické spotřeby kyslíku jsme zjistili, že za běžných laboratorních podmínek nedochází během 28 dnů k odbourávání polymeru. Pokusem na zjištění absorpce polymeru na zeminu jsme zjistili, že polymer je absorbován jak povrchovou zeminou, tak silikátovou hlinkou a UV absorbance jasně ukázala, že polymerový roztok absorbuje UV záření při nízkých vlnových délkách. Hlavním zjištěním této práce je, že dochází k absorpci polymeru na povrchovou zeminu a silikátovou hlinku, měření UV absorbance by se dalo v praxi využít pro zjištění koncentrací polymeru v případě jeho úniku do životního prostředí. Tím, že dochází k absorpci polymeru na zeminu, zůstane v případě úniku v zasaženém místě. Zasaženou zeminu poté stačí pouze odtěžit a následně ji ekologicky zlikvidovat. I pokud by nějakým nepravděpodobným způsobem došlo k úniku polymeru do životního prostředí a nedošlo k sanaci, výsledky jasně ukazují, že polymer není pro životní prostředí nijak nebezpečný a je pravděpodobné, že působením venkovních vlivů dojde k jeho rozložení na CO₂, H₂O a dusík, tedy látky, které jsou běžné pro životní prostředí.

Klíčová slova: Flopaam 3330 S, druhotné a terciární těžební metody, životní prostředí, polymer, místa úniku polymerového roztoku, viskozita, biologická spotřeba kyslíku, absorpce, UV absorbance

Počet stran: 112

Počet příloh: 18

Jazyk: Český jazyk

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Jiří Šťavík

Title: The influence of polymer injection of enhanced oil recovery on the environment

Type of thesis: Diploma thesis

Institution: Department of geology, Faculty of science Palacký University in Olomouc

Supervisor: Prof. Mgr. Ondřej Bábek, Dr.

The year of presentation: 2015

Abstract: The task of this thesis is to assess the influence of a polymer with the trade name Flopaam 3330 S on the environment in connection with production of hydrocarbons and identification of possible polymer leaks. For identification of possible polymer leaks was used planned technological diagram of MND Company. For laboratory part was used available equipment of MND chemical laboratories. In laboratories was measured density, viscosity, chemical oxygen consumption, biological oxygen consumption, absorption of the polymer to the soil or UV absorption. Measuring of the biological oxygen consumption showed that in common laboratory conditions polymer degradation does not occur during 28 days. Attempt to the findings absorption of polymer to the soil showed, that the polymer is absorbed by ground soil and silicate earths. UV absorption clearly showed, that the polymer solution absorbs UV radiation at low wavelengths. The main finding of this thesis is that the polymer is absorbed by ground soil and silicate earths, UV absorption measurements could be used in practice to determine the polymer concentration in the case of the leakage into the environment. Absorption of the polymer by ground soil occurs that in case of the leakage, polymer stays in affected place. This soil is only need to be extracted and ecologically disposed. Even if by some improbable way the polymer would leak into the environment and avoid full remediation the results clearly showed that the polymer is not dangerous for environment. It is probable that the external influences will cause its degradation for CO₂, H₂O and nitrogen. This substances are common for environment.

Key words: Flopaam 3330 S, enhanced oil recovery, environment, polymer, possible leaks of polymer, viscosity, biological oxygen consumption, absorption, UV absorption

Number of pages: 112

Number of appendices: 18

Language: Czech

Obsah

1	Úvod	11
2	Geologická charakteristika území	11
2.1	Karpaty.....	11
2.1.1	Geodynamický vývoj Vnějších Západních Karpat.....	13
2.1.2	Flyšové pásmo Západních Karpat	15
2.1.2.1	Autochtonní paleogén	17
2.1.2.2	Autochtonní výplň.....	19
3	Charakteristika zájmové oblasti společnosti MND	20
3.1	Úvod.....	20
3.2	Geologická stavba zájmové oblasti.....	20
3.3	Geologická stavba ložiska.....	22
3.4	Ložiskové struktury	22
3.5	Ložiska oblasti s plánovaným využitím polymerů	23
3.5.1	1.a miocénní obzor	23
4	Legislativa	26
4.1	Bezpečnostní list	27
4.2	Využití na území České republiky	27
4.2.1	REACH.....	28
4.2.2	ECHA	28
4.3	Využití polymeru v praxi	28
5	Druhotné a terciérní těžební metody	30
5.1	Primární těžba	30
5.2	Sekundární těžba.....	31
5.3	Terciérní těžba	32
5.4	Terciérní těžební metody	32
5.4.1	Termální metody	32
5.4.1.1	"Huff and Puff" metoda.....	33

5.4.1.2	Proudění páry	34
5.4.1.3	Vnitřní spalování	35
5.4.2	Mísitelné metody	35
5.4.2.1	Zatláčení uhlovodíků	35
5.4.2.2	Zatláčení CO ₂	36
5.4.2.3	Zatláčení dusíku nebo spalin	37
5.4.3	Chemické metody	37
5.4.3.1	Alkalické látky	37
5.4.3.2	Využití povrchově aktivních látek	37
5.4.3.3	Polymery	37
5.5	Hodnocení výkonnosti druhotné a terciární těžební metody	39
5.6	Důležité parametry při využití terciárních těžebních metod	40
5.6.1	Typ ložiska	40
5.6.2	Složení ropy a její viskozita	40
5.6.3	Salinita ložiskové vody	41
5.6.4	Teplota ložiska	41
5.6.5	Propustnost ložiskové horniny	41
6	Polymery	42
6.1	Hydrolyzovaný polyakrylamid	42
6.2	Xantanová guma	43
7	Flopaam 3330 S	44
8	Možná místa úniku polymerového roztoku	45
9	Metodika	47
9.1	Terénní část	47
9.2	Laboratorní část	47
9.2.1	Příprava roztoků	47
9.2.2	Měření molekulové hmotnosti	50
9.2.3	Stanovení hustoty	51

9.2.4	Stanovení viskozity	52
9.2.5	Chemická spotřeba kyslíku.....	53
9.2.6	Biochemická spotřeba kyslíku.....	55
9.2.7	Příprava slaných roztoků	57
9.2.8	Měření absorpce polymeru na povrchovou zeminu a silikátovou hlinku.....	57
9.2.9	Měření pH.....	59
9.2.10	Měření UV absorbance	60
10	Výsledky.....	62
10.1	Molekulová hmotnost.....	62
10.2	Hustota	63
10.3	Viskozita.....	63
10.4	Chemická spotřeba kyslíku	68
10.5	Biochemická spotřeba kyslíku	69
10.6	Vlastnosti roztoků po přidání chloridu sodného	70
10.7	Absorpce polymeru	74
10.8	Měření pH	78
10.9	UV absorbance	79
10.10	Viskozita různě připravených roztoků	85
11	Diskuze	87
12	Závěr.....	89
13	Literatura	91
14	Internetové zdroje	94
15	Přílohy	95
15.1	Příloha 1	95
15.2	Příloha 2	99
15.3	Příloha 3	101
15.4	Příloha 4	102
15.5	Příloha 5	103

15.6	Příloha 6	104
15.7	Příloha 7	109
15.8	Příloha 8	111

1 Úvod

Se stále se zvyšující poptávkou a tedy i cenou ropy, se otvírají nové možnosti pro využití druhotných a terciérních těžebních metod, které nebyly v našich podmínkách dříve běžně aplikovány a to z důvodu vysoké nákladnosti nebo z důvodu chybějící technologie. V posledních letech je v oblasti uhlovodíků snaha o navýšení vytěžitelnosti již nalezených zdrojů. Vytěžitelnost ropy je možné zvýšit aplikací některých z druhotných nebo terciérních těžebních metod. Druhotné a terciérní těžební metody představují aplikaci určitého speciálního postupu na ložisku - vtláčení specifického média (voda, plyn, polymer...) jehož úlohou je navýšit koeficient vytěšňování ropy z horniny. Vtláčení polymeru představuje nejjednodušší a nejlevnější metodu ze všech chemických terciérních těžebních metod. V případě vysoké ceny ropy je o tento postup zvýšení vytěžitelnosti velký zájem. Tento druh těžebních metod je ve světě aplikovaný už desítky let. V České republice se jedná o pilotní projekt. Cílem práce je posoudit vliv vtláčení polymeru s obchodním názvem Flopaam 3330 S na životní prostředí, vytipování možných míst úniku polymerového roztoku a následné laboratorní posouzení jeho nezávadnosti/závadnosti.

2 Geologická charakteristika území

2.1 Karpaty

Jednou z geologických jednotek, které se podílejí na stavbě České republiky je tzv. Karpatská soustava. Jedná se o soustavu mladší než Český masív. Tato část byla formována během alpínského vrásnění v době posledních sta milionů let v období od svrchní křídly do terciéru. Jedním z faktorů ovlivňující vznik karpatského orogénu byl pohyb litosférických desek, které se pohybovaly spolu se svrchní částí zemského pláště. Jedním z nejvýznamnějších procesů byla kolize africké desky s variskou utvářenou deskou Evropy. Průběh alpínského vrásnění, které poté nebylo postiženo žádnými dalšími horotvornými procesy, tudíž se zachovalo lépe než vrásnění variské, můžeme sledovat od Pyrenejí přes Alpy a Karpaty až k Himálajím. (Chlupáč et al., 2011)

Karpatský oblouk dělíme na tři základní části - západní, východní a jižní Karpaty. Na území České republiky zasahují pouze západní Karpaty a to v oblasti jižní až jihovýchodní Moravy. Tato část dále pokračující do severovýchodního Rakouska reprezentuje nejzápadnější výběžek celého Karpatského orogénu spojeného s Východními Alpami. Generelně lze říci, že masív Západních Karpat ohraničených hercynskou západoevropskou deskou se táhne od údolí Dunaje v Rakousku, na Moravu a Slovensko a dále přes Polsko až k hranicím s Ukrajinou.

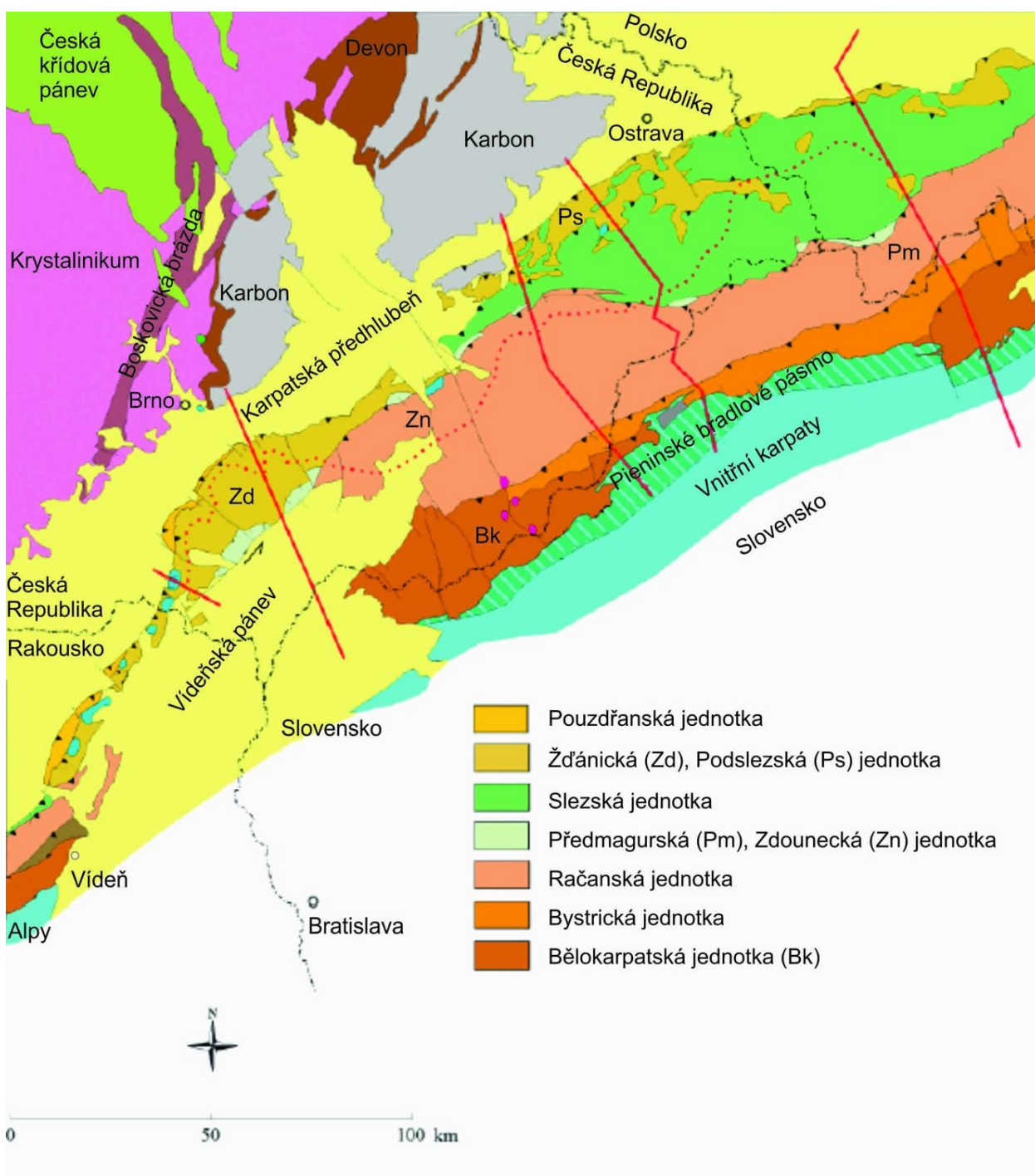
Východní Karpaty táhnoucí se od Ukrajiny po východní Rumunsko sahají až po svrchně proterozoickou východoevropskou desku. Jižní Karpaty nacházející se převážně v Rumunsku jsou omezené moezijskou deskou (Pícha et al., 2006).

Západní Karpaty se dělí z důvodů rozdílné sedimentace a stavby na dvě základní oblasti: Vnitřní Karpaty, někdy nazývány jako internidy, se sedimenty deformovanými v období od svrchní jury do spodní křídý a Vnější Karpaty, někdy nazývány jako externidy, jejichž deformace probíhala podél evropského předpolí během paleogénu a neogénu. Do Vnějších Západních Karpat zahrnujeme tzv. allochtonní bradlové pásmo, allochtonní neogenní předhlubeň, flyšové pásmo a vídeňskou pánev, která leží transgresivně na Vnitřních a Vnějších Karpatech. Tyto dvě odlišné oblasti rozděluje pieninské bradlové pásmo, které nese znaky obou těchto oblastí a dominuje zde jako primární sutura v Západních Karpatech. Bradlové pásmo strukturně představuje komplex sutur, podél kterých byly značné části oceánské a kontinentální litosféry subdukovány během konvergence ve svrchní Křídě a spodním Miocénu (Pícha et al., 2006).

Podloží Karpat na Moravě je tvořeno Českým masivem, který je součástí euroazijské desky. Náleží k hercynskému orogennímu pásmu a je budován svrchně prekambriickým teránem brunovistulika. Český masiv pokračuje velmi hluboko pod karpatskou předhlubeň a flyšové pásmo.

Flyšové pásmo je tvořeno tektostratigrafickými jednotkami, které byly utrženy od kořenové zóny a tlačeny přes neogenní předhlubeň a podložní euroasijskou desku. Flyšové pásmo je tvořeno hlavně klastickými sedimenty jurského až spodně miocenního stáří. Je budováno skupinami příkrovů uloženými nad sebou (Chlupáč et al., 2011).

Předpolí Západních Karpat zahrnující také části pohřbené pod flyšovým pásmem patří k západní euroazijské desce. Tato část se skládá převážně z prekambriických, kaledonských a hercynských teránů, které byly nasunuty ve svrchním paleozoiku a následně z části pokryty paleozoickými, mesozoickými a kenozoickými vrstvami. (Pícha et al., 2006).



Obrázek 1: Geologická mapa znázorňující rozložení Karpat. Upraveno od Píchy 2006.

2.1.1 Geodynamický vývoj Vnějších Západních Karpat

Alpský orogenní systém vznikl během procesů riftingu Pangei a otvírání Tethydních oceánských pánví, které dělily Euroasii od Afriky v období od svrchního paleozoika, mesozoika až do kenozoika. Během alpínského vrásnění došlo v zájmové oblasti k vývoji pasivních kontinentálních okrajů a následné subdukci oceánských pánví, kolizi kontinentů a formování

karpatského orogenního oblouku. Působením litoferických desek - západní a východní euroasijské, apulské, tizské a moezijské, dochází k výraznému ovlivnění vývoje karpatské oblasti v období mesozoika a kenozoika. Tyto desky patřily k Pangei, která vznikala ve svrchním karbonu působením hercynské orogeneze. V této době také končí konvergentní tektonická činnost v Moravskoslezské oblasti (Pícha et al., 2006).

Jedna z fází vývoje Východních Alp a Západních Karpat probíhala v období od svrchního permu až do spodního triasu. V této době dochází k odsouvání tizské desky od euroasijské a následnému otvírání Meliatsko - Halštatského oceánu. Proces riftingu a následného rozdělování Pangei se následně rozšířil přes celou oblast Vnitřních Karpat a během období spodní až střední jury dosáhl až do oblasti Vnějších Karpat. Díky tomuto procesu dochází k otvírání Peninicko - Pieninické oceánské pánve, dále k formování pasivních kontinentálních okrajů a ustálení spojení s centrálním Atlantickým riftovým systémem. Nově vytvořené kontinentální okraje byly charakteristické vývojem karbonátových plošin a interkontinentálních pánví. Ve střední až svrchní juře dochází k úplnému otevření Pieninické oceánské pánve. Ve spodní křídě dosahuje vrcholu proces divergence a subsidence v oblasti Vnějších Karpat. V této době zde dochází k významnému usazování černých břidlic a silicitů. Byl také prokázán extruzivní a intruzivní vulkanismus ve slezské pánvi (Pícha et al., 2006).

V oblasti jižní Moravy a severovýchodního Rakouska dochází v období jury k dalšímu riftingu, což vedlo k otevření hluboké prolákliny, která byla posléze vyplněna až do mocnosti kolem 2000 metrů jurskými a svrchně křídovými sedimenty, obsahujícími organické Malmské slánovce, dosahující mocnosti až 1500 metrů (Pícha et al., 2006).

V období nejsvrchnějšího triasu nebo nejspodnější jury dochází postupnou subdukcí Meliatsko - Halštatského oceánu pod tizskou desku ke konvergenčním procesům ve Vnitřních Karpatech. Poté dochází v období od svrchní jury až do spodní křídě u odvozených jednotek Meliatsko - Halštatského oceánu k deformaci, ohýbání, akreci a tato deformace zasahovala až do Peninicko - Pieninické oblasti Vnitřních Karpat. Deformace Vnitřních Karpat a jejich následná kolize s útržky okrajů evropského předpolí ve svrchní křídě znamenala počátek určité segregace sedimentačních oblastí Vnějších Karpat, které postupně přecházely divergentními fázemi s rifty a pasivními okraji až ke konvergentním fázím předpolních pánví a předhlubní. Postupně dochází k rozšiřování předpolních pánví podél oblastí Vnějších Karpat a přilehlých částí evropského předpolí. V jejich sedimentačním systému byla nejvíce zastoupena siliciklastická flyšová a molasová sedimentace. Od svrchní křídě do spodního miocénu převažovala hlubokovodní

flyšová sedimentace a od svrchního miocénu až pliocénu pokračovala pozdně orogenní a postorogenní mělkomořská a kontinentální sedimentace molasového typu (Pícha et al., 2006).



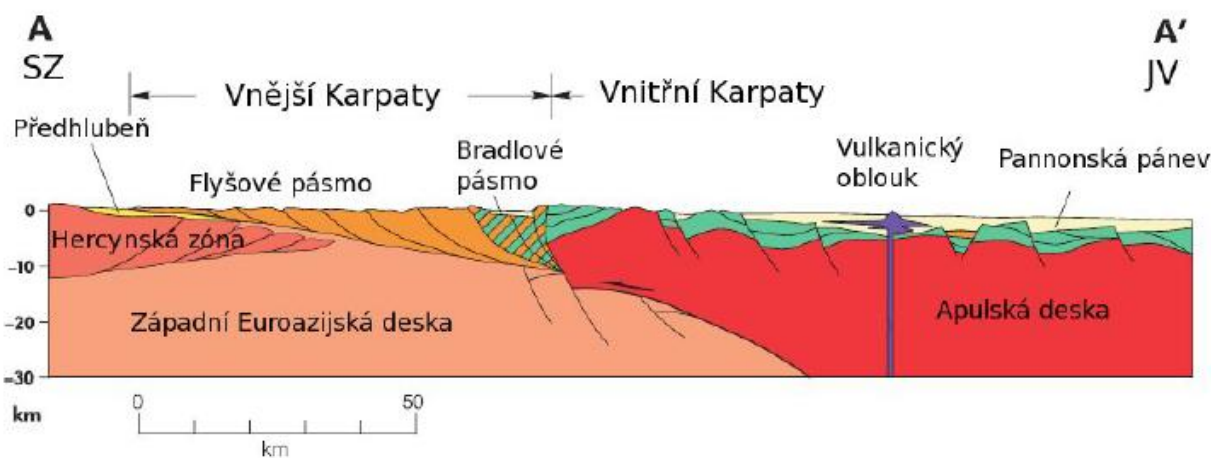
Obrázek 2: Geologická mapa znázorňující Alpsko - Karpatský orogenní systém. Upraveno dle Píchy, 2006.

2.1.2 Flyšové pásmo Západních Karpat

Flyšové pásmo je tvořeno tektonickými jednotkami, které jsou charakteristické svou příkrovovou stavbou a převahou flyšové sedimentace, což znamená rytmické střídání písčitých a jílovitých sedimentů mezozoického a terciárního stáří (Chlupáč et al., 2011). Karpatský oblouk Vnějších Západních Karpat je někdy popisován jako seskupení tenkých příkrovů utržených od podkladu, které jsou podél neogenní předhlubně a podloží západní Euroasijské desky intenzivně deformovány. Flyšové pásmo nezahrnuje pouze typické hlubokovodní turbiditní usazeniny, kde se střídá sedimentace břidlic a pískovců, ale také sedimentaci hemipelagickou, která je charakteristická pro pouzdřanskou, ždánickou a podslezskou jednotku (Pícha et al., 2006).

Flyšové pásmo zabírá východní část Moravy a Slezska. V oblasti flyšového pásma Karpat můžeme na charakter předjurského podloží usuzovat pouze podle valounů a bloků uložených v mladších vrstvách (Chlupáč et al., 2011). Flyšové pásmo představuje složitý příkrovový alochton, jehož sedimenty byly za horotvorných procesů koncem paleogénu a v miocénu

zvrásněny a přesunuty přes velkou vzdálenost k severozápadu v podobě "thin skinned" příkrovů na kratogenní předpolí (Stráník et al., 1993). Ve flyšovém pásmu Západních Karpat pokračovala mořská sedimentace od svrchní křídy do terciéru v podstatě bez přerušení, což znamená, že nedošlo ke změně rozložení flyšových trogů a elevací (Chlupáč, et al., 2011). Sedimentační období Vnějších Karpat zahrnuje části, které vznikaly během obou fází vývoje Alpské orogeneze a to jak divergentní tak konvergentní. Jurské až spodně křídové karbonátové a siliciklastické vrstvy, včetně některých hlubokovodních turbiditů jsou součástí předorogenních sedimentačních období divergentních okrajů. Tyto vrstvy jsou odkryty na povrchu u všech jednotek kromě jednotky slezské. O jejich charakteru a rozmístění je však známo pouze málo. Převážnou část sedimentace flyšového pásma tvoří synorogenní flyšové a molasové sedimenty s konvergentně tektonickým uspořádáním svrchně křídového až spodně miocenního stáří. V důsledku kolize Vnitřních Karpat s okrajem Severní Evropy v období svrchní křídy dochází ke změně od divergentního ke konvergentnímu tektonickému uspořádání. Přejít od divergentního rozhraní k aktivnímu konvergentnímu bylo způsobeno celosvětovou transgresí moře v období cenoman až turon (Pícha et al., 2006).



Obrázek 3: Řez znázorňující tektonické členění Karpat. Upraveno dle Píchy 2006.

Flyšové pásmo dělíme na dvě základní skupiny příkrovů - magurskou skupinu a vnější krosněnsko-menilitovou skupinu.

Vnější skupina příkrovů je tvořena tektonickými jednotkami pouzdřanskou, podslezskou, slezskou, předmagurskou a zdouneckou. Magurská skupina zahrnuje jednotky bělokarpatskou, bystrickou a račanskou. Jedná se o dílčí příkrovy, které jsou na sebe nasunuty od jihovýchodu a mají složitou stavbu (Stráník et al., 1993).

Mezi sedimenty těchto skupin můžeme vidět výrazné rozdíly. V Magurské skupině je sedimentace zastoupena mocnými polohami pískovců, zatímco se druhá skupina vyznačuje spíše jílovcovými uloženinami (Stráník et al., 1993). Podstatné rozdíly nastaly ve středním a svrchním eocénu, kdy jako důsledek pyrenejské orogeneze byla ukončena sedimentace v oblasti magurské skupiny příkrovů. S ukončením ukládání materiálu v prostoru magurské skupiny příkrovů je spjata transgrese tethydního moře na jihovýchodním okraji Českého masivu, kde poté vzniká nový sedimentační prostor pouzdřanské jednotky a po laramijském výzdvihu dochází také k ukládání autochtonního paleogénu. V oblasti vnější skupiny příkrovů vydržela sedimentace do konce oligocénu, popřípadě do spodního miocénu (Chlupáč et al., 2002).

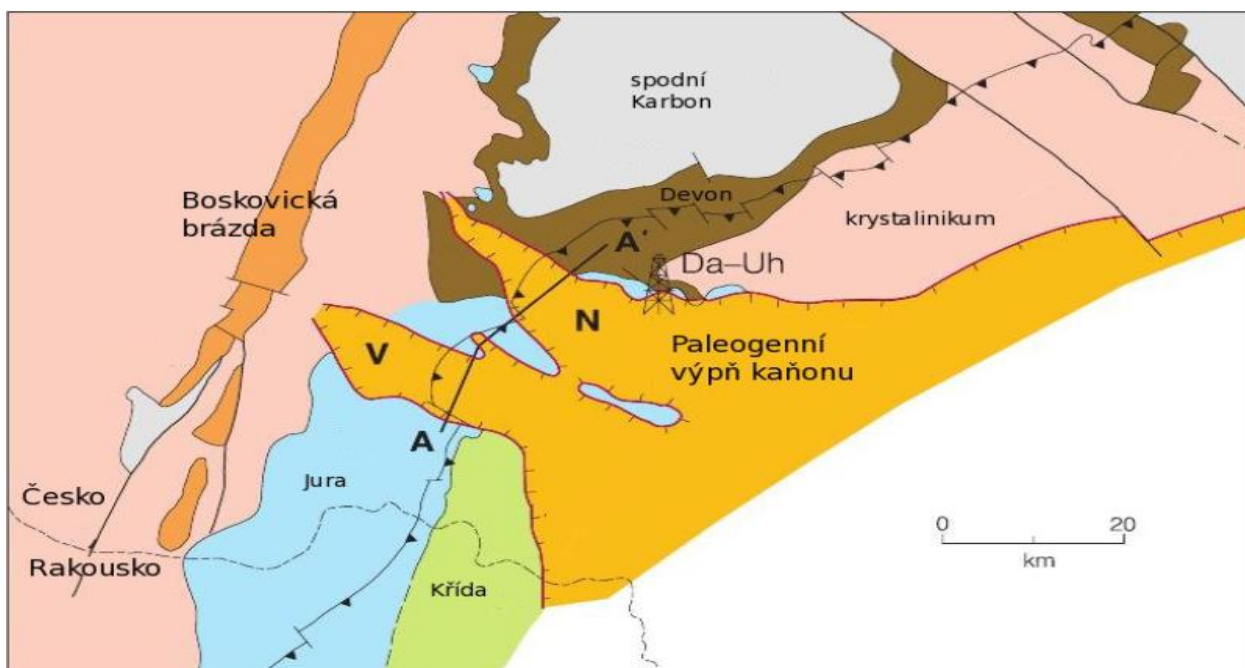
2.1.2.1 Autochtonní paleogén

Autochtonní paleogén na jižní Moravě je zastoupen hlavně sedimentární výplní dvou rozsáhlých paleoúdolí, které jsou pohřbeny pod neogenními sedimenty karpatské předhlubně a flyšovém pásmem (Pícha et al., 2006). Nesvačilský a Vranovický příkop jsou morfologické deprese erozního původu, které jsou zhruba kolmé k dnešnímu okraji jihovýchodních svahů českého masivu, jejíž podélná osa odpovídá přibližně linii Brno - Hodonín (Brzobohatý, 1994). Sedimentární výplň je tvořena především organicky bohatými laminovanými jílovcí a prachovci v rozmezí od několika stovek metrů až po 1500 metrů s podřadnými pískovci proximálních a distálních turbiditů. Určení stáří výplně bylo v celku obtížné a stalo se předmětem diskuzí, až na základě paleontologických důkazů Cicha a Holzknecht (1964) určili stáří autochtonního paleogénu na svrchní eocén a spodní oligocén (Pícha et al., 2006).

Vznik příkopové stavby je kladen do spodní jury kvůli spojení s riftovou alpínskou tektonikou, kdy se vytvořily obrovské poklesové zlomy. Tyto zlomy byly orientovány přibližně ve směru severozápad - jihovýchod a narušovaly i paleozoické a krystalinické podloží. Na svazích obou prohlubní dochází díky společnému působení tektoniky a eroze ke vzniku morfologicky výrazných bočních údolí, které často zasahují až do centrální části obou depresí. Na konci křídového období dochází při postupném výzdvihu Českého masivu k regresi senonského moře. Výrazné snížení erozní báze v tomto období vedlo k rychlé fluvialní erozi. Velmi rychlý vznik obou morfologických depresí je přičítán globální katastrofě, jako je pád kosmického tělesa, jež způsobilo rychlé snížení erozní báze v této oblasti (Brzobohatý, 1994). Nejsevernější okrajové facie karpatské předhlubně v paleogénu představuje sedimentární výplň paleoúdolí a jejich přilehlých šelfových sedimentů. Na základě nalezení stejně organicky bohatých facií v alpské molase a v oblasti Černého moře by se tyto sedimenty mohly rozprostírat po celé délce Karpatského oblouku (Pícha et al., 2006).

Z geomorfologického hlediska leží Vranovický a Nesvačilský příkop z větší části v oblasti Západních Karpat. Tyto příkopy se nachází v oblasti, kde probíhalo jak působení hercynského, tak alpinského orogenu. Hlavní část krystalinického podkladu obou příkopů tvoří Brunovistulikum, které není součástí hercynského orogenu, ale vytváří předpolí, které je kadomsky konsolidováno. Na toto předpolí byl poté nasunut právě hercynský orogen. Alpinská orogeneze je v oblasti příkopů zastoupena příkrovovými jednotkami Západních Karpat. Jedná se hlavně o jednotku pouzdřanskou a ždánickou. Před čelem těchto dvou jednotek se vytvořila karpatská předhlubeň vyplněná miocenními sedimenty (Brzobohatý, 1994).

Svou velikostí jsou Nesvačilský a Vranovický příkop přirovnávány ke Grand Kaňonu v Arizoně nebo k Hudsonskému podmořskému kaňonu, který se nachází na východním pobřeží severní Ameriky (Pícha et al., 2006). Nesvačilský a Vranovický příkop, nejsou jediná pohřbená paleoúdolí na Moravě. Další pohřbená údolí byla nalezena na severní Moravě, konkrétně se jedná o Dětmarovické a Bludovické paleoúdolí (Pícha, 1996). Oblast nesvačilského a vranovického příkopu je vedle oblasti Vídeňské pánve jedna z nejperspektivnějších ropoplynonosných částí Moravy. (Brzobohatý, 1994). Po pohřbení organicky bohatých vrstev paleogenních usazenin v období spodního miocénu dochází ke vzniku řady významných akumulací ropy a zemního plynu. Uhlovodíky postupně migrovaly do strukturních nebo stratigrafických pastí, které se v té době v oblasti jihovýchodní Moravy nacházely (Pícha et al., 2006). Psefiticko - psamitická tělesa, která se vyvinula uvnitř autochtonní výplně paleogenního stáří, představují potenciální ložiskové pastí, při jejichž plnění měl rozhodující roli laterální systém migrace uhlovodíků. Hlavní část migrace uhlovodíků nejspíše směřovala přes centrální depresi a boční údolí směrem do mělkých hloubek, kde byly postupně zachycovány ložiskovými pastmi (Brzobohatý, 1994).



Obrázek 4: Znárodnění nesvačilského a vranovického příkopu. Upraveno dle Píchy 2006.

2.1.2.2 Autochtonní výplň

Stratigrafický rozsah sedimentární výplně depresí v kaňonech ukázal, že je tato sedimentace paleogenního stáří. Sedimentace začíná ve spodním paleocénu a končí ve svrchním eocénu. Část sedimentace však probíhá až do spodního oligocénu, důkazy o tom se dochovaly na svahu nesvačilského údolí v blízkosti Uhřic.

Údolí, která vznikla, byla postupem času zaplavena mořem a následně vyplněna sedimenty paleogenního stáří. Transgrese trvala od spodního paleocénu až do svrchního eocénu. Podle svahové deformace a také zřejmě díky silným proudům je pravděpodobné, že v oblastech nesvačilského a vranovického příkopu docházelo k opětovné erozi, která dala údolím charakter kaňonu. Největší mocnosti paleogenních sedimentů byly navrtány na vrtu Klobouky 2. Jednalo se o mocnost 1600 metrů a z toho byla hrubozrnná klastika o mocnosti 300 metrů. Mořská transgrese byla velmi ovlivněna kolísáním mořské hladiny. Rychle se střídající poklesy a následné opětovné nadvzvednutí mořské hladiny způsobily vznik diskordancí uvnitř paleogenní výplně depresí. Během poklesnutí hladiny moře a následnému obnažení sedimentů, došlo k erozi nedostatečně zpevněných sedimentů. Sedimentace v době svrchního eocénu až spodního oligocénu je zastoupena převážně prachovitými jílovcí s velmi malou písčitou příměsí. V té době dosahuje mořská transgrese svého vrcholu. Na konci sedimentace v době spodního oligocénu došlo ke stržení svrchní části paleogenních sedimentů sunoucími se karpatskými příkrovy (Brzobohatý, 1994).

3 Charakteristika zájmové oblasti společnosti MND

3.1 Úvod

Ždánická ložisková oblast představuje jeden z největších ropoplynonosných regionů v oblasti svahů Českého masívu. Byla zde objevena ložiska ropy a plynu v stratigrafickém rozmezí od podložního krystalinika a devonu až po ložiska v miocénu. Uhlovodíky jsou zachyceny jak ve stratigrafických (litologických), tak ve strukturních pastech.

Geograficky se ložisko ždánických miocénních písků nachází v oblasti bývalých okresů Hodonín a Vyškov ve východní části Jihomoravského kraje. Oblast je součástí Dambořické vrchoviny, která spadá do Ždánického lesa. Reliéf je členitý, tvořen mnoha údolními a relativně ostrými hřbety. Zejména v jižní části pokrývají povrch rozsáhlé lesy. V území dochází k odvodňování drobnými potoky. Ve vyšších polohách ždánické elevace je umístěna většina průzkumných vrtů (Třasoň, 2012).

