

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Vliv příměsí na kvalitativní parametry
benzínu**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Hönig, Ph. D.

Autor práce: Roman Řehák

PRAHA 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Roman Řehák

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Vliv příměsí na kvalitativní parametry benzínu

Název anglicky

Effect of additions on the qualitative parameters of gasoline

Cíle práce

Cílem práce je experimentálně vyhodnotit vliv alkoholů a etherů na kvalitativní parametry benzínu.

Metodika

- prostudovat základní literaturu, normy, internetové odkazy a další prameny
- provést literární rešerši v oblasti biopaliv
- kontaktovat významné výrobce a instituce zabývající se problematikou bioethanolu
- provést vlastní analýzu a uvést nové případné teoretické předpoklady a názory
- experimentálně vyhodnotit parametry směsných paliv

Harmonogram

březen 2018 – květen 2018 – vyhledávání informací, literární rešerše, zpracování kapitol: Úvod, Rozdělení paliv a jejich výroba

červen 2018 – září 2018 – literární rešerše, zpracování kapitoly Požadavky na vlastnosti paliv, sběr vzorků

říjen 2018 – ověření vlastností shromážděných vzorků paliv

listopad 2018 – leden 2019 – zpracování výsledků měření v experimentální části práce, vyhodnocení a závěr.

únor 2019 – březen 2019 – dokončení BP a odevzdání

Doporučený rozsah práce

30

Klíčová slova

benzin, bioethanol, destilační křivka, tlak par, spalovací motor

Doporučené zdroje informací

- BECKER, J., WITTMANN, C.: Bio-based production of chemicals, materials and fuels – *Corynebacterium glutamicum* as versatile cell factory, *Current Opinion in Biotechnology* 23/4 (2012), pp. 631–640.
- EISENHUBER, K., JAGER, A., WIMBERGER, J., KAHR, H.: Comparison of different pretreatment methods for straw for lignocellulosic bioethanol production. *Agronomy research* 11 (2013), pp. 173–182.
- ELFASAKHANY, A.: Experimental study on emissions and performance of an internal combustion engine fueled with gasoline and gasoline/n-butanol blends, *Energy Conversion and Management* 88 (2014), pp. 277–283.
- GRAMAJO DE DOZ, M.B., BONATTI, C.M., SÓLIMO, H.N.: Water Tolerance and Ethanol Concentration in Ethanol-Gasoline Fuels at Three Temperatures, *Energy Fuels* 18(2) (2004), pp. 334–337.
- HROMÁDKO, J., HROMÁDKO, J., MILER, P., HÖNIG, V., CINDR, M.: Technologie výroby biopaliv druhé generace, *Chemické listy* 104 (2010), pp 784–790.
- HYKÝŠOVÁ, S.: Kritéria udržitelnosti výroby biopaliv. *Biom.cz* [online]. 2012-09-13 [cit. 2015-10-03]. Dostupné na: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kriteria-udrzitelnosti-vyroby-biopaliv>>. ISSN: 1801-2655.
- KÜÜT, A., RITSLAID, K., OLT, J.: Study of potential uses for farmstead ethanol as motor fuel. *Agronomy Research* 9/1 (2011), pp. 125–134.
- POSPÍŠIL, M., MUŽÍKOVÁ, Z., ŠEBOR, G.: Volality and distillation properties of ethanol-petrol blends. *Goriva i maziva*, 46/4 (2007), pp. 335–353.
- RAUD, M., KESPERI, R., OJA, T., OLT, J., KIKAS, T.: Utilization of urban waste in bioethanol production: potential and technical solutions. *Agronomy Research* 12/2 (2014), pp. 397–406.
- SCHLAUB, G., VETTER, A.: Biofuels for Automobiles – An Overview, *Chemical Engineering and Technology* 31 (2008), pp. 721–729.
-

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Vladimír Hönig, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra chemie

Elektronicky schváleno dne 6. 2. 2018

Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2018

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2019

Čestné prohlášení.

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vliv příměsí na kvalitativní parametry benzínu vypracoval samostatně a použil jsem pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla“

V Praze dne 30. března 2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Vladimíru Hönigovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, za odborné rady a za celkový pozitivní přístup po celou dobu naší spolupráce.

Vliv příměsí na kvalitativní parametry benzinu

Effect of additions on the qualitative parameters of gasoline

Souhrn

V dnešní době se procentuální část objemu paliv pocházejícího z ropy nahrazuje jinými prvky. V praxi se využívají různé prvky, mezi které patří i alkoholy. Tato práce se zaměřila na jeden alkohol a to propanol. Přesněji, jak jeho přítomnost ovlivňuje parametry benzínu v závislosti na procentuálně obsaženém množství propanolu v benzínu.

V první části je seznámení se současnou problematikou, vytyčení základních surovin a pojmů spojených s palivy určené pro pohon zážehových motorů. Dále jsou představeny a popsány normované zkoušky, kterými jsou testovány vzorky v praktické části.

Druhá část práce se již věnuje testování různých vzorků benzínu a propanolu lišící se v objemových poměrech. Prezencaci získaných výsledků. V závěru jsou porovnány propanol s běžně používaným ethanolem a možnosti nahrazení ethanolu propanolem.

Klíčová slova: ropa, ethanol, propanol, biopaliva.

Summary

Nowadays, the percentage of oil-derived fuels is being replaced by other elements. Various elements, including alcohols, are used in reality. This thesis focuses on one alcohol concretely: propanol. More specifically, how its presence affects the parameters of gasoline depending on the percentage of propanol present in the gasoline.

In the first part of the work the reader gets familiarized with the current issues, the definition of materials and terms associated with fuels designed for the drive of spark ignition engines. Furthermore, the standardized tests are introduced by which the samples in the practical part of the thesis are tested.

The second part is devoted to testing of various samples of gasoline containing propanol differing in volume ratios. Then follows the presentation of the obtained results. Conclusion comprises the comparison of propanol and commonly used ethanol and the possibility of replacing ethanol with propanol.

Keywords: petroleum, ethanol, propanol, biofuels.

Obsah

Úvod	1
1. Přehled současného stavu	3
1.1. Ropa, paliva, pohonné hmoty	3
1.1.1. Vznik ropy	3
1.1.2. Složení ropy	5
1.1.3. Ložiska ropy	6
1.1.4. Těžba ropy	6
1.1.5. Procesy rafinerizace ropy	9
1.1.6. Paliva	11
1.1.7. Pohonné hmoty	11
1.2. Cíle Evropské unie a legislativa EU a ČR	12
1.3. Benzín	13
1.4. Biomasa a biopaliva	14
1.5. Ethanol	15
1.6. Propanol	17
2. Cíle bakalářské práce	19
3. Metodika bakalářské práce	20
3.1. Destilační charakteristiky	20
3.2. Hustota pomocí ponorného hustoměru	21
3.3. Tlak par dle Reida	22
3.4. Kinematická viskozita pomocí Ubbelohdeho viskozimetru	23
4. Experimentální část	24
4.1. Stanovení destilačních charakteristik	24
4.2. Stanovení hustoty pomocí ponorného hustoměru	27
4.3. Stanovení tlaku par dle Reida	28
4.4. Stanovení kinematické viskozity pomocí Ubbelohdeho viskozimetru	29
5. Závěr	30
Použitá literatura	32
Tabulky	35
Seznam obrázků a grafů	37
Seznam zkratk	38
Příloha	A

Úvod

Pro většinu světa jsou v dnešní době nejdůležitější čtyři vlivy života. Patří sem: slunce, kyslík, voda a ropa. Slunce nám dává světlo, teplo a díky energii při fotosyntéze máme druhý vliv kyslík. Všechny vyšší formy živočichů a rostlin potřebují k životu kyslík. Třetím vlivem je voda. Voda je v dnešní době v lidské společnosti brána jako naprostá samozřejmost, a to i pitná voda. Opak je ale pravdou. Čím dál více zdrojů čisté a pitné vody ubývá z důvodů znečištění povrchových a spodních vod. Z důvodu stoupání průměrných ročních teplot, jsou čím dál větší plochy Země zasaženy suchem. Lidskou společnost tyto problémy zajímají a snaží se je řešit. Myslím si, že jejich zájem je ale pouze okrajový, protože celou lidskou společností hýbe a ovlivňuje ji posledně zmíněný vliv, a to je ropa.

Tato černá, olejovitá a zapáchající kapalina se stala pro lidskou společnost tak důležitá, že hodně organizací a společností se zajímá pouze o ropu. Hlavně o její množství (zásoba a denní výtěžnost) a s tím spojenou cenu. Ropa se za posledních 80 let stala nejdůležitější komoditou na planetě. Její hojný výskyt dává státům, na jejichž území se vyskytuje, obrovskou moc ovlivňovat jiné státy, které jsou na dodávkách ropy závislé. Historie nám již několikrát ukázala, jaké se vedly války a krvavé bitvy ve jménu této suroviny. Jsme svědky i politického vměšování jednotlivých společností a ovlivňování, kdo bude vlastnit tuto komoditu.

Lidská společnost není na jiné komoditě tak závislá jako na ropě. Cena ropy ovlivňuje ceny všeho zboží a služeb, ovlivňuje ekonomiky států, zda jsou v růstu nebo v poklesu. Proto je ropa nazývána černým zlatem. Majitelé velkých ložisek ropy jsou jedni z nejbohatších lidí na Zemi. Stejně jako v dřívějších dobách vše ovlivňovalo pravé zlato, dnes vše ovlivňuje ropa.

Světová lidská populace stále roste a analogicky roste i spotřeba množství ropy. Produkty, které se z ropy vyrábějí, mají negativní vliv na životní prostředí naší planety. Proto se hodně společností zabývá tím, aby se snižovala závislost lidské společnosti na ropě. Tuto komoditu a hlavně výrobky z ní se snažíme využívat na 100 %. Jeden výrobek z této suroviny se využívá pro pohon našich automobilů. V současné době jsme zahlceni výrobky světových automobilek. Ale i tyto společnosti se snaží šetřit životní prostředí a ve svých vývojových programech se snaží nacházet i jiná možná paliva pro pohon automobilů.

V dnešní době jsou dva způsoby, kterými se lidstvo vydalo řešit vzniklou situaci. Prvním je úplné nahrazení paliva vyráběného z ropy, jiným, nejlépe ekologickým palivem. Druhým způsobem je nahrazování částečného množství paliva pocházejícího z ropy jinými složkami. Mezi nahrazující složky patří étery a alkoholy. A o přidáváním alkoholu do paliv pocházejících z ropy se zabývá tato bakalářská práce.

1 Přehled současného stavu

1.1. Ropa, paliva, pohonné hmoty

Ropu lze definovat několika způsoby. Pro příklad lze uvést:

- *Ropa je tmavě zbarvená olejovitá kapalina lehčí než voda.* [19]
- *Ropa je směsí přírodních látek, která vznikala fyzikálně chemickými procesy během mnoha milionů let.* [9]
- *Ropa je hnědá až nazelenalá hořlavá kapalina tvořená zejména směsí uhlovodíků.* [21]

Ropa se postupem času stala nejdůležitější surovinou, která se ze země využívá. Důležitost ropy se stala tak velkou, že je ropa někdy nazývána „*palivem globální ekonomiky*“. Dnešní využití ropy se již neváže pouze na paliva jako jsou benzín, nafta a letecký petrolej, ale i k výrobě různých druhů plastů. Některé složky získané z ropy se přidávají do hnojiv a pesticidů. V neposlední řadě se některé složky využívají i k výrobě léků. [21]

1.1.1. Vznik ropy

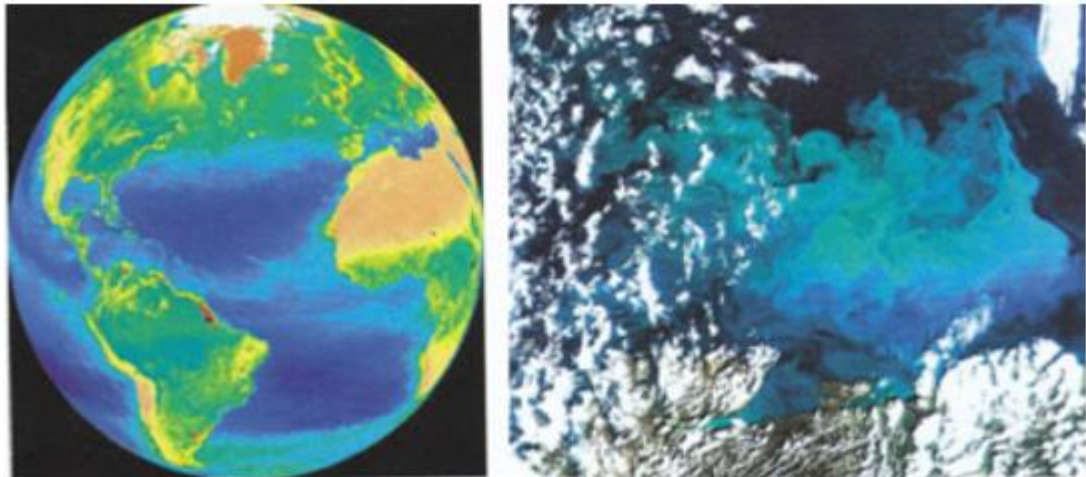
V dřívějších dobách se vedly ve vědeckých kruzích spory o vzniku ropy. Část vědců zastávala teorii vzniku prostřednictvím anorganických procesů, jiní zastávali teorii vzniku organickými procesy. V dnešní době převládá ve vědeckých kruzích názor, že vznik ropy je organického původu. Důvodem rozdílů těchto dvou teorií byly alkany, které jsou obsaženy v uhlovodících. Tyto alkany mohou vznikat anorganicky, tak i organicky. [9]

