

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Studium fyzikálních vlastností chladicích kapalin pro dopravní prostředky

Michal Šťastný

Bakalářská práce

2020

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michal Šťastný**
Osobní číslo: **D15292**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Ochrana životního prostředí v dopravě**
Téma práce: **Studium fyzikálních vlastností chladicích kapalin pro dopravní prostředky**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Na základě studia literatury a informačních zdrojů popište současný stav řešené problematiky v oblasti chladicích kapalin pro dopravní prostředky a jejich vlivu na životní prostředí a lidské zdraví.
3. Seznamte se s principy a metodikou používaných experimentálních metod (refraktometrií, stanovením hustoty) a proveďte příslušné laboratorní zkoušky
4. Výsledky provedených prací vyhodnoťte a interpretujte, závěr zpracujte ve formě doporučení pro uživatele
5. Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran textu a přílohy**
Rozsah grafických prací: **podle pokynů vedoucího práce**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. Hrdlička, Z. *Automobilové kapaliny*. Praha: Grada Publishing, 1996. ISBN 80-7169-332-4.
2. MACHALÍKOVÁ, J., SEJKOROVÁ, M. *Diagnostika a kontrola jakosti provozních hmot*. Studijní opora na CD. Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-620-2.
3. SKOLIL, J. *Vliv biopaliv na složení chladicích kapalin vozidel*. Tribotechnika v provozu a údržbě 2016. Kniha přednášek mezinárodní konference 2016. Vysoká škola báňská ? Technická univerzita Ostrava, 2016. 57-61.
4. SKOLIL, J., KOTALA, T. *Průmyslová recyklace nemrznoucích směsí do chlazení*. Sborník přednášek 22. Ročníku konference REOTRIB 2016. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. 61-66.
5. SKOLIL, J. Prvonáplně chlazení užitkových vozů. [online], 2019. Dostupné z: <http://www.techmagazin.cz/47587>.
6. SKOLIL, J. Fyzikálně-chemické aspekty ekologických teplotnosných kapalin. Autoreferát dizertační práce. VUT Brno, 2016. [online], 2019. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=136044

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Marie Sejkorová, Ph.D.**
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2019**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Jakub Vágner, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. února 2019

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 24.01.2020

Michal Šťastný

Poděkování:

Na tomto místě chci poděkovat především vedoucí mé bakalářské práce paní doc. Ing. Marii Sejkorové Ph.D. za vedení a odbornou pomoc při jejím zpracování a i za vstřícný přístup během celého mého studia. Dále děkuji paní Leoně Bažantové za její cenné připomínky a v neposlední řadě děkuji také celé své rodině za podporu a motivaci ke studiu.

ANOTACE

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku používání chladicích kapalin pro dopravní prostředky. Jsou zde popsány základní složky pro výrobu chladicích kapalin a popsána problematika jejich ekologické likvidace. Dále je zde vytvořen přehled chladicích kapalin a měřidel používaných pro měření jejich vlastností. Experimentální část je zaměřena na ověření a popis závislostí mezi vybranými fyzikálními parametry (hustotou, indexem lomu a teplotou tuhnutí) vodných roztoků chladicích kapalin s a bez přídavku biokomponenty.

KLÍČOVÁ SLOVA

chladicí kapaliny, ethylenglykol, propylenglykol, glycerin, hustoměr, refraktometr

TITLE

Study of physical properties of coolants for transport means

ANNOTATION

This thesis is focused on using coolants for transport means. In this thesis are describe basic components for the production and describe their ecological disposal. In next part is also created overview of market and overview gauges for measure their properties. The experimental part is focused on verification and description of dependencies between selected physical parameters (density, refractive index and freezing point) of aqueous solutions of coolants with and without addition of biocomponent.

KEYWORDS

coolants, ethylene glycol, propylene glycol, glycerin, density meter, refractometer

Obsah

0	Úvod	9
1	Chladicí systémy dopravních prostředků	10
1.1	Druhy chladicích systémů	10
1.1.1	Vzduchové chlazení	10
1.1.2	Kapalinové chlazení	11
1.2	Funkce systému kapalinového chlazení	11
2	Chladicí kapaliny	14
2.1	Požadavky na chladicí kapaliny	14
2.2	Složení chladicích kapalin	15
2.2.1	Ethan-1,2-diol	15
2.2.2	Propan-1,2-diol	15
2.2.3	Propan-1,2,3-triol	16
2.2.4	Inhibitory koroze	18
2.3	Používání chladicích kapalin	19
2.4	Likvidace chladicích kapalin	19
2.5	Trh chladicích kapalin	21
2.5.1	Chladicí kapaliny TL 774, typ B	22
2.5.2	Chladicí kapaliny TL 774, typ C	22
2.5.3	Chladicí kapaliny TL 744, typ F	22
2.5.4	Chladicí kapaliny TL 744, typ G	23
2.5.5	Chladicí kapaliny TL 744, typ J	23
2.5.6	Ekologické chladicí kapaliny	23
2.6	Měřidla chladicích kapalin	24
2.6.1	Měřiče na principu hustoměrů	24
2.6.2	Měřiče na principu refraktometrie	26
3	Experimentální část	29
3.1	Příprava vzorků	29
3.2	Měření hustoty	30
3.3	Měření indexu lomu	31
3.4	Měření teploty tuhnutí	32
3.5	Výsledky měření	33
3.6	Vyhodnocení výsledků měření	37
4	Závěr	39
	Použitá literatura	41