Nejstaršími horninami, tvořícími autochtonní podklad, jsou granitoidy. Granitoidní masív Ždánického lesa je západním pokračováním brněnského plutonu. Na západních svazích krystalinika ždánické elevace, v jejím středu a v rašovické depresi došlo k zachování autochtonního spodního miocénu. Ždánická flyšová jednotka pokrývá prakticky celou oblast ždánické elevace o mocnosti přibližně 700 až 1400 metrů. Je do ní zahrnuto podmenilitové, menilitové a ždánicko-hustopečské souvrství. Podmenilitové souvrství je tvořeno převážně jílovci, které plní funkci těsnění pro podložní propustné horniny (Dohnal, 1991, 1992a, 1992b, 1992c).

Krystalinikum vytváří ve ždánické oblasti tři morfologické elevace. Nejzápadnější část ždánické elevace je tvořena krystalinickým masívem a zbytky v devonu sedimentovaných vápenců, které jsou pozůstatkem souvislého pokryvu devonské sedimentace. Na svazích nejzápadnější a prostřední elevace se vyskytují pelity a klastika, které jsou součástí autochtonních sedimentů spodního miocénu. Nejvýchodnější elevace představuje elevaci krystalinického podloží, na kterou přímo nasedá flyšový příkrov (Třasoň, 2012).

3.2 Geologická stavba zájmové oblasti

Regionálně je ložisková oblast ždánické elevace členěna na mouřínovskou část rašovické deprese, mouřínovskou elevaci, oblast kloboučky, kloboučskou část rašovické deprese a oblast Ždánice-miocén. Předneogenní podloží spadá do brunovistulika a je tvořeno granitoidy

a sedimentárním obalem paleozoického stáří, který je tvořen denudačními relikty klastik typu old-red a devonskými karbonáty. Granitoidní masív tvoří v oblasti nepravidelnou elevaci, táhnoucí se ve směru Z-V tvořenou dílčími vyvýšeninami a sníženinami. Střední část a západní část ždánické elevace jsou obklopeny autochtonními sedimenty spodního miocénu (jílovce a pískovce sedimentované v období spodnomiocenní mělkovodní sedimentace) (Řehánek, 1993, Řehánek, 1994).

Podložní krystalinikum je tvořeno převážně granitoidy brunovistulika, jejichž petrografické složení se pohybuje mezi granodiority, křemennými diority až diority povětšinou amfibolicko-biotitickými až bioticko-amfibolickými. Tato hornina má špinavě šedobílou barvu, je středně až nepravidelně zrnitá (Dudek, 1978).

V důsledku předpokládané intenzivní tektonické činnosti jsou granitoidy brunovistulika hojně rozpukané a místy přecházejí až do mylonitů. Makroskopicky lze také pozorovat častou hematizaci a epidotizaci, která je hydrotermálního původu. Karbonatická výplň puklin je zastoupená převážně kalcitem a to formou tenkých žil a žilek. Povrchové partie fundamentu jsou místy značně navětralé (zejména v elevačních polohách). V některých partiích byla vrtnou činností prokázána poloha zvětralého krystalinika o mocnosti až téměř 15 m (Třasoň, 2012). Z důvodu intenzivní tektonické činnosti došlo k rozčlenění krystalinického fundamentu na řadu hydrodynamických bloků, které tvoří s nejvyšší pravděpodobností samostatná hydrodynamicky oddělená ložisková tělesa (Dohnal, Cejpek, 1986, Dohnal, Cejpek, 1999).

V období devonu byla oblast brunovistulika z velké části pokryta sedimenty devonského stáří. Během dlouhého období mesozoika a paleogénu došlo ke značné erozi a krasovému zvětrávání devonských vápenců. Probíhalo také zařezávání říčních koryt do podložního fundamentu a jeho intenzivní erozi. Z toho důvodu došlo na většině postiženého území k naprosté denudaci devonských karbonátů. Tyto sedimenty jsou tvořeny nepříliš mocnou polohou křemenných klastik, zastoupených převážně slepenci, které nejsou místy vůbec vyvinuty. Šedé až černošedé karbonáty prošli místy intenzivní tektonickou činností a krasověním. Jsou zastoupeny celou škálou hornin, od přechodných karbonátů po dolomity až po velmi čisté vápence (Třasoň, 2012).

V období spodního miocénu až karpátu došlo k výrazným změnám. V době před mořskou transgresí probíhající v miocénu se ždánická oblast i s rašovickou depresí nacházela ve vyvýšené strukturní pozici. Tuto vyvýšenou pozici si oblast udržela i během nasouvání karpatských příkrovů ve spodním miocénu (Buchta, Dohnal, 1993). Po ukončení sedimentace transgresivních

klastik v období karpátu dochází v oblasti rašovické deprese ke vzniku brakické laguny a následnému vytvoření slaných jezer, močálů a bažin (Salaj, 1994). Můžeme se domnívat, že v době jejich sedimentace byla oblast Ždánického lesa oblastí ostrovů a oblastí mezi soušemi byly pokryty rozsáhlými přímořskými bažinami. V oblasti těchto ostrovů dochází také k usazování mělkovodních klastických sedimentů. Převážnou část sedimentace během karpátu tvoří proměnlivě prachovité a slabě vápnité až nevápnité šedé pelity s polohami pískovců. Mocnost miocénních sedimentů dosahuje v této oblasti cca 30 až 80 m. Můžeme říci, že dochází k vykliňování, případně vysliňování písčitých hornin. Specifickým rysem je facie intraformačního slepence v jihovýchodní části oblasti, obsahující kromě silně převažujících valounů pelitů, patřících mezi sedimenty karpátu, též valouny pelitů ze ždánické jednotky (Dohnal et al., 1995).

Sedimenty karpátu jsou poté překryty příkrovem ždánické jednotky, který je tvořen pelity ve spodní části a polohami pelitů a prachovců ve svrchní části. V zájmové oblasti dosahuje Ždánická jednotka mocnosti přibližně 700 až 1 000 metrů. Masa sunoucího se příkrovu ždánické jednotky ovlivnila jak fundament, tak sedimenty karpátu. O působení tohoto procesu svědčí tektonicky ohlazené sedimenty karpátu. Můžeme také říct, že touto činností mohlo dojít ke snížení mocností sedimentů karpátu, nebo k lokálnímu úplnému shrnutí fundamentu příkrovem. Sedimenty příkrovu ždánické jednotky jsou také tektonicky postiženy (Třasoň, 2012).

3.3 Geologická stavba ložiska

Spodnomiocénní vrstvy jsou uloženy na krystaliniku a víceméně kopírují jeho stavbu, tudíž je tvar a trend rozšíření jednotlivých spodnomiocénních těles podmíněn tvarem předterciérního povrchu. V některých případech tělesa přímo nasedají na podloží a tvoří s ním společný hydrodynamický celek. Ložisko v troskách devonských karbonátů je hydrodynamicky propojeno s 1. kloboučským obzorem a také ložisko bloku krystalinika 5 - východ a střed jsou vzájemně propojeny s 2. kloboučským obzorem a tudíž tvoří s největší pravděpodobností ložiskový celek.. Tělesa nenedávající přímo na krystalinické podloží tvoří z velké části čočkovité struktury. Kolektorskou horninou miocénních ložiskových těles uhlovodíků jsou pískovce, hrubozrné pískovce až bazální slepence sedimentované v období karpátu. Jejich hydrodynamická izolovanost je zajišťována zejména pelity karpátu (Třasoň, 2012).

3.4 Ložiskové struktury

Ždánická oblast je jeden z nejrozsáhlejších ropoplynonosných regionů v oblasti svahů českého masívu. Výskyt přírodních akumulací uhlovodíků byl zjištěn ve stratigrafickém rozmezí

od prekambria po spodní miocén. V krystaliniku kromě ložiska Ždánice-krystalinikum I nebyly zatím nalezeny průmyslově využitelné akumulace uhlovodíků a to z důvodu vysoké hustoty aviskozity ropného média. Velké množství ropoplynových ložisek bylo zjištěno v sedimentech spodního miocénu, jedno ložisko v sedimentech devonu. Spodnomiocénní obzory tvoří ložiska malá jednosondová, ale také velké ložiskové celky, které patří k významnějším ložiskům této oblasti. Ložiska miocénního stáří se dále rozdělují podle ložiskového média a to na plynonosná, ropná a ve většině případů ropoplynonosná. Co se týká ložiskových pastí jsou uhlovodíky akumulovány ve dvou typech pastí - strukturních a startigrafických (litologických). Nejvíce jsou zastoupeny litologické pasti a většina ložisek je omezena vyslíněním kolektoru. Ždánické miocénní struktury můžeme rozdělit do 24 menších i větších samostatných ložiskových objektů, které mají nezávislý hydrodynamický režim (Třasoň, 2012).

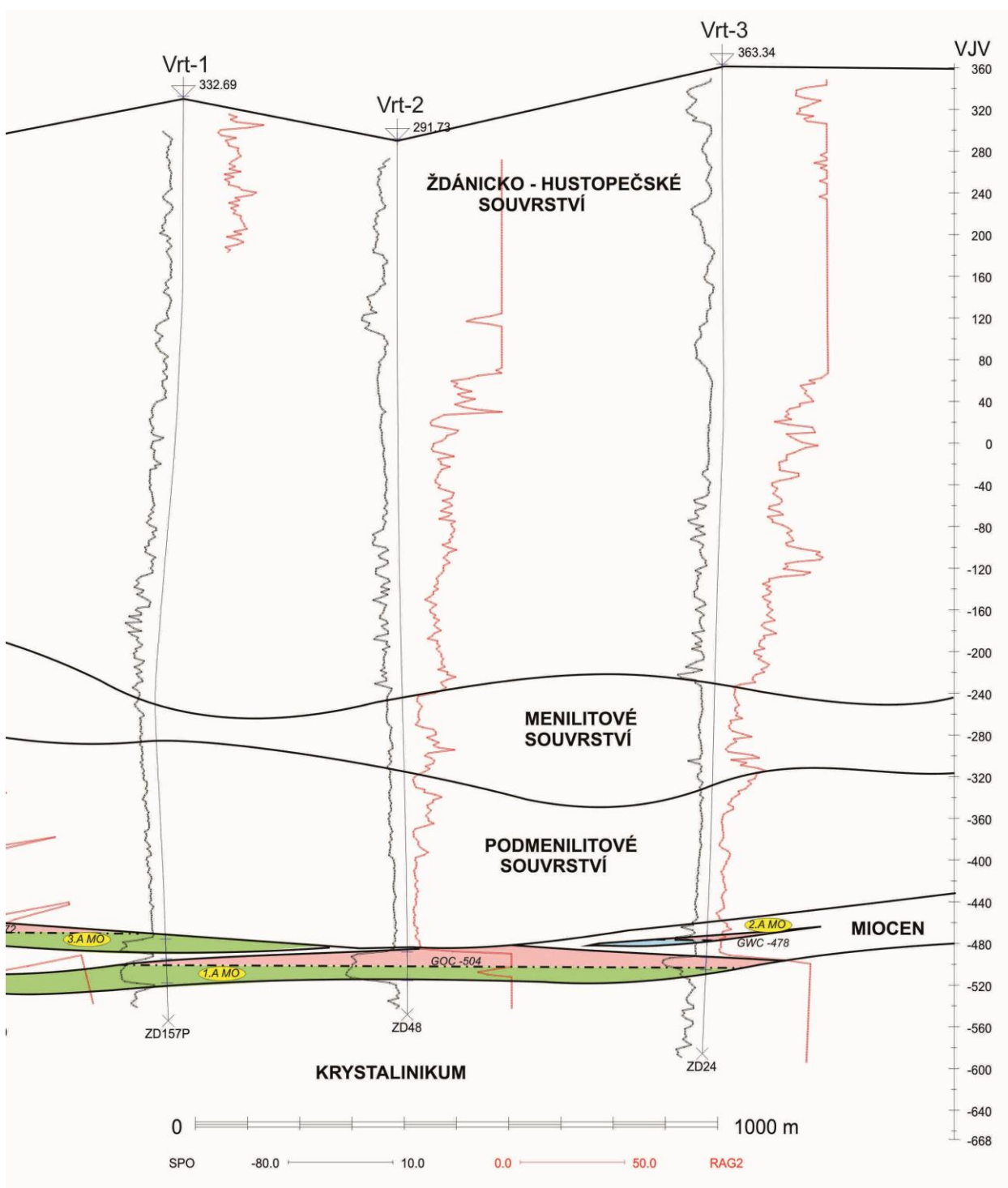
3.5 Ložiska oblasti s plánovaným využitím polymerů

První nález uhlovodíků v oblasti Ždánice - miocén byl proveden vrtem roku 1977 vrtem Ždánice - 13. Po tomto objevu následovala hustá síť průzkumných vrtů, která dala relativně přesnou představu o geometrii jednotlivých ložiskových celků. Oblast Ždánice-miocén se dělí na několik obzorů a to na 1.a miocénní obzor, 1.b miocénní obzor, 2.a miocénní obzor, 2.b miocénní obzor, 2.-3. miocénní obzor a 3.a miocénní obzor (Třasoň, 2012).

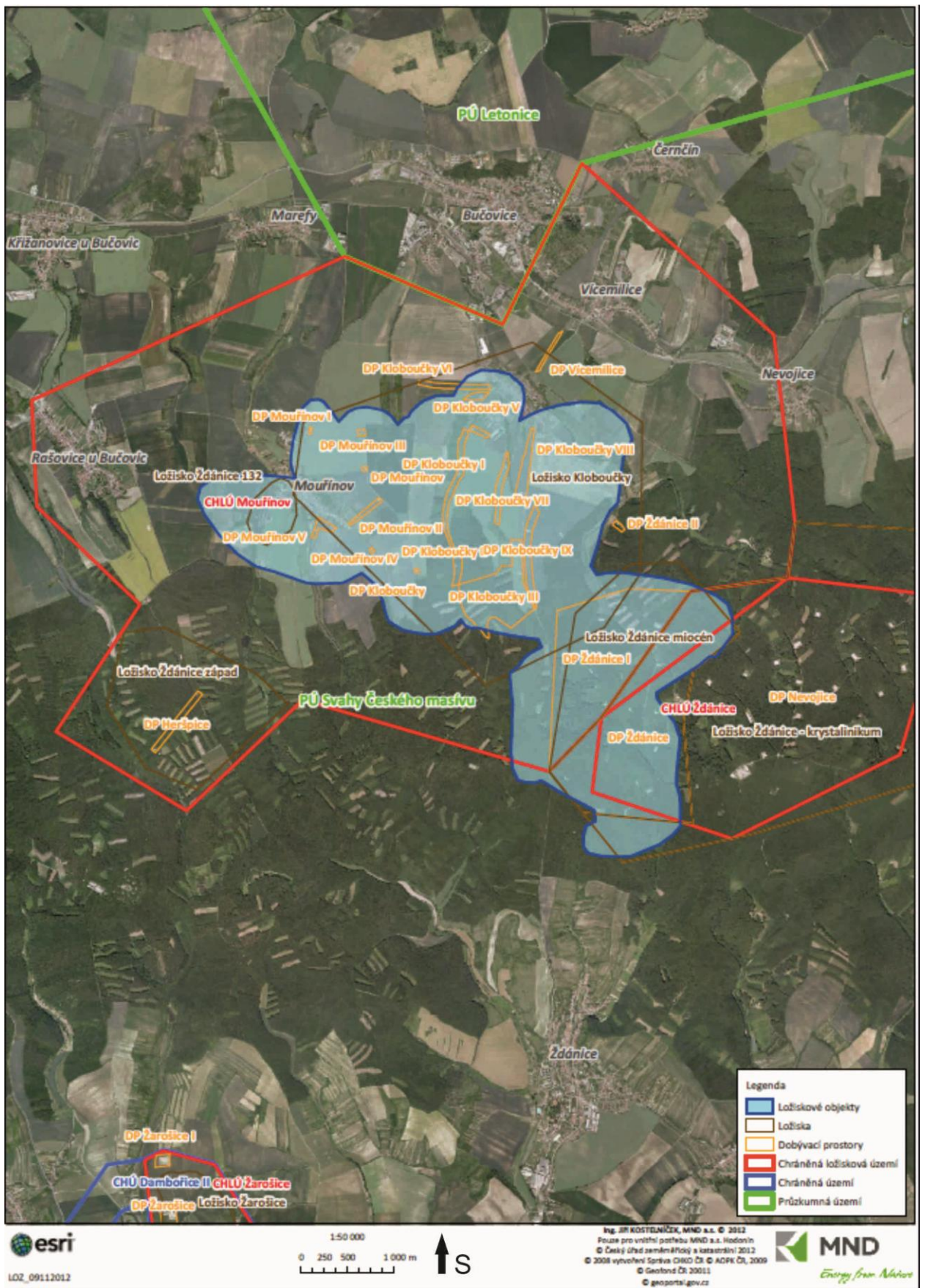
3.5.1 1.a miocénní obzor

V tomto obzoru je v současné době plánováno využití terciérní těžební metody pomocí vtlačení polymerů. Obzor byl dříve interpretován jako součást 1. miocénního obzoru, který nasedá přímo na krystalinické podloží. 1.a miocénní obzor je ropoplynové těleso. Z těžby je prokázáno, že 1.a miocénní a 1.b miocénní obzor vzájemně nekomunikuje. V 1.a miocénním obzoru se těží ropa o vyšší viskozitě. Z petrografického hlediska můžeme tento obzor charakterizovat jako těleso bazálního slepence ležícího na svazích podložního krystalinika a vyplňující jeho povrchové nerovnosti. Sedimenty obzoru jsou tvořeny klasty krystalinika, což způsobuje problém při rozlišení obzoru a podloží. Litologicky je tvořen středně až hrubozrnným vytříděným pískovcem, uvnitř kterého jsou místy vyvinuty provápnělé lávky o mocnosti do 0,5 metrů. Klastika tvoří především plážový písek, který sem vnikl po transgresi miocénního moře. Tento písek je tvořen reziduem z jílovitých a prachovitých částic, které vznikaly erozí podložních granitoidních hornin. Produktivní část 1.a miocénního obzoru leží v rozmezí strukturních hloubek cca 495-515 metrů. Počáteční etáž plynonosnosti činila cca 20 metrů a roponosnosti cca 15 metrů. Kontakt ropa-plyn byl na základě karotáže stanoven na hladinu

- 504 metrů. Celková mocnost obzoru se pohybuje od 4 do téměř 28 metrů (Třasoň, 2012).



Obrázek 5: Řez s vrty v oblasti Ždánic. Upraveno dle Třasoň 2012.



Obrázek 6: Mapa oblasti Miocenních písků. Převzato od Kostelníček 2012.

4 Legislativa

Polymer využívaný pro těžbu uhlovodíků patří mezi chemické látky a je definován takto: Polymer je dle čl. 2 bodu 11. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 1272/2008 ze dne 16.12.2008 látka, která se skládá z molekul charakterizovaných sekvencí jednoho nebo více typů monomerních jednotek. U těchto molekul musí existovat rozdělení podle molekulové hmotnosti, přičemž rozdíly v molekulové hmotnosti jsou primárně způsobeny rozdíly v počtu monomerních jednotek. Polymer obsahuje:

- a) prostou hmotnostní většinu molekul obsahujících nejméně tři monomerní jednotky, které jsou kovalentně vázány alespoň k jedné jiné monomerní jednotce nebo jinému reaktantu;
- b) méně než prostou hmotnostní většinu molekul stejné molekulové hmotnosti.

V souvislosti s touto definicí se "monomerní jednotkou" rozumí zreagovaná forma monomeru v polymeru.

Každá chemická látka a její využívání a manipulace s ní je značně ovlivněna legislativou České republiky a Evropské unie. Mezi zákony ovlivňující chemické látky patří: Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, Předpis č. 350/2011 Sb. - Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých dalších zákonů a jeho prováděcí předpisy, Vyhláška č. 383/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady, Předpis č. 59/2006 Sb. - Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými látkami nebo chemickými přípravky, Předpis č. 185/2001 Sb. - Zákon o odpadech a změně některých dalších zákonů, Předpis č. 254/2001 Sb. - Zákon o vodách a o změně některých dalších zákonů, Předpis č. 258/2000 Sb. - Zákon o ochraně veřejného zdraví, Předpis č. 167/2008 Sb. o předcházení ekologické újmě a o její nápravě a o změně některých zákonů.

Při práci s chemickými látkami je nejdůležitější oznámit vše příslušným úřadům a nakládat s nimi podle daných zákonů. Podle § 22 Chemického zákona č. 350/2011 Sb. ze dne 27.10.2011 je dovozce nebo následný uživatel, který jako první uvádí na trh Evropské unie na území České republiky směs, která má nebezpečné fyzikálně chemické vlastnosti nebo nebezpečné vlastnosti ovlivňující zdraví, je povinen do 45 dnů ode dne, kdy tuto směs poprvé uvedl na trh, poskytnout Ministerstvu zdravotnictví informace o jejím vlivu na zdraví včetně

informací o jejím úplném složení a fyzikálně-chemických vlastnostech v elektronické podobě a v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem. V projektu je plánované využití polymeru s obchodním názvem Flopaam 3330 S. Flopaam 3330 S není nebezpečnou látkou (viz. příloha 1 Bezpečnostní list), proto tato povinnost odpadá. Podle čl. 1 § 44a zákona o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. ze dne 14.07.2000 je nakládáním s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky jejich výroba, dovoz, vývoz, prodej, používání, skladování, balení, označování a vnitropodniková doprava a podle čl. 2 je při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky každý povinen chránit zdraví lidí a životní prostředí a řídit se výstražnými symboly nebezpečnosti, standardními větami označujícími specifickou rizikovost a standardními pokyny pro nebezpečné zacházení podle zvláštních právních předpisů. Flopaam 3330 S není nebezpečnou látkou (viz. Příloha 1 Bezpečnostní list), proto tato povinnost odpadá.

4.1 Bezpečnostní list

Bezpečnostní list je "rodný" list každé chemické látky. Vydává ho výrobce, případně dovozce do zemí Evropské unie. Je nedílnou součástí dokumentace povinně předávané zákazníkům a s jeho obsahem musí být seznámeni všichni ti kdo budou s danou látkou manipulovat. Tento list je souhrn identifikačních údajů o výrobcu nebo dovozci, údajů o nebezpečné látce nebo přípravku a údajů potřebných pro ochranu zdraví osob a životního prostředí. Díky tomuto listu by měli všechny osoby manipulující s chemickými látkami přijímat příslušná opatření týkající se ochrany zdraví a bezpečnosti při práci.

4.2 Využití na území České republiky

Při používání jakékoliv chemické látky na území České republiky je nutné vždy získat povolení pro manipulaci s touto látkou. Každá nebezpečná látka spadá do nařízení REACH a musí tedy být registrována v Helsinkách u Evropské agentury pro chemické látky, která následně vydává povolení pro manipulaci s nebezpečnými látkami.

Ve čl. 40 bodu 1. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 1272/2008 ze dne 16.12.2008 je uvedeno co vše je oznamovatel povinen hlásit u látek podle čl. 39. Vzhledem k tomu, že se hlásí látky podléhající registraci nebo látky nebezpečné a Flopaam 3330 S nepatří mezi tyto látky (viz. příloha 1 Bezpečnostní list) tato povinnost odpadá.

4.2.1 REACH

REACH je nejdůležitějším nařízením Evropské unie v souvislosti s chemickými látkami. Je to nařízení o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals). Vstoupilo v platnost 1. června 2007 a nahradilo asi 40 starých právních předpisů. REACH klade na průmysl větší odpovědnost za kontrolu rizik, která mohou chemické látky představovat pro zdraví a životní prostředí. Toto nařízení se vztahuje na všechny chemické látky: nejen na chemické látky využívané v průmyslových procesech, ale i v našem každodenním životě, například na čisticí prostředky, nátěrové hmoty i na předměty, jako jsou oděvy, nábytek a elektrospotřebiče. REACH je nařízení, které stanovuje způsoby registrace, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, které se vyrábí nebo dováží na evropský trh ve množství přesahujícím 1 tunu. V rámci nařízení REACH je vydávána kandidátská listina látek vzbuzujících mimořádné obavy (SVHC Candidate List). Jedná se o látky karcinogenní, mutagenní, toxické pro reprodukci, toxické, perzistentní nebo biokumulativní, vážné nebo nevratně ohrožující životní prostředí, lidské zdraví nebo hormonální systém (www1).

4.2.2 ECHA

ECHA - European Chemistry Agency je Evropská agentura pro chemické látky. Její sídlo je v Helsinkách a její hlavní náplní je sledovat a vynuocovat dodržování nařízení REACH ve prospěch lidského zdraví a životního prostředí. Tato agentura se také snaží docílit toho, aby se používané nebezpečné látky nahradili méně nebezpečnými. Každý výrobce chemických látek v Evropské unii, případně dovozce je nucen tuto agenturu informovat a registrovat si u ní vyráběnou látku. Dohlíží také na dodržování stanov CLP, PIC a BPR. Stanovy CLP ukládají povinnost označování a balení chemických látek v souladu s tímto nařízením, které je nyní jednotné pro celou Evropskou unii a umožňuje pracovníkům lépe a srozumitelněji se seznámit s látkou se kterou manipulují. BPR se zabývá biocidními přípravky jako jsou repelenty a dezinfekční prostředky a PIC informuje členské státy pokud má být na jejich území dovážena jakákoliv nebezpečná látka (www2).

4.3 Využití polymeru v praxi

Při práci s jakoukoliv látkou je potřeba postupovat podle bezpečnostního listu, aby nedošlo k újmě na zdraví nebo ekologické újmě. Aby nedošlo k porušení zákona musí všichni pracovníci tyto pokyny znát. Při práci je nejdůležitější používat osobní ochranné prostředky, aby se předešlo vzniku zranění. Mezi tyto ochranné pomůcky patří maska s filtrem v místech kde

dosahuje koncentrace prášku hodnotu 10 mg.m^{-3} , gumové rukavice, ochranné brýle s bočním krytím a zástěra odolná proti chemikáliím nebo ochranný oblek v případě nebezpečí rozstříku nebo opakovanému styku s roztokem. Při manipulaci s tímto polymerem je nezbytné dodržovat zásady správné hygieny. Pokud přece jenom dojde ke kontaktu pracovníka s polymerem musí každý kdo s ním manipuluje znát pokyny pro první pomoc, které jsou následující:

- Při vdechnutí vynést postiženého na čerstvý vzduch a v případě symptomů ihned vyhledat lékařskou pomoc.
- Při styku s kůží omýt mýdlem a vodou a v případě podráždění vyhledat lékařskou pomoc.
- Při styku s okem je nutné důkladně vypláchnout oči i pod víčkem velkým množstvím vody a vyhledat lékařskou pomoc.
- Při požití vypláchnout ústa vodou, nevyvolávat zvracení a v případě symptomů vyhledat lékařskou pomoc.

Důležité je také správné skladování. Tento typ polymeru musí být skladován na suchém místě při teplotách od -40°C do $+50^{\circ}\text{C}$. Při náhodném úniku nejsou vyžadována žádná zvláštní opatření na ochranu osob. Stejně jako u ostatních chemikálií nesmí být látka vpuštěna do povrchových vod. Důležité je látku nespřachovat vodou, ale okamžitě zamést nebo vysát. Při požáru se tento polymer může hasit vodou, rozprášenou vodou, pěnou, práškem i oxidem uhličitým. Při použití jako hasiva vody vytváří roztoky nebo navlhlé prášky extrémně kluzký povrch nicméně nejsou pro hasiče vyžadovány žádné speciální ochranné pomůcky (viz. příloha 1 Bezpečnostní list).

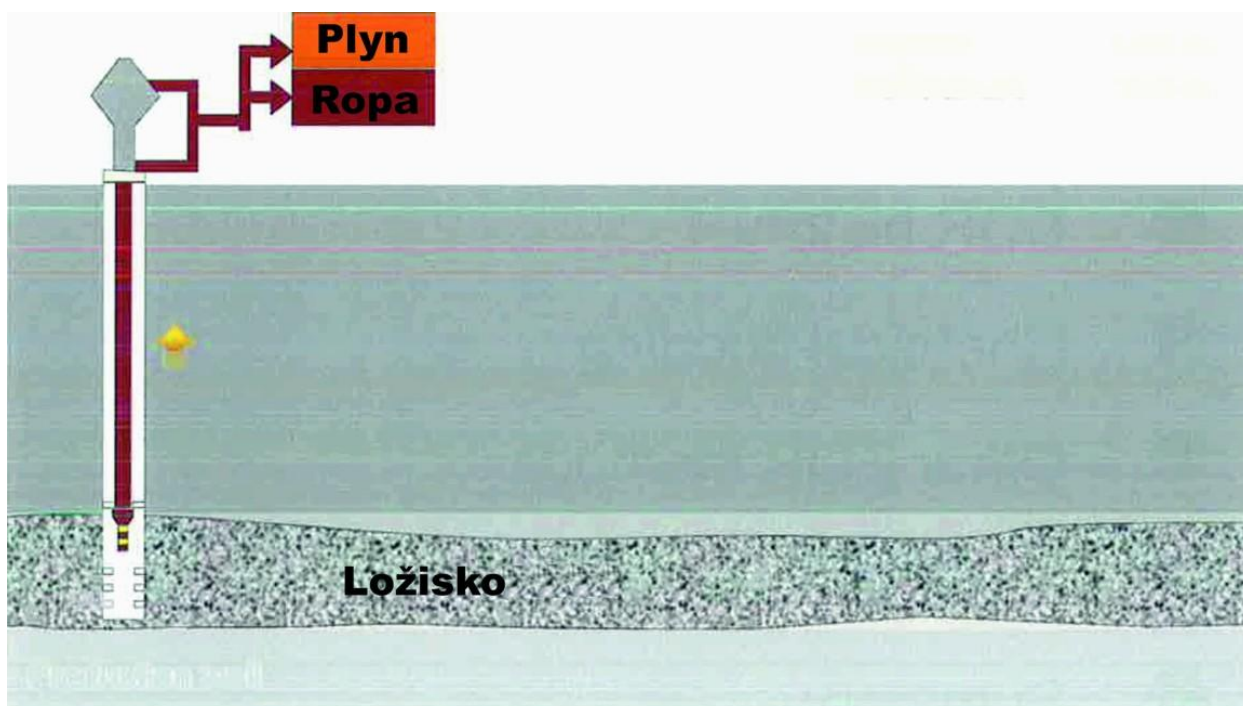
Při použití polymeru za účelem těžby dojde po určité době k těžení ropy, která bude obsahovat i tento polymer společně s ložiskovou vodou. Po odseparování vody s polymerem od ropy je možné tuto směs opět použít při vtláčení, protože polymer nepatří mezi nebezpečné látky, tudíž se nejedná o nebezpečný odpad.

5 Druhotné a terciérní těžební metody

V současnosti získáváme více jak 85 % celosvětové energie z fosilních paliv. Ropa se zemním plynem patří mezi nejžádanější a tudíž také nejdůležitější z fosilních paliv. V závislosti na typu ložiska můžeme těžbu ropy rozdělit na 3 základní stupně a to primární, sekundární a terciérní. Primární vytěžitelnost ropy se ve většině případů pohybuje pouze mezi 20 % - 40 % z celkového množství geologických zásob ropy v ložisku. Pomocí aplikace některých ze sekundárních (druhotných) nebo terciérních ("třetí" v pořadí) těžebních metod na ložisku můžeme zvýšit jeho vytěžitelnost. Druhotné a terciérní těžební metody jsou často v zahraniční literatuře souhrnně označovány zkratkou EOR neboli Enhanced Oil Recovery (Bujok et al., 2006).

5.1 Primární těžba

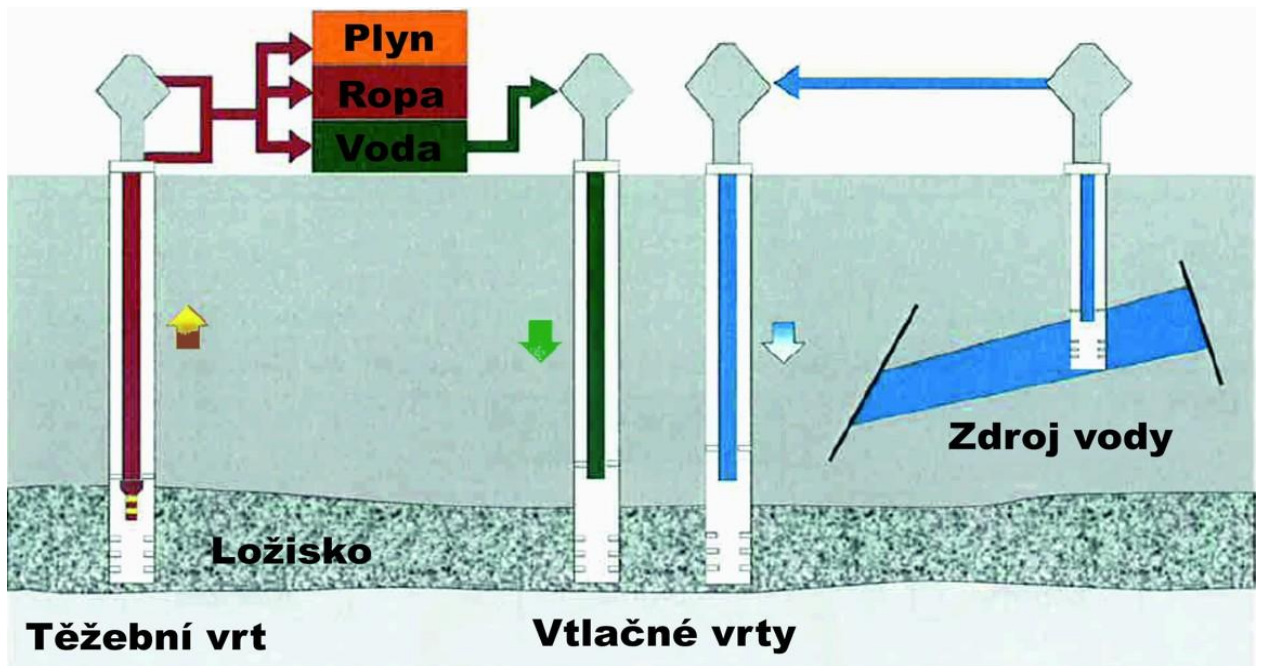
Při primární těžbě dochází po navrtání ložiska k samovolnému toku ropy směrem k těžební sondě. Tento samovolný tok může být způsoben například expanzí kapaliny nebo horniny uvnitř ložiska, prouděním plynu, přítokem vody z okolí, plynovou čepicí v ložisku nebo tokem způsobeným gravitací. Nedochozí proto při těžbě k vyhloubení vtačného vrtu, kterým by do ložiska bylo vtlačeno nějaké médium, které by napomáhalo toku ropy (Sheng, 2010).



Obrázek 7: Schéma znázorňující Primární těžbu. Upraveno podle Kleinitz 2013.