V dnešní době odborná veřejnost přijímá teorii na základě poznatků, že ropa vznikla z organické hmoty. Tuto organickou hmotu tvořil mořský plankton. Nesmí se zaměřovat se vznikem uhelných pánví, které vznikaly také z organické hmoty, ale tu tvořily pravěké suchozemské rostliny, hlavně stromy. [19]

Plankton se skládal, stejně jako dnes, ze souboru fytoplanktonu: zelených rostlin (řas), rozsivek, obrněnek, kokolitek a dalších bičíkovců a zooplanktonu: korýšů, dírkovců, mřížkovců a drobných měkkýšů a mlžů viz. Příloha č 1.1.1. Je téměř

nepředstavitelné, aby takovéto množství ropy cca 270 mld. tun (vytěženo cca 150 mld. tun a 120 mld. tun objevené, ale ještě nevytěžené) mohlo vzniknout z hmoty složené z tak malých organismů. Vědci zjistili, že výskyt planktonu je masový. Dokáže žít v hloubkách do 80 m nebo v mořích s nižší teplotou např. v Barentsovu moři. Často lze pozorovat masový bum planktonu i z družic viz. Obrázek č. 1.1.1. [19]

Obrázek č. 1.1.1.: *Družicové snímky rozložení planktonu v Atlantickém oceánu a v Barentsově moři*



Zdroj: [19]

Toto množství organismů na konci svého krátkého života umírá a postupně klesá ke dnu. Vědci spočítali, že plankton vyprodukuje stejné množství organického uhlíku jako suchozemské rostliny (desítky miliard tun uhlíku za rok). [19]

Začátek přeměny této organické hmoty na ropu, byl někdy před 200 miliony let v mělkých mořích, kde uhynulý plankton po usazení na mořském dně, byl překrýván vrstvami bahna, písku a jílu. V této fázi začala první přeměna – rozkladem za pomoci bakterií známá jako diagenese. Tento proces probíhal za přítomnosti kyslíku. Postupem času, jak se další vrstvy uhynulého planktonu a sedimentů vrstvily na sebe, stlačovaly svrchní vrstvy spodnější vrstvy. V této fázi již nebyl přítomen kyslík, a tak další proces rozkladu pokračoval anaerobně. Zde se eliminovaly většiny heteroatomů síry, dusíku a kyslíku. Z původní organické hmoty poté zbyla pouze nepatrná část těch nejodolnějších komponentů (lipidů), které obsahovaly relativně dost uhlíku a vodíku. [19]

Sedimentační proces je velice pomalý (50 m za milion let). Tento proces se několikrát zrychlil pomocí tektonické aktivity, kterou planeta Země ve své historii procházela. Při těchto tektonických aktivitách se organogenní sedimenty překrývaly tak

velkými vrstvami, že se dostaly do hloubky 300 až 1300 m. Zde, za působení vysokého geostatického tlaku (7 až 30 MPa) a teploty kolem 50 °C, se molekuly biopolymerů a okolních hornin navzájem sloučily chaotickou polykondenzací. Výsledek tohoto procesu nazýváme kerogenou, „což je vysokomolekulární tuhá nerozpustná organická hmota obsahující kolem 86 % organicky vázaného uhlíku“. [19]

Rozhodující fází vzniku ropy se nastala chvíle, kdy kerogen sesedal do hloubky 2 až 5 km. V takovéto hloubce byl kerogen vystaven teplotě 180 °C a geostatickému tlaku až 150 MPa. Za těchto podmínek podlehly supermolekuly termické degradaci. Docházelo k odštěpování molekul CO₂, H₂S a H₂O; k aromatizaci cyklických sloučenin a praskáním vazeb se zjednodušovala struktura kerogenu. V závěrečné fázi se termickým štěpením odštěpovaly fragmenty z uhlovodíkových řetězců. Výsledkem tohoto procesu je kapalina složená převážně z uhlovodíků, která se nazývá ropa. [19]

1.1.2. Složení ropy

Ropa je bohatá směs kapalných uhlovodíků s nejrůznější strukturou. Ropa se dělí podle její hustoty při teplotě 20 °C do 3 skupin:

- lehká ropa – hustota 610–850 kg·m⁻³;
- středně těžká ropa – hustota 850–930 kg·m⁻³;
- velmi těžká ropa (ropné písky) – hustota 930–1050 kg·m⁻³.

Lehké ropy se vyznačují obsahem kratších uhlovodíkových řetězců oproti ropě těžké, která se vyznačuje dlouhými řetězci uhlovodíků. [9]

Plynné a tuhé uhlovodíky jsou zde rozpuštěné s dalšími organickými sloučeninami, které mají v uhlíkovém skeletu jeden a více heteroatomů např.: síru, dusík, kyslík. Nejtěžší ropné kapaliny obsahují vysokomolekulární sloučeniny např.: pryskyřice, asfaltény a sloučeniny organokovové obsahující vanad a nikl. [19]

Ropa v základu obsahuje „84-87 % uhlíku, 11-14 % vodíku, až 4 % síry, a až 1 % dusíku (kyslíku). Ostatní prvky jsou zastoupeny v menších množstvích“ (v hmotnostních %). Ropa se liší dle místa jejího vrtu svým vzhledem, fyzikálními vlastnostmi a výtěžností. Tyto rozdíly nemají vliv na celkové složení ropy. Všechny ropné kapaliny mají stále stejné složky uhlovodíků, heterosloučenin a vysokomolekulárních sloučenin. Uhlovodíky jsou v ropě nejvíce zastoupeny (až 86 %) a skládají se pouze z uhlíku a vodíku. Uhlovodíky se dělí na alkany, cykloalkany a aromata. Heterosloučeniny jsou

druhé nejvíce zastoupené sloučeniny. Tvoří je sloučeniny s jinými prvky (síra, dusík, kyslík). Tyto sloučeniny ovlivňují vlastnosti ropných výrobků a provozní procesy rafinerií. [19]

1.1.3. Ložiska ropy

Ložiska ropy se nacházejí po celé Zemi v hloubkách 2 až 10 km pod zemským povrchem viz. Příloha č. 1.1.3. Těžba ropy probíhá na všech kontinentech, mořích a oceánech. Ložiska v malých hloubkách jsou nejstaršími nalezišti a jsou v této době vytěžené. V dnešní době se těží ropa z hloubek 6 až 10 km. Ložiska jsou různé velikosti a vydatnosti. Za malá ložiska jsou považována ty s množstvím kolem 1 milionu tun ropy. Na místech s velkým počtem ložisek se velice často stává, že jsou ložiska tak blízko u sebe až splývají. Taková oblast se označuje jako „ropné pole“. V zemích jako je Irák, Írán, Saudská Arábie, USA, Kanada atd., mají až několik desítek ropných polí. Největší ropná pole mají ověřenou zásobu 1 až 3 mld. tun ropy. [19]

Největší ověřené zásoby ropy na světě mají: Saúdská Arábie– 36 mld tun, Kanada– 24 mld t, Írán– 19 mld t, Irák– 16 mld t, Kuvajt– 14 mld t. V pořadí za nimi jsou pak státy: Spojené arabské emiráty, Venezuela, Rusko, Libye, Nigerie, Kazachstán, USA, Čína atd. [19]

1.1.4. Těžba ropy

Předtím než jakákoliv ropná společnost začne vrtat ropný vrt, provádí průzkumy potenciálních oblastí. Realizace vrtu je velice drahá činnost a v posledních letech i stále více složitější činnost. Důvodem je nutnost hledat ropu ve stále větších hloubkách a na místech s obtížnějším přístupem techniky. Ropné společnosti musí před započítím těžby vědět, kde mají vrtat, a jestli vůbec se jim těžba vyplatí. Stává se, že ropné ložisko je tak malé nebo náklady na vytěžení ložiska jsou tak vysoké, že se společnosti nemusí vrt ekonomicky vyplatit. Procesy provádění průzkumů a vyhodnocování rentability ložisek je složkou know-how každé ropné společnosti. [19]

Ropné společnosti mají svůj odborný tým složený z vědců z oborů naftové geologie, paleontologie, geofyziky, geochemie a dalších oborů. Právě tyto odborné týmy mají za úkol získat dostatek dat k určení ložiska, velikosti ložiska a jeho chemický potenciál. K získání potřebných dat je několik metod a vodítek, které pomáhají určit, kde začít provádět průzkumy. Prvním vodítkem jsou povrchové vývěry ropy. To je v dnešní

době již velice vzácný jev. Důvodem svévolného vyvěrání ropy na povrch, je malá hloubka ložiska. Jak již bylo v této práci zmíněno, ložiska nacházející se v malých hloubkách jsou již vytěžena. Z těchto důvodů se musí používat jiné metody, které využívají nejrůznější moderní přístroje. Pro příklad uvedené níže. [19]

Gravimetrické měření je první z metod pro hledání ložisek. Metoda je založena na studiu zemské přitažlivosti (tíhového pole Země). Na základě různých hustot sedimentačních vrstev vznikají tíhové anomálie, které poukazují na oblasti pánví (stará moře) viz. Příloha č. 1.1.4.a. [19]

Seismický průzkum je metoda založená na zachycení odražených vln. Do půdy jsou vysílány vlny způsobené výbuchy nebo pomocí speciálních aut s vibračním zařízením. Vyslané vlny se šíří horninami a odráží se nebo lámou na rozhraní dvou různých strukturálních vrstev. Odražené vlny se na povrchu zachytí pomocí geofonů, které vlny přemění na elektrické signály. Ty jsou poté dále zpracovány. Podle uplynutí doby mezi vysláním vlny a jejím zachycením geofonem se určuje hloubka a poloha vrstvy. Z dat se dají vytvořit 2D nebo 3D modely skladby země viz. Příloha č. 1.1.4.b. [19]

Geologické mapy zobrazují 3D informace o povrchové a podpovrchové skladbě Země. Geologických map je mnoho druhů. Mezi základní mapy patří povrchová geologická mapa, která již podle názvu znázorňuje zemský povrch. Dalším základním druhem mapy je odkrytá geologická mapa. Ta nezobrazuje nejmladší čtvrtohorní sedimenty. Jednou z nejdůležitějších map je strukturální mapa. Tato zobrazuje průběh vybrané vrstvy. Zobrazí i roponosné vrstvy, které je zobrazením elevací (kopci), pod nimiž se můžou nacházet ložiska ropy. [19]

Dálkový průzkum využívá leteckých a satelitních snímků. Používá se elektromagnetické záření nebo spektrometrie. Cílem je rozpoznání hornin, minerálů obsažených v horninách a tektonické linie. [19]

Pokud ropná společnost na základě získaných dat zhodnotí těžbu jako ekonomicky výhodnou, začne vlastní práce na vrtu. V dřívějších dobách se ropa získávala zachycováním v ručně kopaných studních. Tyto studny bývaly hluboké i přes 60 metrů. V dnešní době se používají vrtací soupravy poháněné motory, které provádějí tzv. rotační vrtání. Vrtací soupravy jsou zakončené korunkou, která se otáčí (rotuje) za stálého přítlaku. Odvrtaný materiál je odplavován hustou kapalinou, většinou složenou z jílu a

vody, pomocí trubek na povrch. Odplavovací kapalina zároveň chladí vrtací korunku, a tím prodlužuje její životnost. [19]

V dnešních mořích, stejně jako v dřívějších mořích, se stále nachází plankton, který po uhynutí klesá na mořské dno, není vzácností, že vrtací soupravy prochází jednotlivými fázemi přeměny organického planktonu v ropu. To dává vědcům jedinečnou možnost vidět a studovat tento velice složitý a zdlouhavý proces, jako stále probíhající celek přeměny. [19]

Samotný vrtný proces je zaznamenán a porovnáván v grafickém harmonogramu podle času a dosažené hloubky dle ekonomického plánu viz. Příloha č. 1.1.4.c. V plánu musí být počítáno s dobou určenou pro zpevnění vrtné šachty proti zavalení a k preventivním výměnám částí vrtné soupravy. [19]

Vrtání se provádí na plošinách, které se nacházejí na pevnině nebo na moři. Pokud jde o vrtné plošiny v moři, byly dříve pevně zabetonovány na pilotech do mořského dna. To mělo za následek limitování těžby (těžba pouze ve velmi mělkých mořích). V posledních několika desetiletích se čím dál více používají plovoucí vrtné plošiny. Ty jsou mobilní a poskytují možnost vrtání v hloubkách i několika kilometrů pod hladinou moře. Viz. Příloha č. 1.1.4.c. [19]