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Schéma kapalinového chlazení	12
Obrázek 2: Ethan-1,2-diol.....	15
Obrázek 3: Propan-1,2-diol.....	16
Obrázek 4: Propan-1,2,3-triol	17
Obrázek 5: Recyklační linka pro chladicích kapaliny RALEX® ELPU P2 1xEDR-X/100-0.8 od firmy MemBrain	21
Obrázek 6: Hustoměr Dapper Anti-Freeze Tester (Disc Type).....	24
Obrázek 7: Hustoměr Prestone Antifreeze/Coolant Tester.....	25
Obrázek 8: Hustoměr Gefo 1110	25
Obrázek 9: Hustoměr Anton Paar DMA 35 Basic.....	26
Obrázek 10: Princip refraktometrie, odraz a lom paprsku světla	26
Obrázek 11: Ruční refraktometr Velvana, Fridex tester 0 ÷ - 60 °C	27
Obrázek 12: Ruční refraktometr RHA – 503 ATC.....	27
Obrázek 13: Digitální refraktometr DR – 702	28
Obrázek 14: Stolní refraktometr KRUSS D – 22976	28
Obrázek 15: Chladicí kapaliny Fridex G Plus a Carline Antifreeze G13	29
Obrázek 16: V první řadě vzorky kapaliny Carline Antifreeze G13, v řadě druhé vzorky kapaliny Fridex G Plus	30
Obrázek 17: Měření hustoty přístrojem Anton Paar DMA 35 Basic.....	31
Obrázek 18: Stolní refraktometr s přídavným chlazením	32
Obrázek 19: Měření pomocí ručního refraktometru RHA – 503 ATC.....	33

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Kapaliny používané jako základní složky chladicích kapalin	17
Tabulka 2: Popis připravených vzorků	30
Tabulka 3: Výsledky měření hustoty připravených vzorků.....	33
Tabulka 4: Výsledky měření indexu lomu připravených vzorků	34
Tabulka 5: Výsledky měření bodu tuhnutí pomocí ručních refraktometrů v kryostatu.....	36

Seznam grafů:

Graf 1: Závislost bodu tuhnutí glykolů na koncentraci ve vodném roztoku	18
Graf 2: Závislost hustoty na koncentraci měřených vzorků	34
Graf 3: Závislost indexu lomu na koncentraci měřených vzorků.....	35
Graf 4: Závislost bodu tuhnutí na koncentraci vzorků vytvořených z kapaliny G12+ při měření různými způsoby.....	36
Graf 5: Závislost bodu tuhnutí na koncentraci vzorků vytvořených z kapaliny G13 při měření různými způsoby.....	36
Graf 6: Závislost bodu tuhnutí na hustotě chladicí kapaliny G13	38
Graf 7: Závislost bodu tuhnutí na indexu lomu chladicí kapaliny G13.....	38

0 Úvod

Automobilový průmysl patří mezi jedno z nejdůležitějších průmyslových odvětví v České republice. Firmy, zabývající se výrobou automobilů, produkuje tisíce vozidel denně a vzájemně se předhánějí v tom, která značka bude prodávánější, nebo jaký typ automobilu bude u spotřebitelů nejúspěšnější. S tím se pojí i snaha neustále vylepšovat technické schopnosti vozidel, složení použitých materiálů či bezpečnostní prvky. V současné době si ale začínají mnohé firmy, a nejenom ty, které působí v automobilovém průmyslu, uvědomovat, že jejich činnost a jejich produkty mohou mít negativní dopady nejenom na životní prostředí, ale i na lidské zdraví.

Dopravní prostředky nejsou schopné provozu bez provozních kapalin. Vzhledem k počtu vyráběných a používaných automobilů se i těchto kapalin denně spotřebovává ohromné množství. Proto i jejich výrobci často přistupují k výrobě ekologičtějších produktů, které tolik nezatíží životní prostředí a současně budou i nadále plnit svoji funkci. Příkladem mohou být chladicí kapaliny s přídavkem biosložky – glycerinu.

Hlavním cílem bakalářské práce je popsat současný stav v oblasti chladicích kapalin pro dopravní prostředky a experimentálně ověřit a popsat závislost mezi vybranými fyzikálními parametry (hustotou, indexem lomu a teplotou tuhnutí) vodných roztoků chladicích kapalin s a bez přídavku biokomponenty.

Bakalářská práce se v jednotlivých kapitolách zabývá chladicími systémy dopravních prostředků, chladicími kapalinami, měřidly chladicích kapalin a výsledky ze studia jejich fyzikálních vlastností.

V kapitole chladicí systémy dopravních prostředků je poukázáno na zcela zásadní funkci chladicích systémů u spalovacích motorů. Dále se tato kapitola zabývá jednotlivými druhy chladicích systémů, mezi které patří vzduchové a kapalinové chladicí systémy. Je zde rozebrán způsob jejich fungování a jsou zde zmíněny jejich hlavní odlišnosti. V následující kapitole jsou rozebírány funkce systému kapalinového chlazení. Samostatnou kapitolu tvoří chladicí kapaliny, kde jsou popsány požadavky na chladicí kapaliny, a především je zde charakterizováno jejich složení. Neméně důležitá je i zmínka o používání a likvidaci chladicích kapalin a také o trhu chladicích kapalin. Pro měření hustoty a bodu lomu chladicích kapalin je důležité znát jednotlivé druhy měřidel, ta jsou rozebírána v závěru druhé kapitoly. Třetí kapitola představuje experimentální část, kde je popsána příprava vzorků, jsou zde uvedeny a diskutovány výsledky dílčích experimentů.