5.2 Sekundární těžba

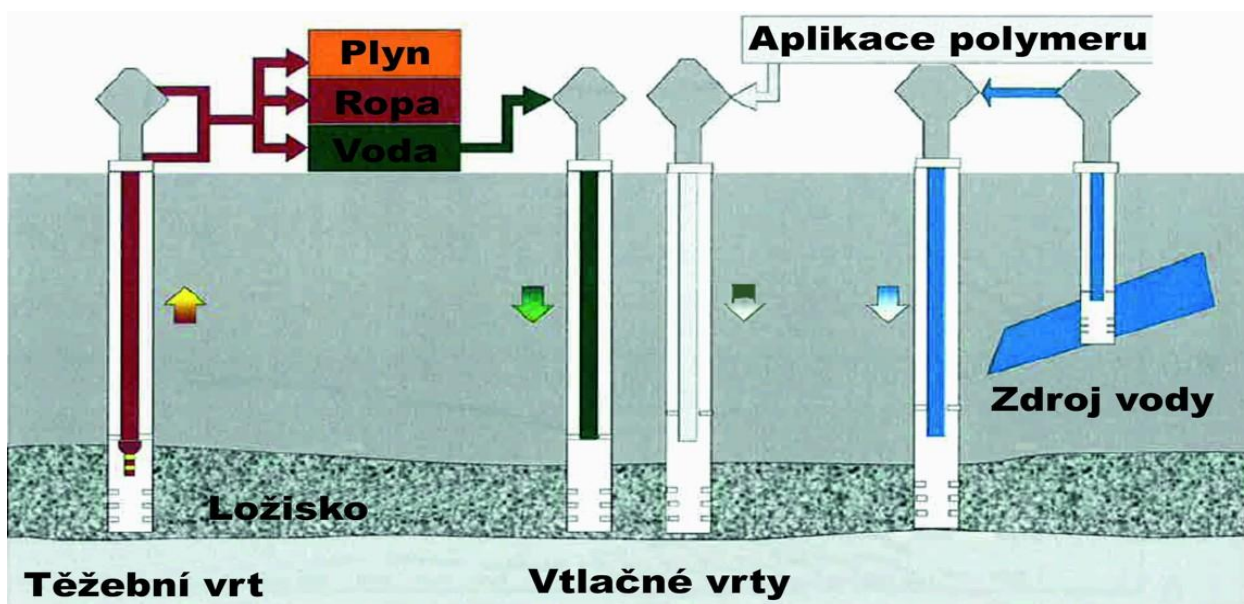
Po ukončení samotkové těžby může dojít k aplikaci některé z druhotných těžebních metod. Při využití sekundárních těžebních metod je vyhlouben vtláčný vrt, kterým je do ložiska vtlačena voda, ať už ložisková nebo povrchová, nebo zemní plyn. Hlavním účelem této činnosti je buď udržení tlaku v ložisku, nebo vytěsňování ropy směrem k těžebnímu vrtu (Sheng, 2010).



Obrázek 8: Schéma znázorňující Sekundární těžbu. Upraveno podle Kleinitz 2013.

5.3 Terciérní těžba

Cílem této těžby je zvětšení přítoku "zbytkové" ropy, která nebyla vytěžena během primární nebo sekundární těžební fáze. Pro tento druh těžby se dá využít velká škála různých způsobů. Pro jakýkoliv způsob musí být vybudována potřebná povrchová technologie, která se liší u každé metody.



Obrázek 9: Schéma znázorňující Terciérní těžbu pomocí vtláčení polymeru. Upraveno podle Kleinitz 2013.

5.4 Terciérní těžební metody

Mezi terciérní těžební metody patří například zatlačení "neuhlovodíkových" plynů do ložiska (například CO_2 , dusíku, spalných plynů), LPG metoda (zkapalněný zemní plyn nebo propan), aplikace rozšířených zavodňovacích metod (zatlačení vody upravené povrchově aktivními látkami, polymery, nebo jinými chemickými činidly), využití tepla pro snížení viskozity ropy (podzemní spalování, vtláčení páry, nebo horké vody), případně využití metabolické činnosti anaerobních bakterií (Bujok et al., 2006). Satter et al., (2008) rozdělil terciérní těžební metod na termální, chemické a tzv. mísitelné.

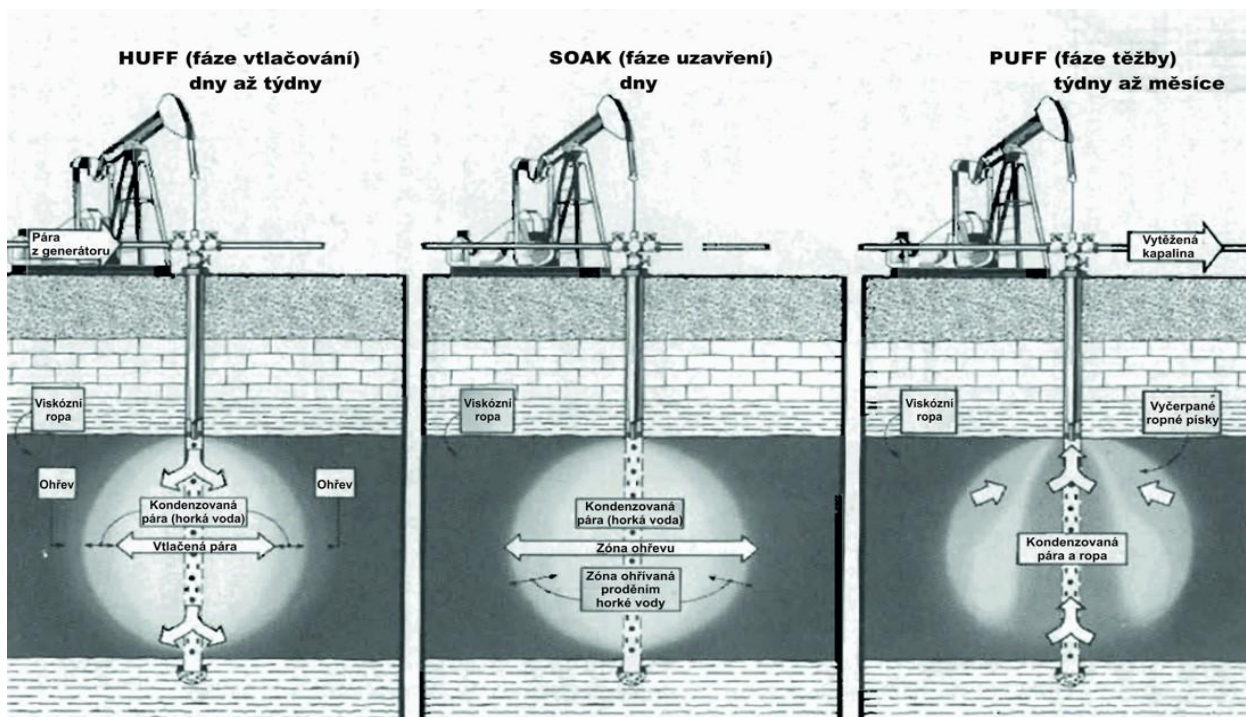
5.4.1 Termální metody

Tyto metody se využívají u ložisek, která obsahují ropy o vysoké viskozitě a proto dochází k velmi malé vytěžitelnosti použitím primárních a sekundárních těžebních metod. U některých ložisek jsou termální metody jedinou možností jak zvýšit jeho vytěžitelnost.

Základním principem těchto metod je snížení viskozity ropy v ložisku pomocí jejího zahřátí. Termální metody zastupují asi 60% ze všech tercierních těžebních metod (Satter et al., 2008).

5.4.1.1 "Huff and Puff" metoda

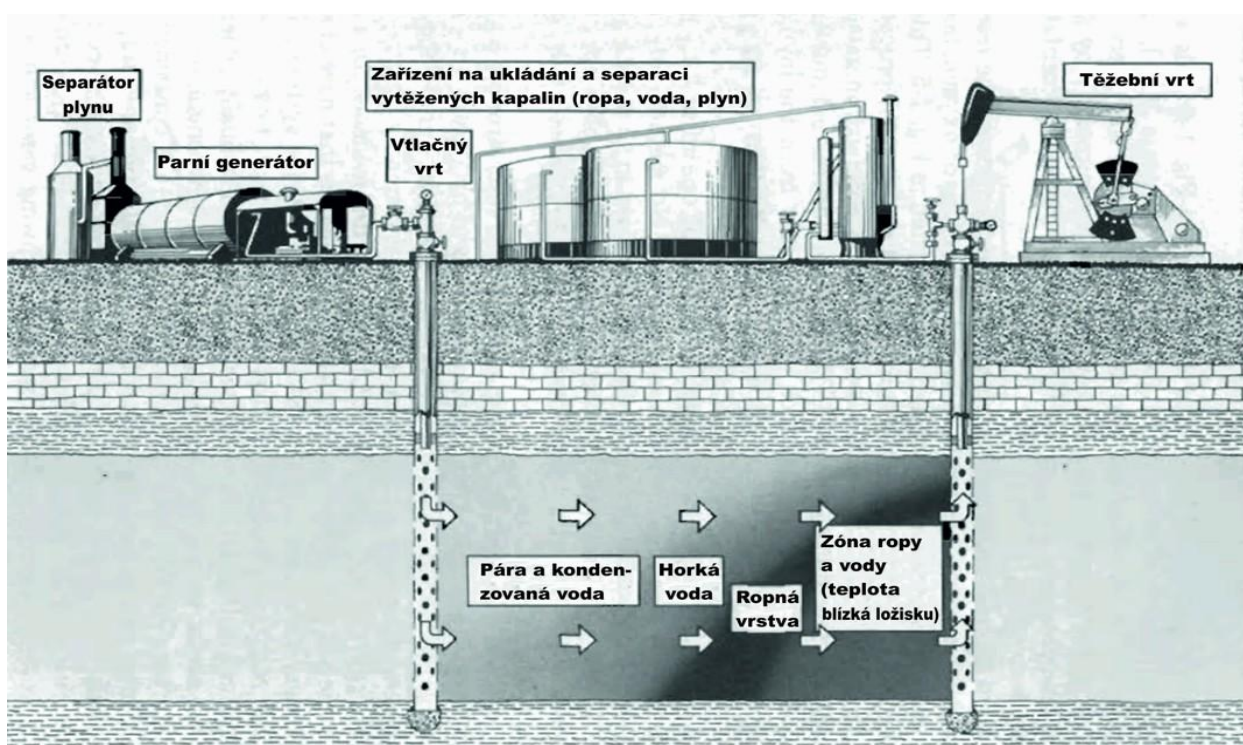
"Huff and Puff" je nejúspěšnější a také nejpoužívanější termální metoda. Pro využití této metody se využívá pouze jedna sonda a generátor páry. Tato metoda se dělí na 3 fáze a každá z nich trvá různě dlouhou dobu. Během fáze vtlačení ("Huff") je do ložiska vtlačena pára, která má ohřát ropy. Tato fáze trvá několik dnů až týdnů. Poté následuje fáze uzavření ("Soak") během které dochází k cirkulaci páry a horké vody v ložisku a ohřívání ropy, která dojde s párou do kontaktu. Tato fáze trvá několik dnů. Poslední je fáze těžby ("Puff") během které dochází k proudění ropy k sondě vlivem gravitace, snížení tlaku a dalších mechanismů. Tato fáze může trvat týdny až měsíce a po jejím skončení se celý proces opakuje dokud je těžba ekonomicky výhodná (Satter et al., 2008).



Obrázek 10: Schéma znázorňující "Huff and Puff" metodu. Upraveno dle Donaldson 1985.

5.4.1.2 Proudění páry

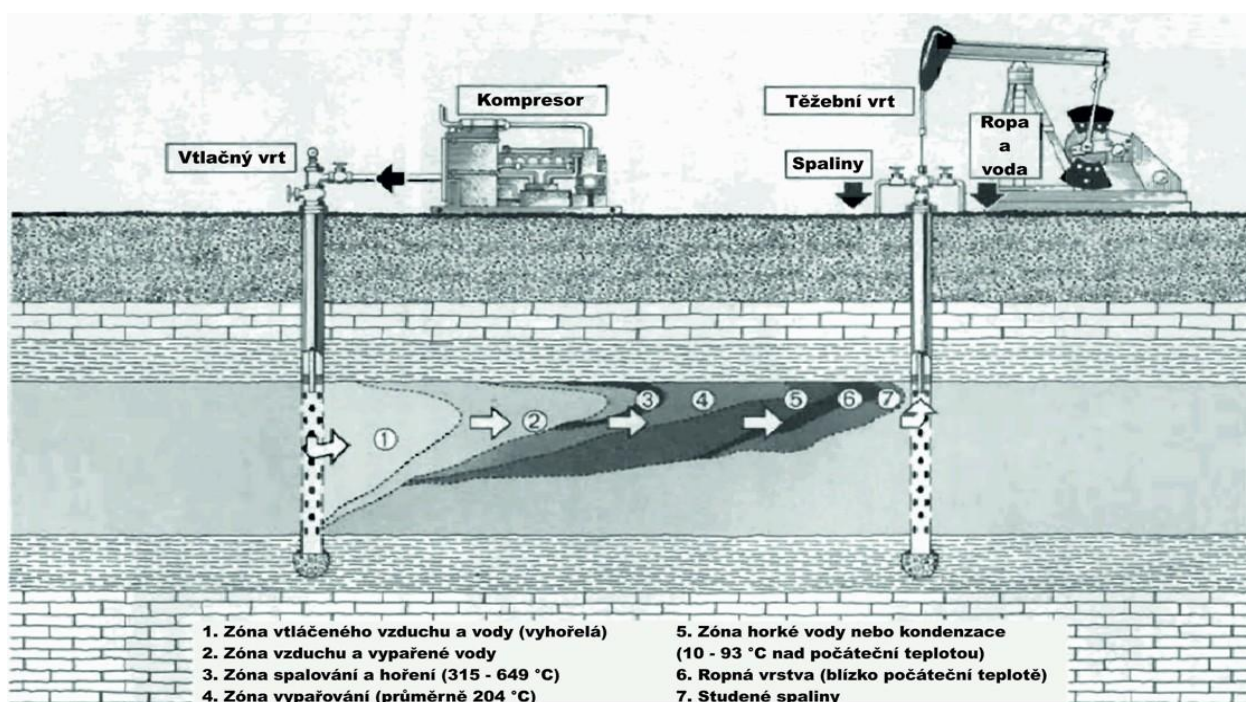
U této metody se využívá proudění páry, která je vtlačena do ložiska vtláčnou sondou. Vtláčená pára může obsahovat až 20 % vody. Po vtláčení páry dojde k jejímu rozložení po celém ložisku a následně pomalému ochlazování a zkapalnění na horkou vodu. Před horkou vodou se utvoří vrstva ropy, která je dále tlačena směrem k těžebnímu vrtu u kterého dochází k jejímu odčerpávání a následné separaci (Satter et al., 2008). Podle Donaldson et al., (1985) dochází k vytěsnění ropy díky kombinaci 3 faktorů. Při použití páry dochází k tepelnému uvolnění ropy z ložiskových písků, snížení její viskozity a následnému tlačení ropy díky tlaku směrem k těžebnímu vrtu.



Obrázek 11: Schéma znázorňující terciérní metodu pomocí proudění páry. Upraveno dle Donaldson 1985.

5.4.1.3 Vnitřní spalování

Při využití této metody dochází k zapálení části ropy uvnitř ložiska. Ropa je zapálena u vtláčeného vrtu a poté dochází k vtláčení kyslíku k podpoře hoření a vytvoření dostatečně vysoké teploty, aby došlo k vytěsnění ropy směrem k těžebnímu vrtu. Nevýhodou této metody je že při ní dochází ke spálení přibližně 10 % ropy z celkového množství v ložisku a také to, že se k těžebnímu vrtu dostává s ropou také horká voda, spaliny a pára (Satter et al., 2008). Podle Donaldson et al., (1985) může tento proces probíhat dokud není vypálená zóna natolik velká, že už není technicky nebo ekonomicky možné vtláčet do ložiska vzduch.



Obrázek 12: Schéma znázorňující terciérní metodu pomocí vnitřního spalování. Upraveno dle Donaldson 1985.

5.4.2 Mísitelné metody

U těchto metod se využívá toho, že při zatláčení plynu dochází k promíchání plynu s ropou. Poté dochází ke snížení povrchového napětí mezi těmito látkami což umožní vytěsňování ropy (Satter et al., 2008).

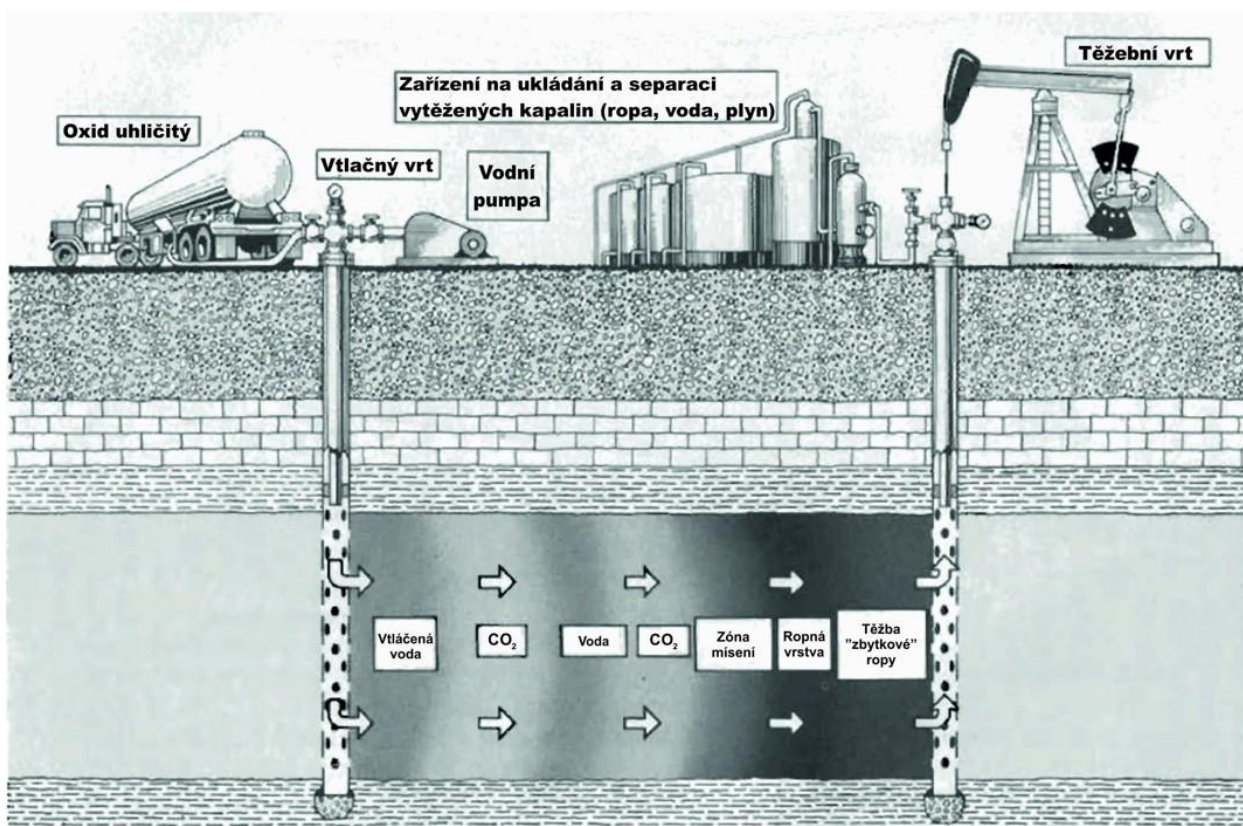
5.4.2.1 Zatláčení uhlovodíků

Terciérní těžební metoda pomocí zatláčení uhlovodíků z nichž je nejčastěji používané LPG. Při této metodě dochází k zatláčení například propanu, který je následován ještě "chudším" plynem. Při této metodě se také někdy využívá dalšího procesu přidáním vtláčení vody ke

zlepšení pohyblivosti obou plynů (Satter et al., 2008). Donaldson et al., (1985) uvádí, že musí být tato metoda prováděna v dostatečné hloubce kvůli vysokému tlaku a teplotě.

5.4.2.2 Zatláčení CO₂

Při využití této metody dochází k zatláčení velkého množství CO₂ vtláčným vrtem do ložiska. Pro správné působení této metody je důležitý tlak a teplota v ložisku. Při kontaktu s ropou, CO₂ způsobí to, že ropa zvětší svůj objem a sníží tak svou viskozitu. Někdy se využívá také zatláčení vody pro zlepšení pohyblivosti plynu. Při těžbě poté dochází k těžbě jak ropy a CO₂, ale také vody (Satter et al., 2008). Donaldson et al., (1985) uvádí 3 způsoby využití CO₂. Při vysokém tlaku se využívá samotný plyn pokud nejsou podmínky tak příznivé dochází buď ke vtláčení vody dohromady s plynem, nebo střídání zatláčení plynu a vody. Uvádí také, že ložisko musí být ve hloubce minimálně 760 metrů, jinak by mohlo dojít k narušení nadloží kvůli použití vysokého tlaku u této metody. Před použitím této metody se také využívá zatláčení vody před plynem kvůli minimalizaci nákladů.



Obrázek 13: Schéma znázorňující terciérní metodu omocí oxidu uhličitého. Upraveno dle Donaldson 1985.

5.4.2.3 Zatláčení dusíku nebo spalin

Zatláčení dusíku nebo spalin se využívá samostatně spíše sporadicky. Ve většině případů se používají jako doprovodný "chudší" plyn při využití metody zatláčení uhlovodíků nebo CO₂. Tyto metody se využívají spíše tehdy pokud situace umožňuje vyvinutí většího tlaku v ložisku, protože obě média jsou vcelku levná a lze jich tedy využít velké množství (Satter et al., 2008).

5.4.3 Chemické metody

Při aplikaci chemických neboli rozšířených zavodňovacích metod se využívá zatláčení "upravené" vody do ložiska. K úpravě vody se používají polymery, povrchově aktivní látky nebo látky alkalické, případně jakákoliv jejich kombinace. Pro využití této metody je důležité znát podmínky panující v ložisku kvůli výběru vhodné látky. Výsledné parametry namíchané emulze jsou důležité pro následnou kontrolu pohyblivosti látky uvnitř ložiska (Sheng, 2010).

5.4.3.1 Alkalické látky

Využitím alkalických látek z důvodu rozšířených zavodňovacích metod se rozumí zatláčení chemických látek jako je hydroxid sodný, křemičitan sodný nebo uhličitan sodný. Tyto látky poté reagují s ropou a v důsledku toho vznikají povrchově aktivní látky. Tyto látky se nejčastěji využívají v pískovcích, protože karbonáty mohou obsahovat anhydrit nebo sádrovec, které na sebe alkalické látky vážou. Tyto látky se také vážou na jíly, křemík a další minerály. Nejčastěji k tomu dochází při zvyšující se teplotě (Satter et al., 2008).

5.4.3.2 Využití povrchově aktivních látek

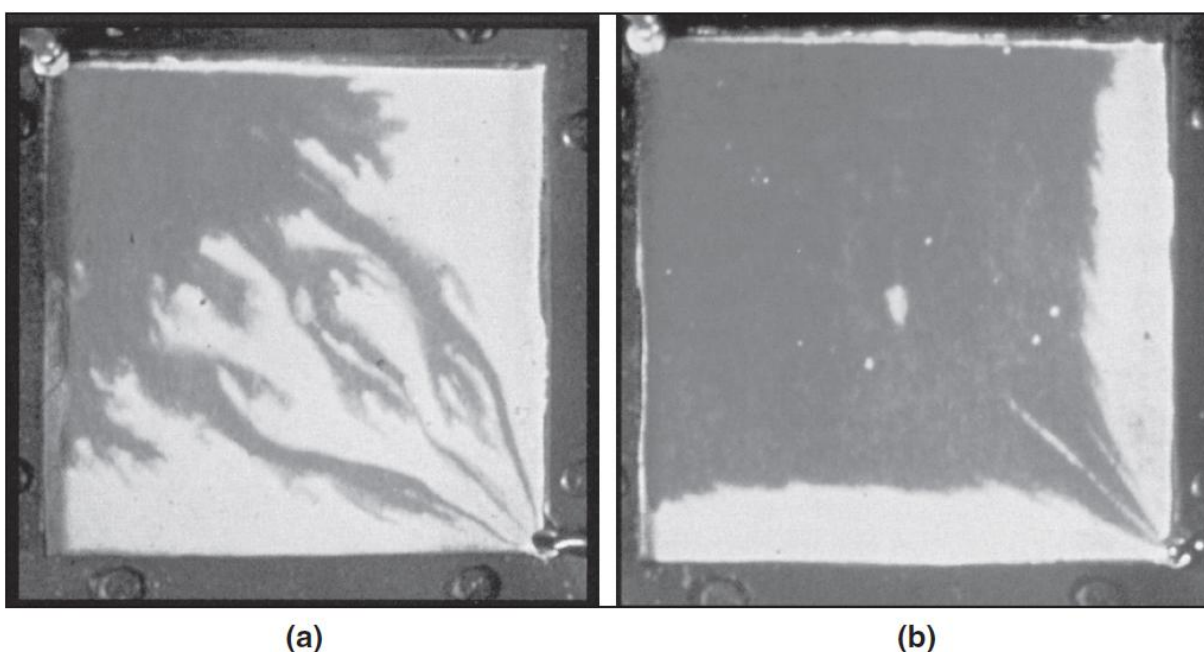
Povrchově aktivní látky se většinou využívají v kombinaci s polymery. Pokud se využívají samostatně dochází k zatláčení vody, povrchově aktivních látek, elektrolytu (sůl), rozpouštědla (většinou alkohol) a ropy (Satter et al., 2008). Podle Donaldson et al., (1985) je hlavní úlohou povrchově aktivních látek snížit povrchové napětí mezi vodou a ropou.

5.4.3.3 Polymery

Při použití polymeru dochází k jeho smíchání s vodou a následnému zatláčení do ložiska. Polymery se využívají při velmi nízkých koncentracích. Polymery zvyšují viskozitu vody a snižují její pohyblivost a mají velký dosah v ložisku (Satter et al., 2008).

Proces kontroly pohyblivosti je založen především na zachování příznivé pohyblivosti s cílem zlepšit účinnost vytěsnění ropy. Tato účinnost by během terciární těžby měla být zvýšena právě přidáním některé z výše uvedených látek. Obrázek 14 ukazuje makroskopicky viditelné

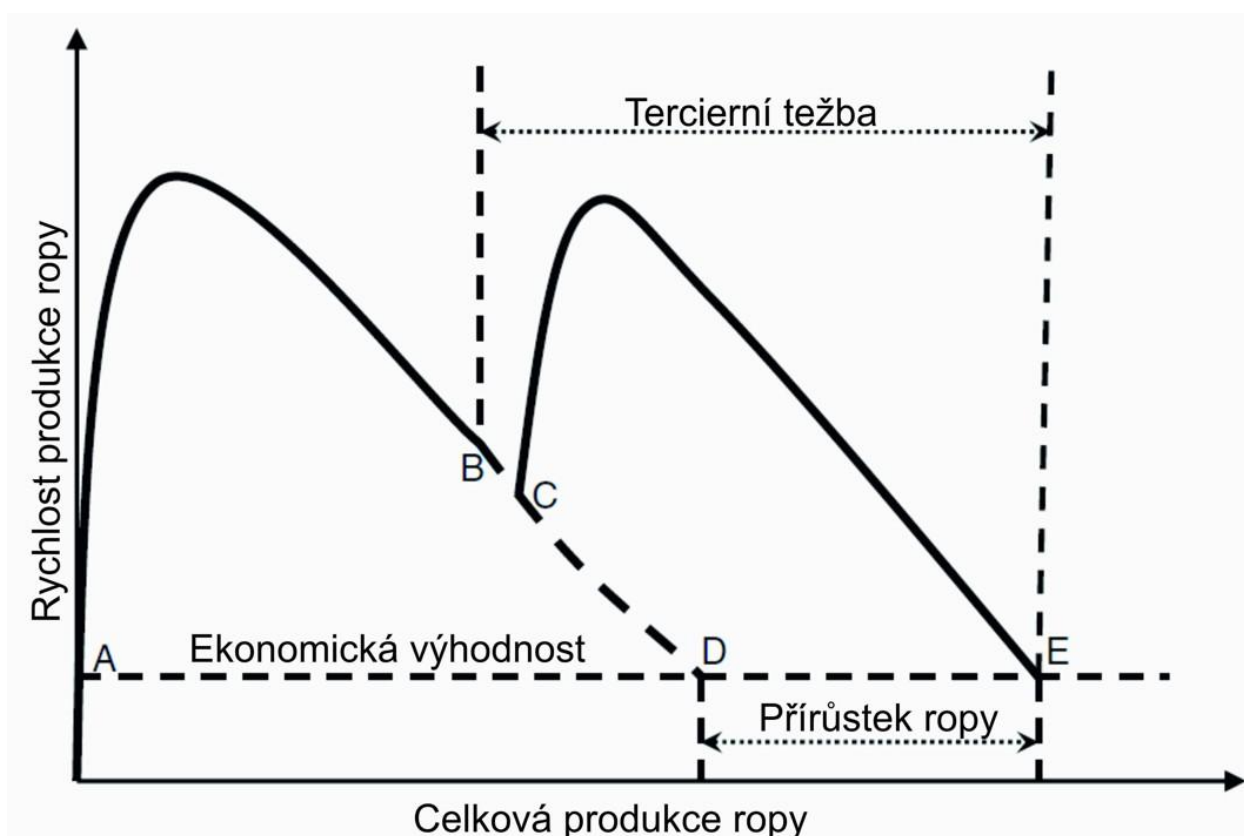
zvýšení účinnosti vytěsnění ropy při aplikaci polymerového roztoku a pouze vody. Snímek (a) ukazuje vytěsnění za použití vody, kdy tmavou barvou je vidět voda a světlou ropa. Při použití vody k vytěsňování ropy dochází u vody k tvorbě tzv. jazyků - voda se šíří přednostně a nedochází tedy k tak efektivnímu vytěsňování ropy. Obrázek (b) ukazuje vytěsňování ropy pomocí polymerového roztoku. Polymerový roztok je opět tmavou barvou. U polymerového roztoku můžeme pozorovat velmi efektivní vytěsnění ropy. Kontrola pohyblivosti látky je úzce spojena s každým chemickým procesem. Dalším důležitým faktem pro využití polymeru je zvýšení propustnosti během vodní fáze a následné aplikaci povrchově aktivních látek (Sheng, 2010).



Obrázek 14: Schematické znázornění vytěsnění ropy pomocí vody (a) a pomocí polymerového roztoku (b). Převzato od Sheng 2010.

5.5 Hodnocení výkonnosti druhotné a terciární těžební metody

Běžně využívaným měřítkem pro hodnocení úspěšnosti druhotné a terciární těžební metody je zvýšení vytěžitelnosti. Schéma obrázku 15 ukazuje zvýšení vytěžitelnosti po aplikaci druhotné nebo terciární metody těžby. Produkce ropy od B do C je období přechodné odvozené těžby a písmeno D zahrnuje celkové množství ropy podle předpokládané výtěžnosti bez aplikace druhotných a terciárních těžebních metod. Časové rozmezí mezi B a C je způsobeno přechodem na druhotné nebo terciární těžební metody. Celkové množství ropy znázorněné písmenem E zahrnuje celkovou výtěžnost po ukončení těžby pomocí druhotných nebo terciárních těžebních metod. Rozdíl mezi písmeny D a E a tedy rozdílné množství vytěžené ropy udává právě zvýšená vytěžitelnost (Sheng, 2010).



Obrázek 15: Schéma znázorňující zvýšení vytěžitelnosti aplikací druhotné nebo terciární těžební metody. Upraveno dle Sheng 2010.

Při využití terciární těžební metody je většinou zvýšení vytěžitelnosti razantnější než při využití druhotné těžební metody. Vytěžitelnost využitím druhotných a terciárních těžebních metod je tedy zvýšená vytěžitelnost, která je rozdělaná mezi přírůstek vytěžitelnosti a původní množství ropy v ložisku. Někdy se pro výpočet zvýšení vytěžitelnosti pomocí terciárních

těžebních metod používá místo původního množství ropy ropa zbytková po druhotné těžební metodě (Sheng, 2010).

5.6 Důležité parametry při využití terciérních těžebních metod

Při jakékoliv těžbě jsou důležité podmínky panující uvnitř ložiska k vybrání a použití správné metody těžby. Obzvláště to platí při využití terciérní těžební metody. Existuje mnoho parametrů, které mohou tento způsob těžby ovlivnit. Mezi významné činitele patří:

- typ ložiska,
- teplota v ložisku
- složení ropy a její viskozita,
- salinita ložiskové vody
- propustnost ložiskové horniny(Sheng, 2010).

5.6.1 Typ ložiska

Doposud byla naprostá většina terciérních těžebních metod využita v ložiscích téměř výhradně pískovcových. Proběhlo jen velmi málo projektů, kdy byla těžba pomocí terciérních těžebních metod využita ve vápencových ložiscích. Jedním z důvodů je, že povrchově aktivní látky se velmi vážou na karbonáty. Dalším důvodem je, že karbonáty často obsahují anhydrit, který způsobuje srážení a tím také velkou spotřebu alkálií obsažených v roztoku. Podobně nevhodným je jííl, který stejně jako karbonáty na sebe váže ve velké míře jak povrchově aktivní látky tak polymery. Z tohoto důvodu musí být obsah jíilu v ložisku nízký (Sheng, 2010).

5.6.2 Složení ropy a její viskozita

Složení ropy a její viskozita je jedním z nejdůležitějších faktorů při využití terciérních těžebních metod, především při využití povrchově aktivních látek. Při využití polymerů je toto kritérium důležité, ale není nejpodstatnější, protože polymery mají větší rozsah viskozity. Nicméně je důležité znát složení ropy a viskozitu pro výběr správné metody. Podle Taber et al. (1997a, 1997b) by měla být viskozita ropy méně jak 35 mPa·s pro využití alkalických a povrchově aktivních látek, zatímco pro polymery je možná viskozita ropy od 10 mPa·s do 150 mPa·s. Podle Sorbie (1991) je při využití polymerů horní hranice 30 mPa·s a maximální hranice 70 mPa·s. Čínské projekty uvádí využití polymerů při viskozitě v průměru 20 mPa·s a jako horní hranici uvádějí 90 mPa·s. V současnosti probíhá výzkum polymerů pro využití při vyšších viskozitách (Sheng, 2010).

5.6.3 Salinita ložiskové vody

Salinita ložiskové vody je jedním ze základních faktorů při využití povrchově aktivních látek a polymerů. Většina dodavatelů látek potřebných pro terciérní těžební metodu udává, že jejich výrobky mohou být použity i při vysokém obsahu soli v ložiskové vodě. Většinou však byla terciérní těžební metoda využita spíše v ložiscích s nízkou koncentrací soli (Sheng, 2010). Ve většině Čínských projektů byla salinita ložiskové vody v hodnotách pod 10 000 ppm. Al-Bahar et al. (2004) uvádí jako maximální hranici salinity ložiskové vody 50 000 ppm.

5.6.4 Teplota ložiska

Podle Taber et al. (1997a, 1997b) by měla být teplota uvnitř ložiska při využití terciérních těžebních metod nižší jak 93°C. Při využití alkalických a povrchově aktivních látek v projektech o kterých se zmiňuje je průměrná teplota 27°C. Někteří dodavatelé látek, které se využívají při terciérní těžbě uvádí, že polymery mohou být použity až do teploty 120°C. Maximální teplota kdy byli v Číně využity terciérní těžební metody je 80°C (Sheng, 2010). Podle Al-Bahar et al. (2004) je hranice 70°C. Sorbie (1991) uvádí jako horní hranici při využití polymerů 80°C a jako maximální hranici 95°C.

5.6.5 Propustnost ložiskové horniny

Při využití terciérních těžebních metod je vysoká propustnost hornin důležitým faktorem. Při využití polymerů tím nejdůležitějším. Při nízké propustnosti vzniká problém při vtláčení a následnému pohybu kapaliny prostředím (Sheng, 2010). Podle Taber et al. (1997a) je nejnižší možná hranice propustnosti na 10 mD. Uvádí také, že propustnost u jejich projektů při využití alkalických a povrchově aktivních látek je 450 mD, zatímco při využití polymerů je to 800 mD. V projektech v Číně, kde se využívají terciérní těžební metod se propustnost pohybuje v rozmezí 100 - 1000 mD.