Samotná těžba ropy má 3 fáze způsobu dopravy ropy na povrch. Primární fáze využívá tlaku způsobeného přítomným zemním plynem. Ropa se samovolně dostává na povrch. Tímto způsobem se dá vytěžit přibližně 20–30 % celkové ropy v ložisku. Tím, jak postupně klesá množství ropy v ložisku, klesá i samotný tlak. Pokud tlak klesne k bodu, kdy ropa již samovolně nevytéká, přichází sekundární fáze. Tato fáze spočívá v pumpování ropy na povrch nebo udržení tlaku v ložisku pomocí injektáže. K injektáži se používá zemní plyn nebo voda. Touto fází se dá vytěžit 50–60 % celkové ropy. Poslední fáze je terciální. Principem této fáze je snížení viskozity ropy. Toho se dosahuje injektáží horké vodní páry nebo občasným zapálením části ložiska. [9]

Ve světě se nejvíce těží ropa na středním východě, v Mexickém zálivu, v Texasu, v západní Kanadě, Rusku, v Severním moři. V České republice se těží ropa převážně na jižní Moravě. Se zásobou 2 mil tun se řadíme na 83 příčku světa. Jedná se o ropu z vídeňské pánve a karpatská předhlubně. [19]

1.1.5 Procesy rafinerizace ropy

Ke zpracování vytěžené ropy dochází v rafinériích. Rafinérie jsou budovány v místě spotřeby ropných produktů. Z tohoto důvodu je ropa transportována z místa vytěžení prostřednictvím sítě ropovodů, tankery a cisternovými vlaky do místa zpracování. V dřívějších dobách se přeprava ropy prováděla převážně po železnici. Tím, jak stoupala světová spotřeba ropy, začala výstavba ropovodních sítí. Ropovody jsou potrubní systémy, které nabízejí větší přepravní kapacitu a plynulé zásobování. Ropovody vedou jak přímo z nalezišť ropy, tak z velkých přístavů, kde je ropa přečerpávána z lodních tankerů. Přístavy, kde se přečerpává ropa z tankerů do ropovodů jsou např.: Terst (Itálie), Omišajl (Chorvatsko), Gdaňsk (Polsko) a Rostock (Německo). [19]

Státy střední Evropy, do kterých můžeme zařadit státy jako: Německo, Polsko, Českou republiku, Rakousko, Slovinsko, Slovensko a Maďarsko, jsou zásobovány ropovody. Uveďme příklady: Družba (jediný ropovod, který nevede z přístavu), TAL a AWP (z Terstu) a Adria (z Omišajl). Ropovod Družba zásobuje ruskou ropou státy: Českou republiku, Německo, Polsko, Slovensko a Maďarsko. Ropovod TAL (Transalpine Pipeline) a AWP (Adria Wien Pipeline) zásobuje Německo a Rakousko. Ropovod Adria zásobuje Slovinsko, Chorvatsko a Maďarsko. Viz. Příloha č. 1.1.5.a. [19]

Česká republika vybuodovala ropovod IKL (Ingolstadt-Kralupy-Litvínov) jako možnost zásobování ropou z ropovodu TAL. Tímto Česká republika není závislá pouze na jednom zdroji ropy z ropovodu Družba. [19]

Česká republika musí mít podle nařízení Evropské unie (podmínka pro vstup do EU) vlastní zásobu ropy na 90 dní. Centrální tankoviště se nalézá v obci Nelahozeves u Kralup nad Vltavou. Centrální tankoviště je napojené na oba ropovody Družba i IKL. Kapacita musela být již několikrát navyšována z důvodu rostoucí potřeby ropy v České republice. V dnešní době má kapacitu 1 550 000 m³. [19]

Jak již bylo řečeno, zpracování ropy a výroba produktů z ropy se provádí v rafinériích. V České republice jsou tři rafinérie: v Litvínově, v Pardubicích a v Kralupech nad Vltavou. [19]

Zpracování ropy probíhá pomocí rektifikace (frakční destilace), která probíhá v tzv. kolonách. Odsolená ropa se postupně zahřívá a dochází k oddělování jednotlivých frakcí, které jsou jednoduší směsí. Tyto jednotlivé frakce jsou poté dále zpracovávány v různých

odvětvích chemického průmyslu. Rektifikace má dva procesní stupně: v atmosférických kolonách a vakuových kolonách. [22]

- Atmosférická kolona – dochází zde k frakční destilaci za zvýšeného tepla a atmosférického tlaku (cca 101,3 kPa). Z atmosférické kolony se získávají čtyři produkty: uhlovodíkové plyny, benzínové frakce, petrolejové frakce a plynový olej. Zbytek po destilaci se nazývá mazut.
- Vakuová kolona – zde se rektifikuje mazut za zvýšeného tepla, ale sníženého tlaku (2–10 kPa). Z vakuové kolony se získávají tři produkty: lehký olej, střední olej a těžký olej. Z důvodu nižších teplot varu se získávají frakce, které by jinak byly teplotně zničeny. Zbytek po vakuové destilaci se nazývá asfalt.

Dalším zpracováním získaných látek je krakování. Při tomto procesu dochází ke štěpení dlouhých řetězců na řetězce kratší, které jsou vhodné pro zpracování v chemickém průmyslu. Obrázkové schéma obou kolon viz. Příloha č. 1.1.5.b. [22]

Uhlovodíkové plyny se uplatňují jako topné plyny (propan – butanové bomby na vaření, LPG jako pohon automobilů. Patří sem čtyři nejlehčí plyny methan, ethan, propan a butan. K destilaci dochází přibližně při 30 °C.

Benzínové frakce se hlavně využívají k výrobě motorového benzínu. Dále se využívají pro výrobu ředidel a čistidel. Látky v této frakce obsahují řetězce s 5 až 11 atomy uhlíku. K destilaci dochází přibližně při 150 °C.

Petrolejové frakce se hlavně využívají k výrobě leteckého petroleje a po krakování k výrobě motorového benzínu. Látky v této frakci obsahují řetězce s 10 až 15 atomy uhlíku. K destilaci dochází přibližně při 200 °C.

Plynové oleje se hlavně využívají k výrobě motorové nafty. Látkami jsou alkany, cykloalkany a aromatické uhlovodíky, které obsahují řetězce s 15 až 24 atomy uhlíku. K destilaci dochází přibližně při 300 °C.

Mazut je možné používat jako palivo, hlavně v lodních motorech. Po vakuové rektifikaci se získá lehký, střední a těžký olej. Ty se využívají k výrobě mazacích olejů, parafínů. Po krakování se získá plynový olej.

Asfalt je zbytek, který se již nedá destilací dále využít. Využívá se na silnice, na nátěrové a izolační hmoty. [22]

1.1.6. Paliva

Pro získání tepla člověk využíval už od pravěku hoření jako reakci paliva a vzdušného kyslíku (hoření dřeva). Pokud se má nějaká substance označovat za palivo musí splňovat:

- Co nejnižší vynaložené náklady na těžbu a výrobu.
- Spalování paliva musí být v praxi co nejjednodušší.

Proto mezi nejvýhodnější paliva patří plynová. Při spalování nedochází k pevnému odpadu, nejméně zatěžují životní prostředí, snadno se zapalují a hoření je plynulé. [18]

Paliva se dělí podle několika parametrů:

- Podle skupenství – pevná (uhlí, dřevo), kapalná (benzín, nafta), plynná (methan, propan-butan);
- Podle původu – přírodní (uhlí, zemní plyn), vyrobené (koks, propan-butan);
- Podle období vzniku – fosilní (uhlí, ropa, zemní plyn), dnešní (dřevo, biomasa).

Každé palivo se liší svojí výhřevností (množství uvolněné energie při dokonalém hoření). Výhřevnost se stanovuje podle vzorce $h = \frac{Q}{m}$

kde: h je výhřevnost paliva v MJ*kg⁻¹, Q je teplo uvolněné při dokonalém hoření v MJ, m je hmotnost paliva v kg) [13]

1.1.7. Pohonné hmoty

Paliva, která jsou svými vlastnostmi vhodná k pohonu ve spalovacích motorech, označujeme jako pohonné hmoty. Pohonné hmoty by měly splňovat tyto vlastnosti:

- Musí spolehlivě a jednoduše tvořit výbušnou směs (směs je tvořena rozptýleným palivem a vzduchem). Hoření musí být možné řídit pomocí řídicí jednotky podle potřeb režimu motoru. Režimem motoru se rozumí volnoběh, akcelerace, brždění a ekonomický režim;
- Musí mít na malý objem velký energetický obsah;
- Musí být provozně spolehlivé, bezpečné pro přepravu a skladování, možnost okamžité provozuschopnosti;
- Musí být možnost snadného doplňování ze sítí čerpacích stanic.

Mezi nejběžnější pohonné hmoty patří: benzín, nafta, zemní plyn, letecký petrolej. [12]

1.2. Cíle Evropské unie a legislativa EU a ČR

Evropská a česká legislativa udává složení pro automobilový benzín Natural 95 normou ČSN EN 228. Tato norma platí pro všechny trhy evropských států, kteří jsou členy Evropské unie. Norma předepisuje 17 jakostních bodů s celou řadou užitečných vlastností např.: odpařovací vlastnosti, výše oktanového čísla, povolené množství síry a olova, tlak par atd. [16]

Norma definuje i množství biolihu v rámci ekologizace paliv. V automobilovém benzínu může být v dnešní době, podle normy, do 5 % objemu paliva biolihu. Podle plánu pro snižování emisí z fosilních paliv bude nutné od roku 2020, aby benzín obsahoval biolihů do 10 % objemu paliva. Z tohoto důvodu již dnes evropská norma povoluje tento obsah biolihu. [16]

Pro trh je vyráběn a na něj je dodáván automobilový benzín s obchodním označením BA 95 Natural. Podle legislativy každý prodávající musí označit na výdejním místě platnou normu a danou kategorii paliva: např. *benzín automobilový Super dle normy ČSN EN 228*, uvést oktanové číslo: *OČVM 95 (oktanové číslo výzkumnou metodou)* a je možné uvést doplňující informace: jedná se o bezolovnatý, bezsirný benzín. [16]

Česká norma nařizuje výrobcům a prodávajícím „bio povinnost“, která požaduje, aby za kalendářní rok z celkového objemu dodaného benzínu na český trh byl podíl biolihu minimálně 4,1 %. Ty subjekty výrobců a prodávajících, kteří toto minimum nesplní, jsou pokutováni. [16]

Automobilový benzín s obsahem biolihu není určený k dlouhodobému skladování. Příčinou je velká citlivost bioetanolu na vodu a vzdušnou vlhkost. Lih do sebe naváže vodu a to vede k narušení stavu paliva. Tato lihovodní směs poté může výrazně zvýšit korozi v palivové soustavě automobilů. Z tohoto důvodu mnoho firem do automobilového benzínu přidává aditiva, která prodávají pod různými obchodními názvy. [16]

Aditiva jsou do benzínu přimíchávány jako celý soubor aditiv. Takováto aditiva slouží k lepšímu mazání celé spalovací soustavy a vedou k zvýšení výkonu motoru. Jiná aditiva mají čistící účinek na již usazené nečistoty na sacích ventilech, vstřikovacích

ventilech a slouží i jako preventivní ochrana před vznikem usazenin ve spalovacím prostoru. Vedou tak ke snížení spotřeby paliva. Dále benzin obsahuje aditiva proti korozi plynoucí z využívání biolihu a ke snižování vázání vody na biolih. [16]

1.3. Benzín

Benzín lze definovat několika způsoby. Pro příklad lze uvést:

- *Automobilový benzin je lehká destilační frakce ropy. [4]*
- *Benzín (též ‚benzin‘) je kapalina ropného původu používaná hlavně jako palivo v zážehových spalovacích motorech. [3]*
- *Automobilový benzin je směs převážně ropných uhlovodíků vroucí v rozmezí cca 30 až 210 °C se 3 až 12 atomy uhlíku v molekule. [19]*

Benzín jako ropné palivo je určené pro zážehové motory, které ve využívají v osobních automobilech a motorkách. Zážehový motor je spojen s německým vynálezcem Nicolausem Ottou (1832–1891). Nicolaus Otto se snažil vylepšit plynový motor a v roce 1876 představil veřejnosti první čtyřtaktní plynový motor. Čtyřdobý spalovací cyklus se i dnes označuje jako Ottův cyklus. V pozdějších dobách přispěli k vylepšování další slavní vynálezci a inovátoři jako jsou: G. Daimler, K. F. Benz nebo H. Ford. Z těchto základů postupem času vznikly dnešní moderní zážehové motory. [19]

V začátcích měli konstruktéři problém s benzinem jako palivem. Jednotlivé druhy benzínu se od sebe lišili podle ropy, ze které byly vyrobeny. To mělo za následek nevyvážené spalování benzínu a tím neustálý výkon motoru. Aby se začaly sjednocovat kvalitativní parametry benzinů, začalo se jako základní kvalitativní parametr používat označení – oktanové číslo. Toto číslo může nabývat hodnoty 0 (čistý n-heptan) až 100 (čistý izooktan). Oktanové číslo říká, jak je použité palivo odolné vůči předčasnému samozápalu (detonaci). Tento jev se nazývá „klepání motoru“. Čím vyšší oktanové číslo benzin má, tím je proti samozápalu odolnější. [20]