1 Chladicí systémy dopravních prostředků

Chladicí systém je neodmyslitelnou součástí spalovacího motoru, a to především v dnešní době, kdy pístové motory dosahují vysokých účinností na hranici technických možností. Účinné chlazení je důležité z důvodu odvádění nevyužitého tepla, které vzniká nejen spalováním paliva, ale i v důsledku mechanického tření pohyblivých částí. Chladicí systém zajišťuje udržení optimální teploty pro chod motoru. V provozu to znamená, že pokud by docházelo k přehřívání motoru, vypaloval by se olej z třecích ploch a docházelo by k postupnému zadírání jeho součástí. Zároveň by olej degradoval a zkracovala by se jeho životnost. Může také docházet k nekontrolovatelnému spalování směsi paliva dříve, než je pro správný chod motoru třeba. Naopak při podchlazení motoru dochází ke srážení paliva na stěnách válců a jeho průniku přes pístní kroužky do olejové náplně a jejímu ředění (Hrdlička, 1996), (Jílek & Pokorný, 2013). Z toho vyplývají požadavky, které jsou na systémy chlazení kladeny. Nejdůležitějším je dostatečný výkon systému a rovnoměrnost chlazení požadovaných částí motoru. Dále pak nízká hmotnost a odolnost proti vnějšímu znečištění, které by snižovalo účinnost systému. Také musí co nejméně zatěžovat spalovací motor a mít co nejtišší chod (Sejkorová a kol., 2017). Chladicí systémy jsou ve vozidlech důležité i pro komfort posádky. Slouží totiž k vyhřívání interiéru vozidla a tím se stává prvkem aktivní bezpečnosti vozidla (Jílek & Pokorný, 2013).

1.1 Druhy chladicích systémů

Chladicí systémy můžeme rozdělit do dvou základních skupin podle jejich konstrukce, a to na vzduchové a kapalinové. Hlavní rozdíl spočívá v principu ochlazování spalovacího motoru.

1.1.1 Vzduchové chlazení

Chlazení vzduchem je z pohledu konstrukce a výroby nejjednodušším systémem chlazení. Od toho se odvíjí i nižší náklady na výrobu vzduchem chlazených motorů. Lze jej dělit ještě do dalších skupin, které se liší především způsobem proudění vzduchu kolem motoru. Jedná se například o náporové, nucené přetlakové a nucené podtlakové chlazení. Vzduchem chlazené systémy se používají u spalovacích motorů s nižším výkonem, například u motocyklů (Jílek & Pokorný, 2013). Dále se se vzduchovým chlazením můžeme potkat u spalovacích motorů nákladních automobilů značky TATRA. Výroba těchto motorů ovšem prozatím skončila na emisní normě EURO 5, která je tedy pro výrobu komerčních vozidel nedostatečná. Tyto motory lze využívat pouze do speciálních vozidel, které nepodléhají evropským

směrnícím o plnění emisních norem (Tatra, 2019). Vzduchem chlazené motory mívají díly opatřené žebrovaním, případně jsou doplněny o ventilátory, žaluzie, nebo příčky, které usměrňují tok vzduchu kolem motoru. Výhody motorů chlazených vzduchem jsou v jednoduchosti jejich konstrukce, rychlém zahřátí a bezúdržbovém provozu. Neřeší se zde degradace chladicích kapalin, stárnutí pryžových částí a netěsnosti chladicího systému. Naopak nevýhodou je obtížnější regulace výkonu, nerovnoměrnost chlazení, nebo vyšší hlučnost daná nutností konstrukce motorů s většími vůlemi (Jílek & Pokorný, 2013), (Hromádka & kolektiv, 2011).