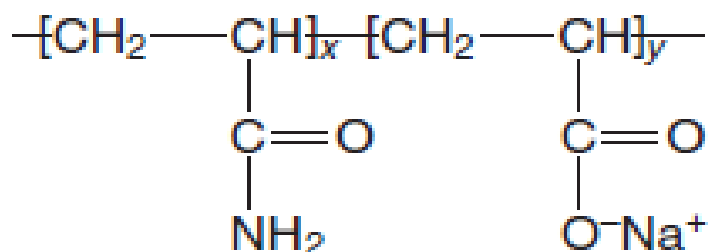
6 Polymery

Polymery jsou přírodní a syntetické látky, které se skládají z řetězce monomerních jednotek.

Polymery dělíme do dvou základních skupin. Jsou to polymery syntetické jako je hydrolyzovaný polyakrylamid neboli HPAM, biopolymery, mezi které patří xanthanová guma a spíše vzácně používané přírodní polymery a jejich deriváty jako je guarová guma, draslíková karboxymethylová celulóza či hydroxyl ethylová celulóza (Sheng, 2010).

6.1 Hydrolyzovaný polyakrylamid

Podle Manrique et al. (2007) je nejčastěji používaným polymerem pro terciérní těžební metodu právě tento druh. Podle Wang et al. (2006a) je jedním z hlavních důvodů takového rozšíření právě tohoto typu polymeru to, že oproti xantanové gumě HPAM vykazuje podstatně vyšší viskoelasticitu. Polyakrylamid se silně váže na povrchy minerálů. Aby nedocházelo k tak velké absorpci je polymer částečně hydrolyzovaný. Hydrolyza přemění amidové skupiny (CONH_2) na karboxylovou skupinu (COO^-).



Obrázek 16: Obecné schéma hydrolyzovaného polyakrylamidu. Převzato od Sheng 2010.

Hydrolyza polyakrylamidu představuje negativní náboj v kostře polymerového řetězce, který má výrazný vliv na reologické vlastnosti polymerového roztoku. Při nízké koncentraci solí se záporně nabitě části v kostře řetězce odpuzují a dochází k natažení polymerového řetězce. Po přidání elektrolytu jako NaCl, jsou odpudivé síly obaleny dvojitou vrstvou elektrolytu a dochází ke snížení natažení (Sheng, 2010).

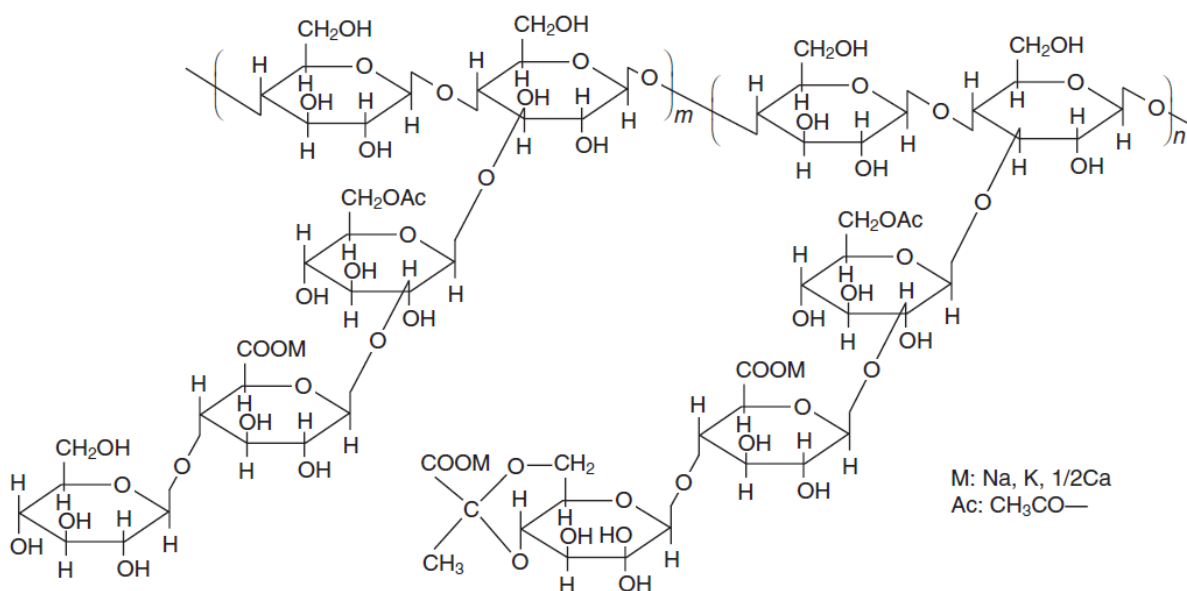
HPAM je v podstatě kopolymer akrylamidu a akrylové kyseliny. Ve sladké vodě dochází k roztažení pružné řetězcové struktury HPAMu což má za následek zvýšení viskozity. Oproti tomu ve slané vodě dochází k neutralizaci nebo odstínění náboje. To má za následek smrštění

řetězové struktury HPAMu a snížení viskozity. Pokud je hydrolyzá vyšší - více karboxylových částí (COO^-) je zvýšena viskozita a snížena absorpce, ale dochází ke snížení chemické stability (Sheng, 2010).

Pokud je hydrolyzá přes 40 % jsou pružné částice řetězové struktury stlačeny a zkřiveny a dochází ke snížení viskozity. Pokud je hydrolyzá přes 40 % u tvrdé vody (vysoký obsah Ca^{2+} a Mg^{2+}) může docházet ke snížení stability a následnému "vločkování". Jelikož terciérní těžební metoda probíhá dlouho je velmi důležitá stabilita roztoku. Pokud je v ložisku příliš vysoká teplota nebo slanost prostředí nemusí být HPAM účinný (Wang et al., 2003a).

6.2 Xantanová guma

Xantanová guma je široce používaný biopolymer. Tento polymer se chová jako polotuhá tyč, která je vcelku odolná proti opotřebení. Xantan se používá k přípravě roztoku buď jako suchý prášek nebo jako koncentrovaný "vývar" (Green a Willhite, 1998). Xantanová guma má obvykle nižší viskozitu než polyakrylamid při použití se sladkou vodou, nicméně při smíchání s vodou slanou je tomu přesně naopak. Někdy může u polyakrylamidu dojít k permanentnímu snížení viskozity v sondě což se nemůže stát u xantanové gumy. Xantanová guma má také nízký redukční faktor zbytkové propustnosti (Luo et al., 2006).



Obrázek 17: Obecné schéma xantanové gumy. Převzato od Sheng 2010.

7 Flopaam 3330 S

Tento polymer bude využit v projektu společnosti MND a.s. Výrobce tohoto polymeru je společnost SNF.

Jedná se o hydrolyzovaný polyakrylamid jehož variace se používají od šedesátých let minulého století. Polymer se skládá z hydrolyzovaných syntetických řetězců polymeru a akrylamidových monomerů (www3).

Flopaam 3330 S je v pevném skupenství ve formě granulátu. Molekulová hmotnost se pohybuje od 2 do 22 milionů Daltonů a aniontový náboj od 0 do 100 %. Molekulová hmotnost závisí na úrovni hydrolyzy. Tento druh polymeru se dá využít při teplotách do 80°C (www3).

FLOPAAM S a E serie	3630	3530	3430	3330	2530	2430	2330
Hydrolyza v mol %	25-30	25-30	25-30	25-30	20-25	20-25	20-25
Průměrná molekulová hmotnost (mil. Dalton)	20	16	12	8	16	12	8

Obrázek 18: Molekulová hmotnost a hydrolyza v mol: Molekulová hmotnost a hydrolyza v mol %. Upraveno dle materiálů společnosti SNF.

Flopaam 3330 S je bílé barvy bez zápachu. Nemá bod tání ani tuhnutí. Také na něj nelze aplikovat bod vznícení ani vzplanutí. Z chemického hlediska je stabilní a nevzniká u něj nebezpečná polymerizace. Oxidační činidla u něj mohou způsobit exotermickou reakci. Tepelný rozklad Flopaamu 3330 S může vytvářet oxidy dusíku a oxidy uhlíku (viz. příloha 1 Bezpečnostní list).

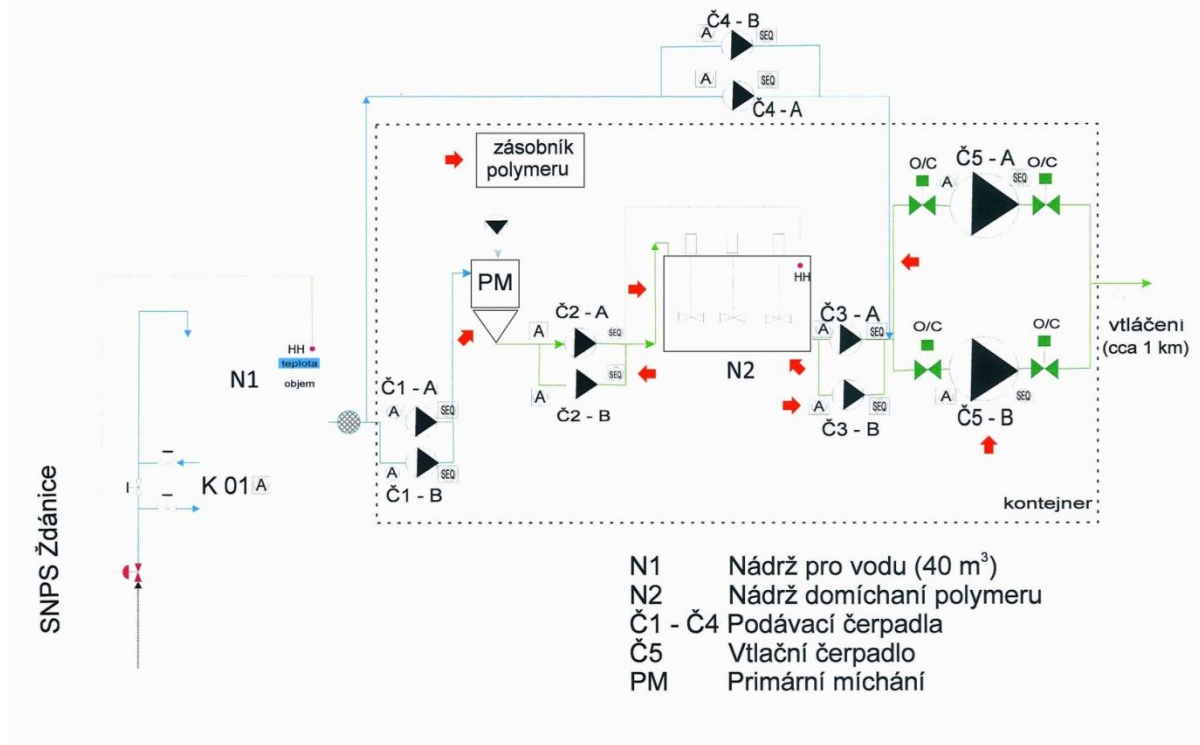
8 Možná místa úniku polymerového roztoku

Při práci s jakoukoliv chemickou látkou může kdykoliv dojít k náhodnému úniku při nedostatečné obezřetnosti během manipulace, nebo vinou technického selhání. Každý z těchto úniků je nežádoucí a mělo by se jim předcházet.

První možným místem úniku je sklad kde bude polymer umístěn. Může zde dojít k poškození obalu, což může způsobit únik polymeru. Jelikož v této fázi bude polymer v pevném skupenství neměl by být problém ho ekologicky zlikvidovat. Před samotnou přípravou roztoku bude polymer umístěn v zásobníku, ze kterého by mohlo dojít k úniku v případě jeho mechanického poškození. Zde bude polymer ještě v pevném skupenství a platí stejná zásada jako u skladu. Po kontaktu polymeru s vodou během primárního míchání v míchacím zařízení by mohlo dojít k úniku polymerového roztoku vinou netěsnících částí míchací nádrže nebo vinou jejího poškození. Následně bude polymer podáván přes podávací čerpadlo do nádrže, kde bude probíhat domíchávání polymeru. Během tohoto procesu, kdy bude polymer proudit přes čerpadla, by mohlo dojít k úniku vlivem netěsnících součástí nebo vinou poškození čerpadla, případně potrubí. V nádrži, kde bude probíhat domíchávání by teoreticky mohlo dojít k poškození a protržení nádrže. Po domíchání roztoku bude aplikována ložisková voda k získání požadované viskozity. Poté bude polymer čerpán čerpadly do potrubí vedoucí k vtlačnému vrtu. Během tohoto procesu může dojít k únikům vinou netěsnících součástí nebo vlivem závady na čerpadlech. Další možností je mechanické poškození potrubí, kterým bude polymer přiváděn k vtlačnému vrtu. Pokud by došlo k úniku polymeru během procesu přípravy neměl by být problém tuto závadu odstranit a následně zlikvidovat uniklý roztok, protože je celá tato technologie umístěna v ochranném kontejneru, který zamezí dalšímu úniku polymerového roztoku mimo pracovní plochu. Během dopravy pomocí potrubí bude celá trasa monitorována čidly na změnu tlaku, takže v případě úniku vinou závady potrubí bude moci dispečer sledující vývoj tlaků ihned zastavit dopravu polymeru směrem k vtlačnému vrtu. Během aplikaci polymeru do ložiska by mohlo dojít k úniku z důvodu poškození vystrojení sondy. Tento proces bude také monitorován a případná změna tlaku by na tento problém okamžitě poukázala. Po aplikaci polymerového roztoku do ložiska by k únikům mimo ložisko nemělo docházet, protože je ložisko ohraničeno horninami, které plní úlohu izolátoru.

K úniku polymeru může tedy docházet pouze vinou netěsnících součástí (spojů) nebo mechanickým poškozením, případně závadou na technologii.

Návrh technologie pro míchaní a vtláčení polymeru



Obrázek 19: Schéma společnosti MND a.s. pro přípravu polymerových roztoků. ➔ Jsou zobrazeny možná místa úniku.

9 Metodika

9.1 Terénní část

Terénní etapa proběhla v rámci studentské praxe absolvované ve společnosti MND a.s.. Během této části jsem navštívil různá místa těžby uhlovodíků po celé jižní Moravě. Měl jsem možnost nahlédnout, jak probíhá oprava vystrojení sondy na ložisku Poddvorov, kde probíhala pravidelná údržba všech částí potřebných pro těžbu. Ing. Mariana Prochácová Ph.D. mi také umožnila prohlédnout si jak probíhá vrtání nové sondy na ložisku Ždánice a těžba uhlovodíků v téže oblasti.

9.2 Laboratorní část

Laboratorní etapa probíhala na podzim roku 2014 a v zimě roku 2015. Všechny laboratorní testy byly provedeny v chemických laboratořích společnosti MND a.s. pod odborným dohledem jejich pracovníků. Zde mi bylo umožněno pracovat se všemi přístroji potřebnými pro mou diplomovou práci. Pro testování jsme použili polymer Flopaam 3330 S od společnosti SNF. Práce v laboratořích probíhala podle standardních operačních postupů chemické laboratoře společnosti MND a.s..

9.2.1 Příprava roztoků

V první etapě byly připraveny roztoky o požadované koncentraci, tedy 500 ppm, 1000 ppm a 1500 ppm. Do jedno litrových baněk bylo naváženo na přesných vahách ME2002/M 0,5 gramu, 1 gram a 1,5 gramu polymeru a poté doplněno po rysku redestilovanou vodou. Následně byl roztok ručně míchán za účelem rozpuštění polymeru do vody. Pro lepší rozmíchání roztoku byla použita míchačka MR HEI-MIX S a pro odstranění bublin a malé zahřátí roztoku ultrazvuková lázeň UC 006DM1. Poté byly stejným způsobem připraveny ještě roztoky o nižších koncentracích a to 100 ppm, 150 ppm a 250 ppm. Během druhé etapy byly opět připraveny roztoky redestilované vody a polymeru o koncentracích 500 ppm, 1000 ppm a 1500 ppm. Pro míchání byla tentokrát použita hřídelová míchačka IKA RW 11 basic a poté opět pro vyčištění roztoku od bublin ultrazvuková lázeň. V poslední fázi byly připraveny 2 roztoky o koncentraci 1000 ppm. Tyto roztoky byly umístěny na třepačku LT1. Tyto roztoky zde byly ponechány rozdílný čas. Jeden roztok byl na třepačce 30 minut a poté byl umístěn do ultrazvukové lázně, zatímco druhý roztok byl ponechán na třepačce 60 minut a teprve poté byl umístěn do ultrazvukové lázně.



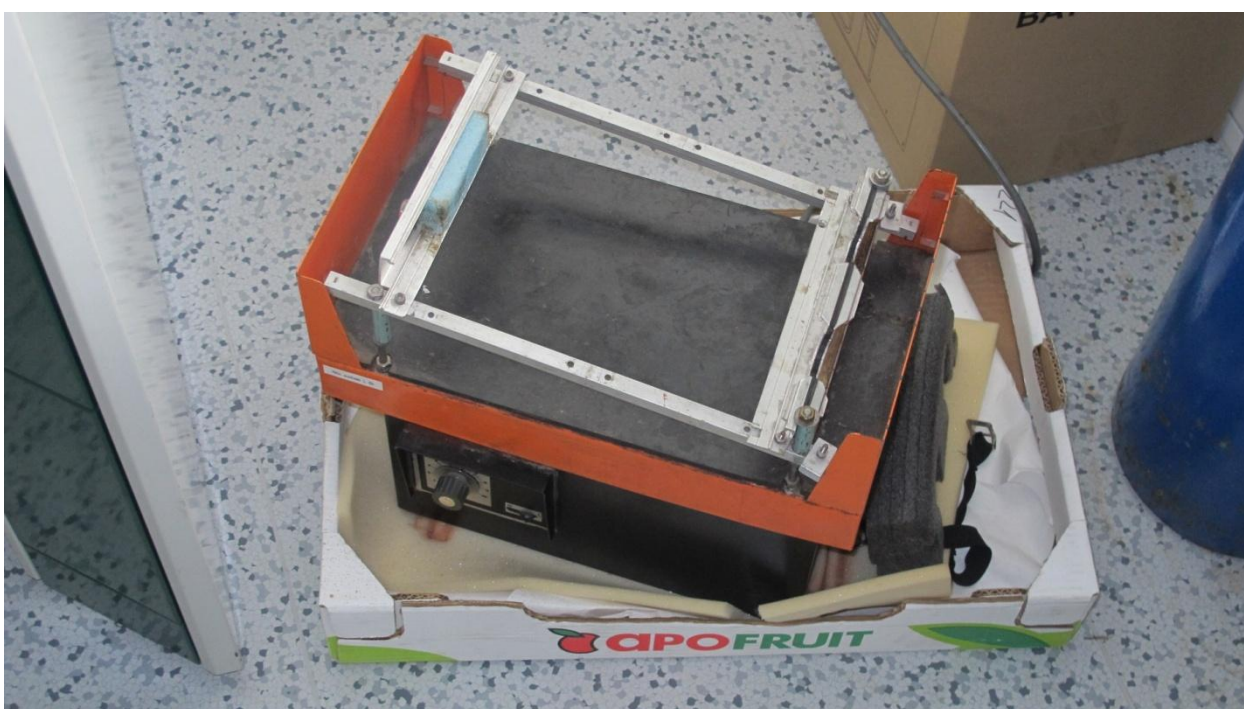
Obrázek 20: Přesná váha ME2002/M.



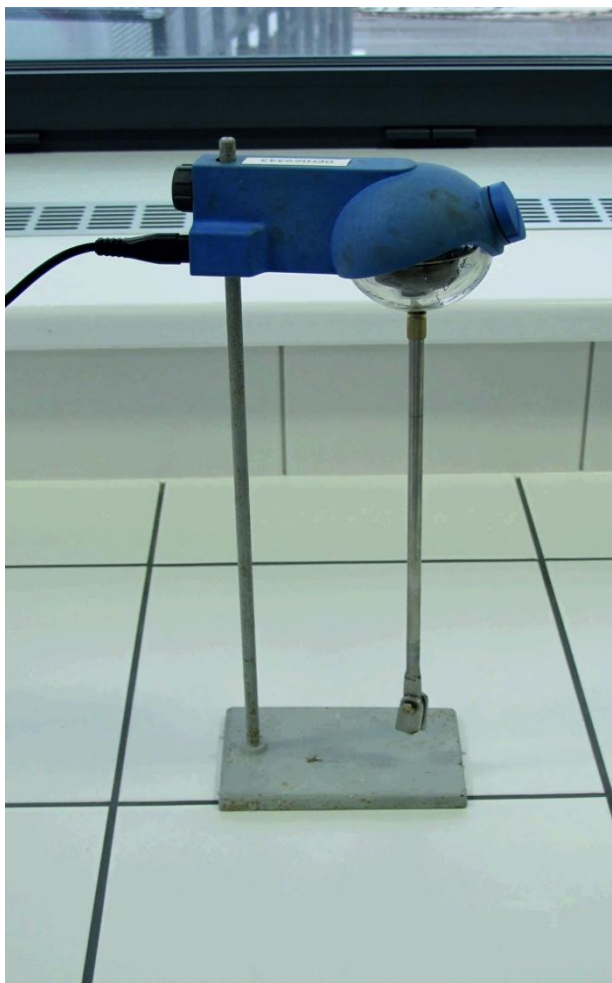
Obrázek 21: Míchačka MR HEI-MIX S.



Obrázek 22: Ultrazvuková lázeň UC 006DM1.



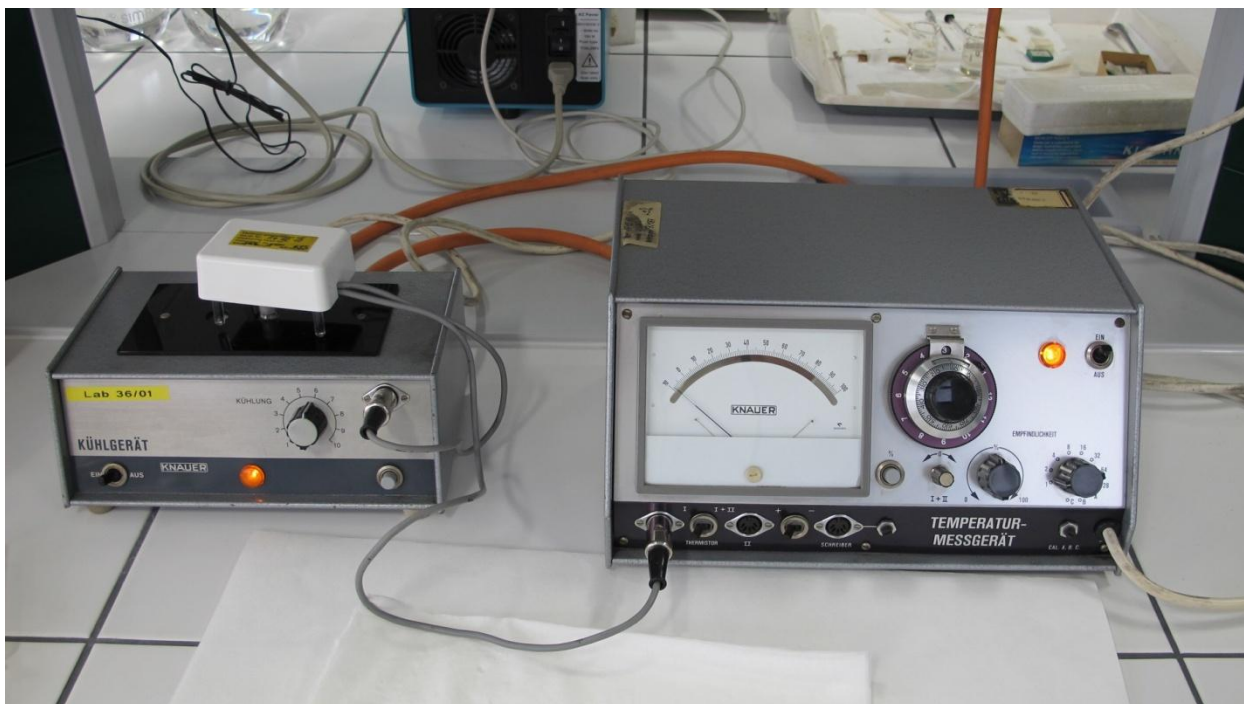
Obrázek 23: Třepačka LT1.



Obrázek 24: Hřídelová míchačka IKA RW 11 basic.

9.2.2 Měření molekulové hmotnosti

Pro měření molekulové hmotnosti byl použit Kryoskop KNAUER. Nejdříve bylo provedeno slepé stanovení pomocí benzenu. Do kyvety bylo nabráno 0,3 ml benzenu a poté vloženo do přístroje. Poté bylo provedeno chlazení dokud ukazatel na stupnici nevystoupal na hodnotu 45 %. Po vystoupaní na tuto hodnotu bylo chlazení přerušeno krátkým, asi 1 sekundovým zamícháním. Tímto bylo zrušeno podchlazení a teplota vzorku se ustaví na bodě mrazu. Poté došlo k nastavení potenciometru na 0 a získáme tím výslednou hodnotu pro benzen. Měření bylo prováděno 3x a následně zprůměrováno aby bylo dosaženo co nejpřesnějšího výsledku. Po změření benzenu byl měřen samotný vzorek. Ten byl připraven navážením 0,3303 g polymerového roztoku o koncentraci 500 ppm, do kterého bylo přidáno 25 ml benzenu. Poté byl vzorek důkladně promíchán. Po promíchání bylo nabráno 0,3 ml vzorku a změřeno stejným způsobem.



Obrázek 25: Kryoskop KNAUER.

9.2.3 Stanovení hustoty

Pro měření hustoty byl použit přístroj Density metr DMA 48. Toto měření proběhlo u všech připravených vzorků při dvou rozdílných teplotách. Jednalo se o teploty 20°C což je běžná laboratorní teplota a 29°C (tato teplota je v ložisku s plánovaným využitím polymerů). Po nastavení požadované teploty na přístroji byla použita k nabrání vzorku 5 ml injekční stříkačka. Pro dosažení správnosti měření musel být roztok zbaven všech vzduchových bublin. Poté byl roztok aplikován do cely (oscilátoru) přístroje při zapnutém osvětlení, kde bylo pozorováno zda se do roztoku nedostala nějaká vzduchová bublina. Při plnění cely musel roztok projít od tenké do tlusté části na opačném konci oscilátoru. Následně bylo zhasnuto osvětlení a zapnuto samotné měření. Ukončení měření přístroj signalizoval zvukovým signálem. Poté byla do injekční stříkačky 3 krát nabrána destilovaná voda, která byla použita k propláchnutí přístroje a následně aceton, který se použil pro vysušení cely. Nakonec byl zapnut malý kompresor zabudovaný v přístroji k dokonalému vysušení cely. Po vysušení bylo měření prováděno u dalšího vzorku. Tímto způsobem byly změřeny všechny připravené vzorky.



Obrázek 26: Hustoměr Density metr DMA 48.

9.2.4 Stanovení viskozity

Pro měření viskozity byl použit kuličkový viskozimetr MINIVIS II. Měření viskozity bylo provedeno u všech připravených vzorků při teplotách 20°C a 29°C. Měření bylo prováděno při kinematické i dynamické viskozitě. Pro toto měření bylo nutné znát hustotu měřené látky. Do skleněné mikrostříkačky byl natažen pomocí pístu měřený vzorek. Obsah vzorku musí být asi 1 cm pod spodní rysku bez zjevných bublinek. Poté byla do mikrostříkačky vložena kulička. Jednalo se o zlaté kuličky s průměrem 3,0 mm a 3,175 mm. Výběr kuličky závisel na předpokládané hodnotě viskozity. Pokud byla vybrána kulička o špatném průměru, přístroj na to sám upozornil. Po aplikaci kuličky do mikrostříkačky byl přebytek vzorku vytlačen pístem tak, aby horní vrchol kuličky nebyl více než asi 3 mm pod ryskou z důvodu správného zdvihání kuličky. Pak byla mikrostříkačka ucpána čepičkou a důkladně otřena hadříkem, aby na vnějších stěnách nezůstaly žádné zbytky roztoku. Po otření byla mikrostříkačka zasunuta zesponu do otvoru cely a opatrně zatlačena do kruhového těsnění, které zabraňuje náhodnému vyklouznutí stříkačky. Po upevnění mikrostříkačky byla zvolena požadovaná měřená veličina (kinematická nebo dynamická viskozita), následně byla nastavena požadovaná teplota, naměřená hustota, velikost kuličky a identifikace vzorku. Po zadání všech parametrů bylo spuštěno měření. Ukončení měření přístroj signalizoval zvukovým signálem. Každé měření bylo provedeno 5x pro dosažení co nejpřesnějšího výsledku. Po ukončení měření byl přístroj přenastaven na druhou z požadovaných viskozit, byly změněny parametry a následovalo přepočítání dynamické viskozity na kinematickou. Po ukončení měření byla vyjmuta mikrostříkačka z cely. Čepička

i kulička byly umístěny do toluenu pro omytí a následně do acetonu kvůli vysušení. Po vyjmutí z acetonu byly nechány ještě chvíli na hadříku dokonale oschnout. Po odstranění vzorku z mikrostříkačky byl několikrát natáhnut toluen pro omytí a poté aceton pro vysušení. Po vypuštění acetonu byl několikrát natáhnut vzduch pro dokonalé osušení. Po vysušení bylo měření prováděno u dalšího vzorku. Tímto způsobem byly změřeny všechny požadované vzorky.



Obrázek 27: Viskozimetr MINIVIS II.

9.2.5 Chemická spotřeba kyslíku

Chemická spotřeba kyslíku byla zjištěna pomocí metody titračního stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným ($K_2Cr_2O_7$). Do zábrusových varných baněk o objemu 100 ml bylo odpipetováno 5 ml a 8 ml polymerového roztoku o koncentraci 500 ppm a poté doplněno na hodnotu 10 ml redestilovanou vodou. Po doplnění redestilovanou vodou bylo přidáno 5 ml dichromanu draselného o koncentraci 0,04167 mol/l a 0,2 g síranu rtuťnatého ($HgSO_4$), který byl navážen na přesných vahách ME2002/M. Po přidání síranu rtuťnatého bylo přilито 15 ml síranu stříbrného (Ag_2SO_4) v koncentrované kyselině sírové o koncentraci 13,3 g/l a následně byl krouživým pohybem baňky roztok promíchán. Po důkladném promíchání byly přidány varné kuličky a vzorky byly umístěny na vařič pod zpětný chladič. Pro tento účel bylo použito laboratorní topné hnízdo GERHART. Po umístění do tohoto topného hnízda byly vzorky co nejrychleji přivedeny k varu a byly vařeny 2 hodiny. Po 2 hodinách od zapnutí vařiče byl vařič vypnut a po 15 minutách chladnutí bylo přilито chladičem 50 ml redestilované vody a poté byly vzorky promíchány. Po dalších 15 minutách byly baňky sejmuty a ochlazeny na teplotu

laboratoře. Po zchladnutí byly přidány 2 kapky indikátoru ferroinu a poté byly vzorky titrovány digitální byretou TITRETTE 25 ml BRAND odměrným roztokem síranu diamonnoželeznatého ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$) o koncentraci 0,125 mol/l. Po přidání ferroinu se barva roztoku změnila na modrozelenou. Titrace je ukončena v okamžiku, kdy se zbarvení změnilo na červenohnědé. Pro stanovení chemické spotřeby kyslíku byl připraven ještě slepý vzorek. Do zábrusové baňky bylo odpipetováno 10 ml redestilované vody a poté přidány všechny komponenty o stejném množství jako u měřených vzorků a další postup práce byl také shodný. K následnému výpočtu je nutné stanovit ještě faktor odměrného roztoku síranu diamonnoželeznatého. K přesně ztitrovanému slepému vzorku odpipetujeme 5ml roztoku dichromanu draselného o koncentraci 0.04167mol/l a opět byla stejným způsobem provedena titrace.



Obrázek 28: Topné hnízdo GERHART.



Obrázek 29: Titrace digitální byretou TITRETTE 25 ml BRAND.

9.2.6 Biochemická spotřeba kyslíku

Biochemická spotřeba kyslíku byla stanovena inkubační metodou elektrochemicky. Toto stanovení jsme prováděli v intervalu 0, 3, 5, 7, 14, 21 a 28 dnů. Pro každý interval byly připraveny 2 vzorky celkem bylo tedy připraveno 14 vzorků. Do 500 ml odměrné baňky bylo odpipetováno 7 ml z polymerového roztoku o koncentraci 500 ppm. Toto množství bylo stanoveno podle chemické spotřeby kyslíku. Poté byl přidán 1 ml roztoku allythiomočoviny ($C_4H_8N_2S$). Po přidání allythiomočoviny byly nádoby doplněny po rysku ředící vodou a důkladně promíchány. Příprava ředící vody probíhala následovně - do láhve o objemu 2200 ml bylo odměřeno 2000 ml destilované vody, která byla následně 30 minut provzdušněna na filtračním zařízení GV 025/0. Pak byly do láhve přidány vždy 2 ml od roztoku - fosforečnanový tlumivý roztok o pH 7,2, síran hořečnatý ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), chlorid vápenatý ($CaCl_2$) a chlorid železitý a také 100 ml očkovací vody. Pro tento účel byla použita voda z Kyjovky. Připravený roztok byl následně opatrně rozlit do inkubačních nádob. Z nádob byly odstraněny vzduchové bubliny poklepáním a uzavřeny zátkou. Stejným způsobem byly připraveny na každý měřený den 2 slepé vzorky, kde se místo polymerového roztoku použila destilovaná voda. Po přípravě slepých roztoků byly 2 slepé a 2 vzorky s polymerem změřeny kyslíkovou sondou CELLOX[®] 325. Zbytek nádob byly obráceny dnem vzhůru a zality vodou k vytvoření tzv. vodní zátky aby nemohlo dojít k pronikání vzduchu do nádob a byly uloženy do boxu LOVI BOND TC 255 S. V tomto boxu byly vzorky celých 28 dnů ve tmě a při stále teplotě 20°C. Každý 3., 5., 7., 14., 21., a 28. den byly vyjmuty 2 vzorky s polymerem a 2 slepé vzorky a bylo u nich provedeno měření.



Obrázek 30: Kyslíková sonda CELLOX[®] 325.



Obrázek 31: Vzorky připravené pro biochemickou spotřebu kyslíku uložené v boxu LOVI BOND TC 255 S.

9.2.7 Příprava slaných roztoků

Pro další práci byly připraveny také roztoky polymeru a chloridu sodného (NaCl). Během první etapy byl navážen do 100 ml odměrných baněk chlorid sodný. Byly připraveny 4 odměrné baňky, do kterých bylo posléze naváženo od 1 do 4 g chloridu sodného. Po navážení všech 4 gramů byly baňky doplněny nejdříve zčásti kvůli dobrému rozmíchání kroužením baňky a poté po rysku roztokem polymeru o koncentraci 1000 ppm. U všech 4 roztoků byla poté změřena hustota a viskozita podle postupu výše při teplotě 29°C. Při měření viskozity byla u těchto vzorků použita kulička o průměru 3,175 mm. Pro druhou etapu byly připraveny další roztoky. Do pěti 100 ml baněk byly naváženy 2 g chloridu sodného a poté doplněny stejným postupem polymerovými roztoky o koncentraci 100 ppm, 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm a 1500 ppm. Poté u nich byla změřena hustota a viskozita při teplotě 29°C. Při měření viskozity byla u těchto vzorků také použita kulička o průměru 3,175 mm.