První benzinové směsi měly oktanové číslo mezi 40–60 oktanovými jednotkami. Dnešní nejvíce používaný benzin má oktanové číslo 95. Vývoj ukázal, že zvyšování oktanového čísla nejvýznamněji zvyšuje výkon motorů. Zvýšení oktanového čísla lze udělat dvěma způsoby, a to změnou složení benzínu nebo přidáním vhodných přísad

(aditiv). Různým používání těchto dvou variant se odlišují a vytvářejí know-now jednotlivých výrobců paliv a aditiv do paliv. [19]

Před desítkami let se přidával do benzínu antidetonátor na bázi olova (tetraetylolovo) a takovýto benzín byl označován jako olovnatý. Z důvodu škodlivých účinků olova na zdraví lidí a na životní prostředí se olovnatý benzín již nesmí používat. V dnešní době se používá bezolovnatý benzín, ve kterém bylo nahrazeno tetraetylolovo sloučeninami na bázi etheru. Bezolovnatý benzín je obchodně označován Natural. Takže označení nejběžněji používaného benzínu v České republice Natural 95 značí, že jde o bezolovnatý benzín s oktanovým číslem 95. [4]

Benzín oproti naftě obsahuje méně uhlíku a jedná se tedy o zdraví méně škodlivé palivo, než je např. nafta. Benzínové motory neprodukují tolik pevných částic jako naftové motory a tím nepotřebují např. filtry pevných částic. [4]

1.4. Biomasa a biopaliva

Biomasa se v biologii označuje celková hmota jedince nebo skupiny určitého druhu a nebo celá společenstva druhů na vymezené ploše. Biomasa u rostlin se vyjadřuje v hmotnosti sušiny, zatím co u živočichů ji vyjadřuje čerstvá hmotnost (jouly, kalorie, obsah uhlíku). U rostlin se rozlišují biomasy na podzemní a nadzemní, živé a mrtvé. [7]

V energetice je biomasa brána jako hmota organického původu. Organickou hmotu tvoří těla živých organismů: živočichové, rostliny, houby a sinice. Energie obsažená v takovéto hmotě má původ ve slunečním záření a v procesu fotosyntézy. Tím pádem se jedná o obnovitelný zdroj energie. Nejvíce používaná biomasa je dřevo a dřevní zbytky (piliny a hobliny), které se využívají od pravěku. Dále biomasou může být i sláma a další zbytky ze zemědělské produkce včetně exkrementů zemědělských zvířat, část biologicky rozložitelného odpadu z průmyslové činnosti a komunálního odpadu. [7]

Biomasu rozdělujeme na suchou (dřevo, sláma) a mokrou (kejda – zvířecí exkrementy smíchané s vodou). Biomasa se zpracovává za prvé suchým procesem (termochemickou přeměnou), kdy dochází k spalování, zplynování a pyrolýze. A za druhé se zpracovává mokřím procesem (biochemická přeměna), při kterém dochází k metanovému kvašení, lihovému kvašení a výrobě vodíku. Podskupinou je proces mechanicko-chemické přeměny, kdy dochází k lisování olejů a k jejich následné úpravě (bionafta a přírodní maziva). Vyrobenu biomasu rozdělujeme podle skupenství:

1. Pevná paliva na bázi dřevní fytohmasy (piliny, dřevní štěpky, brikety ...atd.);
2. Pevná paliva na bázi energetických rostlin a stébelnin (řezanka, granuláty, brikety);
3. Kapalná paliva (extrahované rostlinné oleje, bionafta, bioethanol);
4. Plynná paliva (bioplyn, dřevoplyn, skládkový plyn, kalový plyn).

Biopaliva jsou získávána; z obnovitelných surovin (biomasy). Výhody při využívání biopaliv, oproti fosilním palivům, plynou hlavně z uhlíkové neutrality. V dnešní době je celosvětový problém v přílišné nadprodukci uhlíku. Jak víme, uhlík je základní stavební prvek všech organických sloučenin. Tím pádem se vyskytuje ve všech rostlinách a živočiších na naší zemi. Vyprodukovaný uhlík, který vzniká spalováním v podobě oxidu uhličitého (CO_2), se prostřednictvím fotosyntézy vrací zpět do růstu nových rostlin. Tím je uzavřen přírodní koloběh uhlíku. [7]

Dalšími výhodami biopaliv je jejich ekologická šetrnost při úniku. Možnost států si samy produkovat plodiny pro výrobu biopaliv a poté i vyrábět biopaliva, to je určitě jedna z velkých předností. Tím se jednotlivé státy stávají méně závislé na dovozu z okolních zemí a států. V neposlední řadě je to potom nižší cena paliva v podobě nižších daní nebo celkového osvobození od daně. [7]

Nejožehavější nevýhoda pro využívání biopaliv spočívá ve využívání plodin pro výrobu, které lidstvo běžně konzumuje (kukuřice, obilí, řepka a sója). Na naší planetě každý den umírají lidé hlady a my tzv. vyspělé státy produkujeme tyto plodiny za účelem výroby paliva. Za tímto účelem jsou vymezovány velké plochy úrodné půdy, spotřebovává se mnoho vody, hnojiv a dalších energií. Z tohoto důvodu vědci přicházejí s palivy tzv. 2 generace a 3 generace. Paliva 2 generace jsou získávána z rostlinných odpadů či rychle rostoucích dřevin. Paliva 3 generace se mají získávat z vodních řas, které produkují malé kapky oleje. Ten by se poté snadno přeměňovaly na finální palivo. Tato technologie je zatím na úplném začátku svého vývoje. [7]

1.5. Ethanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

Ethanol také též ethylalkohol je druhý nejnižší alkohol. Jedná se o bezbarvou kapalinu, po zředění s příjemnou alkoholovou vůní. Používá se jako základní součást alkoholických nápojů. [10]

Ethanol se vyrábí z jednoduchých cukrů (sacharidů) prostřednictvím alkoholového kvašení. Ke kvašení dochází prostřednictvím nejrůznějších kvasinek. V dnešní době se nejvíce používají šlechtěné kvasinky druhu *Saccharomyces cerevisiae*. K výrobě se využívá jednak cukernatého roztoku (o koncentraci max. 20 %), tak přírodních surovin s vysokým obsahem sacharidů (brambory, cukrová řepa, cukrová třtina). Kvasný proces probíhá podle rovnice $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$. Kvalitu získaného ethanolu velice ovlivňuje vstupní surovina. Kvašení vzniká záparou (vodní roztok s max. obsahem ethanolu 15 %). Vždy obsahuje i nežádoucí příměsi tzv. přiboudliny. Tvoří je hlavně: vyšší alkoholy (*propanol a isopropanol*), vícesytné alkoholy (*glycerol*), ketony (*aceton*) aj. Pro čištění se využívají destilační kolony, ze kterých se dá získat roztok s obsahem 95,57 % ethanolu a 4,43 % vody. Zbytkovou vodu lze odstranit destilací se síranem vápenatým nebo oxidem vápenatým. Obě sloučeniny vážou na sebe vodu a tím se dá získat ethanol o čistotě 99,9 %. Pro získání méně znečištěného a tím pádem kvalitnějšího ethanolu se používá syntetický proces. Proces spočívá v katalytické hydrataci ethenu (etylenu) $CH_2=CH_2 + H_2O \rightarrow C_2H_5OH$. Jako katalyzátor se využívá kyselina trihydrogenfosforečná na oxidu křemičitém. [10]

Ethanol je v dnešní době hojně využívaným palivem jak samostatně hlavně v Brazílii a Skandinávii, tak jako příměs do běžného benzínu Natural 95. Jako vše na světě má své kladné a záporné vlastnosti. Pokud jde o kladné stránky, tak mezi ně patří nízký obsah CO_2 , ekologicky nezávadný při úniku, má vyšší oktanové číslo (kolem 105). Pokud chceme používat ethanol v menším procentuálním poměru mezi 20-30 %, tak není potřeba drahá přestavba motoru. [2]

Mezi nevýhody patří lehké stoupenutí spotřeby paliva přibližně o 10-20 %, v České republice je velice řídká tankovací síť a v neposlední řadě možnost problémů při startování studeného motoru v zimních obdobích. [2]

Ethanol tvoří samostatná paliva, která nabízí čerpací stanice. Tyto paliva jsou označována E70, E75 a E85. Narozdíl od běžného benzínu číslo neoznačuje oktanové číslo, ale procentuální zastoupení bio ethanolu v palivu. Pokud se natankujete palivo s označením E85, tak je zde 85 % bio ethanolu a 15 % běžného benzínu. Pro využívání paliv s označením E70, E75 a E85, je vhodné udělat několik úprav motoru. Minimální úpravy by se měly týkat řídicí jednotky eventuálně výměny pryžových součástí za kvalitnější. Bohužel ethanol negativně působí na pryž. [2]

Vlastnosti ethanolu:

1. Bod varu při 1013 kPa je 78,1 °C;
2. Hustota při 20 °C je 789,3 kg*m⁻³;
3. Kinematická viskozita při 20 °C je 1,52 mm²*s⁻¹;
4. Bod vzplanutí je 14 °C;
5. Bod tání je -114,1 °C;
6. Tlak par při 20 °C je 2,13 kPa.

Zdroje: [10], [15], [5]

1.6. Propanol C₃H₈O

Propanol také též propylalkohol nebo n-propanol je bezbarvá kapalina s ostrým zápachem. Používá se jako rozpouštědlo ve farmaceutickém průmyslu a též jako chemický meziprodukt. Přirozeně se vytváří při nejrůznějších fermentačních procesech v malém množství. Efektivnější způsob získávání propanolu je z uhlí. Uhlí se zplynuje za účelem získání syntézního plynu, který je katalyzován katalyzátorem na bázi práškového železa. Vzniká směs uhlovodíků a oxygenů. Vzniklá pryskyřice alkoholu se pomocí destilace čistí, čímž se získá čistý propanol. [1]

V posledních několika letech byl udělán pokrok v efektivnějším získávání propanolu z procesu fermentace. Důvodem nalezení efektivnějšího procesu získávání propanolu je nutná podmínka pro možnost využívat propanol jako biopalivo. [17]

Průlom v efektivnějším získávání propanolu tví v nalezení nových genů a jejich úspěšné aplikování do různých hostitelských organizmů. Výsledkem tohoto spojení je možnost získávání propanolu z širší škály vstupních obnovitelných surovin. Výzkumy dále prokázali, že získané množství propanolu ovlivňují i stechiometrie a metabolismus použitých mikrobů. V neposlední řadě získané množství propanolu ovlivňuje optimalizace fermentačních podmínek, za kterých probíhá proces přeměny. V praxi to znamená nepřetržité odstraňování získaného produktu. Tímto se zamezí hromadění toxického propanolu. [17]

Vlastnosti propanolu:

1. Bod varu při 1013 kPa je 97,1 °C;
2. Hustota při 25 °C je 804,13 kg*m⁻³;

3. Kinematická viskozita při 20 °C je 2,8 mm²*s⁻¹;
4. Bod vzplanutí je 15 °C;
5. Bod tání je -126 °C;
6. Tlak par při 20 °C je 1,87 kPa.

Zdroje: [6], [14]

2. Cíle bakalářské práce

Cílem práce je seznámení s třením nejnižším alkoholem, kterým je propanol. Pomocí normovaných zkoušek, pro určování kvalitativních parametrů, získat hodnoty čistého propanolu a benzínu. Poté stejnými normovanými zkouškami zjistit postupné změny hodnot v závislosti na množství procentuálního zastoupení benzínu a propanolu. Na závěr ze získaných poznatků zodpovědět otázku, zda je možné nahradit současně používaný ethanol zatím nepoužívaným propanolem a za jakých podmínek.

3. Metodika bakalářské práce

Získané hodnoty sledovaných parametrů v experimentální části byly získány za pomoci: destilační křivky pomocí destilační kolony, hustota pomocí ponorného hustoměru, tlak par dle Reida a kinematická viskozita pomocí Ubbelohdeho viskozimetru.

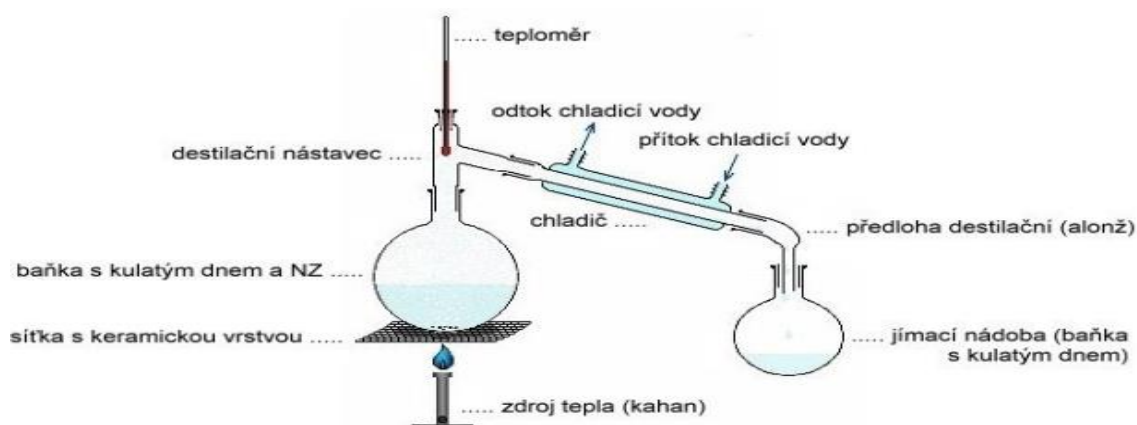
3.1. Destilační charakteristiky

Mezi nejdůležitější jakostní zkoušky benzínu patří destilační zkouška. Na základě zjištěných hodnot v předepsaných bodech, lze usuzovat a předvídat, jak bude motor pracovat s takovýmto benzínem. Předepsané body destilace jsou:

1. Teplota začátku destilace;
2. Teplota při 10 % predestilování;
3. Teplota při 50 % predestilování;
4. Teplota konce destilace;
5. Odpařené množství při 70 °C (označení E70);
6. Odpařené množství při 100 °C (označení E100);
7. Odpařené množství při 150 °C (označení E150).