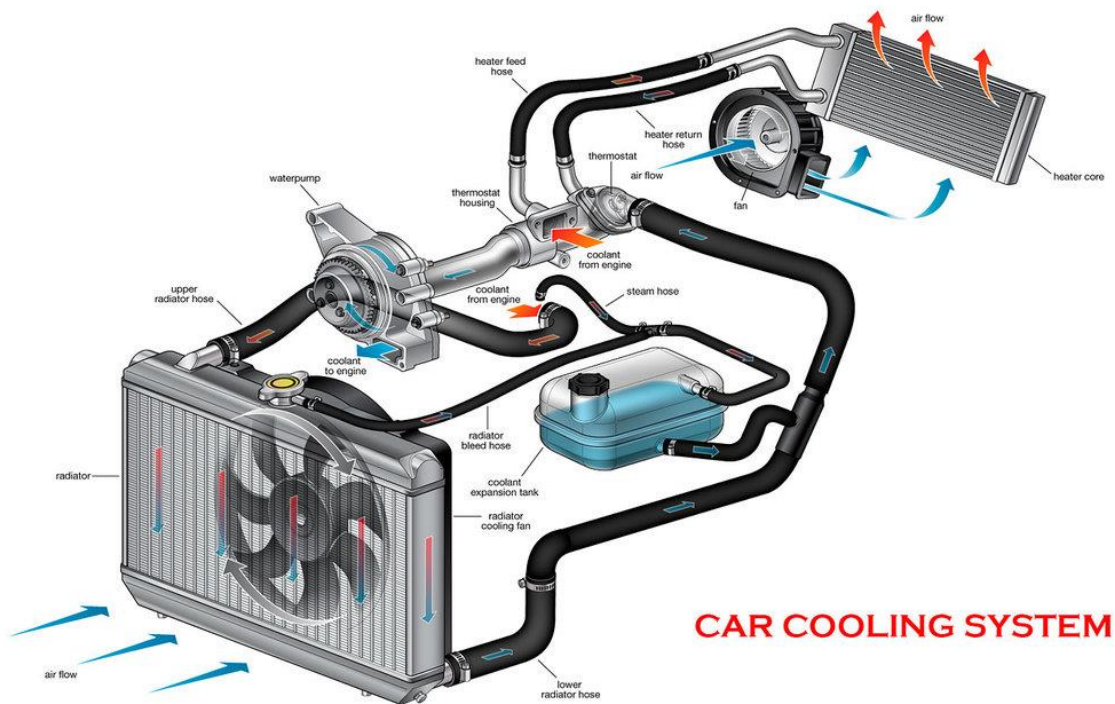
1.1.2 Kapalinové chlazení

Kapalinové chlazení se, jak již z názvu vyplývá, používá pro přenos tepla chladicí kapalinou. V minulosti se používal otevřený okruh, který nebyl nijak oddělený od okolí, a tudíž nebyl tlakový. V dnešní době se využívá výhradně uzavřených okruhů s přetlakovým ventilem a s nuceným oběhem kapaliny v systému. Přetlakový ventil odděluje uzavřený okruh chlazení od atmosféry. Kapalinové chlazení odstraňuje nedokonalosti vzduchového systému, tedy obtížnější regulaci výkonu a nerovnoměrnost chlazení, ale vznikají tu nové problémy, a to především s údržbou a opravami systému právě z důvodu použitého chladicího média. Nejčastěji se řeší těsnost systému, bod tuhnutí a stáří chladicího média. Kapaliny také nesmí působit agresivně vůči materiálům použitým v soustavě. Další diskutovanou vlastností chladicích kapalin je jejich toxicita vůči lidskému zdraví a životnímu prostředí při jejich úniku, nebo náhodnému požití člověkem (Jílek & Pokorný, 2013).

1.2 Funkce systému kapalinového chlazení

Systém kapalinového chlazení spalovacích motorů se skládá ze dvou základních okruhů, které je možno vidět na následujícím obrázku č. 1. První „malý“ okruh se skládá z kanálů v bloku a hlavě motoru, odkud kapalina proudí přes oběhové čerpadlo umístěné v bloku motoru, které je poháněné nejčastěji pomocí ozubeného řemene od klikové hřídele motoru, přes zavřený termostat do výměníku tepla, který slouží k vytápění interiéru vozidla. Druhý „velký“ okruh je při zahřívání motoru postupně otevírán pomocí termostatu, který je řídicím prvkem systému. Je rozšířen o chladič, zpravidla umístěný v přední části vozu před spalovacím motorem. V chladiči je kapalina ochlazovaná nápořem vzduchu, který vzniká jízdou vozidla. Při nedostatečném proudění vzduchu, například při pomalé jízdě, nebo stání v koloně, se díky elektronickému čidlu, hlídajícímu teplotu chladicího média na výstupu z chladiče, spouští elektrický ventilátor umístěný za chladičem. V bloku motoru a hlavě válců

na sebe chladicí kapalina váže teplo, naopak v chladiči a výměníku tepla vlivem proudícího vzduchu odvádí teplo do okolí (Jílek & Pokorný, 2013).



Obrázek 1: Schéma kapalinového chlazení (Dusil, 2017)

Nedílnou součástí chladicího systému je také expanzní nádržka. Slouží pro vyrovnávání změn hladiny chladicí kapaliny při práci chladicího systému. Když dochází k zahřívání motoru, okruh se tlakuje. Při této fázi se zdvihá hladina chladicí kapaliny. V okruhu vznikají páry, které po natlakování systému na 0,14 až 0,16 MPa unikají přes přetlakový ventil ve víčku expanzní nádoby. Díky natlakování systému, se také zvyšuje bod varu chladicí kapaliny. Po vychlazení systému do normální teploty se v něm naopak vytvoří podtlak a páry vytlačené zahřátím motoru se vrací zpět do systému. K tomu slouží podtlakový ventil ve víčku expanzní nádoby, který se otevírá při podtlaku okolo 0,01 MPa. Přes něj se vytlačený vzduch vrací zpět do systému (HELLA CZ, 2007). Jednotlivé části jsou propojeny pomocí pryžových hadic vyztužených textilní vložkou. Hadice musí odolávat změnám tlaku v systému, vysokým teplotám, mechanickému opotřebení a chemickému složení chladicích kapalin (Jílek & Pokorný, 2013).

Systémy chlazení stále procházejí vývojem. Princip zůstává zachován, ale funkčnost jednotlivých součástí se mění. V moderních systémech se lze setkat s okruhem chlazení s odpojitelným pohonem vodního čerpadla, a to z důvodu rychlejšího zahřátí motoru, kdy při studeném startu není motor ochlazován prouděním studené kapaliny. Po předeřtání motoru

se vodní pumpa sepne a kapalina začne proudit „malým“ okruhem chlazení. Další součástí systému, která prochází vývojem je například i termostat. Plní stále svoji základní funkci, otevírání a zavírání „malého a „velkého“ okruhu, ale již nefunguje na principu změny skupenství parafínu. Stává se z něho elektronická součástka tvořená systémem kanálů a šoupátek ovládaná pomocí elektromotoru. Díky nastavení šoupátek může chladicí systém fungovat v několika různých režimech cirkulace kapaliny. (Dusil, 2019).