9.2.8 Měření absorpce polymeru na povrchovou zeminu a silikátovou hlinku

Pro toto měření bylo nejdříve připraveno 6 plastových plně uzavíratelných nádob o objemu 250 ml. Do dvou z nich bylo naváženo na přesných vahách ME2002/M 25 g povrchové zeminy odebrané z okolí Ždánic a do dalších dvou 25 g silikátové hlínky. Silikátová hlínka simuluje křemičitanovou horninu, která je v ložisku. Tyto 2 typy zeminy byly vysušeny do konstantní hmotnosti sušičkou Mommert UF25 a poté uchovávány v exsikátoru, aby bylo zabráněno jakémukoliv navlhnutí vysušené zeminy. Poté byly do tří 100 ml baněk naváženy na přesných vahách ME2002/M 2 g chloridu sodného a poté doplněny po rysku polymerovým roztokem o koncentraci 1000 ppm. Takto připravené roztoky byly aplikovány do tří připravených nádob. Jedna baňka do nádoby prázdné, druhá baňka do nádoby se silikátovou hlinkou a třetí baňka do nádoby s povrchovou zeminou. Zbylé 3 nádoby byly doplněny 100 ml polymerového roztoku o koncentraci 1000 ppm. Nádoby bez zeminy, které obsahovaly pouze polymerový roztok a polymerový roztok s chloridem sodným, byly použity jako slepý vzorek. Takto připravené roztoky byly pečlivě uzavřeny a poté umístěny na třepačku GFL 3006. Vzorky byly třepány 60 minut. Po dokončení třepání byla provedena filtrace všech vzorků přes filtrační papír s červeným pruhem, tedy řídký rychle filtrující od společnosti Filtrak. Když byla filtrace dokončena byla u všech vzorků změřena hustota při 20°C a 29°C podle výše uvedeného postupu. Po změření hustoty byla u všech vzorků změřena kinematická i dynamická viskozita také při 20°C a 29°C podle výše uvedeného postupu.



Obrázek 32: Sušička Mommert UF25 pro vysušení zeminy do konstantní hmotnosti.



Obrázek 33: Exsikátor použitý pro skladování vzorků.



Obrázek 34: Třepačka GFL 3006.

9.2.9 Měření pH

Pro měření pH byl použit pH/ion metr SevenCompact. Do 25 ml odměrného válce byl nabrán roztok a poté vložen pod sondu. Měřeny byly polymerové roztoky o koncentracích 500 ppm, 1000 ppm a 1500 ppm. Poté bylo změřeno pH u všech získaných filtrátů. Pro potřeby měření pH a UV absorbance byly připraveny ještě vzorky k porovnání těchto filtrátů. Jednalo se o zeminu s redestilovanou vodou, silikátovou hlinku s redestilovanou vodou, zeminu s redestilovanou vodou do které byly přidány 2g chloridu sodného, silikátová hlinka s redestilovanou vodou do které byly přidány 2g chloridu sodného a redestilovaná voda do které byly přidány 2g chloridu sodného. Postup přípravy těchto vzorků byl stejný jako u vzorků pro měření sorpce. Tyto vzorky tedy byly třepány a poté filtrovány a teprve poté u nich bylo změřeno pH.



Obrázek 35: pH/ion metr SevenCompact.

9.2.10 Měření UV absorbance

Pro měření UV absorbance byl použit přístroj GENESIS 10S UV - VIS. Nejdříve byl nastaven požadovaný rozsah vlnových délek. Pro naše měření bylo použita vlnová délka od 190 nm do 300 nm. Do měřící kyvety byla nabrána redestilovaná voda a zaměřena její absorbance. Poté byla kyveta vyprázdněna a naplněna polymerovým roztokem o koncentraci 1000 ppm. Po změření tohoto roztoku byla kyveta opět vyprázdněna a vymyta redestilovanou vodou a naplněna polymerovým roztokem o koncentraci 500 ppm. Pro přípravu nižších koncentrací byl použit roztok o koncentraci 500 ppm, který byl dále ředěn. Roztok o koncentraci 200 ppm byl připraven odebráním 10 ml roztoku do 25 ml odměrné baňky a poté doplněn po rysku redestilovanou vodou, roztok o koncentraci 100 ppm byl připraven odebráním 10 ml roztoku do 50 ml odměrné baňky a poté doplněn po rysku redestilovanou vodou, roztok o koncentraci 50 ppm byl připraven odebráním 10 ml roztoku do 100 ml odměrné baňky a poté doplněn po rysku redestilovanou vodou, roztok o koncentraci 35 ppm byl připraven odebráním 7 ml roztoku do 100 ml odměrné baňky a doplněn po rysku redestilovanou vodou, roztok o koncentraci 20 ppm byl připraven odebráním 4 ml roztoku do 100 ml odměrné baňky a doplněn po rysku redestilovanou vodou, roztok o koncentraci 10 ppm byl připraven odebráním 2 ml roztoku do 100 ml odměrné baňky a doplněn po rysku redestilovanou vodou a roztok o koncentraci 5 ppm byl připraven odebráním 1 ml roztoku do 100 ml odměrné baňky a doplněn po rysku redestilovanou vodou. U všech takto připravených vzorků bylo proveden měření stejně jako u vzorků o koncentraci 1000 ppm a 500

ppm. Nakonec byl přístroj nastaven pouze na vlnovou délku 215 nm. U této vlnové délky byla změřena UV absorbance u všech připravených filtrátů (viz. výše)



Obrázek 36: GENESIS 10S UV – VIS.

10 Výsledky

10.1 Molekulová hmotnost

Hodnoty získané měřením na kryoskopu byly zprůměrovány a poté z nich byla vypočtena molekulová hmotnost polymerového roztoku podle následujícího vzorce. Výsledek byl získán v g/mol.

$$M = m / (V \cdot n) \cdot 1000$$

m množství vzorku (0,3303g);

V objem rozpouštědla (cm³);

n molarita odečtena z grafu kalibrační křivky (mol/l);

$$n = x / k$$

x rozdíl bodu tuhnutí čistého rozpouštědla a roztoku vzorku v dílcích stupnice;

k směrnice kalibrační křivky, 550 pro benzen;

Výsledek, který byl získán nemá žádnou vypovídající hodnotu o molekulové hmotnosti, protože použitá metoda je vhodná pouze pro nízko molekulové měření. Tento pokus byl proveden pouze v rámci seznámení se s kryoskopií jakožto metodou, která se využívá běžně k měření molekulové hmotnosti látek s nízkou molekulovou hmotností.

Naměřené hodnoty				Benzen - průměr	Vzorek - průměr
Benzen	318	317,5	318	317,83	
500 ppm + benzen	320,5	320,5	321		320,66

Tabulka 1: Naměřené hodnoty použité pro výpočet molekulové hmotnosti.

10.2 Hustota

Měření hustoty bylo pro naše další měření převážně viskozity klíčovým faktorem. Hustota byla změřena téměř u všech vzorků a hodnoty, které jsme získali, byly v očekávaném rozmezí. Při měření za nižší teploty je hustota vzorku nepatrně vyšší, což je způsobeno tím, že po zahřátí se zvětšil objem vzorku, což vedlo ke snížení hustoty. Rozdíly mezi hustotami při stejné teplotě jsou velmi malé, což je způsobeno použitím velmi malého rozptylu koncentrací.

29°C						
Koncentrace	100 ppm	150 ppm	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Hustota (g.cm ⁻³)	0,9958	0,9959	0,9959	0,9959	0,9962	0,9964

Tabulka 2: Hustota různých koncentrací polymerového roztoku při teplotě 29°C.

20°C						
Koncentrace	100 ppm	150 ppm	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Hustota (g.cm ⁻³)	0,9981	0,9978	0,9983	0,9983	0,9982	0,9987

Tabulka 3: Hustota různých koncentrací polymerového roztoku při teplotě 20°C.

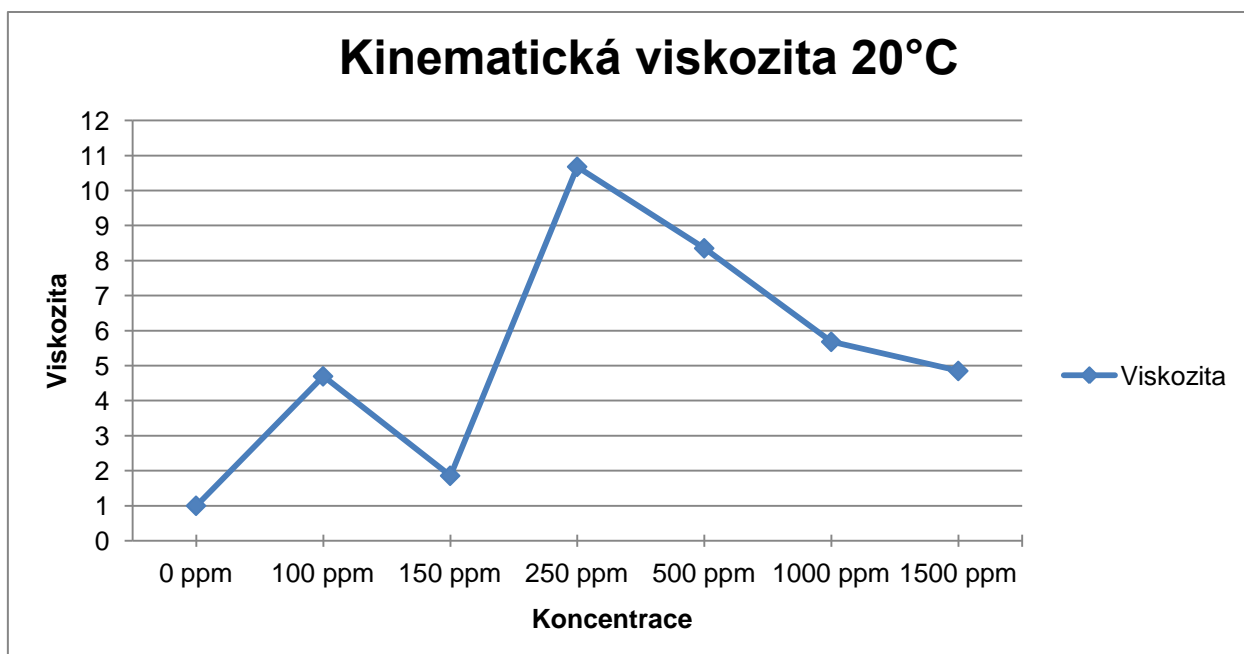
10.3 Viskozita

Každý vzorek, u kterého byla měřena viskozita, byl změřen 5x, aby byl dosažen co nejpřesnější výsledek, poté byl z naměřených výsledků udělán aritmetický průměr. Při prvním měření byl zjištěn nelineární vývoj viskozity a proto byly připraveny ještě koncentrace nižší. Hlavním výsledkem u těchto měření bylo to, že viskozita která byla naměřena nemá při námi měřených koncentracích v žádném ohledu lineární souvislost. Primární myšlenkou bylo to, že by se dalo při úniku polymerového roztoku do vod měřením viskozity určit koncentraci polymeru v zasaženém místě. Vzhledem k nelineárnímu vývoji viskozity, by to ale bylo velmi obtížné a musel by být použit stejný přístroj. Pro měření viskozity polymeru byl použit dostupný viskozimetr, který je primárně určen pro newtonovské kapaliny, polymery patří ovšem mezi kapaliny binghamovské. U těchto látek hraje důležitou roli smykové napětí. Výsledky, které jsme touto cestou získali, nemají tedy přesnou vypovídající hodnotu o velikosti viskozity, nicméně se dají použít při volném a pomalém toku polymeru. Výsledky, kterých je možné docílit použitím námi zvoleného viskozimetru, jsou ale dostačující pro naše další měření.

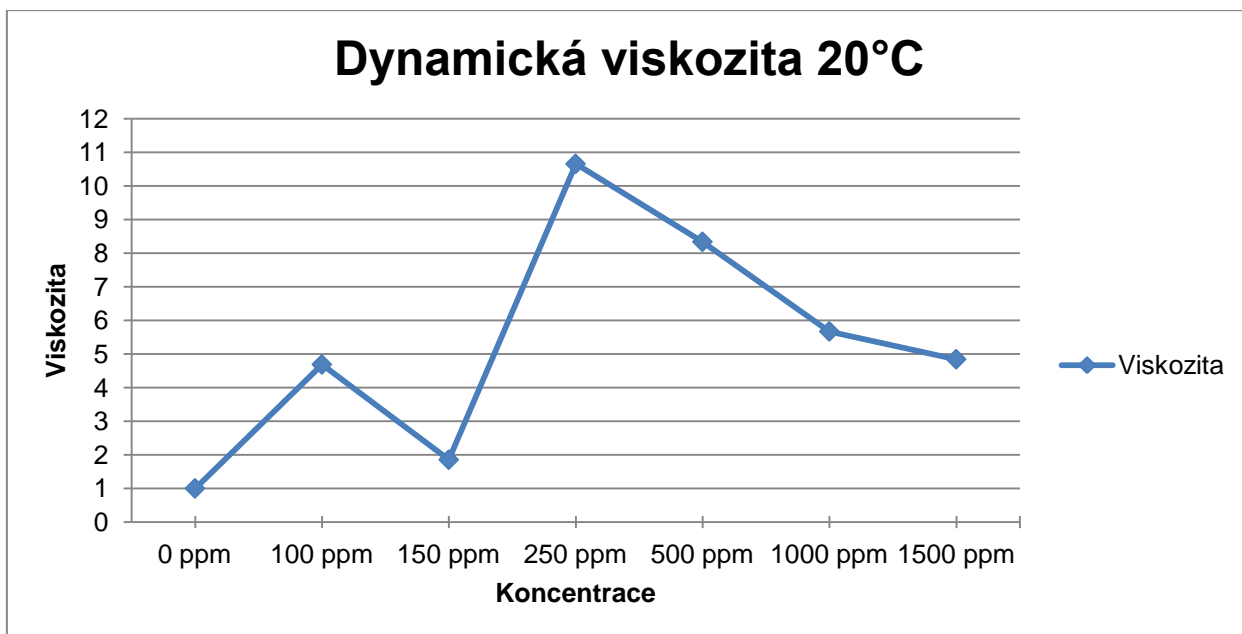
Při měření bylo zjištěno, že při nižší teplotě je viskozita vyšší. Toto je způsobeno stejně jako u hustoty tím, že při zahřátí kapaliny dojde ke zvětšení objemu a "zrychlení" toku kapaliny. Rozdíl mezi kinematičnou a dynamickou viskozitou je způsoben tím, že se jedná o jinou veličinu. Hodnota viskozity měřená 5x pro každou koncentraci je uvedena v příloze 2.

Porovnání viskozity - 20°C							
Koncentrace	0 ppm	100 ppm	150 ppm	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Kinematičká viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1	4,697	1,857	10,68	8,353	5,6822	4,85
Dynamická viskozita (mPa.s)	1	4,688	1,854	10,656	8,3384	5,672	4,8434

Tabulka 4: Porovnání naměřené kinematičké a dynamické viskozity polymerového roztoku při teplotě 20°C.



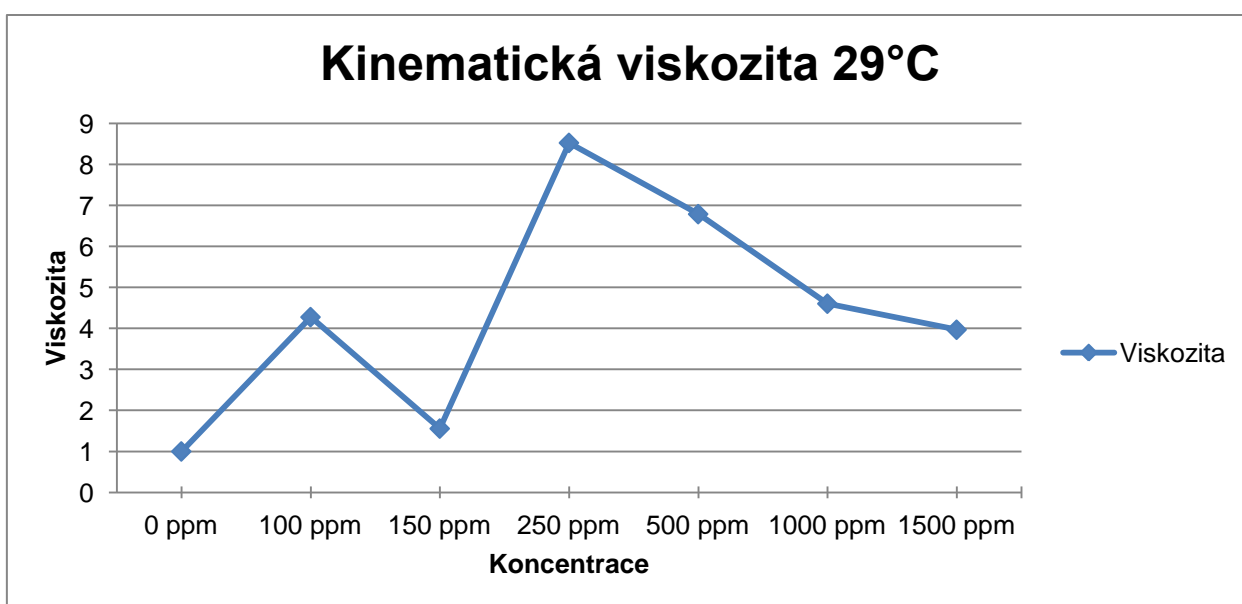
Graf 1: Porovnání naměřené kinematičké viskozity při teplotě 20°C.



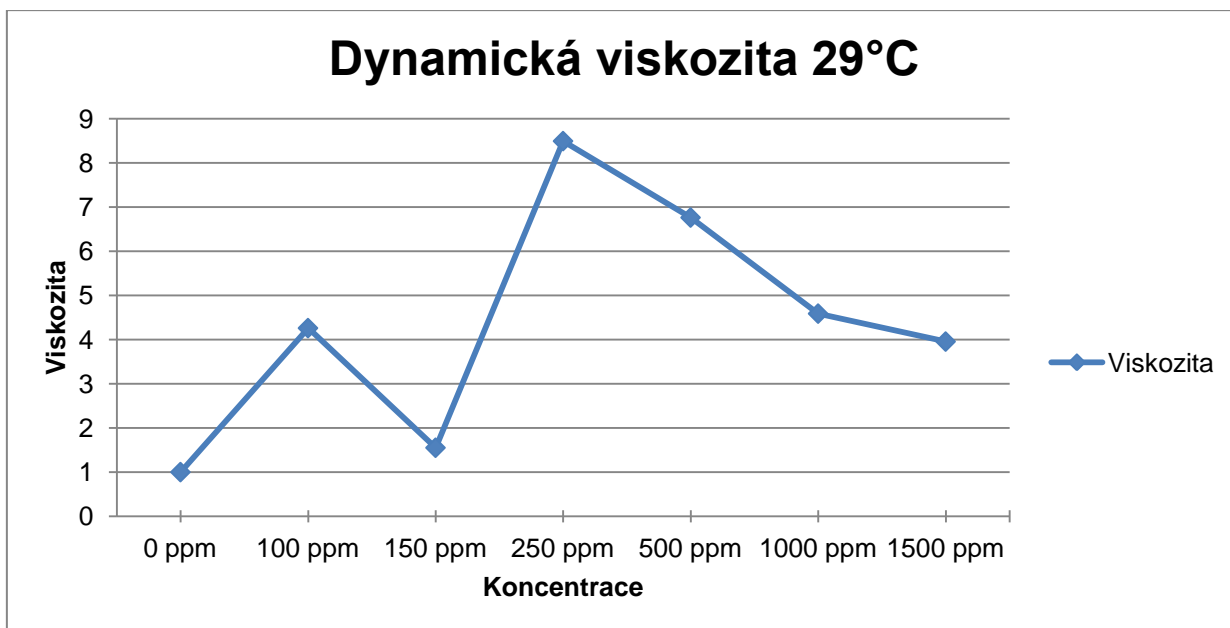
Graf 2: Porovnání naměřené Dynamické viskozity při teplotě 20°C.

Porovnání viskozity - 29°C							
Koncentrace	0 ppm	100 ppm	150 ppm	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1	4,2778	1,5584	8,5286	6,7904	4,6054	3,9696
Dynamická viskozita (mPa.s)	1	4,2602	1,5518	8,4934	6,7626	4,5882	3,9548

Tabulka 5: Porovnání naměřené Kinematické a Dynamické viskozity polymerového roztoku při teplotě 29°C.



Graf 3: Porovnání naměřené Kinematické viskozity při teplotě 29°C



Graf 4: Porovnání naměřené Dynamické viskozity při teplotě 29°C.

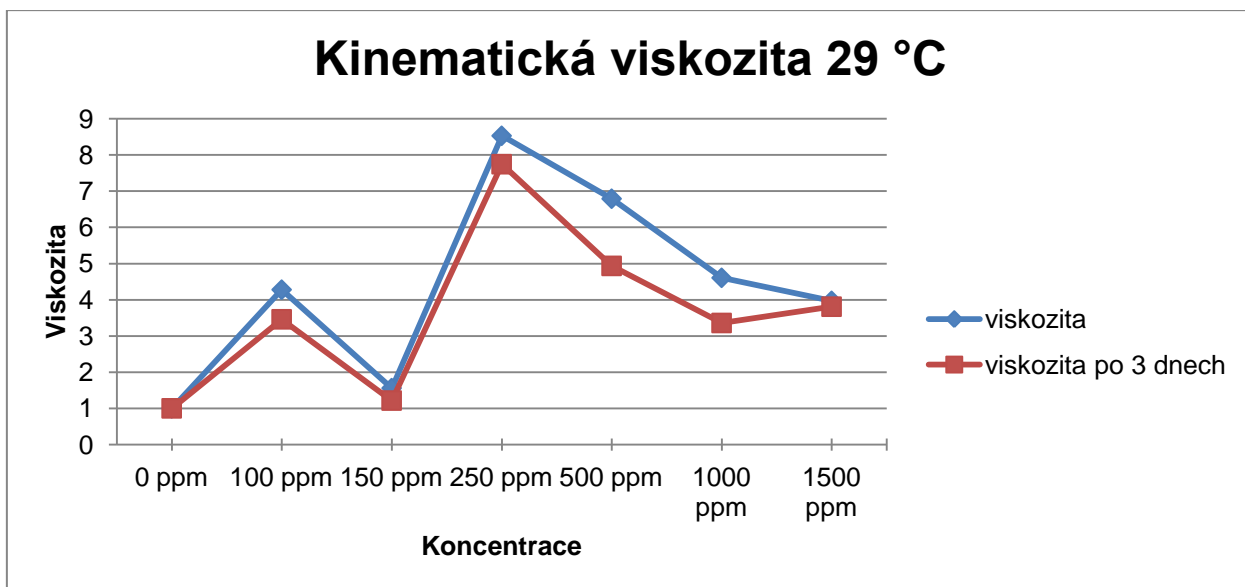
Při dalším měření byly testovány změny viskozity a hustoty po 3 dnech od přípravy roztoků. Tato analýza byla provedena pouze pro teplotu 29°C a byla prováděna z toho důvodu, že připravený roztok, tak jako každá chemická látka, pracuje. Vzorky byly po celou dobu vystaveny pokojové teplotě a světlu. Při měření hustoty byly zaznamenány pouze nepatrné změny. Výsledky naměřené viskozity jasně ukazují, že u všech koncentrací došlo k poklesu viskozity. Nejmarkantnější pokles byl zaznamenán u koncentrací 500 ppm a 1000 ppm. Naměřené hodnoty viskozity jednotlivých koncentrací jsou uvedeny v příloze 3.

29°C						
Koncentrace	100 ppm	150 ppm	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Hustota (g.cm ⁻³)	0,996	0,9959	0,9959	0,996	0,9962	0,9964

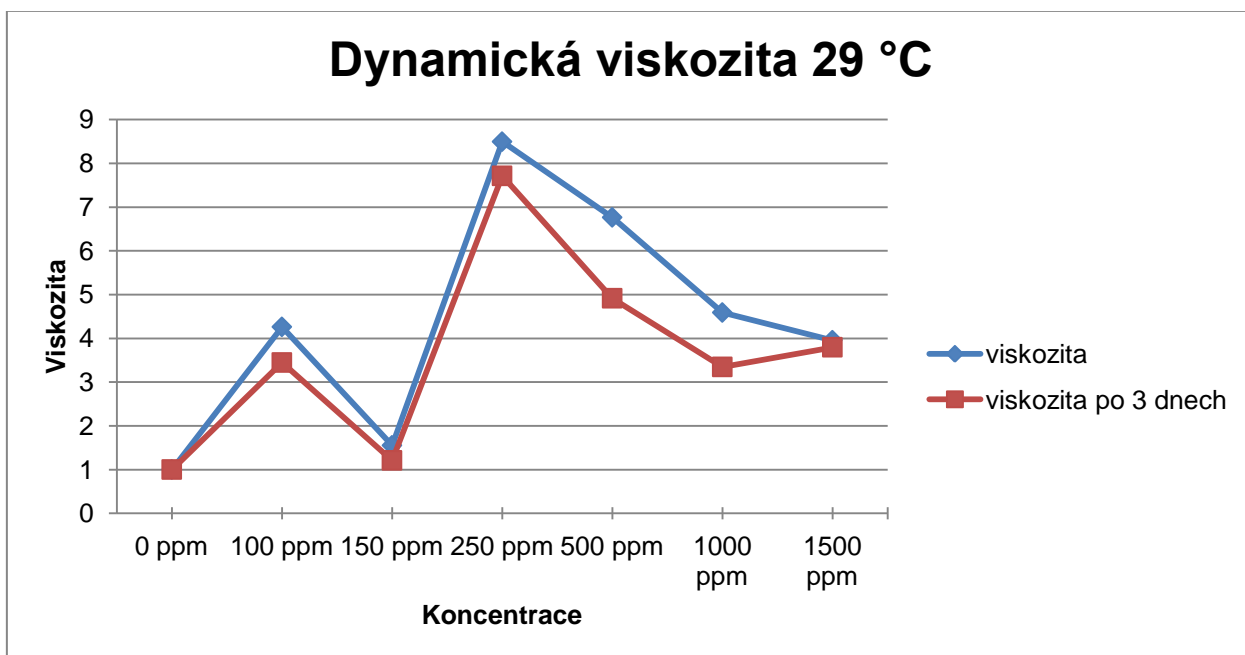
Tabulka 6: Hustota různých koncentrací polymerového roztoku po 3 dnech při teplotě 29°C.

Porovnání viskozity - 29°C							
Koncentrace	0 ppm	100 ppm	150 ppm	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Kinematická viskozita (mm ² .s ⁻¹)	1	3,4594	1,215	7,7436	4,9344	3,3578	3,8082
Dynamická viskozita (mPa.s)	1	3,4454	1,2084	7,7118	4,9146	3,3452	3,7948

Tabulka 7: Porovnání naměřené Kinematické a Dynamické viskozity polymerového roztoku po 3 dnech při teplotě 29°C.



Graf 5: Porovnání naměřené Kinematické viskozity 1. den a 3. den po přípravě roztoku při teplotě 29°C.



Graf 6: Porovnání naměřené Dynamické viskozity 1. den a 3. den po přípravě roztoku při teplotě 29°C.

10.4 Chemická spotřeba kyslíku

Po zjištění spotřeby roztoku síranu diamonnoželeznatého na titraci slepého stanovení a titraci vzorku byla vypočítána samotná chemická spotřeba kyslíku, podle následujícího vzorce.

$$\text{CHSK}_{\text{Cr}} = (V_{\text{sl}} - V_{\text{vz}}) \cdot f \cdot p \cdot c \cdot A_o \cdot 1000 / V = (V_{\text{sl}} - V_{\text{vz}}) \cdot f \cdot 1000 / V$$

V_{sl} spotřeba roztoku síranu diamonnoželeznatého na titraci slepého vzorku v ml

V_{vz} spotřeba roztoku síranu diamonnoželeznatého na titraci vzorku v ml

V_{f} spotřeba roztoku síranu diamonnoželeznatého při stanovení faktoru v ml

f faktor odměrného roztoku síranu diamonnoželeznatého

c koncentrace roztoku síranu diamonnoželeznatého

A_o atomová hmotnost kyslíku v g/mol (16g/mol)

V objem vzorku použitý ke stanovení v ml

p titrační přepočítavací faktor 1/2

Pro výpočet je nutné ještě vypočítat faktor odměrného roztoku síranu diamonnoželeznatého, který získáme výpočtem. Hodnota 10 je přepočítavací faktor z toho důvodu, že se použilo 5 ml dichromanu draselného.

$$f = 10 / \text{spotřeba pro faktor}$$

Výsledná chemická spotřeba kyslíku pro množství 5 ml je 445,5 mg/l a pro množství 8 ml 498,32 mg/l.

Spotřeba pro faktor	10,46
Výsledný faktor	0,956

Tabulka 8: Hodnoty použité pro výpočet faktoru.

	spotřeba	
Slepý vzorek (ml)	10	9,95
Množství polymeru (ml)	5	7,62
Množství polymeru (ml)	8	5,78

Tabulka 9: neměřené hodnoty pro chemickou spotřebu kyslíku.

10.5 Biochemická spotřeba kyslíku

Po změření všech vzorků byl ze slepých vzorků a ze vzorků s polymerem vypočítán aritmetický průměr. Poté byl odečten průměr vzorku s polymerem v určitý den od průměru slepého vzorku ve stejný den. Tento výsledek byl dále převeden na procenta. Procenta byl vypočítána tak, že ze získaných hodnot chemické spotřeby kyslíku byl udělán aritmetický průměr, který byl dále vydělen 500, protože jsme použili nádobu o objemu 500 ml a následně vynásoben 7 což je množství roztoku, které bylo použito do nádoby. Biochemická spotřeba kyslíku jasně ukázala že po 28 dnech od přípravy roztoku nedochází k téměř žádnému odbourávání polymeru z roztoku, jelikož je pod mezí stanovitelnosti 3 %, která se běžně pro tuto analýzu používá.

20°C	0.den	3.den	5.den	7.den	14.den	21.den	28.den
Slepý vzorek 1	8,27	7,85	7,45	7,15	7,16	7,46	7,36
Slepý vzorek 2	8,27	7,85	7,2	7,15	7,31	7,36	7,24
Vzorek 1	8,29	7,7	7,35	7,1	7,02	7,2	7,54
Vzorek 2	8,28	7,78	7,3	7,09	7,13	7,44	7,38

Tabulka 10: Naměřené hodnoty biochemické spotřeby kyslíku.

20°C	0. den	3.den	5.den	7.den	14.den	21.den	28.den
Slepé vzorky průměr	8,27	7,85	7,325	7,15	7,235	7,405	7,3
Vzorky průměr	8,285	7,74	7,325	7,095	7,075	7,32	7,46

Tabulka 11: Průměr naměřených hodnot biochemické spotřeby kyslíku.

Slepý vzorek-vzorek	-0,015	0,11	0	0,055	0,16	0,085	-0,16
%	-0,23	1,67	0,00	0,83	2,42	1,29	-2,42

Tabulka 12: Výsledná biochemická spotřeba kyslíku.

10.6 Vlastnosti roztoků po přidání chloridu sodného

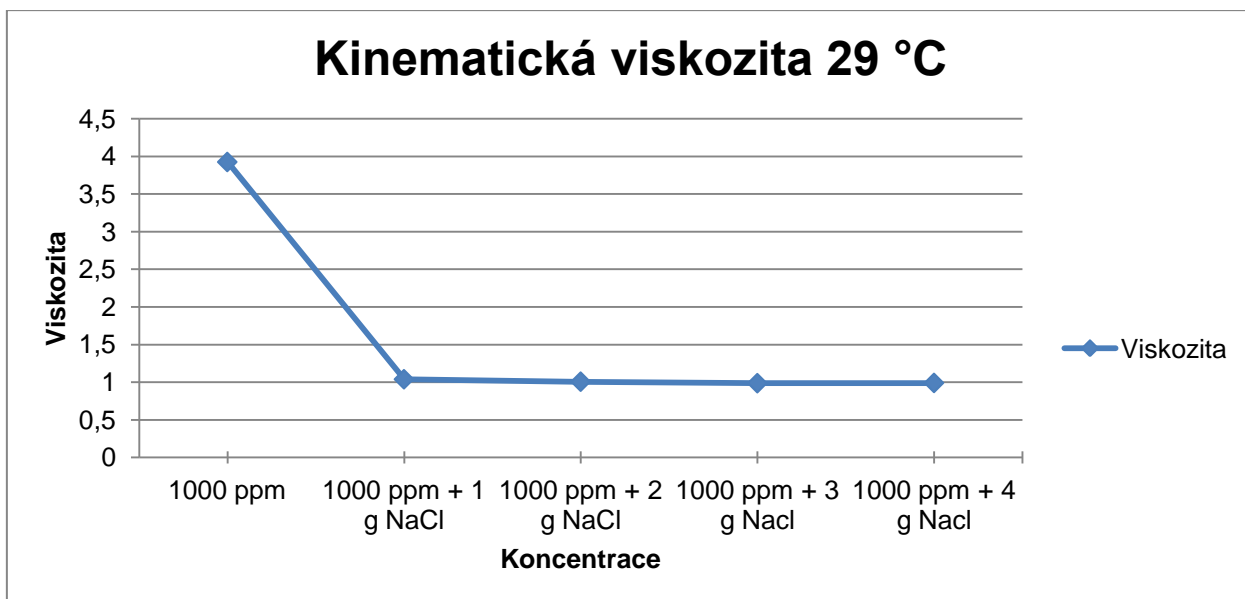
Tato analýza byla provedena z toho důvodu, že při těžbě ropy se těží jako vedlejší produkt také ložisková voda, která je slaná. Je proto nutné znát chování polymeru při smíchání s vodou, která bude obsahovat chlorid sodný. Měření bylo prováděno pouze při teplotě 29°C. Po přípravě roztoků byl změřen nejprve čistý polymer a poté všechny připravené vzorky. Měření hustoty ukázalo, že došlo k jejímu zvýšení, což je způsobeno přidáním dalších rozpustných látek. Výsledky jasně ukazují, že po přidání chloridu sodného dochází k okamžitému poklesu viskozity. Již při přidání 1g chloridu sodného dochází k poklesu viskozity, při malém zvyšování koncentrace chloridu, již nedochází k zásadním změnám. Naměřené hodnoty viskozity jednotlivých koncentrací chloridu sodného jsou uvedeny v příloze 4.

29°C					
Koncentrace	1000 ppm	1000 ppm + 1g NaCl	1000 ppm + 2g NaCl	1000 ppm + 3g NaCl	1000 ppm + 1g NaCl
Hustota (g.cm ⁻³)	0,9961	1,0023	1,01	1,0167	1,0255

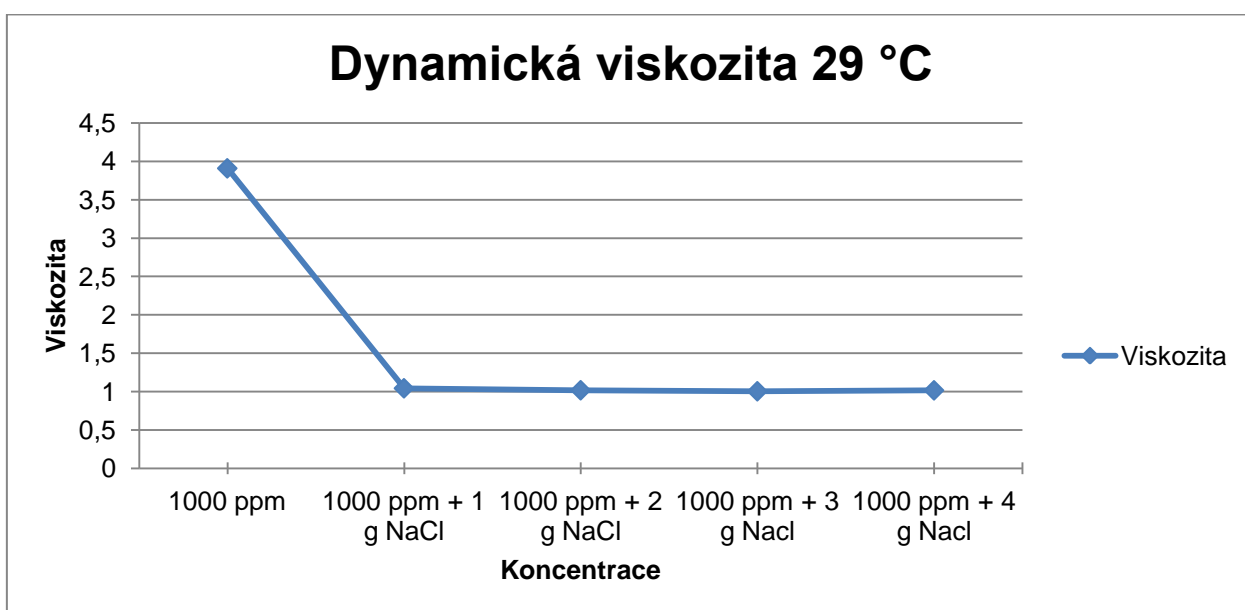
Tabulka 13: Hustota různých koncentrací chloridu sodného v polymerovém roztoku o koncentraci 1000 ppm. Měřeno při teplotě 29°C.