K destilační zkoušce jsou potřeba: destilační kolona, zkušební vzorek (cca 250 ml), stopky, tlakoměr, laboratorní teploměr se stupnicí do 200 °C, vodní lázeň pro ochlazení kondenzátu, technický benzín pro čištění, odměrný válec. Celá destilační kolona je znázorněna na obrázku č. 3.1. [23]

Obrázek č. 3.1.: *Destilační kolona s popisem*



Zdroj: [8]

Postup měření

Do očištěné baňky technickým benzínem se nalilo 100 ml zkušebního vzorku. Dbalo se, aby při nalévání nic nenateklo do odvodní trubice. Přidal se varný kamínek a baňka se uzavřela korkovou zátkou, ve které byl zastrčený laboratorní teploměr. Rtuťová baňka teploměru musela dosahovat dolního okraje odvodní trubice. Odvodní trubice se zasunula do chladiče a na konec chladiče byl postaven odměrný válec, do kterého se zachytával předestilovaný benzín. Odměrný válec byl utěsněn vatou. Baňka se vzorkem se postavila na azbestovou vložku. Pod vložku se vložil zapálený plynový kahan a zapnuly se stopky. Intenzita plamene byla seřízena tak, aby první kapka spadla do odměrného válce mezi 5 a 10 minutou. Čas první kapky v odměrném válci značí začátek destilace. Intenzita plamene se případně upravila tak, aby rychlost destilace byla 4–5 ml za minutu. Intenzita plamene byla znova upravena při předestilování 90 ml benzínu tak, aby do konce destilace zbýval čas 3–5 minut. Za konec destilace se považuje dosažení požadované teploty nebo úplného odpaření zkušebního vzorku z baňky. [23]

V průběhu destilace se zaznamenávaly: časy první kapky (začátek destilace) a konec destilace, teploty při předestilování každých 5 ml benzínu, množství předestilovaného benzínu při E70; E100; E150. [23]

3.2. Hustota pomocí ponorného hustoměru

Zjištění hustoty u paliv má především význam z pohledu komerčnosti. Je to nutné pro přepočet objemu na váhu, ve kterých se prodej realizuje. Zjišťování hustoty pomocí ponorných hustoměrů je rychlá metoda, která se zakládá na Archimedovu zákonu. [23]

Ke zkoušce hustoty jsou potřeba: sada hustoměrů, odměrný válec, teploměr se stupnicí po 0,1 °C, čistý benzen a ethanol pro čištění hustoměrů a odměrného válce. [23]

Postup měření

Prvně byly zkontrolovány hustoměry, zda nejsou poškozené, znehodnocené a zda jsou čisté. Odměrný válec byl vypláchnut a naplněn vzorkem tak, aby se předešlo vzniku vzduchových bublinek. Poté byl do odměrného válce opatrně vložen hustoměr a puštěn ve chvíli, kdy sám plaval. Poté byly odečteny hodnoty hustoty a teploty vzorku. [23]

3.3. Tlak par dle Reida

Zkouškou par se zjišťuje palivo, jak je vhodné pro motory. Usuzuje se, jak se bude palivo chovat při startování motoru v zimních měsících a jak bude namáhána palivová soustava v letních měsících. Nízkovroucí podíly mohou ovlivnit přísun plynulosti paliva do válců, a tím negativně ovlivnit chod motoru. Ze získaných hodnot ze zkoušky par a destilační zkoušky, lze usuzovat na ztráty paliva v důsledku vypařování při skladování. Zkouškou tlaku par dle Reida se zjišťuje největší tlak, který dokáže palivo daného objemu dosáhnout v čtyřnásobném objemu vzduchu. Zkouška se provádí při předepsané teplotě 37,5 °C. [23]

Ke zkoušce tlaku par jsou potřeba: přístroj dle Reida (viz. Obrázek č. 3.3.), nádrž naplněná vodou a opatřena ohřevnou soustavou s termostatem. [23]

Obrázek č. 3.3.: *Přístroj dle Reida*



Zdroj: [24]

Postup měření

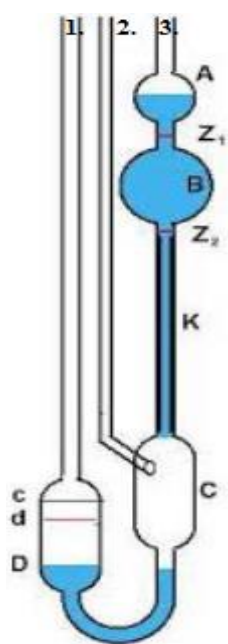
Nádrž s vodou byla vytemperována (ohřáta) na teplotu předepsanou pro zkoušku. Do spodní části Reidova přístroje se po okraj nalil zkušební vzorek a poté se opatrně přišrouboval ke zbytku přístroje. Bylo nutné zajistit maximální utažení závitu. Celý přístroj se několikrát otočil ze svislé osy do vodorovné a zpět. Poté se celý přístroj vložil do nádrže s vodou, kde hladina byla 1–1,5 cm pod okrajem nádrže. Protřepání se provádělo i v průběhu zkoušky a to několikrát. Vždy se dbalo co nejrychlejšího protřepání, aby nedocházelo k ochlazování přístroje. Po 15 minutách se odečetl tlak par na stupnici. [23]

3.4. Kinematická viskozita pomocí Ubbelohdeho viskozimetru

Zkouškou kinematické viskozity se získala důležitá data o pohyblivosti paliva v palivové soustavě nebo jinak data o náročnosti dopravit palivo přes palivovou soustavu do válců motoru. [23]

Ke zkoušce kinematické viskozity jsou potřeba: viskozimetr dle Ubbelohdeho viz. Obrázek č. 3.4., závěs na umístění viskozimetru, lázeň s topnou soustavou a termostatem, stopky. [23]

Obrázek č. 3.4.: Viskozimetr dle Ubbelohdeho



Postup měření

Nejdříve se nalil vzorek do trubice č. 1 tak, aby hladina vzorku byla v baňce D mezi ryskami c a d. Poté se prstem ucpala trubice č. 2. Pomocí pryžové hadice, která byla nasazená na trubici č. 3, se nasál zkušební vzorek do baňky A. Uvolnila se pryžová hadice a prst z trubice č. 2. Hladina vzorku začala klesat a v momentě kdy hladina prošla ryskou Z_1 se spustily stopky. Stopky se zastavily v momentě, kdy hladina prošla ryskou Z_2 . Naměřený čas se zaznamenal. Pokus se opakoval 3krát a výsledky se mezi sebou nesměly lišit o víc jak 1 sekundu. Ze získaných výsledků se provedl aritmetický průměr, který se vložil do výpočtu kinematické viskozity. [23]

Zdroj: [11]

4. Experimentální část

4.1. Stanovení destilačních charakteristik

Při zkoušce destilace benzínu se nesleduje pouze celkový průběh destilační křivky, ale sledují se další body v průběhu destilace. Tyto důležité body charakterizují:

Teplota začátku destilace

- V tomto bodě se charakterizují teploty varu nejlehčích uhlovodíků;
- Na základě těchto bodů se předpokládají ztráty paliva vypařením v průběhu skladování a čerpání;
- Pro ČR je stanovená hodnota mezi 30–35 °C.

Teplota při 10 % predestilování

- Značí se teplota, kdy dojde k predestilování 10 % objemu paliva;
- Tento bod je důležitý pro vytvoření dostatečného tlaku par ve studeném motoru, tj. při startování;
- U stávajících paliv se teplota pohybuje mezi 65–70 °C.

Teplota při 50 % predestilování

- Značí se teplota, kdy dojde k predestilování 50 % objemu paliva;
- Jedná se o střední frakce benzínu;
- Pokud je tento bod nad hranicí 140 °C, projevuje se to pomalou reakcí motoru na přidání plynu (pomalá akcelerace);
- U stávajících paliv se teplota pohybuje mezi 95–115 °C.

Konec destilace

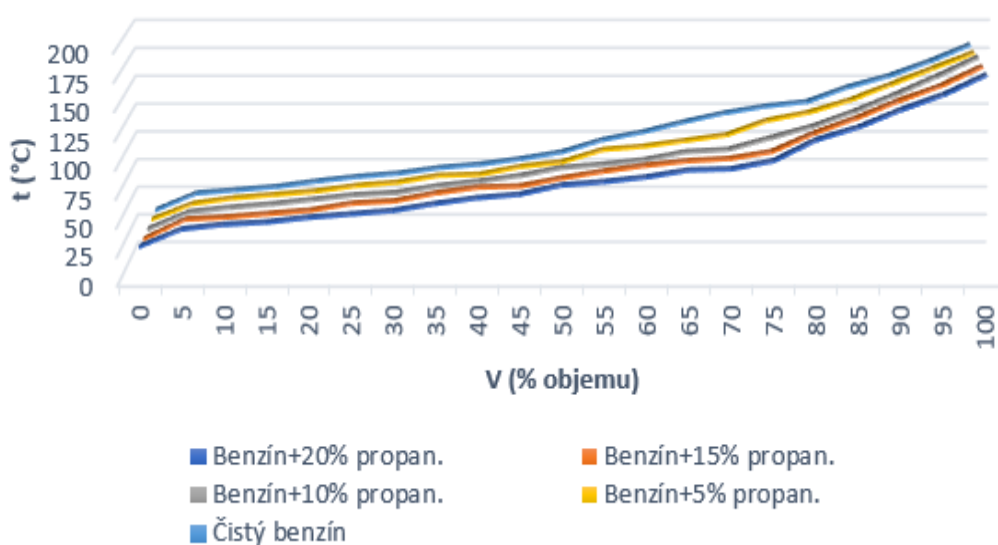
- V tomto bodě se charakterizují teploty varu nejtěžších uhlovodíků;
- Značí maximální teplotu, při které se může predestilovat 95 % objemu paliva;
- Tento bod by neměl přesáhnout teplotu 180 °C;
- Zbytek 5 % objemu paliva má velice často nejmenší oktanové číslo.

Teplota konce destilace

- Norma udává maximální hranici 210 °C;
- Touto hranicí je zajištěno, že veškeré palivo shoří ve válcích.

Pokud by v palivu byly podíly s teplotou nad 210 °C, tak nedojde k úplnému shoření paliva ve válci. Toto neshořelé palivo ulpí na stěnách válců a stéká do oleje. To má za následek ředění oleje a snížení viskozity oleje. Dále má negativní účinky na motor v podobě vznikajících usazenin ve válci.

Graf č. 4.1.a.: Destilační křivka benzínu s obsahem propanolu



Na vodorovné ose x jsou vyneseny předdestilované objemy vzorků v %. Na svislé ose y jsou vyneseny teploty ve stupních Celsia. Jednotlivé destilační křivky znázorňují čistý (100 %) benzín, benzín s obsahem 5 % propanolu, benzín s obsahem 10 % propanolu, benzín s obsahem 15 % propanolu, benzín s obsahem 20 % propanolu. Graf č. 4.1.a. vychází z hodnot uvedených v Tabulce č. 4.1.a.

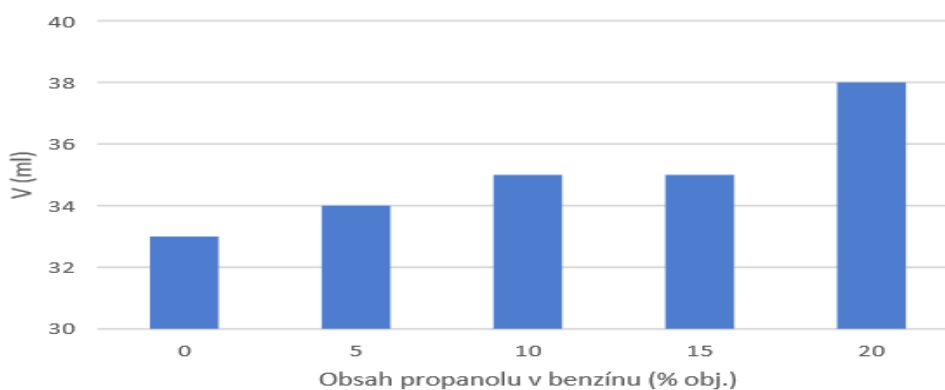
Z Grafu č. 4.1.a. se dá vypořádat, jak se se zvyšujícím objemem alkoholu v benzínu ustaluje teplota s rostoucím objemem předdestilovaného množství. Tento efekt se projevuje v oblasti předdestilovaného objemu ohraničeného hodnotami 60–70 % objemu podle množství propanolu obsaženého v benzínu a kolem teploty lehce pod 100 °C. V této fázi se začíná projevovat teplota varu propanolu, který je 97 °C. V této oblasti vidíme, že destilační křivky jsou téměř vodorovné s osou x.