2 Chladicí kapaliny

Chladicí kapalina je médium používané v kapalinovém chladicím systému spalovacího motoru. Slouží k odvádění přebytečného tepla, vznikajícího spalováním paliva v motoru a mechanickým třením jeho součástí. Vznik chladicích kapalin byl zapříčiněn nedostatečnými vlastnostmi vody jako chladicího média. Nesplňovala především požadavky na bod tuhnutí a ochranu proti korozi. V některých firmách se ale i tak můžeme v rámci ekonomických úspor potkat s použitím samotné vody v chladicím systému, a to u sezónních pracovních strojů starší výroby v období, kdy nemrzne. Vodu potom musí provozovatel před příchodem zimy z vozidla úplně vypustit, aby nedošlo k poškození systému (Hrdlička, 1996).

2.1 Požadavky na chladicí kapaliny

U chladicích kapalin je nejčastěji diskutovanou vlastností hodnota jejich bodu tuhnutí, a to především v zimním období, kdy mrzne. Pokud by v chladicí soustavě byla pouze voda, která by při odstaveném vozidle, nebo při proudění studeného vzduchu za jízdy zamrzla, mohla by svou rozpínavostí nenávratně zničit některé komponenty soustavy. Nejchoulostivější částí systému na poškození rozpínající se kapalinou je chladič, který je vyrobený z tenkých trubiček ze slitin hliníku. Chladicí kapalina musí při překročení bodu tuhnutí zachovat kašovitou konzistenci, aby nedošlo k rozpínání v jednom místě (Hrdlička, 1996).

Je nutné brát v potaz také bod varu. Ten je důležitý pro správnou funkci systému tím, že pokud by začala kapalina vřít, došlo by k jejímu přetlakování a následnému úniku přes přetlakový ventil v expanzní nádobce. Poté by se stal systém bez kapaliny nefunkční. Dalším problémem, který způsobuje nízký bod varu, je kavitační opotřebení systému. Ke zvýšení bodu varu napomáhá i to, že je systém chlazení tlakový. Se zvyšujícím se tlakem v soustavě se zvyšuje i bod varu chladicího média (Skolil, 2012).

Chladicí kapaliny také nesmí působit agresivně vůči všem materiálům použitým v soustavě. Nesmí způsobovat stárnutí a degradaci pryžových hadic spojujících jednotlivé části chladicí soustavy a těsnění u pohyblivých částí, například u oběhového čerpadla. Nesmí působit korozivně vůči kovům použitým v soustavě. Například blok motoru bývá vyrobený u starších motorů z šedé litiny, nebo u moderních motorů ze slitin hliníku s hořčíkem, které jsou na korozi náchylné. Také chladič a výměník tepla bývá vyroben z ke korozi náchylným slitin hliníku (Zemek, 2012).

U chladicích kapalin klademe požadavky mimo jiné i na velikost tepelné kapacity, tepelné vodivosti a viskozity. Jsou důležité pro teplosměnné vlastnosti a rychlost cirkulace kapaliny v systému (Skolil, 2018).

2.2 Složení chladicích kapalin

Základní složkou každé chladicí kapaliny je chladicí médium, doplněné o další složky, zlepšující jejich vlastnosti. Chladicí médium je nejčastěji tvořeno samotnými glykoly, které se v posledních letech začínají ředit dílem biokomponenty. Do kapalin se přimíchávají především složky pro zlepšení jejich antikoročních vlastností vůči materiálům použitých v chladicí soustavě. Dále se pak chladicí kapaliny doplňují o barviva, stabilizátory tvrdosti a přísady zabraňující pění. Z bezpečnostních důvodů se do chladicích kapalin přidávají i chuťové přísady, zabraňující náhodnému požití. Například extrémně hořká látka denatoniumbenzoát, označovaný jako Bitrex. (Skolil, 2013).

2.2.1 Ethan-1,2-diol

Ethan-1,2-diol tvoří nejčastější základní složku všech chladicích kapalin. V odborné literatuře bývá označován názvem ethylenglykol, monoethylenglykol (MEG). Jedná se o zdraví škodlivou kapalinu, nebezpečnou pro životní prostředí. Je bezbarvá, bez zápachu, se sladkou chutí. Ethylenglykol je produkován z neobnovitelného zdroje, z ropy. Vyrábí se hydratací ethylenoxidu, který se získává syntézou z ropy (Hrdlička, 1996). Při ředění vodou má bod tuhnutí vodného roztoku ethylenglykolu atypickou závislost na koncentraci, což je znázorněno na grafu č. 1. Ředěním do 70 % hm. složky chladicí kapaliny se bod tuhnutí směsi snižuje k –60 °C. Při dalším snižování koncentrace MEG se teplota tuhnutí začíná zvyšovat a blížit se k 0 °C (Skolil, 2016 a). Jedná se o jedovatou látku. Otrava ethylenglykolem se projevuje v několika krocích. Příznakem první fáze otravy je zvracení. V poslední fázi dochází k selháním funkce ledvin (Kořínková, 2011).