Porovnání viskozity - 29°C					
Koncentrace 1000 ppm + xg NaCl	0g	1g	2g	3g	4g
Kinematická viskozita (mm ² .s ⁻¹)	3,925	1,0388	1,0064	0,9864	0,9898
Dynamická viskozita (mPa.s)	3,9094	1,042	1,0164	1,0032	1,0152

Tabulka 14: Porovnání naměřené Kinematické a Dynamické viskozity polymerového roztoku při koncentraci 1000 ppm s přidáním xg NaCl při teplotě 29°C.



Graf 7: Porovnání naměřené Kinematické viskozity při koncentraci 1000 ppm s přidáním x g NaCl při teplotě 29°C.



Graf 8: Porovnání naměřené Dynamické viskozity při koncentraci 1000 ppm s přidáním x g NaCl při teplotě 29°C.

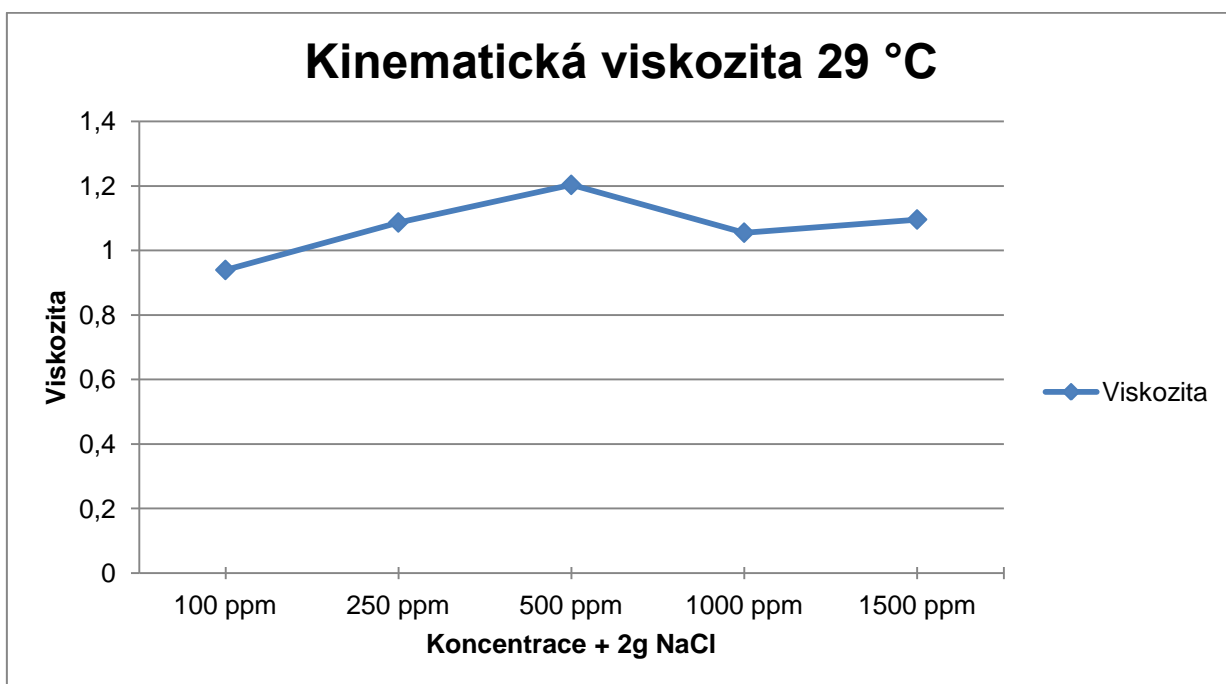
Po zjištění snížení viskozity byly připraveny další roztoky s chloridem sodným. Tentokrát byl do polymerového roztoku o koncentracích 100 ppm, 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm a 1500 ppm přidány 2 g NaCl a poté došlo k měření hustoty a viskozity při 29°C. Hustota u všech vzorků byla podobná, jen s malými odchylkami. Naměřená viskozita je jak bylo předpokládáno nízká, nicméně u všech koncentrací nedochází k velkým rozdílům. Naměřené hodnoty viskozity jednotlivých koncentrací po přidání 2g chloridu jsou uvedeny v příloze 5.

29°C					
Koncentrace +2g NaCl	100 ppm	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Hustota (g.cm ⁻³)	1,0098	1,0097	1,01	1,096	1,102

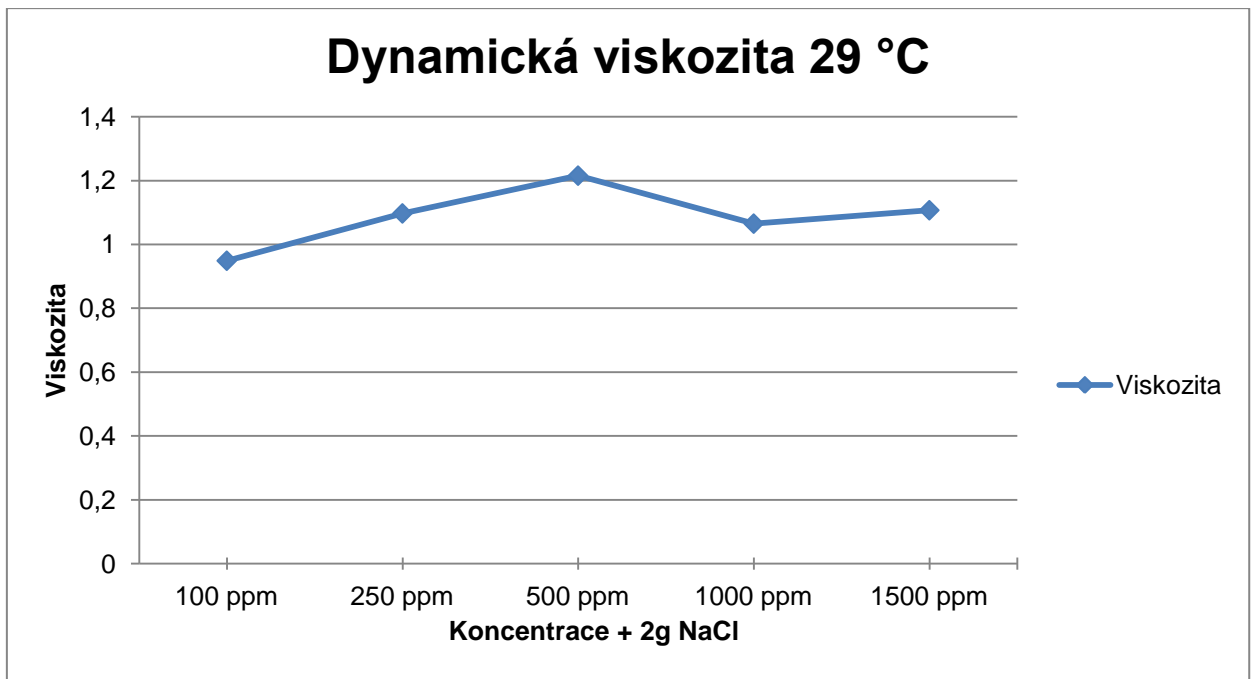
Tabulka 15: Hustota různých koncentrací polymerového roztoku po přidání 2g NaCl. Měřeno při teplotě 29°C.

Porovnání viskozity - 29°C					
Koncentrace + 2g NaCl	100 ppm	250 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm
Kinematická viskozita (mm ² .s ⁻¹)	0,9394	1,0866	1,2032	1,055	1,0958
Dynamická viskozita (mPa.s)	0,9488	1,097	1,2154	1,065	1,107

Tabulka 16: Porovnání naměřené Kinematické a Dynamické viskozity polymerového roztoku při různých koncentracích s přidáním 2g NaCl při teplotě 29°C.



Graf 9: Porovnání naměřené Kinematické viskozity při různých koncentracích s přidáním 2g NaCl při teplotě 29°C.



Graf 10: Porovnání naměřené Dynamické viskozity při různých koncentracích s přidáním 2g NaCl při teplotě 29°C.

10.7 Absorpce polymeru

Tato analýza byla prováděna z důvodu možnosti absorpce polymeru na povrchovou zeminu případně horninu v ložisku. Změřená hustota u slepých vzorků a vzorků se zeminou ukazuje mírné zvýšení hustoty. U filtrátu povrchové zeminy dochází ke zvýšení hustoty více jak u silikátové hlínky. Následné změření viskozit u teplot 20°C a 29°C jasně ukazuje, že k absorpci polymeru na zeminu dochází. Při použití roztoku bez chloridu sodného dochází k absorpci opravdu významné. Po přidání chloridu sodného není absorpce na zeminu a silikátovou hlínku tak zásadní. Naměřené hodnoty viskozit u jednotlivých vzorků a grafy porovnávající dynamickou viskozitu jsou uvedeny v příloze 6.

20°C			
Koncentrace 1000 ppm + médium	slepý vzorek	zemina	silikátová hlínka
Hustota (g.cm ⁻³)	0,9984	0,9989	0,9985

Tabulka 17: Porovnání naměřené hustoty slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku a zeminy a silikátové hlínky při teplotě 20°C.

29°C			
Koncentrace 1000 ppm +2g NaCl + médium	slepý vzorek	zemina	silikátová hlínka
Hustota (g.cm ⁻³)	1,0127	1,0134	1,0128

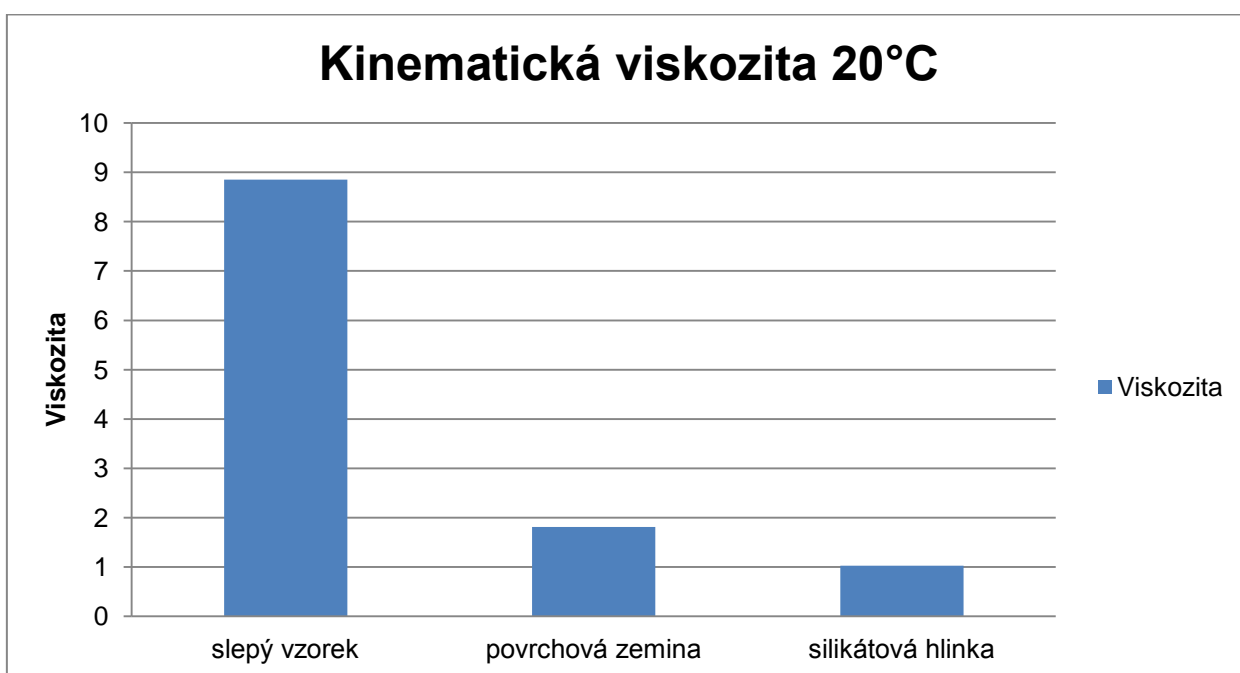
Tabulka 18: Porovnání naměřené hustoty slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky při teplotě 29°C.

Porovnání viskozity - 20°C			
Koncentrace 1000 ppm + médium	slepý vzorek	zemina	silikátová hlínka
Kinematická viskozita (mm ² .s ⁻¹)	8,8504	1,0242	1,8112
Dynamická viskozita (mPa.s)	8,8374	1,0228	1,8092

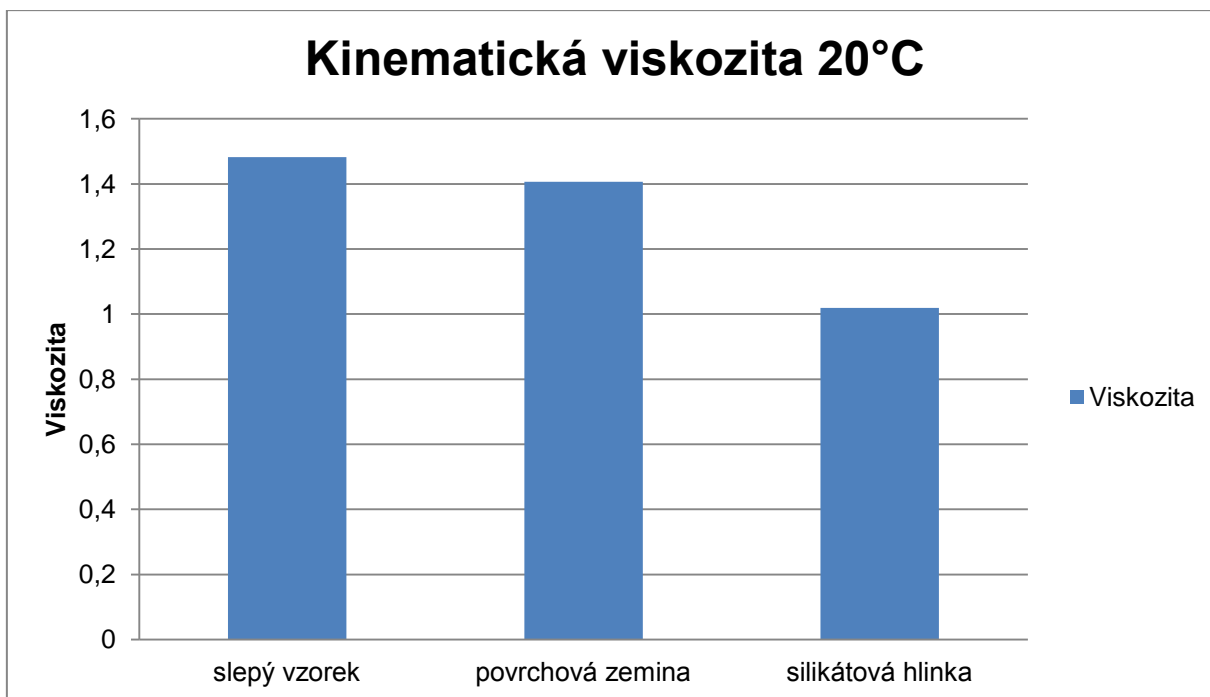
Tabulka 19: Porovnání naměřené Kinematické a Dynamické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky při teplotě 20°C.

Porovnání viskozity - 20°C			
Koncentrace 1000 ppm + 2g NaCl + médium	slepý vzorek	zemina	silikátová hlínka
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,482	1,0186	1,4068
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,5006	1,0316	1,4258

Tabulka 20: Porovnání naměřené Kinematické a Dynamické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky s 2g NaCl při teplotě 20°C.



Graf 11: Porovnání naměřené Kinematické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky při teplotě 20°C.



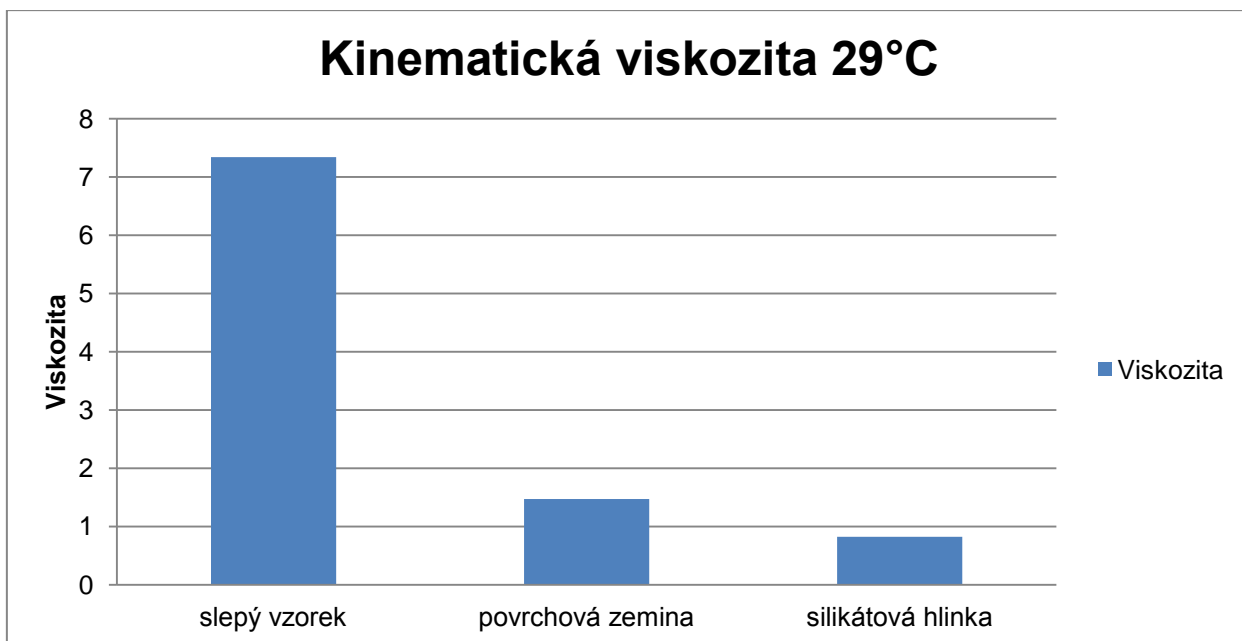
Graf 12: Porovnání naměřené Kinematické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky s 2g NaCl při teplotě 20°C.

Porovnání viskozity - 29°C			
Koncentrace 1000 ppm + médium	slepý vzorek	zemina	silikátová hlínka
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	7,3398	1,4718	0,8238
Dynamická viskozita (mPa.s)	7,3118	1,4698	0,8208

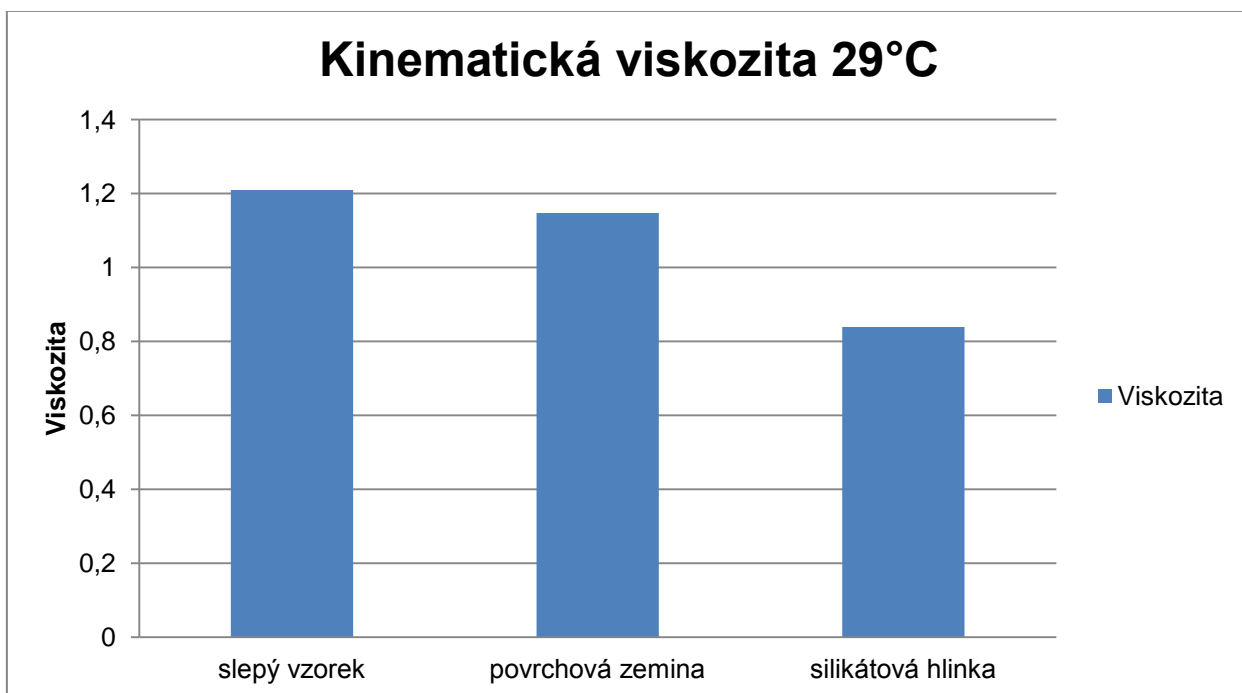
Tabulka 21: Porovnání naměřené Kinematické a Dynamické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky při teplotě 29°C.

Porovnání viskozity - 29°C			
Koncentrace 1000 ppm + 2g NaCl + médium	slepý vzorek	zemina	silikátová hlínka
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,21	1,147	0,8392
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,222	1,1598	0,8482

Tabulka 22: Porovnání naměřené Kinematické a Dynamické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky s 2g NaCl při teplotě 29°C.



Graf 13: Porovnání naměřené kinematické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky při teplotě 29°C.



Graf 14: Porovnání naměřené kinematické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky s 2g NaCl při teplotě 29°C.

10.8 Měření pH

Měření pH nám jasně ukázalo, že polymerové roztoky mají pH téměř neutrální, protože se pohybují v rozmezí 7-8. Po přidání NaCl došlo k poklesu pH u roztoků a následné smíchání se silikátovou hlinkou ho ještě snížilo. Při přidání povrchové zeminy zůstalo pH velmi podobné jako u čistých roztoků. Nižší pH u roztoků s chloridem sodným a silikátové hlínky je způsobeno kyselostí těchto látek.

pH různých roztoků	
500 ppm	7,72
1000 ppm	7,64
1500 ppm	7,61
1000 ppm - slepý vzorek	7,05
1000 ppm + zemina	7,02
1000 ppm + sil. hlínka	3,81
1000 ppm + 2g NaCl - slepý vzorek	5,97
1000 ppm + 2g NaCl + zemina	6,69
1000 ppm + 2g NaCl + sil.hlínka	2,89
ROS II + zemina	7,52
ROS II + sil. hl.	3,73
ROS II + 2g NaCl	4,73
Ros II + 2g NaCl + zemina	7,22
ROS II + 2g NaCl + sil. hl.	3,29

Tabulka 23: Porovnání pH u různých roztoků.

10.9 UV absorbance

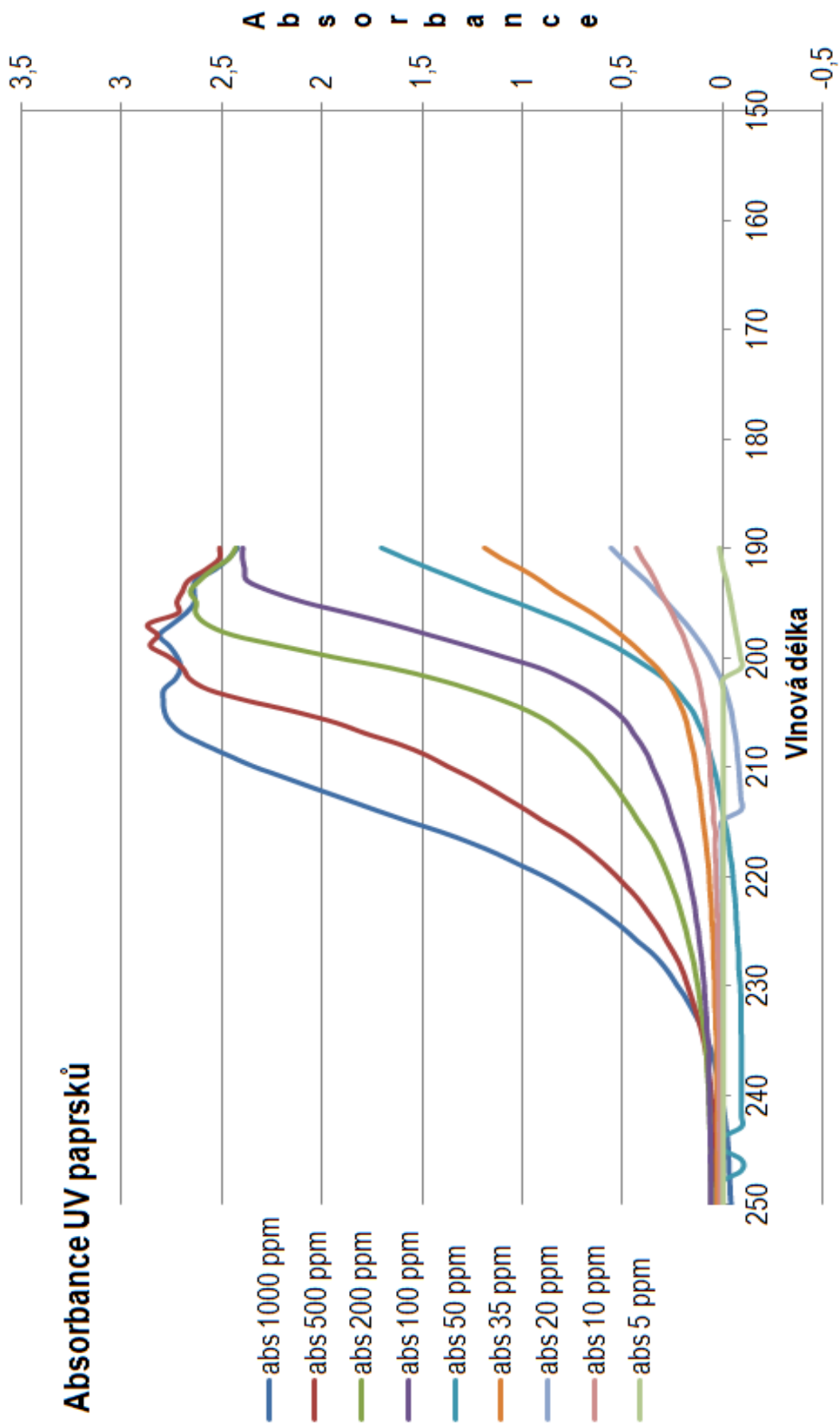
Toto měření bylo zaměřeno na absorbanci paprsků světla polymerovým roztokem. Měření bylo prováděno v rozmezí 190 nm - 300 nm pohybovali jsme se tedy v oblasti ultrafialového světla. Po pozitivním výsledku pro koncentraci polymerového roztoku 1000 ppm byly k ověření této skutečnosti použity také koncentrace nižší. Výsledek nám jasně ukázal, že k absorbanci UV paprsků dochází a to vcelku úspěšně.

vlnová délka	abs 1000 ppm	abs 500 ppm	abs 200 ppm	abs 100 ppm	abs 50 ppm	abs 35 ppm	abs 20 ppm	abs 10 ppm	abs 5 ppm
190,00	2,420	2,514	2,434	2,396	1,704	1,187	0,552	0,432	0,019
191,00	2,466	2,515	2,469	2,397	1,581	1,102	0,499	0,404	0,010
192,00	2,534	2,583	2,551	2,386	1,449	0,997	0,441	0,367	0,000
193,00	2,629	2,670	2,615	2,375	1,312	0,909	0,380	0,338	-0,017
194,00	2,638	2,699	2,661	2,256	1,181	0,832	0,331	0,314	-0,028
195,00	2,636	2,727	2,632	2,087	1,032	0,740	0,276	0,282	-0,040
196,00	2,679	2,722	2,634	1,865	0,894	0,648	0,226	0,252	-0,049
197,00	2,747	2,871	2,580	1,651	0,762	0,572	0,178	0,227	-0,059
198,00	2,810	2,824	2,448	1,459	0,650	0,502	0,136	0,198	-0,069
199,00	2,760	2,859	2,204	1,269	0,540	0,438	0,096	0,178	-0,080
200,00	2,722	2,765	1,947	1,09	0,449	0,381	0,061	0,159	-0,089
201,00	2,705	2,698	1,660	0,912	0,365	0,324	0,034	0,137	-0,092
202,00	2,730	2,663	1,434	0,791	0,287	0,281	0,006	0,121	0,000
203,00	2,789	2,567	1,252	0,686	0,232	0,247	-0,016	0,109	0,000
204,00	2,791	2,375	1,095	0,602	0,189	0,219	-0,032	0,102	0,000
205,00	2,786	2,138	0,964	0,531	0,147	0,194	-0,046	0,089	0,000
206,00	2,759	1,934	0,863	0,477	0,122	0,176	-0,054	0,083	0,000
207,00	2,697	1,783	0,789	0,442	0,096	0,165	-0,064	0,077	0,000
208,00	2,589	1,612	0,719	0,403	0,075	0,152	-0,072	0,072	0,000
209,00	2,467	1,479	0,660	0,371	0,060	0,139	-0,075	0,066	0,000
210,00	2,343	1,375	0,616	0,349	0,045	0,131	-0,082	0,061	0,000
211,00	2,190	1,264	0,571	0,324	0,031	0,124	-0,085	0,059	0,000
212,00	2,040	1,165	0,528	0,3	0,020	0,112	-0,089	0,054	0,000
213,00	1,885	1,074	0,491	0,279	0,008	0,107	-0,093	0,051	0,000
214,00	1,732	0,982	0,453	0,263	0,000	0,100	-0,094	0,043	0,000
215,00	1,575	0,898	0,420	0,245	-0,011	0,094	0,000	0,044	0,000
216,00	1,406	0,803	0,382	0,226	-0,023	0,087	0,000	0,033	0,000
217,00	1,258	0,723	0,346	0,207	-0,032	0,080	0,000	0,037	0,000
218,00	1,128	0,653	0,319	0,192	-0,037	0,075	0,000	0,036	0,000
219,00	1,015	0,590	0,293	0,178	-0,047	0,068	0,000	0,032	0,000
220,00	0,900	0,533	0,270	0,166	-0,052	0,064	0,000	0,032	0,000
221,00	0,800	0,481	0,249	0,157	-0,056	0,061	0,000	0,030	0,000
222,00	0,708	0,429	0,228	0,145	-0,063	0,058	0,000	0,028	0,000

223,00	0,626	0,387	0,211	0,135	-0,067	0,053	0,000	0,027	0,000
224,00	0,553	0,348	0,196	0,129	-0,069	0,051	0,000	0,023	0,000
225,00	0,485	0,310	0,180	0,119	-0,074	0,047	0,000	0,024	0,000
226,00	0,426	0,280	0,168	0,113	-0,075	0,044	0,000	0,024	0,000
227,00	0,359	0,247	0,154	0,106	-0,081	0,043	0,000	0,023	0,000
228,00	0,307	0,217	0,141	0,099	-0,082	0,041	0,000	0,021	0,000
229,00	0,265	0,194	0,132	0,095	-0,084	0,038	0,000	0,021	0,000
230,00	0,229	0,176	0,122	0,089	-0,090	0,036	0,000	0,020	0,000
231,00	0,191	0,158	0,113	0,086	-0,093	0,035	0,000	0,018	0,000
232,00	0,160	0,141	0,108	0,082	-0,094	0,035	0,000	0,019	0,000
233,00	0,130	0,124	0,098	0,077	-0,094	0,031	0,000	0,018	0,000
234,00	0,099	0,108	0,092	0,076	-0,094	0,031	0,000	0,016	0,000
235,00	0,079	0,096	0,085	0,07	-0,095	0,027	0,000	0,015	0,000
236,00	0,059	0,084	0,081	0,064	-0,095	0,028	0,000	0,016	0,000
237,00	0,043	0,076	0,075	0,066	-0,096	0,026	0,000	0,014	0,000
238,00	0,030	0,070	0,073	0,066	-0,096	0,027	0,000	0,014	0,000
239,00	0,017	0,062	0,069	0,064	-0,095	0,026	0,000	0,014	0,000
240,00	0,005	0,056	0,066	0,063	-0,097	0,024	0,000	0,014	0,000
241,00	-0,001	0,051	0,064	0,062	-0,094	0,022	0,000	0,014	0,000
242,00	-0,009	0,045	0,062	0,061	-0,095	0,024	0,000	0,013	0,000
243,00	-0,016	0,043	0,060	0,059	-0,096	0,024	0,000	0,014	0,000
244,00	-0,023	0,041	0,058	0,059	0,000	0,023	0,000	0,013	0,000
245,00	-0,028	0,039	0,057	0,057	0,000	0,023	0,000	0,012	0,000
246,00	-0,029	0,036	0,056	0,058	-0,096	0,022	0,000	0,009	0,000
247,00	-0,030	0,035	0,055	0,056	-0,095	0,021	0,000	0,010	0,000
248,00	-0,035	0,034	0,055	0,055	0,000	0,022	0,000	0,011	0,000
249,00	-0,037	0,033	0,054	0,056	0,000	0,021	0,000	0,009	0,000
250,00	-0,041	0,032	0,054	0,056	0,000	0,021	0,000	0,011	0,000
251,00	-0,040	0,032	0,054	0,056	0,000	0,021	0,000	0,012	0,000
252,00	-0,040	0,031	0,054	0,056	0,000	0,020	0,000	0,011	0,000
253,00	-0,041	0,028	0,053	0,053	0,000	0,021	0,000	0,011	0,000
254,00	-0,045	0,031	0,052	0,056	0,000	0,020	0,000	0,009	0,000
255,00	-0,043	0,030	0,052	0,056	0,000	0,020	0,000	0,007	0,000
256,00	-0,043	0,030	0,053	0,055	0,000	0,020	0,000	0,007	0,000
257,00	-0,043	0,030	0,053	0,055	-0,097	0,018	0,000	0,009	0,000
258,00	-0,044	0,029	0,051	0,055	0,000	0,018	0,000	0,010	0,000
259,00	-0,043	0,029	0,050	0,055	-0,096	0,019	0,000	0,011	0,000
260,00	-0,043	0,029	0,049	0,055	-0,095	0,020	0,000	0,011	0,000
261,00	-0,046	0,028	0,048	0,053	0,000	0,017	0,000	0,010	0,000
262,00	-0,049	0,024	0,048	0,054	0,000	0,020	0,000	0,009	0,000
263,00	-0,047	0,029	0,048	0,055	0,000	0,020	0,000	0,010	0,000
264,00	-0,047	0,029	0,048	0,053	-0,097	0,020	0,000	0,008	0,000
265,00	-0,047	0,029	0,047	0,055	-0,096	0,020	0,000	0,011	0,000

266,00	-0,045	0,029	0,045	0,055	-0,093	0,019	0,000	0,011	0,000
267,00	-0,045	0,029	0,045	0,054	-0,094	0,019	0,000	0,010	0,000
268,00	-0,047	0,028	0,043	0,053	-0,095	0,018	0,000	0,009	0,000
269,00	-0,046	0,028	0,042	0,052	-0,094	0,019	0,000	0,010	0,000
270,00	-0,047	0,028	0,041	0,053	-0,094	0,017	0,000	0,008	0,000
271,00	-0,045	0,028	0,042	0,053	-0,092	0,019	0,000	0,009	0,000
272,00	-0,046	0,026	0,042	0,05	-0,093	0,019	0,000	0,010	0,000
273,00	-0,047	0,028	0,041	0,049	-0,093	0,018	0,000	0,009	0,000
274,00	-0,049	0,025	0,041	0,054	-0,095	0,018	0,000	0,010	0,000
275,00	-0,049	0,025	0,040	0,053	-0,094	0,019	0,000	0,010	0,000
276,00	-0,047	0,026	0,040	0,053	-0,091	0,017	0,000	0,010	0,000
277,00	-0,046	0,025	0,040	0,053	-0,090	0,018	0,000	0,009	0,000
278,00	-0,048	0,025	0,039	0,051	-0,091	0,018	0,000	0,009	0,000
279,00	-0,049	0,025	0,038	0,052	-0,092	0,018	0,000	0,009	0,000
280,00	-0,048	0,024	0,038	0,052	-0,090	0,017	0,000	0,009	0,000
281,00	-0,048	0,023	0,038	0,05	-0,090	0,017	0,000	0,010	0,000
282,00	-0,048	0,023	0,036	0,051	-0,089	0,017	0,000	0,008	0,000
283,00	-0,049	0,022	0,037	0,051	-0,090	0,017	0,000	0,006	0,000
284,00	-0,050	0,021	0,036	0,051	-0,090	0,016	0,000	0,008	0,000
285,00	-0,050	0,022	0,037	0,051	-0,089	0,017	0,000	0,010	0,000
286,00	-0,050	0,021	0,036	0,051	-0,089	0,017	0,000	0,009	0,000
287,00	-0,051	0,020	0,035	0,05	-0,089	0,016	0,000	0,008	0,000
288,00	-0,052	0,021	0,035	0,05	-0,090	0,014	0,000	0,008	0,000
289,00	-0,053	0,019	0,035	0,05	-0,090	0,016	0,000	0,009	0,000
290,00	-0,050	0,018	0,034	0,051	-0,087	0,016	-0,097	0,005	0,000
291,00	-0,051	0,020	0,034	0,05	-0,088	0,018	-0,096	0,005	0,000
292,00	-0,052	0,017	0,032	0,049	-0,088	0,014	0,000	0,007	0,000
293,00	-0,053	0,018	0,030	0,048	-0,089	0,015	0,000	0,008	0,000
294,00	-0,053	0,018	0,033	0,049	-0,088	0,016	-0,097	0,008	0,000
295,00	-0,052	0,017	0,032	0,049	-0,087	0,016	-0,095	0,008	-0,096
296,00	-0,053	0,017	0,032	0,049	-0,088	0,015	-0,096	0,009	-0,096
297,00	-0,053	0,016	0,032	0,049	-0,088	0,014	-0,096	0,008	-0,096
298,00	-0,053	0,015	0,031	0,049	-0,087	0,012	-0,095	0,008	-0,096
299,00	-0,056	0,016	0,031	0,048	-0,090	0,015	0,000	0,008	0,000
300,00	-0,055	0,015	0,031	0,049	-0,088	0,015	-0,096	0,008	-0,097

Tabulka 24: Výsledek měření absorpance UV paprsků v rozmezí 190 nm - 300 nm u různých koncentrací.