V grafech č. 4.1.b., 4.1.c. a 4.1.d. jsou vidět rozdíly v objemu, který byl předestilován při teplotě 70 °C (E70), 100 °C (E100) a 150 °C (E150). Z grafů vychází, že ve všech 3 normovaných bodech E70, E100 a E150 je vždy největší objem předestilován ve vzorku, který obsahoval 20 % objemu propanolu. Naopak vždy nejmenší objem je předestilován ve vzorku, který obsahoval 100 % čistý benzín.

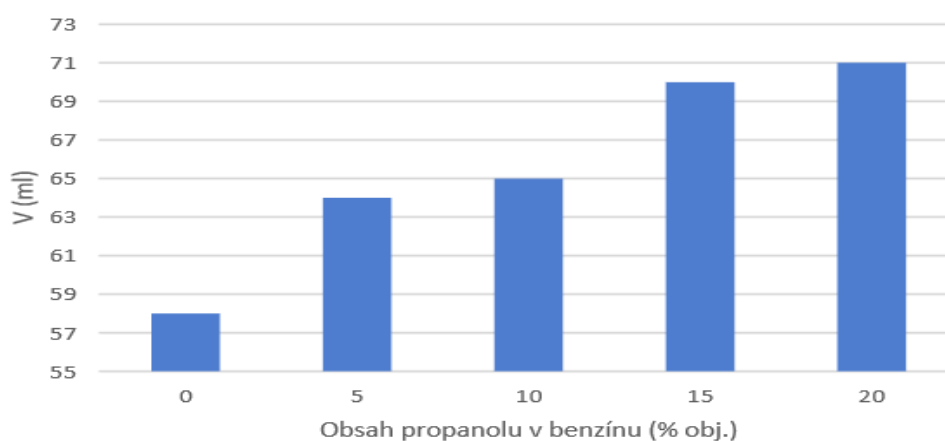
Největší rozdíl předestilovaného objemu v rámci jednoho testovacího bodu, vznikl v bodě E100. Zde rozdíl nejmenšího objemu (100 % objemu benzínu) a největšího objemu (20 % objemu propanolu) činilo 13 ml. Naopak nejmenšího rozdílu předestilovaného objemu v rámci jednoho testovacího bodu, vznikl v bodě E150. Zde rozdíl nejmenšího objemu (100 % objemu benzínu) a největšího objemu (20 % objemu propanolu) činilo 3 ml.

Grafy č. 4.1.b., 4.1.c. a 4.1.d. vychází z hodnot uvedených v Tabulkách č. 4.1.b.; 4.1.c. a 4.1.d.

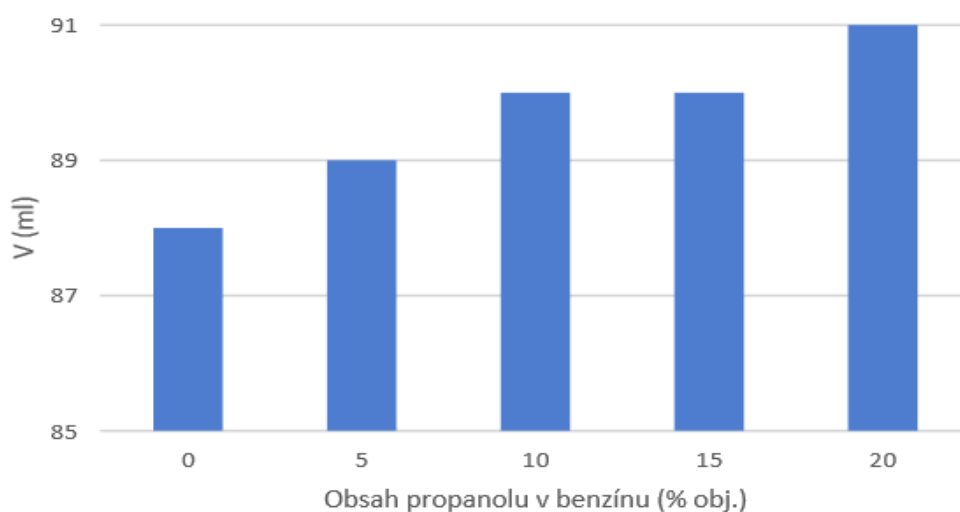
Graf č. 4.1.b.: *Vliv objemu propanolu na hodnoty E70*



Graf č. 4.1.c.: *Vliv objemu propanolu na hodnoty E100*



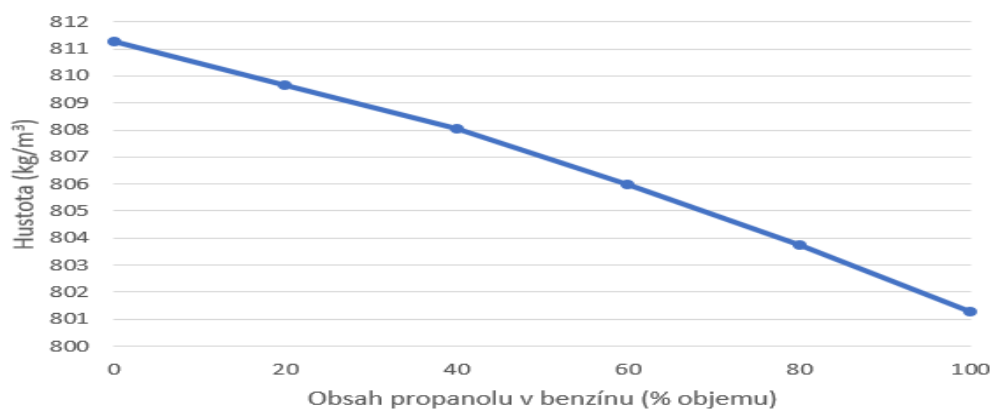
Graf č. 4.1.d.: Vliv objemu propanolu na hodnoty E150



Na grafech č. 4.1.b., 4.1.c. a 4.1.d. jsou na vodorovných osách x vyneseny objemová množství propanolu v % v benzínu. Na svislých osách y jsou vyneseny hodnoty objemu v milimetrech.

4.2. Stanovení hustoty pomocí ponorného hustoměru

Graf č. 4.2.: Pokles hustoty s narůstajícím objemem propanolu



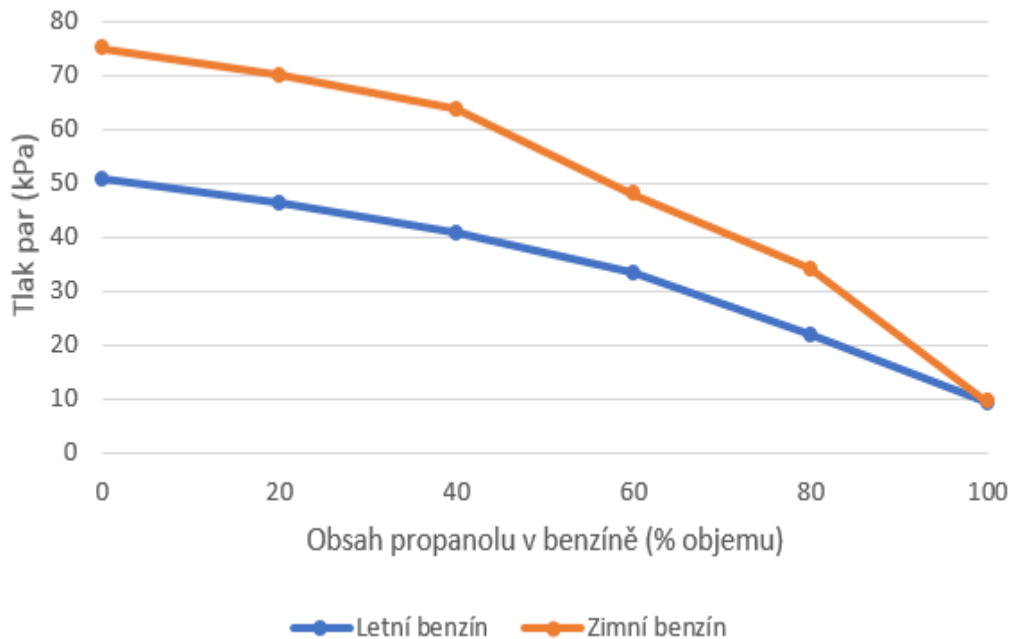
Na Grafu č. 4.2. jsou na vodorovné ose x vynesena objemová množství propanolu v % v benzínu. Na svislé ose y jsou vyneseny hodnoty hustoty v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ jednotlivých vzorků, které byly měřeny ponorným hustoměrem.

Hodnoty v Grafu č. 4.2. odpovídají hustotám vzorků při 15 °C, jak předepisuje norma pro zkoušku hustoty pomocí ponorného hustoměru. Z grafu je patrné, že čím stoupá procentuální objem propanolu v benzínu, tím klesá naměřená hustota. Pokles

hustoty je téměř lineární s nepatrnými odchylkami. Graf č. 4.2. vychází z hodnot uvedených v Tabulce č. 4.2.

4.3. Stanovení tlaku par dle Reida

Graf č. 4.3.: Pokles tlaku par s narůstajícím objemem propanolu



Na Grafu č. 4.3. jsou na vodorovné ose x vynesena objemová množství propanolu v % v benzínu. Na svislé ose y jsou vyneseny hodnoty tlaku par v kPa jednotlivých vzorků, které byly měřeny přístrojem dle Reida.

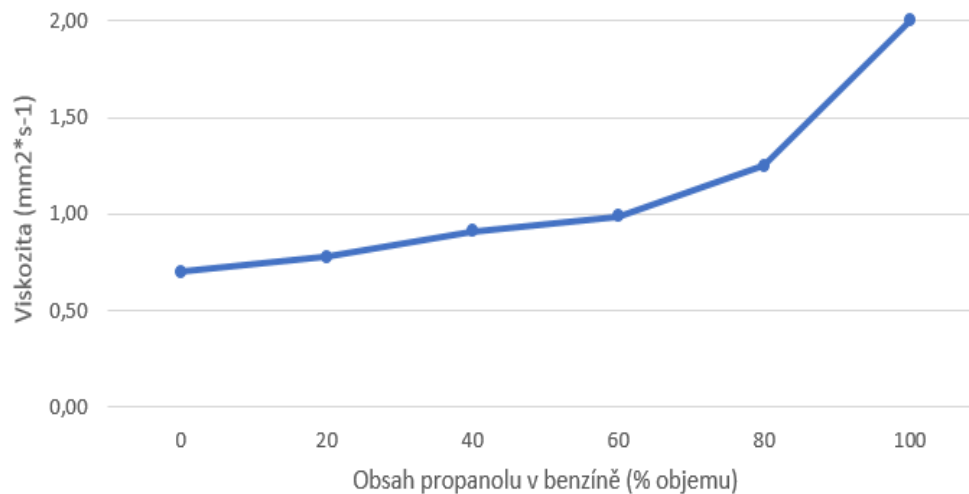
V grafu jsou vyneseny hodnoty tlaku par pro letní a zimní benzín. Z grafu je patrné, že čistý zimní benzín má vyšší tlak par než letní. Je to z důvodu, aby benzín vytvořil dostatečný tlak par při startování studeného motoru v zimních obdobích.

Navyšování množství propanolu v % objemu, má za důsledek snižování tlaku par. U letního benzínu je pokles téměř lineární do bodu 100 % objemu propanolu. U zimního benzínu je pokles také lineární, až na poslední pětinu grafu. Zde je výrazný pokles tlaku par.

Z Grafu č. 4.3. vyplývá, pokud se má přidat větší poměr objemu propanolu, je vhodnější využívat v kombinaci s letním benzínem. Jelikož má celkově pozvolnější vliv na pokles tlaku par v palivu. Graf č. 4.3. vychází z hodnot uvedených v Tabulce č. 4.3.

4.4. Stanovení kinematické viskozity pomocí Ubbelohdeho viskozimetru

Graf č. 4.4.: Růst kinematické viskozity s narůstajícím objemem propanolu



Na Grafu č. 4.4. jsou na vodorovné ose x vynesena objemová množství propanolu v % v benzínu. Na svislé ose y jsou vyneseny hodnoty kinematické viskozity v $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ jednotlivých vzorků, které byly měřeny pomocí Ubbelohdeho viskozimetru.

Hodnoty v Grafu č. 4.4. odpovídají kinematické viskozitě vzorků při 40 °C, jak předepisuje norma pro zkoušku kinematické viskozity pomocí Ubbelohdeho viskozimetru. Z grafu je patrné, že čím stoupá procentuální objem propanolu v benzínu, tím stoupá kinematická viskozita. Stoupání má tvar paraboly s nepatrnými odchylkami.