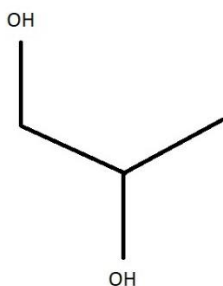


Obrázek 2: Ethan-1,2-diol (Skolil, 2012)

2.2.2 Propan-1,2-diol

Propan-1,2-diol je další možnou základní složkou chladicích kapalin. V odborné literatuře bývá označován názvem propylenglykol, monopropylenglykol (MPG). Stejně jako

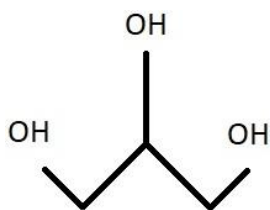
ethylenglykol je propylenglykol kapalina bez barvy a zápachu, se sladkou chutí. Po smíchání s vodou tvoří pro člověka netoxickou směs. Díky jeho nejedovatosti vůči lidskému zdraví se využívá především v teplosměnných systémech pro ohřev vody, nebo jako chladicí médium v chladírnách (Kořínková, 2011). Vůči životnímu prostředí je ovšem škodlivý stejně jako ethylenglykol, především z hlediska jeho odbouratelnosti ve vodě. U silničních vozidel se chladicí kapaliny s propylenglykolem využívaly spíše v minulosti. Z ekonomických důvodů se od jejich používání upouští. Jejich nepatrně vyšší cena je způsobena vyšší cenou samotného propylenglykolu, nutností ředění na vyšší koncentrace pro namíchání směsi se srovnatelným bodem tuhnutí, a z důvodu malé poptávky také vyšší marží obchodníků. Při použití velkého množství chladicího média například v autobusech, nebo ve flotile nákladních vozů už cenový rozdíl celkového množství obou kapalin není zanedbatelný a může znamenat velké finanční úspory (Skolil, 2018). Vyrábí se, podobně jako MEG oxidací propylenoxidu, který je získáván syntézou z neobnovitelného zdroje, z ropy (Hrdlička, 1996).



Obrázek 3: Propan-1,2-diol (Skolil, 2012)

2.2.3 Propan-1,2,3-triol

Propan-1,2,3-triol se do chladicích kapalin přimíchává až v posledních letech jako díl biokomponenty. V odborné literatuře je nazýván jako glycerol, nebo glycerin. Je to zdravotně nezávadná látka pro člověka i životní prostředí. Je bezbarvý, bez zápachu se sladkou chutí stejně jako ethylenglykol a propylenglykol. Glycerol je rostlinného původu. Jeho hlavním zdrojem jsou rostlinné tuky. Využívá se mimo jiné i v kosmetickém a potravinářském průmyslu jako zvlhčovač (Horský, 2011). Vzniká v procesu kvašení glukosy, nebo jako vedlejší produkt při výrobě biopaliv, při výrobě bionafty z řepkového semena. Jeho produkce s rostoucí výrobou, a nuceným přidáváním biosložek do paliv, roste. Díky stoupající produkci, klesá i jeho cena na trhu (Souček & Souček, 2013). Při ředění koncentrátu má stejnou závislost na teplotě jako ethylenglykol, což je vidět na grafu č.1. Jeho bod tuhnutí nejdříve do 70 % hm. klesá až k $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, poté začíná růst a přibližovat se k $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oproti MEG a MPG má výrazně vyšší bod varu, což je u chladicích kapalin žádoucí (Skolil, 2016 a).

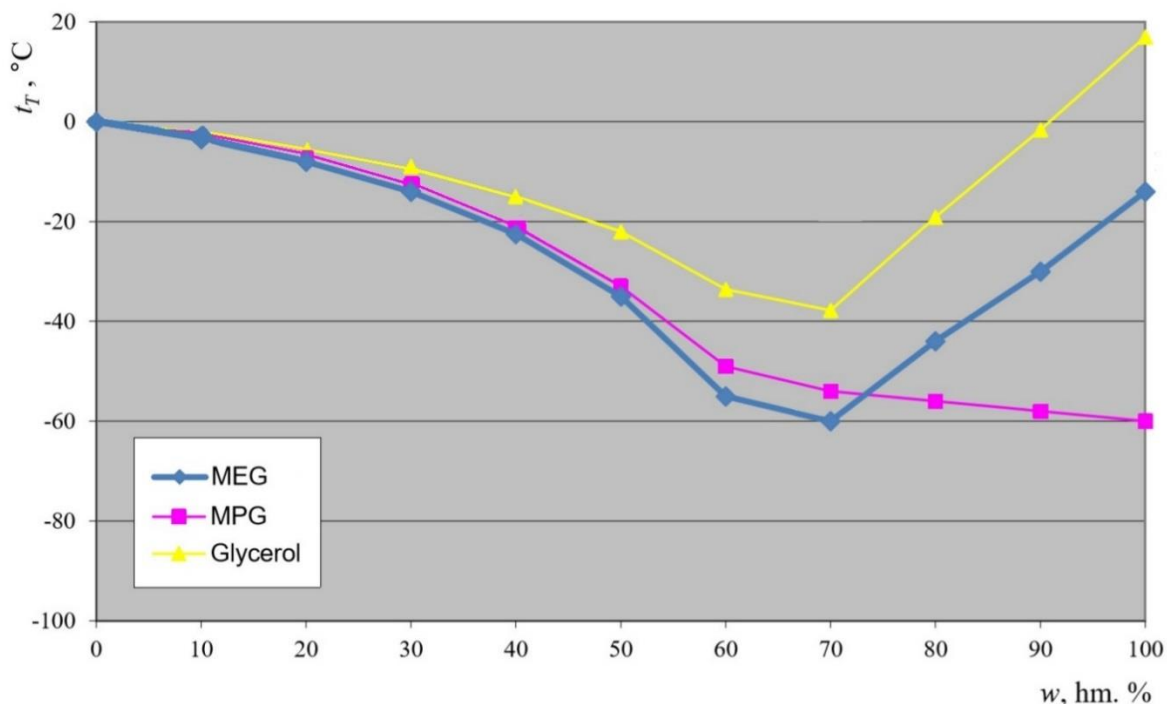


Obrázek 4: Propan-1,2,3-triol (Horský, 2011)