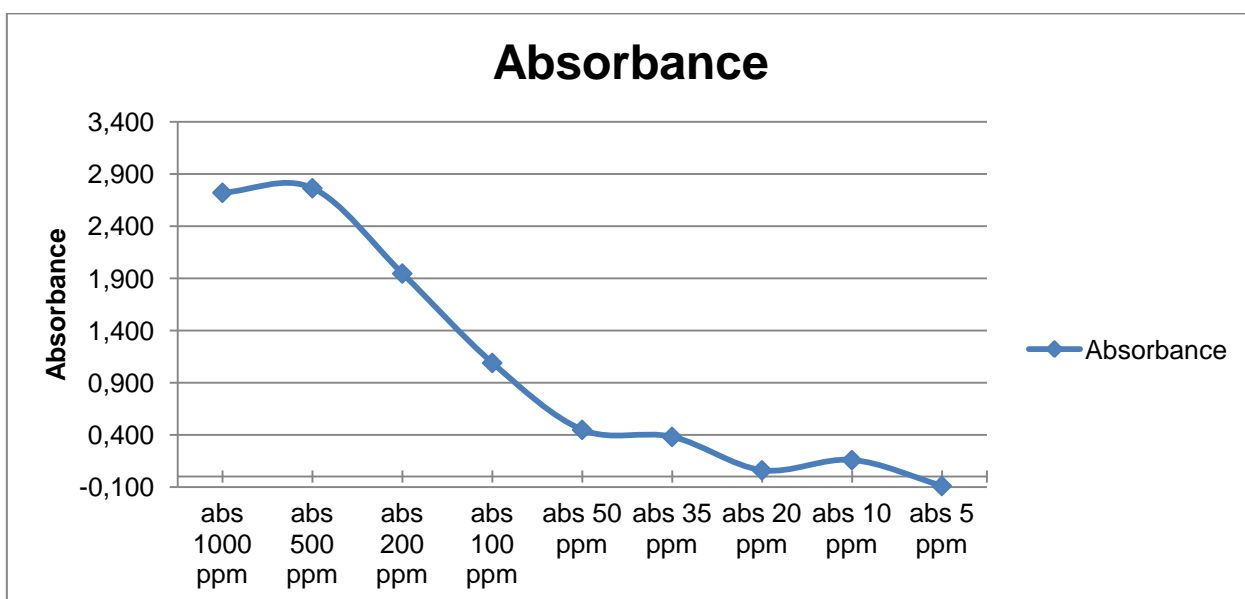
Graf 15: Absorbance UV paprsků polymerovým roztokem o různých koncentracích.

vlnová délka	abs 1000 ppm	abs 500 ppm	abs 200 ppm	abs 100 ppm	abs 50 ppm	abs 35 ppm	abs 20 ppm	abs 10 ppm	abs 5 ppm
200 nm	2,722	2,765	1,947	1,09	0,449	0,381	0,061	0,159	-0,089

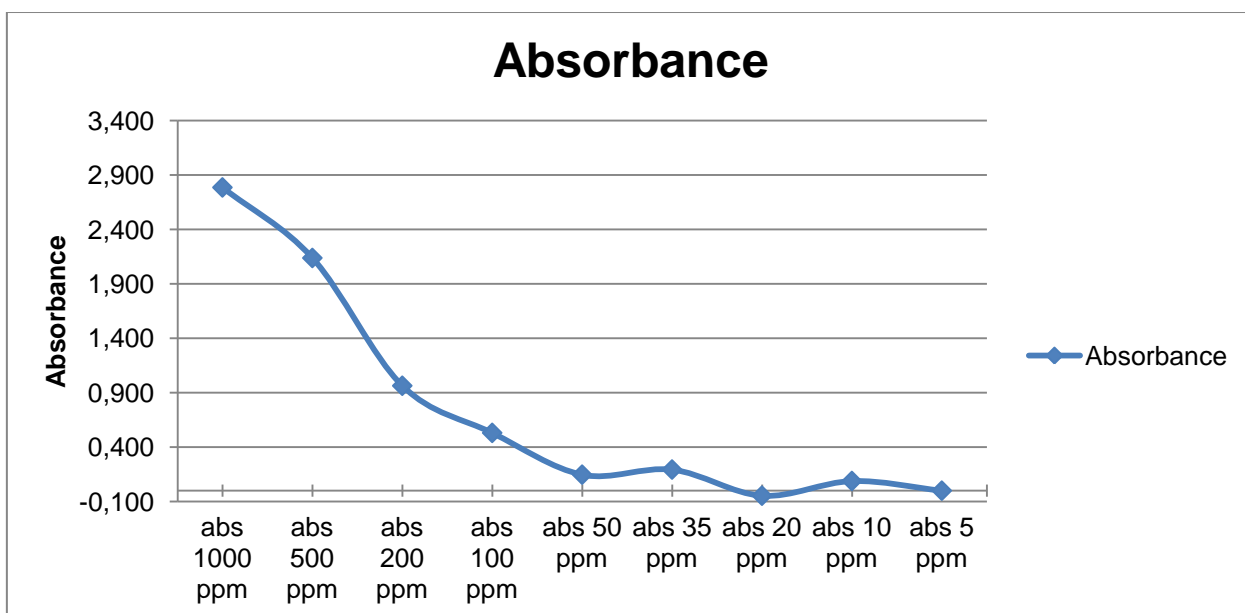
Tabulka 25: Absorbance UV paprsků při různých koncentracích a vlnové délce 200 nm.

vlnová délka	abs 1000 ppm	abs 500 ppm	abs 200 ppm	abs 100 ppm	abs 50 ppm	abs 35 ppm	abs 20 ppm	abs 10 ppm	abs 5 ppm
205,00	2,786	2,138	0,964	0,531	0,147	0,194	-0,046	0,089	0,000

Tabulka 26: Absorbance UV paprsků při různých koncentracích a vlnové délce 205 nm.



Graf 16: Absorbance UV paprsků při různých koncentracích a vlnové délce 200 nm.



Graf 17: Absorbance UV paprsků při různých koncentracích a vlnové délce 205 nm.

Měřením UV absorbance bylo také ověřeno měření absorpce polymeru na zeminu a silikátovou hlinku pomocí viskozimetru. Měření absorbance jakéhokoliv roztoku, který obsahoval povrchovou zeminu ukazuje vyšší hodnoty, což je pravděpodobně způsobeno rozpuštěním nějakých dalších látek do roztoku. Nicméně měření absorbance polymerového roztoku se silikátovou hlinkou a porovnání se slepými vzorky, které obsahovaly polymer jasně ukazuje snížení absorbance, což značí také snížení koncentrace polymeru. Absorbance roztoku se silikátovou hlinkou bez polymeru je velmi podobná těm které obsahují polymer, což také potvrzuje že došlo ke snížení koncentrace polymeru. Porovnání dynamické viskozity je uvedeno v příloze 8.

Vlnová délka	1000 ppm - slepý vzorek	1000 ppm + zemina	1000 ppm + sil. hl.
215 nm	1,918	3,855	0,548

Tabulka 27: Absorbance UV paprsků různých roztoků.

Vlnová délka	1000 ppm + 2g NaCl - slepý vzorek	1000 ppm + 2g NaCl + zemina	1000 ppm + 2g NaCl + sil. hl.
215	1,865	3,783	0,493

Tabulka 28: Absorbance UV paprsků různých roztoků.

Vlnová délka	ROS II + zemina	ROS II + sil. hl.	ROS II + 2g NaCl	ROS II + 2g NaCl + zemina	ROS II + 2g NaCl + sil. hl.
215	4,072	0,432	0,15	3,705	0,536

Tabulka 29: Absorbance UV paprsků různých roztoků bez polymeru.

10.10 Viskozita různě připravených roztoků

Tato analýza byla prováděna až na samotný konec práce v laboratoři. Byly připraveny 2 polymerové roztoky o koncentraci 1000 ppm, každý byl ovšem na třepačce rozdílný čas. Výsledky jasně ukazují, že vzorek, který byl na třepačce kratší dobu má vyšší viskozitu i přes to, že naměřená hustota se moc neliší. Naměřené hodnoty viskozity jsou uvedeny v příloze 7.

20°C		
Koncentrace	1000 ppm - 0,5 h na třepačce	1000 ppm - 1 h na třepačce
Hustota (g.cm ⁻³)	0,9985	0,9962

Tabulka 30: Naměřená hustota při 20°C.

29°C		
Koncentrace	1000 ppm - 0,5 h na třepačce	1000 ppm - 1 h na třepačce
Hustota (g.cm ⁻³)	0,9963	0,9985

Tabulka 31: Naměřená hustota při 29°C.

Porovnání viskozit		
20°C	Koncentrace 1000 ppm - 0,5 h na třepačce	Koncentrace 1000 ppm - 1 h na třepačce
Kinematická viskozita (mm ² .s ⁻¹)	6,956	4,684
Dynamická viskozita (mPa.s)	7,046	4,6652

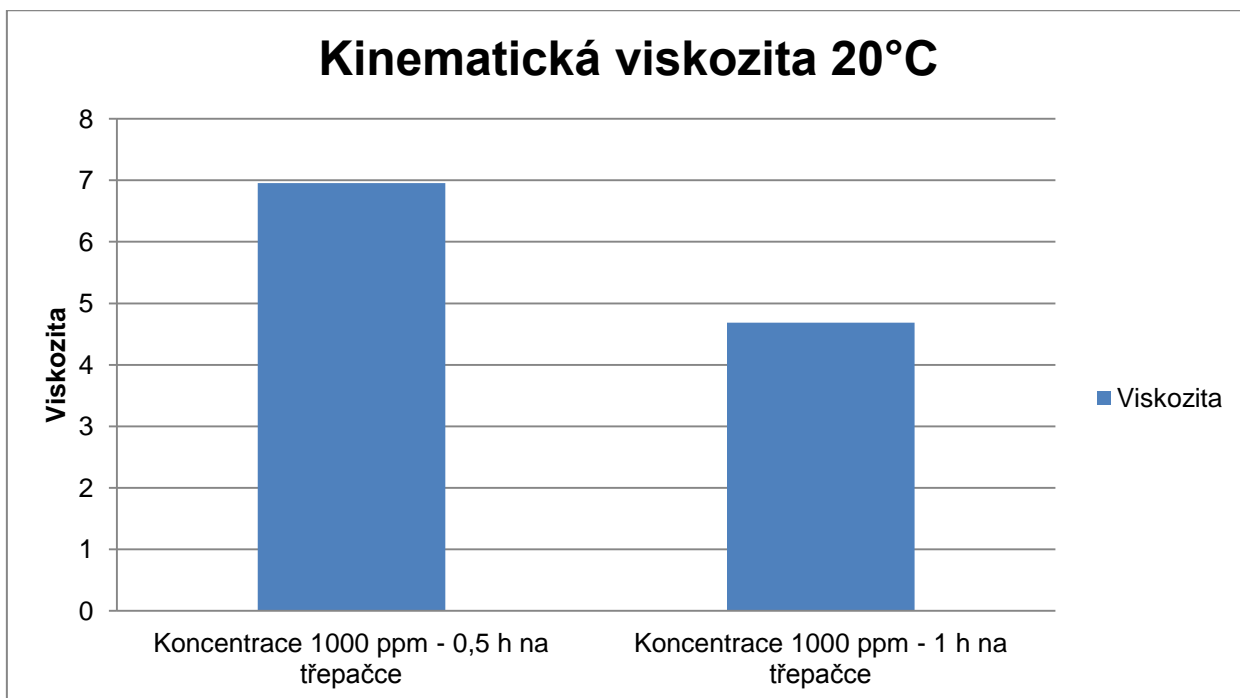
Tabulka 32: Porovnání viskozit při rozdílné přípravě polymerového roztoku o stejné koncentraci při teplotě 20°C.

Porovnání viskozit		
29°C	Koncentrace 1000 ppm - 0,5 h na třepačce	Koncentrace 1000 ppm - 1 h na třepačce
Kinematická viskozita (mm ² .s ⁻¹)	5,486	4,604
Dynamická viskozita (mPa.s)	5,4658	4,597

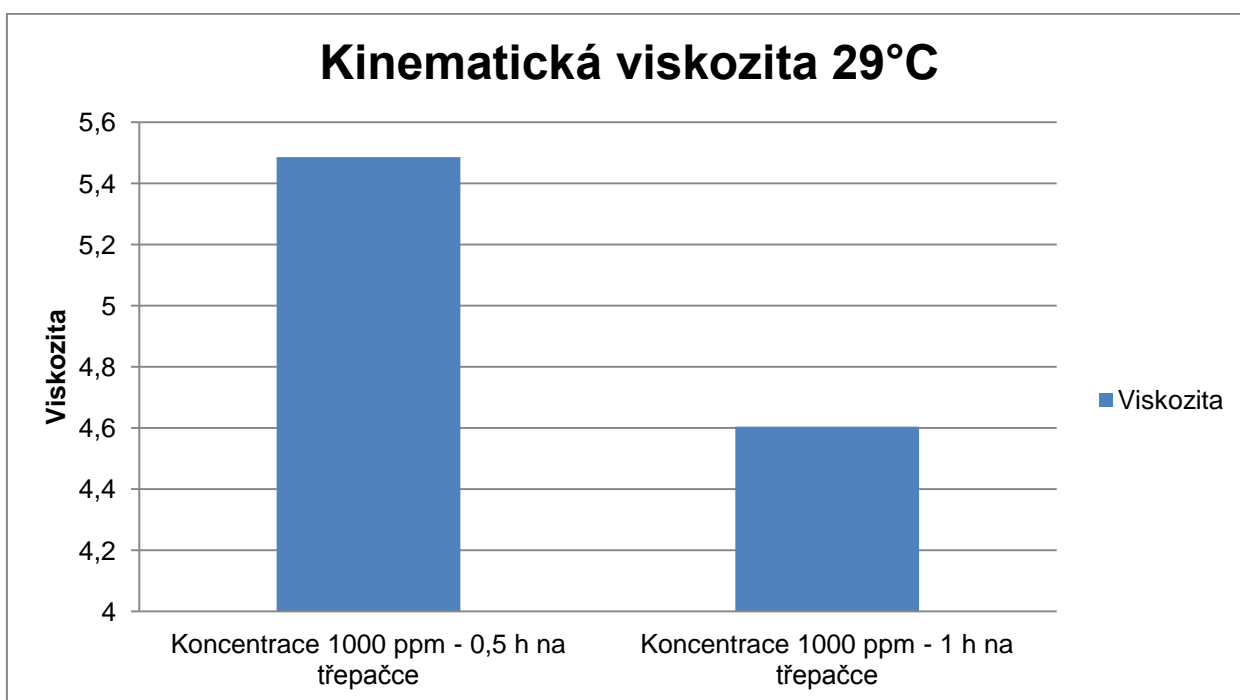
Tabulka 33: Porovnání viskozit při rozdílné přípravě polymerového roztoku o stejné koncentraci při teplotě 29°C.

pH roztoků z různou přípravou	
1000 ppm - 0,5h	7,72
1000 ppm - 1h	7,65

Tabulka 34: Porovnání pH při rozdílné přípravě polymerového roztoku o stejné koncentraci.



Graf 18: Porovnání Kinematické viskozity při rozdílné přípravě, teplota 20°C.



Graf 19: Porovnání Kinematické viskozity při rozdílné přípravě, teplota 29°C.

11 Diskuze

Při manipulaci s jakoukoliv chemickou látkou je důležité postupovat v souladu s legislativními normami České republiky a Evropské unie. Mezi zákony kterými jsou chemické látky ovlivněny patří : Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, Předpis č. 350/2011 Sb. - Zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých dalších zákonů a jeho prováděcí předpisy, Vyhláška č. 383/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady, Předpis č. 59/2006 Sb. - Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými látkami nebo chemickými přípravky, Předpis č. 185/2001 Sb. - Zákon o odpadech a změně některých dalších zákonů, Předpis č. 254/2001 Sb. - Zákon o vodách a o změně některých dalších zákonů, Předpis č. 258/2000 Sb. - Zákon o ochraně veřejného zdraví, Předpis č. 167/2008 Sb. o předcházení ekologické újmě a o její nápravě a o změně některých zákonů. Polymer Flopaam 3330 S ovšem nepatří díky svým vlastnostem mezi nebezpečné látky, tím odpadá mnoho povinností jak pro výrobce, tak pro uživatele látky.

Při přípravě polymerových roztoků jsme zaznamenali obtíže při přípravě, protože zrnka polymeru se nerozpouští snadno a často se shlukují do tzv. fish eyes neboli "rybích ok", které se rozmíchávají velmi těžce. Tyto "rybí oka" se nám často nalepily na dno nebo stěnu nádoby a poté je bylo velmi obtížné odstranit. Při přípravě jsme použili různá míchadla, ohřev a také ultrazvukovou čističku. Je tedy velmi důležité dbát na přípravu roztoku a jeho správné rozmíchání.

Vývoj viskozity, který jsme získali nám ukazuje nelineární vývoj, což je způsobeno tím, že jsme použili viskozimetr, který měří jenom za určitých podmínek. Jelikož roztok polymerů patří mezi neneutronovské kapaliny, patří tedy mezi kapaliny binghamovské u nichž je důležitou veličinou smykové napětí. Informace, které jsme touto cestou získali, jsou tedy omezeně použitelné. Výsledky, které jsme získali nemají sice přesnou vypovídající hodnotu o velikosti viskozity, dají se ale použít při volném a pomalém toku polymeru. Pro zjištění přesné hodnoty viskozity by bylo lepší použít viskozimetr rotační, který nemá společnost MND a.s. v současné době ve svých laboratořích.

Při těžbě uhlovodíků je jako vedlejší produkt získávána také ložisková voda, která v naprosté většině případů obsahuje rozpuštěné látky, především chlorid sodný. Jelikož je

ložisková voda obsažena ve všech těžebních obzorech, je nutné s ní počítat také při využití polymerů pro těžbu. Každé ložisko má jiné vlastnosti, protože není vždy ve stejné hloubce, je tvořeno jinými horninami a jeho ložisková voda má jiné vlastnosti. Přidáním chloridu sodného do polymerových roztoků nám jasně ukázalo, že je nutné brát na tento faktor ohled.

Pro měření absorpce polymeru na zeminu a silikátovou hlinku jsme použili povrchovou zeminu z okolí těžební plošiny v oblasti Ždánic. Silikátová hlinka je v podstatě rozemletá křemičitanová hornina, která se běžně vyskytuje v ložiscích. Z důvodu absorpce polymerů je proto důležité brát ohled na ložiskové prostředí a jeho složení.

Měřením UV absorpance jsme zjišťovali možnost využití této metody v případě úniku polymerového roztoku do jakéhokoliv vodního prostředí. Tato metoda by se dala využít pokud by byla možnost odebrat ještě slepý vzorek. Slepý vzorek by se musel odebrat v místě, které nebylo určitě zasaženo uniklým polymerem.

12 Závěr

I přesto, že námi naměřená viskozita je pouze omezeně použitelná hrála důležitou roli při prováděných analýzách. Měření viskozit polymerových roztoků po několika dnech od přípravy nám jasně ukázalo, že dochází k jejím změnám, na což je potřeba také brát zřetel při jeho používání. Kromě měření viskozit při různých koncentracích polymerového roztoku byla tato metoda využita také pro zjišťování absorpce polymeru na povrchovou zeminu a silikátovou hlinku a zjišťování změn chování polymerových roztoků po přidání chloridu sodného. Případné změny viskozity, při kontaktu polymerového roztoku a ložiskové vody, jsme testovali nejdříve přidáním 1g - 4g NaCl do roztoku o koncentraci 1000 ppm. Již při přidání 1g dochází k okamžitému snížení viskozity. Při zvyšování koncentrace chloridu sodného v polymerovém roztoku nedochází již k příliš markantním změnám. Po tomto zjištění jsme podrobili všechny koncentrace přidáním 2g NaCl, abychom zjistili vývoj námi naměřené viskozity. Rozdíly v naměřené viskozitě po přidáním stejného množství polymeru nejsou nijak závratné.

Měření absorpce polymeru bylo prováděno především kvůli tomu, aby jsme získali přehled o změnách viskozity po kontaktu s povrchovou zeminou a horninou uvnitř ložiska. Měření viskozity jasně dokazuje, že polymer se na tyto látky váže a dochází tedy ke snížení viskozity. U polymerového roztoku bez přidaného chloridu sodného je absorpce na tyto 2 média opravdu markantní. Při měření filtrátu polymerového roztoku s přidáním chloridu sodného došlo také ke snížení viskozity, ne však tak markantní jako u čistého polymerového roztoku. Po promíchání s povrchovou zeminou a silikátovou hlinkou a následné filtraci se hodnoty viskozit jak u čistého polymerového roztoku, tak u polymerového roztoku s přidaným chloridem sodným zastavily na podobných hodnotách. Jestli dochází opravdu k absorpci polymeru nebo je snížení viskozity způsobeno pouze nějakým jiným vlivem jsme ještě ověřili pomocí UV absorbance. Také naměřené hodnoty UV absorbance ukazují, že opravdu došlo ke snížení koncentrace polymeru v roztoku, což značí že dochází k jeho absorbování do zeminy a silikátové hlinky.

Měření absorbance světla polymerem jsme prováděli především proto, aby jsme zjistili zda by se této metody nedalo nějak využít při úniku polymeru a následné zjišťování jeho koncentrace. Kladného výsledku jsme dosáhli při měření UV paprsků, konkrétněji jejich nižších vlnových délek. Výsledky ukazují, že i při malé koncentraci polymeru je možné ho detekovat v určitých vlnových délkách, což by se opravdu dalo využít v praxi při úniku polymeru.

Test na biologickou spotřebu kyslíku probíhal 28 dnů. Po celý tento interval sledování byla naměřena biodegradace pod mezí stanovitelnosti 3 %, což znamená že za sledovanou dobu

u připravených vzorků nedocházelo k biodegradaci. Toto měření bylo ovšem prováděno za konstantních laboratorních podmínek. Během celé doby experimentu byly vzorky při konstantní teplotě 20°C za nepřístupu světla ani vzduchu. I přes naměřené výsledky je pravděpodobné, že při úniku polymeru a následnému vystavení povětrnostních vlivů jako je střídání teplot, vliv slunce a působením jiných bakterií bude docházet k jeho biodegradaci. Pokud bude k jeho rozložení docházet budou vznikat pouze CO₂, H₂O a N tedy látky, které nejsou životnímu prostředí nijak nebezpečné.

Různou přípravou 2 polymerových roztoků o stejné koncentraci jsme jasně ukázali jak je důležité dbát na správnost přípravy polymeru. Rozdílly jsme zaznamenali jak ve viskozitě, tak v pH. Pouze hustota roztoků byla téměř totožná.

I pokud by došlo k úniku polymerového roztoku během jeho přípravy nebo těžby neměl by být výrazný problém tuto nehodu odstranit, protože technologie na jeho přípravu je umístěna v kontejneru, který zabraňuje jeho úniku. Pokud by nějakým nepravděpodobným způsobem došlo k úniku mimo pracovní plošinu je jeho ekologická likvidace také nenáročná. Tím že dochází k absorpci polymeru na zeminu zůstane polymer v místě úniku, díky čemuž by stačilo pouze zasažené místo sanovat, tedy odtěžit zasažené místo a poté ekologicky zlikvidovat.

Problematika polymerů je natolik složitá a závisí na tolika vlivech, které přesahují možnosti Diplomové práce, že by ji mohlo být věnováno ještě další bádání.

13 Literatura

AL-Bahar M. A., Merrill R., Peake W., Jumaa M., Oskui R. (2004): Evaluation of IOR potential within Kuwait. – Abu Dhabi international conference and exhibition., 10. – 13.10.2004, Abu Dhabi.

Brzobohatý J. (1994): Geologie nesvačilské a vranovické deprese na JV Moravě. – MS, disertace k získání vědecké hodnosti kandidáta geologických věd, Moravské naftové doly a.s., Brno.

Buchta Š., Dohnal K. (1993): Geologicko-ložiskové zhodnocení ložisek uhlovodíků v sedimentech karpát (spodního iocénu) v oblasti naleziště Ždánice. – MND a.s., Hodonín.

Bujok P., Bříza K., Luner K. (2006): Aplikace druhotných těžebních metod na ložiscích ropy. – Acta Montanistica Slovaca., 11, 1, 20–23.

Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2002): Geologická minulost České Republiky. – Academia, Praha.

Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z. (2011): Geologická minulost České Republiky. – Academia, Praha.

Cicha I., Holzkecht M. (1964): Einige neue Erkenntnisse über die Stratigraphie des Oligozän in der Pouzdrany (Pausramer) Einheit – Geologické práce, 36, 87–94. Bratislava.

Dohnal K. (1991): 6. dodatek k projektu geologických prací. Podrobný průzkum oblasti Ždánického lesa 9. etapa. – MS, MND a.s. Hodonín.

Dohnal K. (1992a): 7. dodatek k projektu geologických prací. Podrobný průzkum oblasti Ždánického lesa 9. etapa. – MS, MND a.s. Hodonín.

Dohnal K. (1992b): 8. dodatek k projektu geologických prací. Podrobný průzkum oblasti Ždánického lesa 9. etapa. – MS, MND a.s. Hodonín.

Dohnal K. (1992c): 9. dodatek k projektu geologických prací. Podrobný průzkum oblasti Ždánického lesa 9. etapa. – MS, MND, a.s. Hodonín.

Dohnal K., Hamršmíd B., Zádrapa M. (1995): Intraformační slepenec v sedimentech spodního miocénu v oblasti Ždánického lesa. – Nové výsledky v terciéru západních Karpat II, Sbor. ref. 11. konference o mladším terciéru., 25. – 26. 4. 1995, Brno.

- Dohnal K., Cejpek V. (1999): Zhodnocení východní části PÚ Litenčice–Letošov, Snovídky a krystalinikum 3. – MS, MND, a.s. Hodonín.
- Donaldson E. C., Chilingarian G. V., Yen T. F. (1985): Enhanced oil recover I, fundamentals and analyses. – Elsevier, Amsterdam.
- Dudek A. (1978): Brunovisrulikum. Jednotka krystalinika v podloží vnějších karpát na Moravě. – Universita Karlova, Praha.
- Green W. D., Willhite P.G. (1998): Enhanced oil recovery. – Society of Petroleum Engineers, Richardson.
- Kleinitz W. (2013): Enhanced oil recovery, polymer flooding. – MS, HOT Engineering GmbH Vienna.
- Luo J.-H., Liu Y.-Z., Zhu P., (2006): Polymer solution properties and displacement mechanisms. In: Shen, P.-P., Liu, Y.-Z., Liu, H.-R. (Eds.), Enhanced Oil Recovery–Polymer Flooding. Petroleum Industry Press, pp. 1–72.
- Manrique J. E., Muci E. V., Gurfinkel E. M. (2007): EOR field experiences in carbonate reservoirs in the United States., – Society of petroleum engineers, 10, 6, 667–686.
- Picha F. J. (1996): Exploring for hydrocarbons under thrust belts, A challenging new frontier in the Carpathians and elsewhere., – AAPG Bulletin, 80, 1547 – 1564.
- Picha F. J., Stráník Z., Krejčí O. (2006): Geology and Hydrocarbon Resources of the Outer Western Carpathians and Their Foreland, Czech Republic. In: Golonka J., Picha F. J. (eds) The Carpathians and their foreland: Geology and hydrocarbon resources. – The American Association of Petroleum Geologists, 49 – 95s.
- Řehánek J. (1993): Litofacie a sedimentační vývoj neogénu rašovické deprese. – MS, MND a.s. Hodonín.
- Řehánek J. (1994): Sedimentologie miocénu v oblasti Ždánického lesa (rašovická deprese). – MS, MND a.s. Hodonín.
- Salaj J. (1994): Výsledky biostratigrafické studie miocénu z vrtů v rašovické depresi (oblast Ždánického lesa). – MS, MND a.s. Hodonín.

Satter A., Iqbal M. G., Buchwalter L. J. (2008): Practical enhanced reservoir engineering. – MS, PennWell Corporation Tulsa.

Sheng J. J. (2008): Modern chemical enhanced oil recovery – theory and practice. – Gulf Professional Publishing. Burlington.

Sorbie S. K., (1991): Polymer, improved oil recovery. – Blackie and Son Ltd., Edinburg.

Stráník Z., Dvořák J., Krejčí O., Müller P., Přichystal A., Suk M., Tomek Č. (1993): The contact of the North European Epivariscan platform with the West Carpathians. – Journal of the Czech Geological Society., 38, 1–2, 21–29. Praha.

Taber J. J., Martin F. D., Saright R.S. (1997a): EOR screening criteria revisited part 1, introduction to screening criteria and enhanced recovery field projects. – Society of petroleum engineers., 12, 3, 189–198.

Taber J. J., Martin F. D., Saright R.S. (1997b): EOR screening criteria revisited part 2, applications and impact of oil prices. – Society of petroleum engineers., roč.12, č. 3, s. 199–206.

Třasoň T., Gavor J. (2012): Výpočet zásob ložiska ropy a zemního plynu Ždánice miocenní písky k 30.6.2012. – MS, MND, a.s. Hodonín.

Wang D., Han P., Shao Z., Chen J., Seright S. R. (2006a): Sweep improvement options for the Daqing Oil Field. – SPE/DOE symposium on improved oil recovery, 22. – 24.4.2006, Tulsa.

14 Internetové zdroje

www1: REACH – Arnika. Arnika. Dostupné z: <http://www.arnika.org/reach> (cit. 21.12.2014).

www2: ECHA. ECHA europa. Dostupné z: http://www.echa.europa.eu/documents/10162/13556/echa_general_leaflet_en.pdf (cit. 21.12.2014).

www3: SNF - Flopaam. SNF. Dostupné z: http://snf.com.au/downloads/Flopaam_EOR_E.pdf (cit.12.12.2014).

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady č. 1272/2008 ze dne 16.12.2008. Dostupné z: <http://www.eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272&from=en> (cit. 15.3.2015).

Předpis č. 350/2011 ze dne 27.10.2011. Dostupné z: <https://www.portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=75352&nr=350~2F2011&rpp=15#local-content> (cit. 15.3.2015).

Předpis č. 258/2000 ze dne 17.7.2000. Dostupné z: <https://www.portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=49577&nr=258~2F2000&rpp=15#local-content> (cit. 15.3.2015).

15 Přílohy

15.1 Příloha 1

BEZPEČNOSTNÍ LIST
Flopaam 3330 S



BEZPEČNOSTNÍ LIST

1. IDENTIFIKACE LÁTKY/SMĚSI A SPOLEČNOSTI/PODNIKU

Název produktu:	Flopaam 3330 S
Společnost:	SNF S.A.S. ZAC de Milieux 42163 Andrézieux France
Telefon:	+ 33.(0)4.77.36.86.00
Fax:	+ 33.(0)4.77.36.86.96
E-mail:	sds@snf.fr
Telefonní číslo pro naléhavé situace:	+ 33.(0)4.77.36.87.25

Použití produktu: Přípravek pro průmyslové aplikace

2. IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ

Vodné roztoky nebo navlhlé prášky vytvářejí extrémně kluzký povrch.

3. SLOŽENÍ/INFORMACE O SLOŽKÁCH

Identifikace: Ve vodě rozpustný aniontový polymer
Regulované složky: Neuvedeny

4. POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

Při vdechnutí: Vynést postiženého na čerstvý vzduch. V případě výskytu symptomů ihned vyhledat lékařskou pomoc.

Při styku s kůží: Zasažené místo omývat mýdlem a velkým množstvím vody. Při podráždění ihned vyhledat lékařskou pomoc.

Při styku s okem: Důkladně vypláchnout oči (i pod víčky) velkým množstvím vody. Vyhledat lékařskou pomoc.

Při požití: Vypláchnout ústa vodou. Nevyvolávat zvracení. V případě výskytu symptomů ihned vyhledat lékařskou pomoc.

5. OPATŘENÍ PRO HAŠENÍ POŽÁRU

Vhodná hasiva: Voda. Rozprašená voda. Pěna. Prášek. Oxid uhličitý (CO₂)

Bezpečnostní opatření: Vodné roztoky nebo navlhlé prášky vytvářejí extrémně kluzký povrch.