Z Grafu č. 4.4. vyplívá, že od 60 % objemu propanolu kinematická viskozita s rostoucím procentuálním navýšením propanolu drasticky narůstá. Z toho plyne, že procentuální množství propanolu v benzínu by neměla přesáhnout hranici 60 %. Překročení této hranice může vést k většímu namáhání celé palivové soustavy. Graf č. 4.4. vychází z hodnot uvedených v Tabulce č. 4.4.

5. Závěr

Aktuální závislost celé lidské společnosti na ropě a produktů z ní vyráběných je obrovský. Pochopitelně s tím je i spojené znečištění životního prostředí. Po mnoho generací se lidstvo vůbec nebo velice málo ohlíželo a řešilo znečištění, které lidská společnost způsobuje životnímu prostředí, tím, že využívá ropu.

V posledních několika desetiletích se začíná tento negativní trend měnit a jednotlivé vlády nebo celá společenství tlačí na omezování negativních vlivů na životní prostředí. Tyto tlaky mají za výsledek snižování závislosti lidské společnosti na ropě a jejich produktech.

V automobilovém průmyslu tyto tlaky způsobují nacházení nových technologií, jak zamezit nebo alespoň snížit negativní účinky z provozu benzínových a naftových motorů. Velký podíl na snižování škodlivých látek, které produkují automobily, má jejich palivo. Proto se dnes zcela běžně přimíchávají do benzínů příměsi jako jsou alkoholy. V současné době se nejvíce využívá z alkoholu ethanol, který se velice jednoduchou technologií efektivně získává ze zemědělských plodin.

Tato práce se zaměřila na jiný alkohol, a to propanol, s možnou otázkou, zda by propanol mohl také sloužit jako částečná náhrada benzínu vyrobeného čistě z ropy. Kvalitativní zkoušky benzínu s různým procentuálním obsažením propanolu prokázaly, že propanol stejně jako ethanol je možné používat jako biopalivo. Účinky směsi benzínu a propanolu mají v některých ohledech lepší výsledky než směsi benzínu a ethanolu. Bohužel, jak už to bývá u všeho, i směsi benzínu a propanolu mají v některých ukazatelích horší výsledky než směsi benzínu a ethanolu.

Mezi pozitivní účinky propanolu určitě patří vyšší tlak par oproti ethanolu, díky čemuž je možné snadnější startování studeného motoru v zimních obdobích i se směsí s větším procentuálním zastoupením propanolu. Destilační křivky prokázaly, že díky bodu varu propanolu při 97,1 °C není ovlivněn desetiprocentní bod destilace, který se pohybuje mezi 70-85 °C a také má vliv na startování studeného motoru v zimních obdobích.

Mezi negativní účinky propanolu určitě patří vysoká kinematičká viskozita při větším procentuálním zastoupením propanolu nad hranici 60 %. Toto znemožňuje využívání propanolu, stejně jako je tomu u ethanolu, v palivech označovaných E70, E75,

E85. Pokud by se mělo využívat palivo s takto vysokým procentem propanolu, bylo by již nutné přistoupit k několika úpravám motorů. Ze stejných důvodu negativně vychází i vyšší hustota propanolu, než je tomu u ethanolu.

Největší problém, který mluví v neprospěch využívání propanolu v masovém měřítku, je samotná výroba a získávání propanolu. V současné době nejsou technologie pro získávání dostatečného množství propanolu, které by pokrylo potřeby dnešního automobilového trhu. Málo efektivní způsoby získávání propanolu by vedly k vyšším cenám oproti ethanolu. S tím, že se stejně jako ethanol získává štěpením cukrů ze zemědělských plodin, bohužel ani neodpadá morální problém s výrobou biopaliv ze zemědělských plodin.

Nové technologie stále postupují vpřed v efektivnějším využívání přírodních zdrojů jako palivo. Proto je velice důležité i dále zkoušet a hledat nové možnosti jak a z čeho získávat dostatečnou energii pro pohon v lidské společnosti. Naše planeta Země je zatím jediná umožňující život a všichni chceme žít ve zdravém a čistém životním prostředí.

Použitá literatura

Internetové zdroje:

- [1] 1-Propanol. *Pubchem* [online]. Bethesda, MD [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1-propanol#section=Methods-of-Manufacturing>
- [2] Alternativní paliva- etanol E85. *Point-s* [online]. Nový Jičín, 2011, 11.1.2011 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://point-s.cz/novinky/alternativni-paliva-etanol-e85/>
- [3] Automobilové benzíny. *TERMINAL OIL a.s.* [online]. Příbram, 2017 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://www.terminaloil.cz/cs/nabidka-produktu/automobilove-benziny/>
- [4] Benzín. *Vítejte na Zemi* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=benzin&site=doprava>
- [5] Bezpečnostní list. *Lach:ner* [online]. Neratovice, 2011, 09.12.2011, (31), 10 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: http://www.lach-ner.com/files/64-17-5_Ethanol_v4_CZ.pdf
- [6] Bezpečnostní list. *MACH CHEMIKÁLIE* [online]. Ostrava-Hrušov, 2010, 28.11.2010, , 6 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: http://www.mach-chemikalie.cz/images/download/old_file/531/propanol_1.pdf
- [7] Biopaliva. *Vítejte na Zemi* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=biopaliva&site=doprava>
- [8] BRÁZDILOVÁ, Jana. Jak správně a jednoduše sestavit destilační aparaturu. *Verkon* [online]. Praha, 2016, 7.4.2016 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://www.verkon.cz/blog/destilace/>
- [9] BUDÍN, Jan. Ropa - vlastnosti, rozdělení a obchodování. *Oenergetice.cz* [online]. 2015 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/ropa/ropa-vlastnosti-rozdeleni-a-obchodovani/>
- [10] Ethanol. *Chemie* [online]. Uherské Hradiště [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://ucebnicechemie.wz.cz/index.php?sloucenina=ethanol>

- [11] HOLEČEK, Oldřich, Andra NISTOR a Martin KROUPA. Měření střední molární hmotnosti polymeru na základě Markovy-Houwinkovy rovnice - [MH]. *Vysoká škola chemicko-technologická* [online]. Praha, , 4 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: https://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/0041~~8_WIDwtRSE3JLAEA.pdf?redirected
- [12] HÖNIG, Vladimír. *Paliva a maziva* [CD-ROM]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013 [cit. 2019-03-30]. ISBN 978-80-213-2432-9
- [13] HORÁKOVÁ, Daniela. Paliva. *Informatika a digitální technika* [online]. 2012, 6.11.2012 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: http://old.pglbc.cz/files/DUM_2013/Chemie-Horakova/DUM_Ch_Ho_04.pdf
- [14] Kinematická a dynamická viskozita látek. *E-konstrukter* [online]. c2013-2017 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/kinematicka-a-dynamicka-viskozita-latek>
- [15] KRATINA, Jakub. Hustota materiálů a látek. *E-konstrukter* [online]. c2013-2017, 08.04.2013 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/hustota-materialu-a-latek>
- [16] LOULA, Václav. Přimíchávání biosložky do automobilových benzínů. *ČAPPO* [online]. Praha, 2017 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://www.cappo.cz/info/primichavani-bioslozky-do-automobilovych-benzinu>
- [17] Microbial production of propanol. *ScienceDirect* [online]. 2016, (5), 984-996 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975016300684>
- [18] Paliva. *Komenského66* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://www.komenskeho66.cz/materialy/chemie/WEB-CHEMIE9/paliva.html>
- [19] Původ, vznik, vyhledávání a těžba ropy. *Petroleum.cz* [online]. Praha, c2007-2019 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/ropa/>
- [20] Ropa jako palivo. *Ropoweb* [online]. Opava, 2007 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://ropoweb.xf.cz/palivo.html>
- [21] Ropa. *Vítejte na Zemi* [online]. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=ropa&site=doprava>

[22] Ropa. *Webchemie.cz* [online]. Brno, c2010-2016 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z:
<https://www.webchemie.cz/ropa.html>

Tištěné zdroje:

[23] HÖNIG, Vladimír. *Cvičení z paliv a maziv*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013. ISBN 978-80-213-2384-1

Vlastní zdroje:

[24] ŘEHÁK, Roman

Tabulky

Tabulka č. 4.1.a.: *Hodnoty destilační zkoušky*

		V (% objemu)										
% obj. propanolu		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
t (°C)	0	33	48	51	54	59	63	66	71	74	79	85
	5	32	46	51	54	57	62	65	71	72	79	83
	10	31	46	50	53	57	61	63	69	73	78	85
	15	30	47	49	52	55	61	63	70	75	76	83
	20	31	46	50	52	56	59	62	68	73	76	84

		V (% objemu)									
% obj. propanolu		55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
t (°C)	0	96	103	112	120	126	130	143	153	166	181
	5	94	97	102	107	120	127	138	152	166	180
	10	88	92	99	101	111	121	134	149	165	182
	15	89	94	98	100	106	122	135	150	163	180
	20	87	91	97	98	105	123	134	149	162	179

Tabulka č. 4.1.b.: *Hodnoty E70*

	% obj. propanolu	V (ml)
E70	0	33
	5	34
	10	35
	15	35
	20	38

Tabulka č. 4.1.c.: *Hodnoty E100*

	% obj. propanolu	V (ml)
E100	0	58
	5	64
	10	65
	15	70
	20	71

Tabulka č. 4.1.d.: *Hodnoty E150*

	% obj. propanolu	V (ml)
E150	0	88
	5	89
	10	90
	15	90
	20	91

Tabulka č. 4.2.: *Hodnoty hustoty*

	% obj. propanolu					
	0	20	40	60	80	100
Hustota (kg*m3)	811,26	809,65	808,06	805,97	803,74	801,26

Tabulka č. 4.3.: *Hodnoty tlaku par*

		% obj. propanolu							
		0	5	10	20	40	60	80	100
Tlak par (kPa)	Letní benzín	51	55,7	54,2	49,8	41	33,6	22	9,5
	Zimní benzín	75	81,3	77,1	70	63,7	48	34,1	9,5

Tabulka č. 4.4.: *Hodnoty kinematické viskozity*

	% obj. propanolu					
	0	20	40	60	80	100
Viskozita (mm²*s-1)	0,70	0,78	0,91	0,99	1,25	2,00

Seznam obrázků a grafů

Obrázky:

Obrázek č. 1.1.1.: Družicové snímky rozložení planktonu v Atlantickém oceánu a v Barentsově moři	4
Obrázek č. 3.1.: Destilační kolona s popisem	20
Obrázek č. 3.3.: Přístroj dle Reida	22
Obrázek č. 3.4.: Viskozimetr dle Ubbelohdeho	23

Grafy:

Graf č. 4.1.a.: Destilační křivka benzínu s obsahem propanolu	25
Graf č. 4.1.b.: Vliv objemu propanolu na hodnoty E70	26
Graf č. 4.1.c.: Vliv objemu propanolu na hodnoty E100	26
Graf č. 4.1.d.: Vliv objemu propanolu na hodnoty E150	27
Graf č. 4.2.: Pokles hustoty s narůstajícím objemem propanolu	27
Graf č. 4.3.: Pokles tlaku par s narůstajícím objemem propanolu	28
Graf č. 4.4.: Růst kinematické viskozity s narůstajícím objemem propanolu	29

Seznam zkratek

Geopolitické:

ČSN – Československá norma

ČR – Česká republika

EN – Evropská norma

EU – Evropská unie

Jednotky:

% – procento

°C – stupeň Celsia

cm – centimetr

kg – kilogram

km – kilometr

kPa – kilopascal

m – metr

mil – milion

MJ – megajoule

ml – mililitr

mld – miliarda

Mpa – megapascal

m³ – metr krychlový

Chemické prvky:

C – uhlík

H – vodík

O – kyslík

S – síra

h – výhřevnost paliva

m – hmotnost paliva

Q – teplo uvolněné při dokonalém hoření

t – teplota

V – objem

Příloha

Příloha č. 1.1.1.: *Složení planktonu*



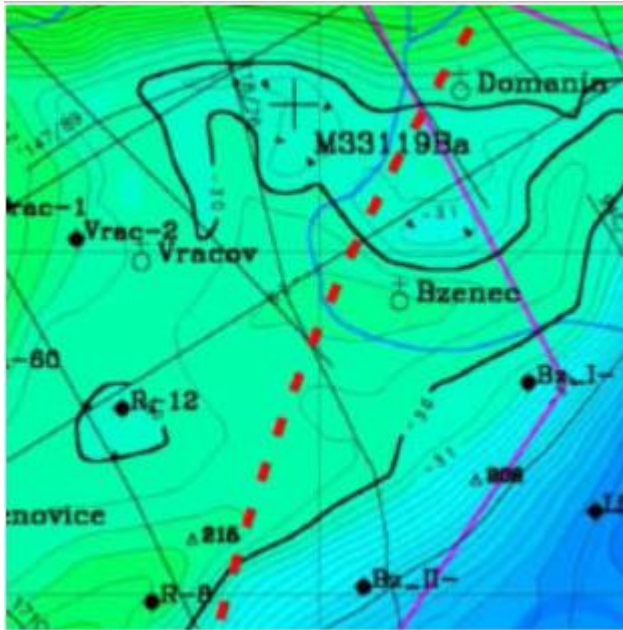
Zdroj: [21]