Dnešní kapaliny plnicí normu TL 774, typ J musí obsahovat 10 až 40 % glycerolu. Jsou to chladicí kapaliny označované také jako G13. I přesto, že je glycerol na trhu levnější než ethylenglykol, neznamená to, že bude i levnější výsledný výrobek, ve kterém ho nahrazuje. Cenu zvyšuje náročnost práce s glycerolem. Především jeho skladovatelnost, kdy musí být v zimním období ve vyhřívaných zásobnících, protože jeho bod tuhnutí je 18 °C a jeho vysoká viskozita, která komplikuje jeho mísitelnost s ostatními složkami směsi (Skolil, 2016 b).

Tabulka 1: Kapaliny používané jako základní složky chladicích kapalin (Skolil, 2013), (Skolil, 2016 a)

	Teplota varu [°C]	Teplota tuhnutí [°C]	Hustota při 20 °C [g/cm ³]	Bod vzplanutí [°C]	Dynamická viskozita [mPa.s]	Tepelná kapacita při 20 °C [kJ/kg×K]
Ethan-1,2-diol	197	-13 (-38 při 50% ředění)	1,114	115	19,9	2,41
Propan-1,2-diol	187	-60 (-33 při 50% ředění)	1,040	107	56	2,48
Propan-1,2,2-triol	290	+18 (-22 při 50% ředění)	1,261	199	1490	2,43
Voda	100	0	0,998	-	1	4,18



Graf 1: Závislost bodu tuhnutí glykolů na koncentraci ve vodném roztoku. Upraveno dle (Skolil, 2016 a)

2.2.4 Inhibitory koroze

Inhibitory koroze jsou nedílnou součástí každé chladicí kapaliny. Tyto složky jsou v chladicích směsích v průběhu let nejčastěji měněné a upravované. Musely se přizpůsobit změnám konstrukcí chladicích systémů motorů, motorům samotným a požadavkům na ekologii. Dříve se používaly inhibitory chránící železo a v malé míře i hliník. V dnešní době se používají inhibitory pro chladicí systémy motorů z hliníku s přísadami hořčíku, mědi a křemíku. Podíl inhibitorů koroze v koncentráte bývá okolo 2 % (Skolil, 2012). Z důvodu nevhodnosti vzájemného mísení chladicích kapalin s různými inhibitory koroze, dávají výrobci kapalinám různé barvy, které napomáhají uživatelům s jejich aplikací. Použité inhibitory jsou také definované normami jednotlivých výrobců. Zpravidla používá každý výrobce vlastní normu. Nejčastěji se mluví o normě TL774 koncernu Volkswagen, dále například pro vozidla IVECO standart 18-1830, pro vozidla MAN norma 324 Si-OAT a další. Jako inhibitory koroze se používají anorganické sloučeniny, například dusitan sodný, nebo z hlediska ekologie vhodnější organické sloučeniny, například benzoan sodný, nebo kyselina 2-ethylhexanová (Skolil, 2016 a).

2.3 Používání chladicích kapalin

Chladicí kapaliny se nejčastěji prodávají jako koncentráty nemrzoucí směsi, které je potřeba podle návodu zředit vodou. Tím si spotřebitel zvolí požadovaný bod tuhnutí. Lze také zakoupit již naředěnou směs připravenou k použití, například na benzínových stanicích. Používat koncentrát není pro uživatele nijak výhodné. Díky naředění koncentrátu získá zákazník několik výhod. Přidáním vody se sníží viskozita směsi, zvýší se tepelná kapacita, a dokonce se zvýší i bod tuhnutí, protože až s určitým naředěním vodou (60–70 % hm. chladicí kapaliny) získá směs nejčastěji používaných kapalin na bázi ethylenglykolu nejvyšší mrazuvzdorné vlastnosti, a to do více než $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po naředění se také z koncentrátu chladicí kapaliny, hořlaviny IV. kategorie, stane díky zvýšené teplotě vzplanutí nehořlavá kapalina. Zároveň se navýší velikost dávky potřebné ke vzniku otravy jedovatým ethan-1,2-diolem. V neposlední řadě se také ušetří náklady (Skolil, 2013).

Při údržbě vozu a potřebě doplňovat do systému chlazení chladicí médium, je důležité nejprve ověřit, jakým způsobem se pravděpodobně chladicí kapalina ze systému ztratila. Pokud by se jednalo pouze o pokles hladiny spojený s běžnou funkcí systému chlazení, znamená to, že se ze systému odpařila pouze voda, která má nejnižší bod varu, viz. tabulka č.1. V tomto případě je možné do systému dolít pouze vodu. Pokud by byl pokles hladiny způsobený únikem chladicího média, ať již přes netěsnost ve spojovacím potrubí, poškozeným chladičem, netěsností těsnění pod hlavou motoru, nebo jiným podobným způsobem, je potřeba do systému doplnit nově připravenou směs. U této varianty úbytku musíme dolít předepsanou kapalinu, která je již v motoru použita, stejné barvy. To zajistí použití kapaliny s vhodnými inhibitory koroze pro konkrétní chladicí systém. Lze také zakoupit již připravené, naředěné kapaliny pro přímé dolítí do systému, bez nutnosti dalších úprav. K dispozici jsou zpravidla na benzínových stanicích. Pro nouzové dojetí je možné použít i kapalinu jiné specifikace, než je v systému použita. Pouze není vhodné kombinovat nejstarší typ chladicích kapalin plnicí normu TL 774, typ B s modernějšími, a to ani pro dojetí. Složení materiálů konstrukce motorů se natolik změnilo, že by použité moderní inhibitory koroze nemusely být dostatečně účinné na železné kovy a mosaz ve starších motorech a naopak (Skolil, 2012).