Speciální ochranné prostředky pro hasiče: Nejsou vyžadovány žádné speciální ochranné prostředky.

6. OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU

Opatření na ochranu osob: Nejsou vyžadována žádná zvláštní opatření.

Opatření na ochranu životního prostředí: Stejně jako u ostatních chemikálií, látka nesmí být vypouštěna do povrchových vod.

Doporučené metody čištění a zneškodnění: Nesplachovat vodou. Látku okamžitě zamést nebo vysát. Skladovat ve vhodných nádobách k zneškodnění. Zbytky po úklidu spláchnout vodou.

7. ZACHÁZENÍ A SKLADOVÁNÍ

Opatření pro bezpečné zacházení: Zabránit přímému kontaktu s kůží a očima. Zabránit vzniku prachu. Nevdechovat vzniklý prach. Před přestávkou a na konci směny důkladně umýt ruce.

Pokyny pro skladování: Skladovat na suchém místě. Skladovací teplota: od -40 °C do +50 °C.

8. OMEZOVÁNÍ EXPOZICE/OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY

Technická opatření: Použít místní odsávání v případě tvorby prachu. V neprašném prostředí postačí přirozená ventilace.

Ochranné pracovní pomůcky:

Ochrana dýchacích cest: Použití masky s filtrem je doporučeno v místech, kde koncentrace prášku přesáhne hodnotu 10 mg/m³.

Ochrana rukou: PVC nebo jiné gumové rukavice

Ochrana očí: Ochranné brýle s bočním krytím. Při manipulaci s produktem nepoužívat kontaktní čočky.

Ochrana kůže a těla: Zástěra odolná proti chemikáliím nebo ochranný oblek v případě nebezpečí rozstříku nebo opakovaného styku s roztokem.

Hygienická opatření: Při manipulaci dodržovat zásady hygieny a bezpečnosti práce. Před přestávkou a na konci směny důkladně umýt ruce.

9. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

Skupenství: Pevné, granule

Barva: Bílá

Zápach (vůně): Žádný

Hodnota pH: 6,0 – 8,0 při 5 g/L

Bod tání/bod tuhnutí (°C): Nelze aplikovat

Bod vzplanutí (°C): Nelze aplikovat
Bod vznícení (°C): Nelze aplikovat
Přibližná objemová hustota: 0,60 – 0,90
Rozpuštnost ve vodě: Zcela mísitelná látka

10. STÁLOST A REAKTIVITA

Chemická stabilita: Stabilní. Nevzniká nebezpečná polymerizace.
Možnost nebezpečným chemických reakcí: Oxidační činidla mohou způsobit exotermické reakce.
Nebezpečné produkty rozkladu: Tepelný rozklad může vytvářet oxidy dusíku (NOx) a oxidy uhlíku (COx).

11. TOXIKOLOGICKÉ INFORMACE

Akutní toxicita:

Orálně: LD50/orálně/potkan > 5000 mg/kg
Dermálně: LD50/dermálně/králík > 5000 mg/kg
Inhalačně: Tento produkt by neměl způsobit toxickou reakci při vdechnutí.

Dráždivost:

Kůže: Nedráždivý
Oči: Nedráždivý
Senzibilizace: Látka nezpůsobuje přecitlivělost.
Chronická toxicita: Látka nemá chronické účinky.

12. EKOLOGICKÉ INFORMACE

Toxicita pro vodní prostředí:

Ryby: LC50/Danio rerio (zebrička pruhovaná) / 96 hodin > 10 mg/l (OECD 203)
Dafnie: LC50/Daphnia magna (hrotnatka) / 48 hodin > 100 mg/l (OECD 202)
Řasy: IC50/Scenedesmus subspicatus (zelené řady) / 72 hodin > 100 mg/l (OECD 201)

Environmentální osud:

Persistence a rozložitelnost: Výrobek není snadno biologicky odbouratelný.
Hydrolyza: Výrobek nehydrolyzuje.
Bioakumulační potenciál: Nepředpokládá se bioakumulace.

13. POKYNY PRO LIKVIDACI

Zneškodnění látky/přípravku: Zlikvidovat v souladu s příslušnými předpisy na místní i národní úrovni.

Likvidace znečištěného obalu: Obal odvézt na skládku odpadů nebo spálit dle platných předpisů na místní i národní úrovni. Prázdný obal vypláchnout vodou a tuto vodu použít k přípravě pracovního roztoku.

14. INFORMACE PRO PŘEPRAVU

ADR/RID: Výrobek není považován za nebezpečný pro přepravu podle předpisů ADR/RID.

IMDG/IMO: Výrobek není považován za nebezpečný pro přepravu podle předpisů IMO/IMDG.

ICAO/IATA: Výrobek není považován za nebezpečný pro dopravu podle předpisů ICAO/IATA.

15. INFORMACE O PŘEDPÍSECH

Klasifikace a označení: Tento výrobek není považován za nebezpečný a nemusí být označen podle Nařízení ES, v platném znění.

Evropská unie (REACH): Veškeré složky výrobku podléhající povinnosti registrace byly registrovány či předběžně registrovány u Evropské agentury pro chemické látky.

16. DALŠÍ INFORMACE

Doplňující informace:

Tento bezpečnostní list byl vypracován v souladu s následujícími předpisy:

Směrnice 1999/45/ES;

Směrnice 67/548/EHS;

Nařízení (ES) č. 1272/2008;

Nařízení (ES) č. 1907/2006, v platném znění.

Informace uvedené v tomto Bezpečnostním listu jsou založeny na našem nejlepší vědomí a svědomí ke dni jeho vydání. Uvedené informace popisují požadavky pro zajištění bezpečné manipulace, použití, zpracování, skladování, přepravy a likvidace, nepředstavují však garanci vlastností tohoto výrobku. Uvedené informace se vztahují výhradně k popisované látce a nemusí platit pro tuto látku, je-li použita v kombinaci s jinými látkami, pokud není v tomto Bezpečnostním listu stanoveno jinak.

15.2 Příloha 2

20°C	Koncentrace 100 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	4,717	4,711	4,782	4,651	4,624
Dynamická viskozita (mPa.s)	4,708	4,702	4,773	4,642	4,615

Tabulka 1: Viskozita při koncentraci 100 ppm, teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9981 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 100 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	4,229	4,487	4,403	4,256	4,014
Dynamická viskozita (mPa.s)	4,212	4,468	4,385	4,239	3,997

Tabulka 2: Viskozita při koncentraci 100 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9958 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 150 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,894	1,872	1,85	1,821	1,848
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,891	1,869	1,847	1,818	1,845

Tabulka 3: Viskozita při koncentraci 150 ppm, teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 0,9983 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 150 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,554	1,456	1,625	1,586	1,571
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,547	1,45	1,618	1,579	1,565

Tabulka 4: Viskozita při koncentraci 150 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 0,9959 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 250 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	10,57	10,69	10,72	10,57	10,67
Dynamická viskozita (mPa.s)	10,72	10,67,	10,69	10,55	10,65

Tabulka 5: Viskozita při koncentraci 250 ppm, teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9978 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 250 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	8,565	8,548	8,511	8,544	8,475
Dynamická viskozita (mPa.s)	8,53	8,512	8,476	8,509	8,44

Tabulka 6: Viskozita při koncentraci 250 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9959 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 500 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	8,329	8,387	8,387	8,333	8,329
Dynamická viskozita (mPa.s)	8,315	8,372	8,372	8,318	8,315

Tabulka 7: Viskozita při koncentraci 500 ppm, teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9983 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 500 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	6,816	6,625	6,756	6,813	6,942
Dynamická viskozita (mPa.s)	6,788	6,598	6,729	6,785	6,913

Tabulka 8: Viskozita při koncentraci 500 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9959 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 1000 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	5,669	5,666	5,654	5,705	5,717
Dynamická viskozita (mPa.s)	5,659	5,656	5,644	5,695	5,706

Tabulka 9: Viskozita při koncentraci 1000 ppm, teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9982 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	4,599	4,58	4,586	4,634	4,628
Dynamická viskozita (mPa.s)	4,581	4,563	4,569	4,617	4,611

Tabulka 10: Viskozita při koncentraci 1000 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9962 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 1500 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	4,795	4,857	4,848	4,869	4,881
Dynamická viskozita (mPa.s)	4,788	4,851	4,841	4,862	4,875

Tabulka 11: Viskozita při koncentraci 1500 ppm, teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9987 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1500 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	3,981	3,984	3,966	3,951	3,966
Dynamická viskozita (mPa.s)	3,967	3,969	3,951	3,936	3,951

Tabulka 12: Viskozita při koncentraci 1500 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9964 g/cm^3 .

15.3 Příloha 3

29°C	Koncentrace 100 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	3,608	3,456	3,447	3,375	3,411
Dynamická viskozita (mPa.s)	3,594	3,442	3,433	3,361	3,397

Tabulka 13: Viskozita po 3 dnech při koncentraci 100 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9960 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 150 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,221	1,222	1,218	1,206	1,211
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,213	1,215	1,211	1,199	1,204

Tabulka 14: Viskozita po 3 dnech při koncentraci 150 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 0,9959 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 250 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	7,733	7,808	7,787	7,676	7,714
Dynamická viskozita (mPa.s)	7,701	7,776	7,755	7,644	7,683

Tabulka 15: Viskozita po 3 dnech při koncentraci 250 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9959 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 500 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	4,818	4,977	4,962	4,965	4,95
Dynamická viskozita (mPa.s)	4,799	4,957	4,942	4,945	4,93

Tabulka 16: Viskozita po 3 dnech při koncentraci 500 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9960 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	3,344	3,386	3,338	3,347	3,374
Dynamická viskozita (mPa.s)	3,332	3,373	3,326	3,334	3,361

Tabulka 17: Viskozita po 3 dnech při koncentraci 1000 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9962 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1500 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	3,753	3,828	3,768	3,84	3,852
Dynamická viskozita (mPa.s)	3,74	3,815	3,755	3,826	3,838

Tabulka 18: Viskozita po 3 dnech při koncentraci 1500 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9964 g/cm^3 .

15.4 Příloha 4

29°C	Koncentrace 1000 ppm				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	3,926	3,943	3,937	3,899	3,92
Dynamická viskozita (mPa.s)	3,91	3,928	3,922	3,883	3,904

Tabulka 19: Viskozita při koncentraci 1000 ppm, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9962 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm + 1g NaCl				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,04	1,037	1,04	1,04	1,037
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,043	1,04	1,043	1,043	1,041

Tabulka 20: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s přidáním 1g NaCl, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0032 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm + 2g NaCl				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,005	1,01	1,006	1,006	1,005
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,015	1,02	1,016	1,016	1,015

Tabulka 21: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s přidáním 2g NaCl, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0100 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm + 3g NaCl				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,994	0,989	0,98	0,984	0,985
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,01	1,006	0,997	1,001	1,002

Tabulka 22: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s přidáním 3g NaCl, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0167 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm + 4g NaCl				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,992	0,987	0,989	0,991	0,99
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,018	1,012	1,014	1,016	1,016

Tabulka 23: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s přidáním 4g NaCl, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0255 g/cm^3 .

15.5 Příloha 5

29°C	Koncentrace 100 ppm + 2g NaCl				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,951	0,94	0,933	0,936	0,937
Dynamická viskozita (mPa.s)	0,961	0,949	0,942	0,946	0,946

Tabulka 24: Viskozita při koncentraci 100 ppm s přidáním 2g NaCl, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0098 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 250 ppm + 2g NaCl				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,096	1,097	1,088	1,078	1,074
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,106	1,108	1,098	1,088	1,085

Tabulka 25: Viskozita při koncentraci 250 ppm s přidáním 2g NaCl, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0097 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 500 ppm + 2g NaCl				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,267	1,17	1,171	1,174	1,234
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,28	1,182	1,183	1,186	1,246

Tabulka 26: Viskozita při koncentraci 500 ppm s přidáním 2g NaCl, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0100 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm + 2g NaCl				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,059	1,057	1,053	1,061	1,045
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,069	1,067	1,063	1,071	1,055

Tabulka 27: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s přidáním 2g NaCl, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0096 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1500 ppm + 2g NaCl				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,108	1,107	1,091	1,081	1,092
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,12	1,119	1,102	1,092	1,103

Tabulka 28: Viskozita při koncentraci 1500 ppm s přidáním 2g NaCl, teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0102 g/cm^3 .

15.6 Příloha 6

20°C	Koncentrace 1000 ppm - slepý vzorek				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	8,863	8,877	8,972	8,797	8,749
Dynamická viskozita (mPa.s)	8,849	8,863	8,957	8,783	7,735

Tabulka 29: Viskozita při koncentraci 1000 ppm - slepý vzorek, při teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9984 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 1000 ppm + zemina				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,813	1,811	1,813	1,809	1,81
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,811	1,809	1,811	1,807	1,808

Tabulka 30: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s povrchovou zeminou, při teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 0,9989 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 1000 ppm + silikátová hlinka				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,042	1,002	1,011	1,028	1,038
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,04	1,001	1,01	1,026	1,037

Tabulka 31: Viskozita při koncentraci 1000 ppm se silikátovou hlinkou, při teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 0,9985 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 1000 ppm + 2g NaCl - slep. vz.				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,485	1,477	1,484	1,479	1,485
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,504	1,495	1,503	1,497	1,504

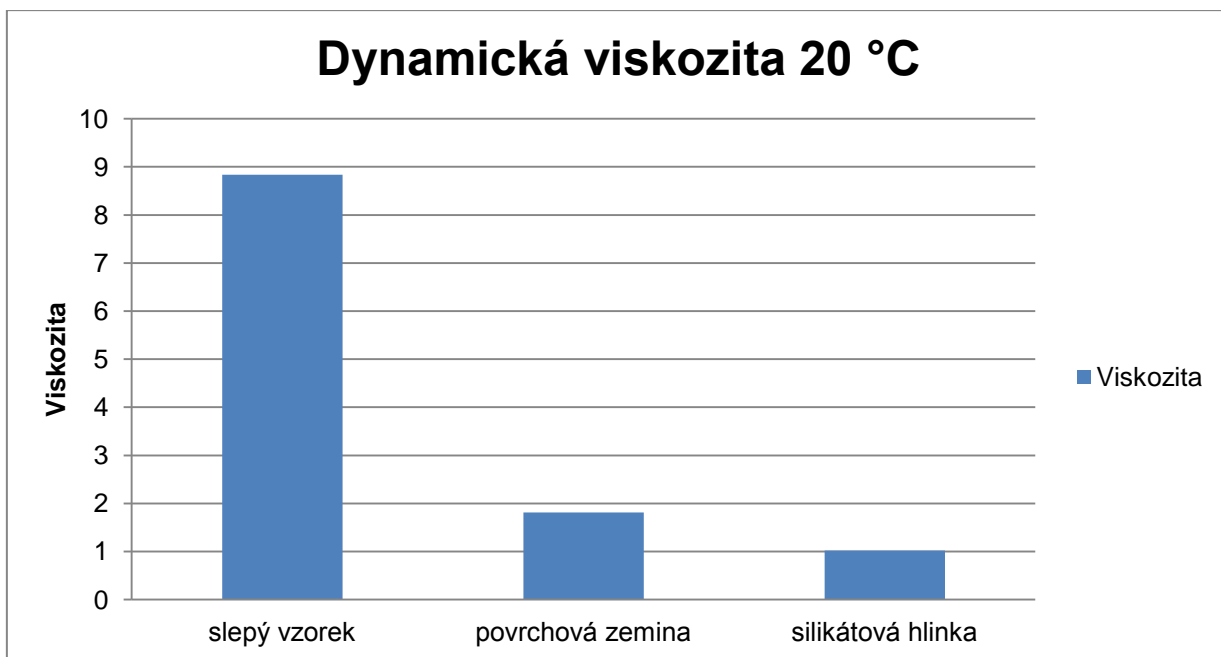
Tabulka 32: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s 2g NaCl - slepý vzorek, při teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0127 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 1000 ppm + 2g NaCl + zemina				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,415	1,406	1,399	1,404	1,41
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,434	1,425	1,418	1,423	1,429

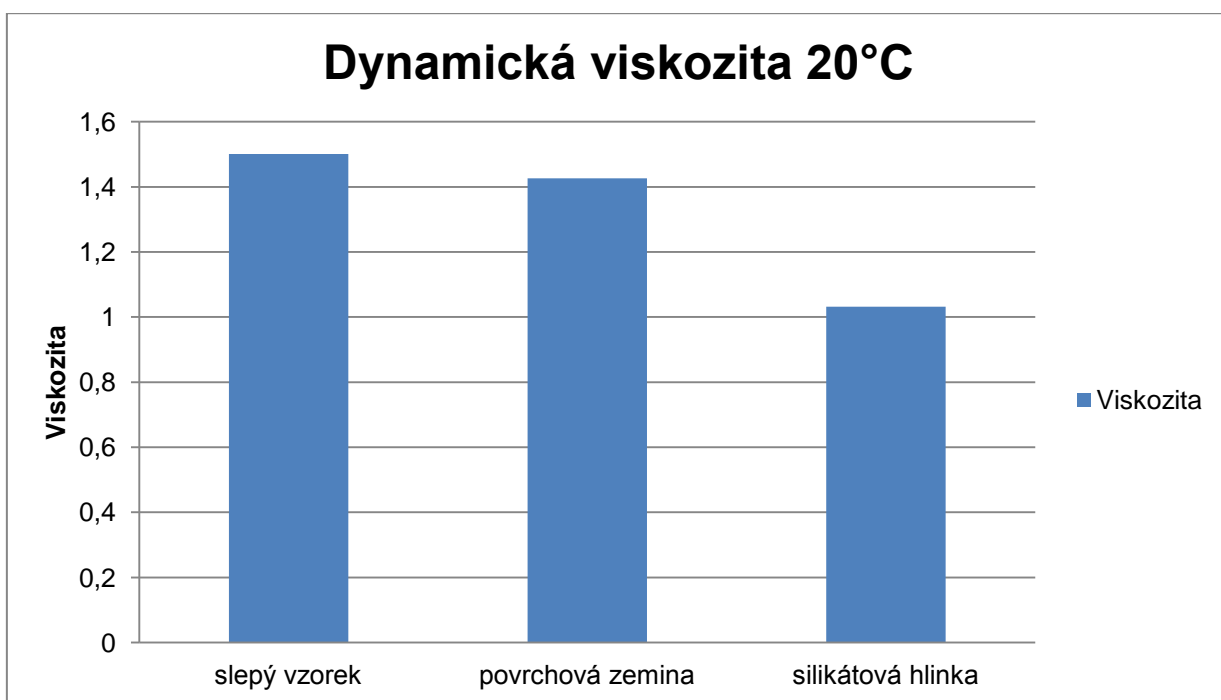
Tabulka 33: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s 2g NaCl se zeminou, při teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0134 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 1000 ppm + 2g NaCl + sil. hlin.				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,044	1,046	1,044	1,039	1,037
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,058	1,059	1,057	1,052	1,05

Tabulka 34: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s 2g NaCl se silikátovou hlinkou, při teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0125 g/cm^3 .



Graf 1: Porovnání naměřené Dynamické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlíny při teplotě 20°C.



Graf 2: Porovnání naměřené Dynamické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlíny s 2g NaCl při teplotě 20°C.

29°C	Koncentrace 1000 ppm - slepý vzorek				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	7,365	7,417	7,348	7,336	7,233
Dynamická viskozita (mPa.s)	7,337	7,389	7,32	7,308	7,205

Tabulka 35: Viskozita při koncentraci 1000 ppm - slepý vzorek, při teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9962 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm + zemina				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,481	1,472	1,468	1,47	1,468
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,476	1,467	1,463	1,465	1,463

Tabulka 36: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s povrchovou zeminou, při teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 0,9966 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm + silikátová hlinka				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,82	0,821	0,825	0,833	0,82
Dynamická viskozita (mPa.s)	0,817	0,818	0,822	0,83	0,817

Tabulka 37: Viskozita při koncentraci 1000 ppm se silikátovou hlinkou, při teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 0,9962 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm + 2g NaCl - slep. vz.				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,212	1,21	1,212	1,207	1,209
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,224	1,222	1,224	1,219	1,221

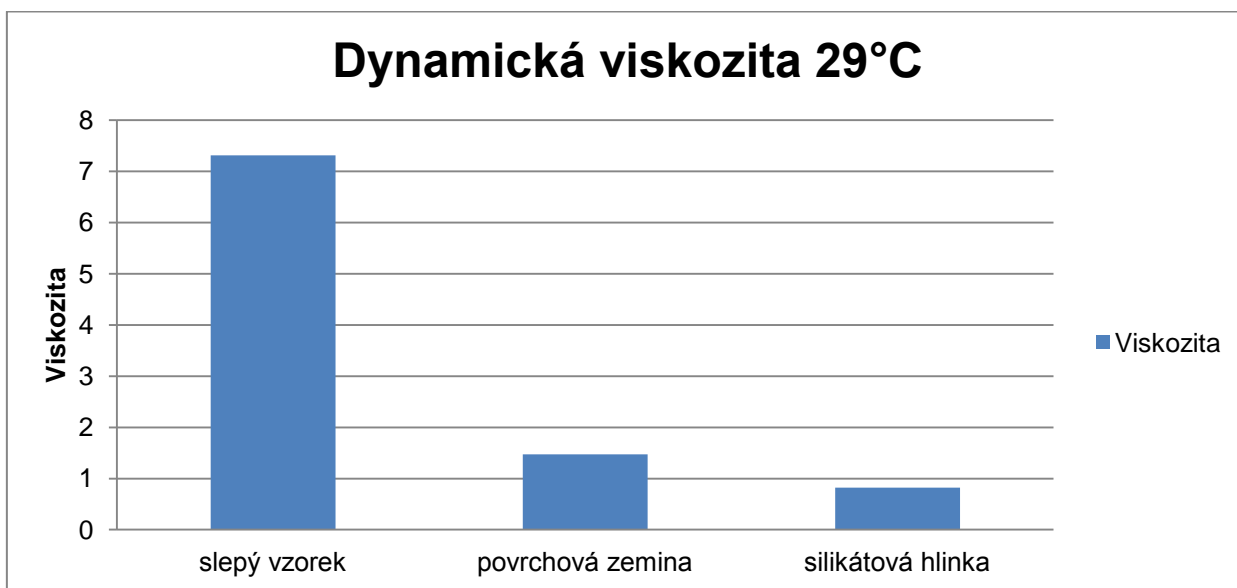
Tabulka 38: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s 2g NaCl - slepý vzorek, při teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0101 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm + 2g NaCl + zemina				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,149	1,15	1,146	1,144	1,146
Dynamická viskozita (mPa.s)	1,161	1,163	1,159	1,157	1,159

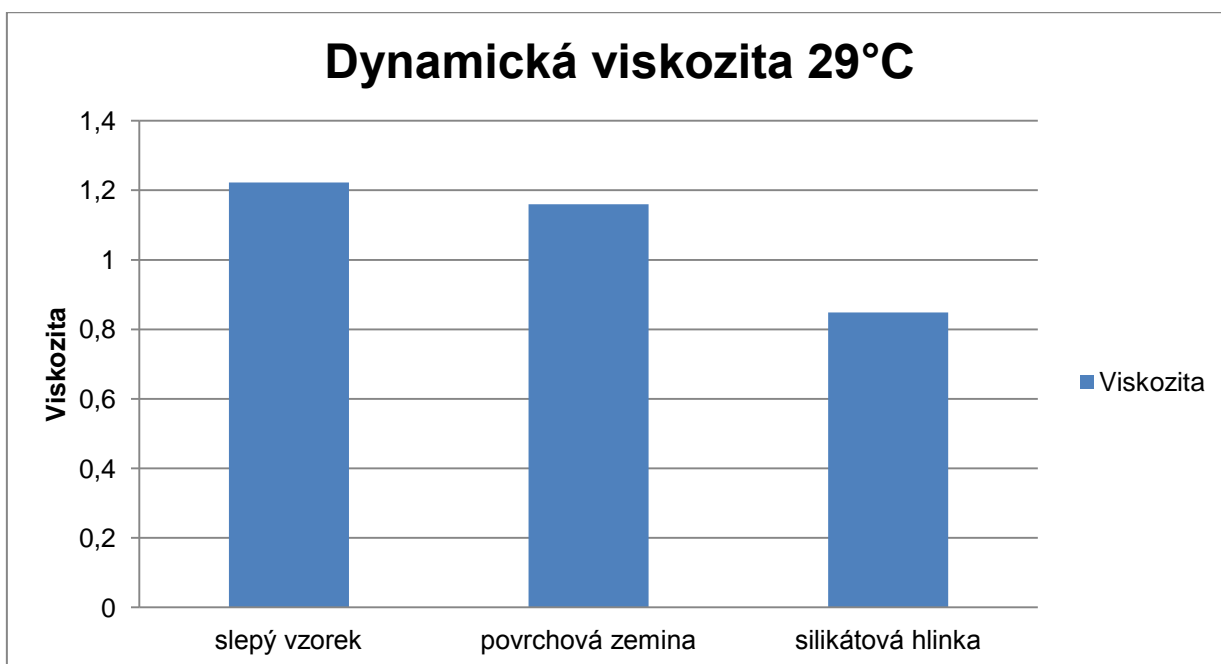
Tabulka 39: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s 2g NaCl se zeminou, při teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0108 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm + 2g NaCl + sil. hlin.				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,891	0,869	0,864	0,869	0,864
Dynamická viskozita (mPa.s)	0,9	0,878	0,873	0,877	0,873

Tabulka 40: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s 2g NaCl se silikátovou hlinkou, při teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3,175 mm a hustotě 1,0102 g/cm³.



Graf 3: Porovnání naměřené Dynamické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky při teplotě 29°C.



Graf 4: Porovnání naměřené Dynamické viskozity slepého vzorku a filtrátu polymerového roztoku zeminy a silikátové hlínky s 2g NaCl při teplotě 29°C.

15.7 Příloha 7

20°C	Koncentrace 1000 ppm - 0,5 h na třepačce				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	7,05	7,113	7,113	6,994	7,01
Dynamická viskozita (mPa.s)	7,039	7,102	7,102	6,998	6,999

Tabulka 41: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s časem 0,5h na třepačce, při teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9985 g/cm^3 .

20°C	Koncentrace 1000 ppm - 1 h na třepačce				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	4,743	4,677	4,683	4,689	4,628
Dynamická viskozita (mPa.s)	4,725	4,654	4,665	4,671	4,611

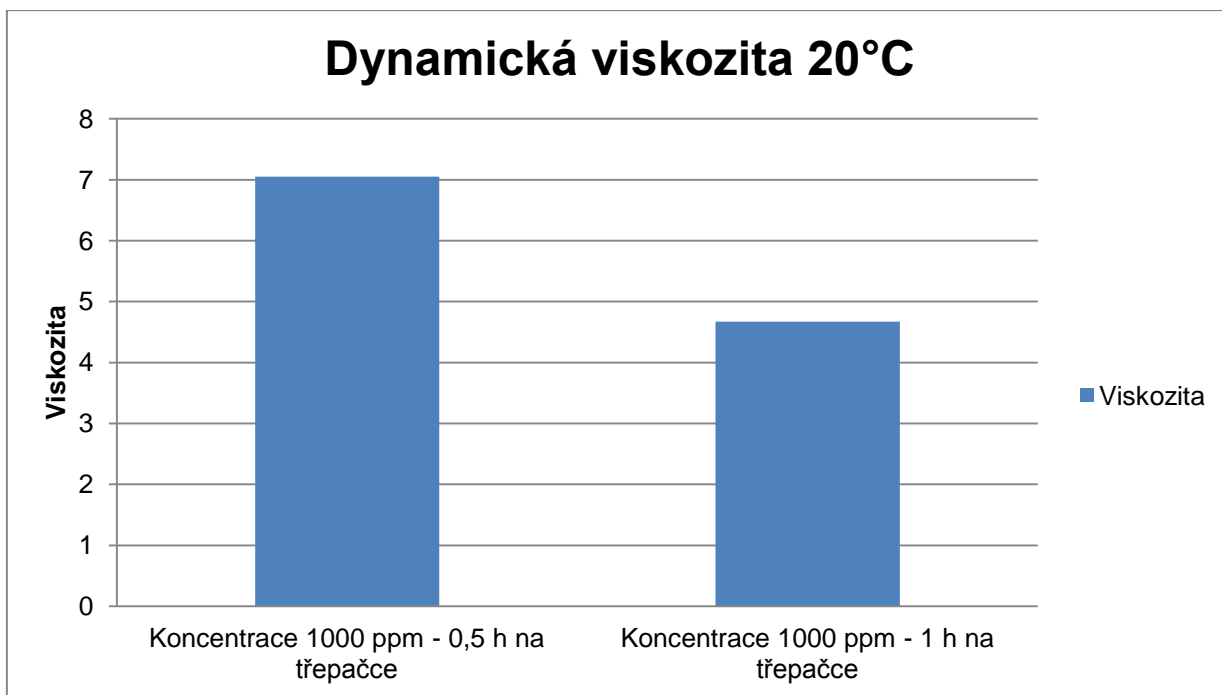
Tabulka 42: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s časem 1h na třepačce, při teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9962 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm - 0,5 h na třepačce				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	5,513	5,49	5,493	5,49	5,444
Dynamická viskozita (mPa.s)	5,493	5,47	5,472	5,47	5,424

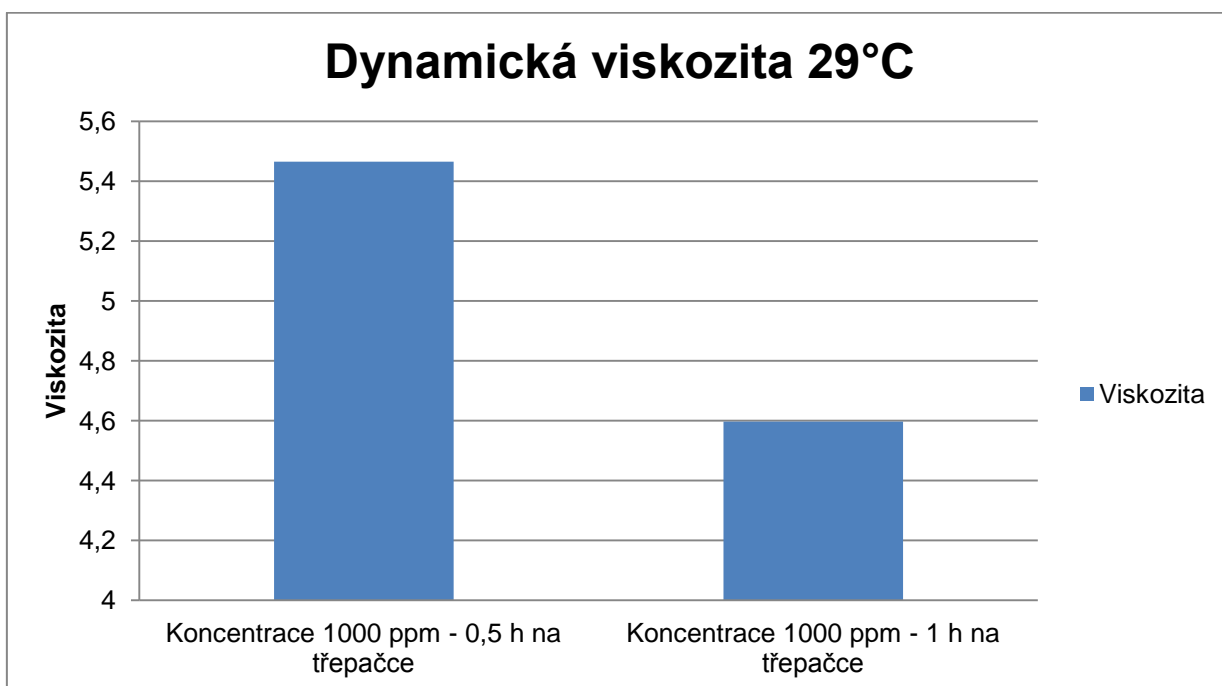
Tabulka 43: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s časem 0,5h na třepačce, při teplotě 29°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9963 g/cm^3 .

29°C	Koncentrace 1000 ppm - 1 h na třepačce				
Kinematická viskozita ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	4,642	4,676	4,588	4,538	4,576
Dynamická viskozita (mPa.s)	4,635	4,669	4,581	4,531	4,569

Tabulka 44: Viskozita při koncentraci 1000 ppm s časem 1h na třepačce, při teplotě 20°C, průměru použité kuličky 3 mm a hustotě 0,9985 g/cm^3 .



Graf 5: Porovnání Dynamické viskozity při rozdílné přípravě, teplota 20°C.

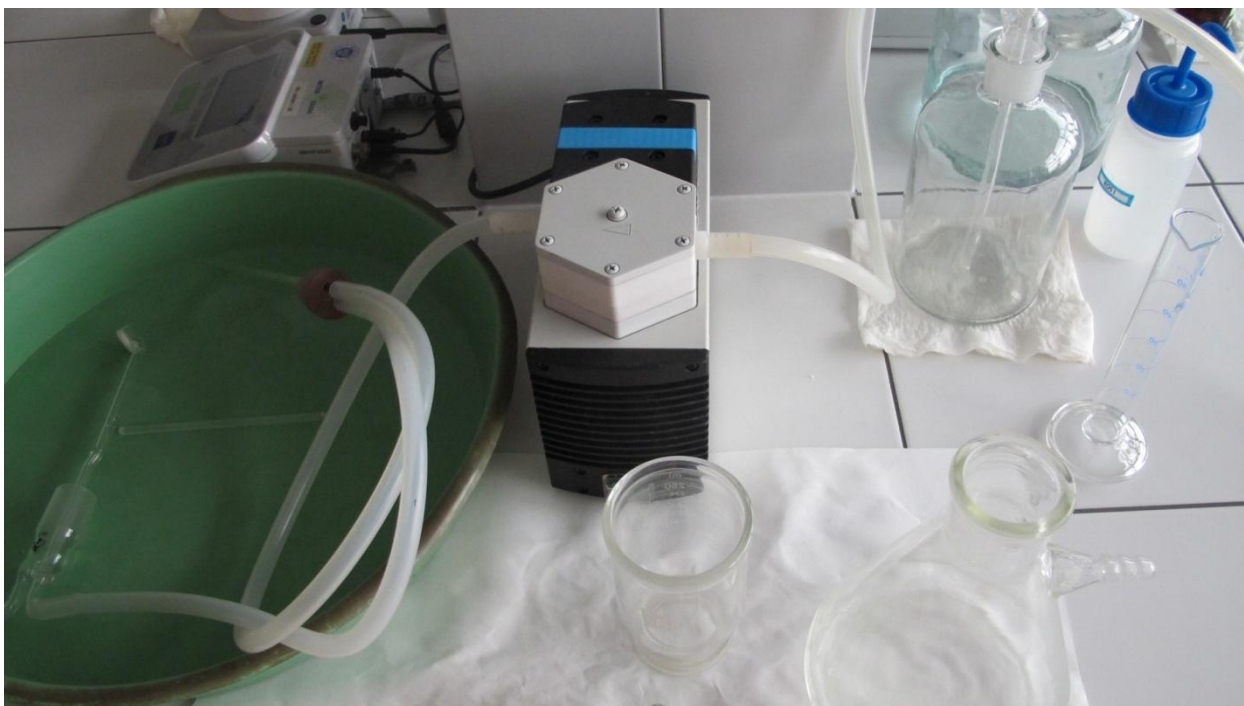


Graf 6: Porovnání Dynamické viskozity při rozdílné přípravě, teplota 29°C.

15.8 Příloha 8



Obrázek 1: Box LOVIBOND TC 255 S.



Obrázek 2: Filtrační zařízení GV 0250.