Příloha č. 1.1.3.: *Hlavní oblasti těžby ropy*



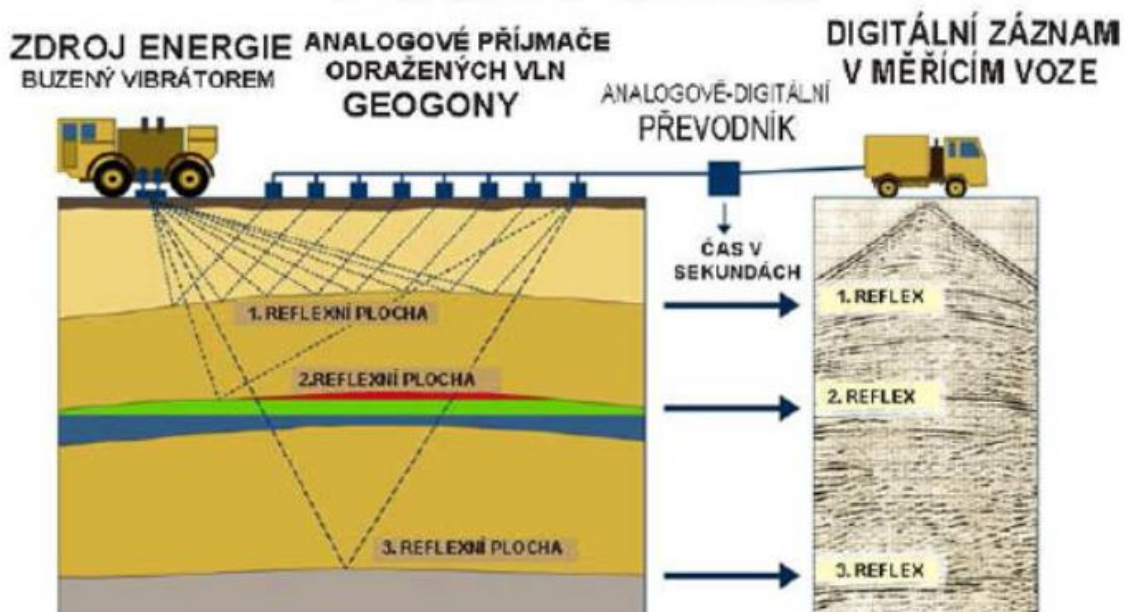
Zdroj: [19]

Příloha č. 1.1.4.a.: *Gravimetrická mapa*



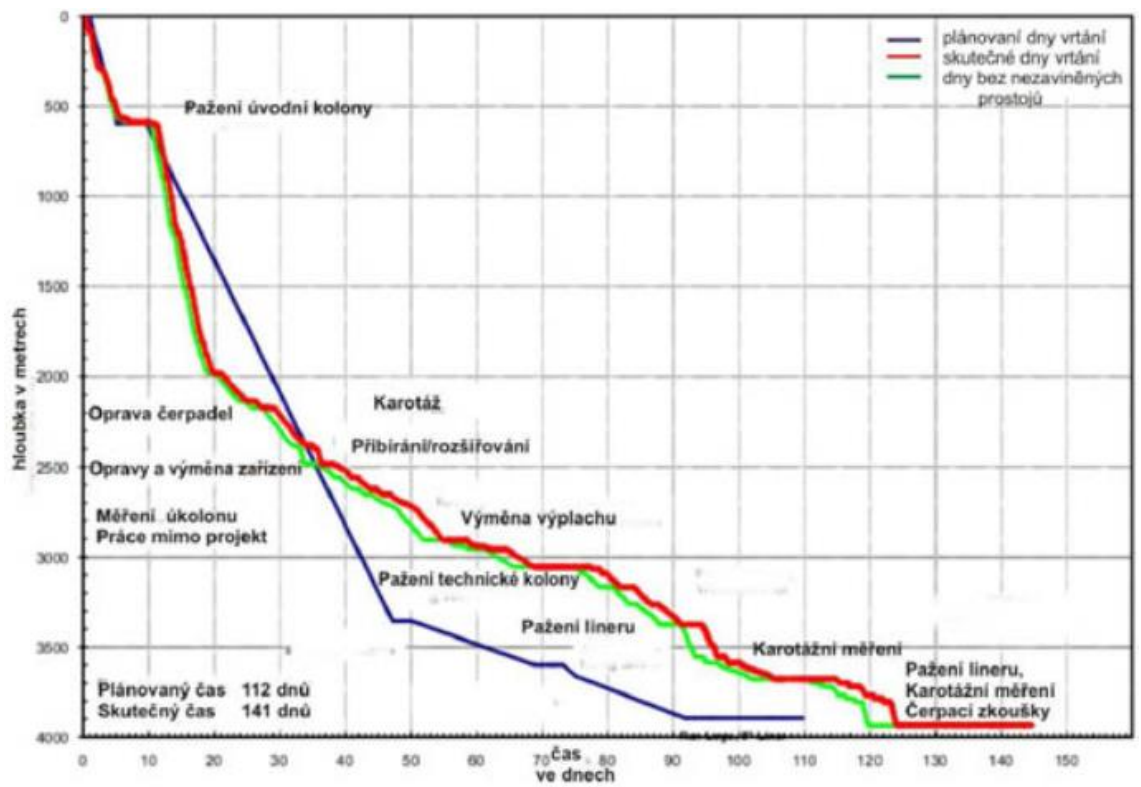
Zdroj: [19]

Příloha č. 1.1.4.b.: *Seismické měření*



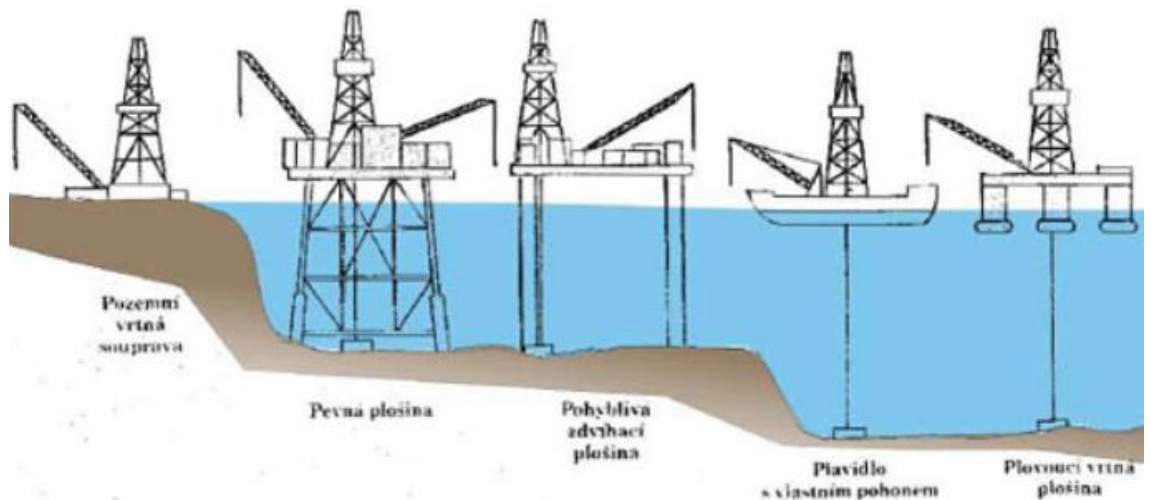
Zdroj: [19]

Příloha č. 1.1.4.c.: *Harmonogram vrtání*



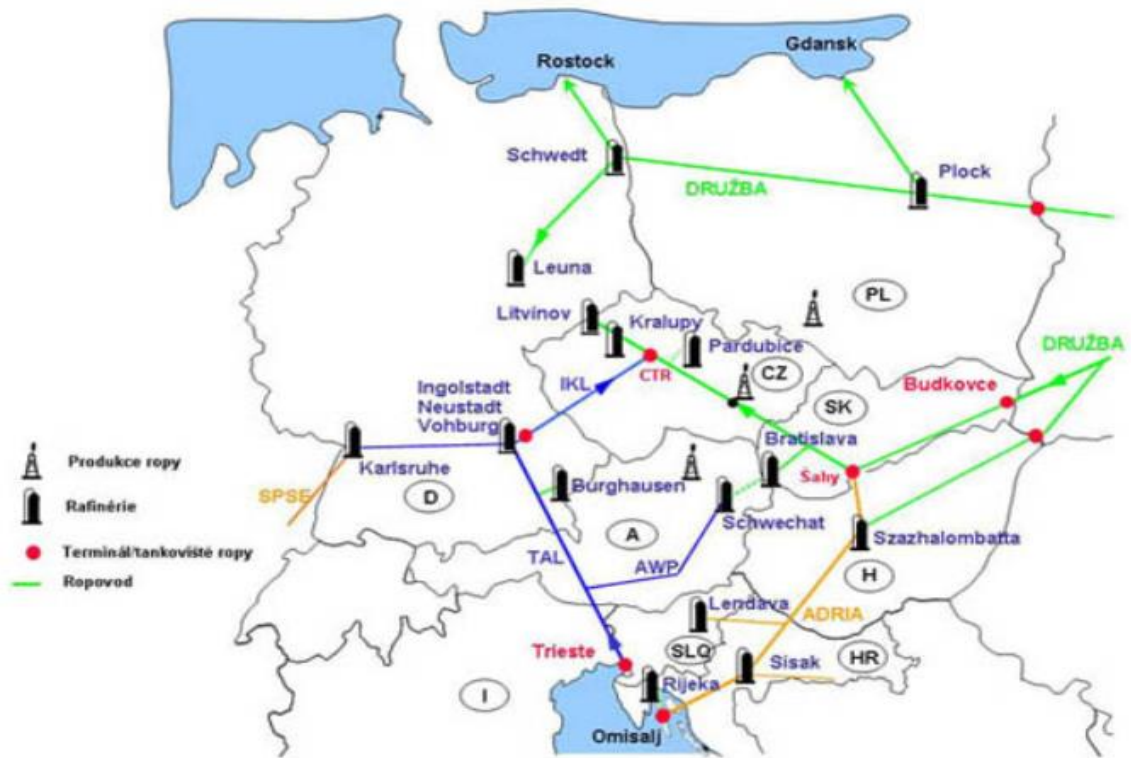
Zdroj: [19]

Příloha č. 1.1.4.d.: *Typy vrtacích plošin*



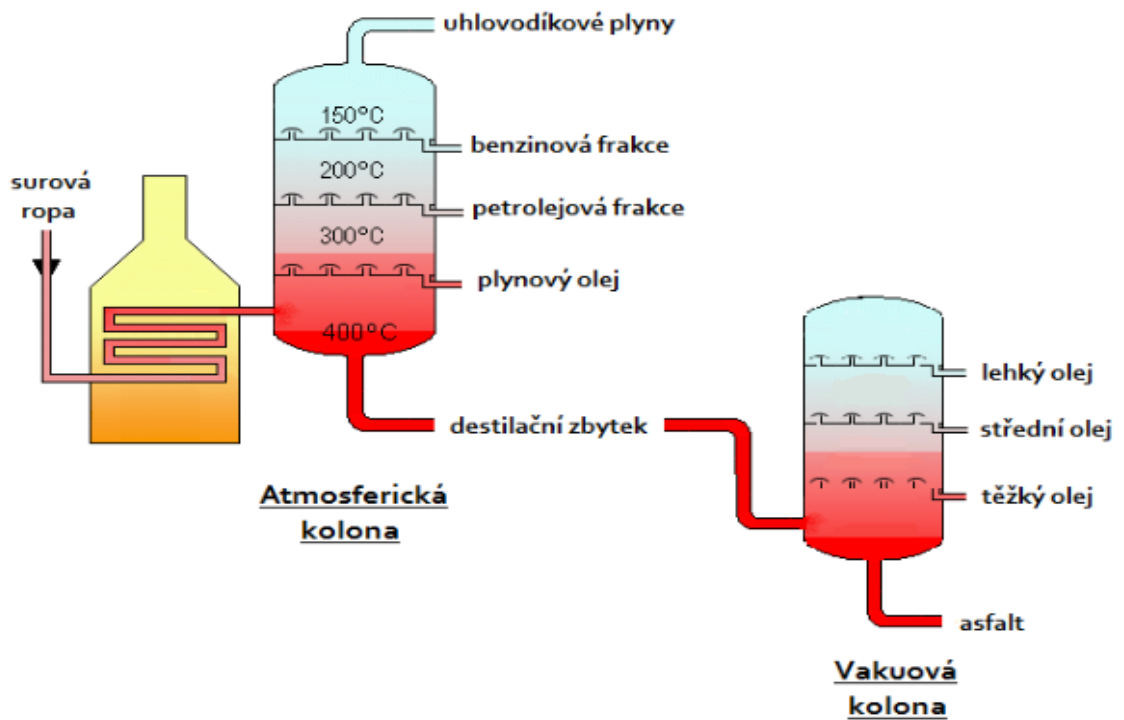
Zdroj: [19]

Příloha č. 1.1.5.a.: *Mapa ropovodů pro střední Evropu*



Zdroj: [19]

Příloha č. 1.1.5.b.: *Schéma atmosférické a vakuové kolony*



Zdroj: [22]