2.4 Likvidace chladicích kapalin

Jako každé médium i chladicí kapaliny mají svou životnost. Stárnutím kapaliny se vyčerpávají její inhibitory koroze a nemohou pak plnit svoji funkci. U nových osobních vozidel se výměnná lhůta udává 5 let, a to při použití kapaliny se správnou normou,

předepsanou výrobcem. U autobusů, nákladních vozidel a starších osobních vozidel je výměnná lhůta stanovena na 2–3 roky (Skolil, 2012).

Chladicí kapaliny by měly být shromažďovány v rámci odpadového hospodářství servisů, podobně jak je tomu u motorového oleje. I přes to je jejich objem, který se dostane k legálnímu spálení nebo recyklaci, méně než 5 %. A to je z přibližně 450 000 tun ročních prodejů koncentrátů chladicích kapalin v Evropě velice málo, při předpokladu, že by se prodané množství kapalin následně mělo zlikvidovat. Přitom je opomíjeno to, že se kapaliny pro použití musí ještě naředit, čímž množství směsí určených k recyklaci nabude ještě přibližně o dalších 100 %, což představuje nejběžnější poměr ředění směsi 1:1. Zbytek směsí se ztratí buď v provozu, nebo jej servisy v nařazeném stavu vlévají do kanalizace (Skolil, 2016 c).

V současné době se tedy zlomek směsí, který se vytřídí, spaluje, což je energeticky náročný proces, z důvodu špatné nehořlavosti nařazené směsi. Jinou možností likvidace je další ředění směsi velkým množstvím vody a následná likvidace v čistírnách odpadních vod pomocí fyzikálně-chemické úpravy. Existuje i potenciál využívat použité směsi do nátěrových hmot pro dřevo, jako ochranu proti houbám a plísním, tato možnost ale není v dnešní době reálně využívána (Skolil, 2016 c).

Existuje několik patentů na recyklaci použitých směsí. Recyklací lze získat čisté glykoly. Avšak z důvodu malého sběru použitých chladicích kapalin a legislativních překážek s převozem a skladováním, které je paradoxně více hlídané legislativou než práce s koncentráty, se recykluje pouze zlomek použitých kapalin. Zjednodušeně lze říct, že je možné chladicí kapaliny recyklovat dvěma způsoby. První metoda vyžaduje přísun tepla. Využívá se procesů destilace a rektifikace z kterých jsou získávány téměř čisté glykoly. Tato metoda je ovšem velice náročná na přísun energie a je ekonomicky nenávratná. Druhá metoda „za studena“ využívá procesů iontoměniče, membrány atd. Výsledným produktem této metody je vždy směs glykolů (MEG, MPG, ...) ve stejné koncentraci s vodou, ve které do recyklace vystoupily. Využívají se i metody kombinující oba způsoby recyklace (Skolil, 2016 c).

Na trhu aktuálně existuje recyklační linka od firmy MemBrain s.r.o., Stráž pod Ralskem. Zařízení funguje na principu elektrodialýzy. Výstupem z recyklační linky je směs čistých glykolů a vody. Používá se pro regeneraci nemrznoucích kapalin ze silničních vozidel, klimatizačních systémů a rozmrazovacích postřiků na křídla letadel. Recyklace probíhá v několika po sobě jdoucích krocích. Začíná hrubou sedimentací a filtrací pro odstranění olejů a hrubších nečistot. Následují procesy jemného čištění na odstranění zbylých barviv, olejů

a dalších částic. Posledním krokem je elektrodialýza, kde se odstraňují organické a anorganické soli (Skolil, 2019), (MemBrain, nedatováno).



Obrázek 5: Recyklační linka pro chladicích kapaliny RALEX® ELPU P2 1xEDR-X/100-0.8 od firmy MemBrain (MemBrain, nedatováno)

2.5 Trh chladicích kapalin

Na trhu je nepřehledné množství výrobců kapalin pro chladicí systémy spalovacích motorů. V České republice figuruje hned několik významných výrobců. Největším z nich je společnost CLASSIC Oil s.r.o., která vznikla v roce 2007. Disponuje vlastním vývojovým střediskem a vlastní několik ochranných známek v oblasti chladicích kapalin (CLASSIC Oil, 2019). Druhým nezanedbatelným a tradičním výrobcem je společnost Velvana, která staví na tradici. Na trhu působí již od roku 1958, kdy začala vyrábět produkt jménem Fridex, který se do slovníků českých motoristů vryl jako univerzální pojmenování pro chladicí kapaliny (Velvana, 2019). Dalším výrobcem chladicích kapalin v Česku je společnost OMA CZ, a.s. Chladicí kapaliny vyrábí od roku 2011, kdy převzala ochrannou značku a výrobní závod pro automobilové kapaliny Carline. Dodává kapaliny především do autobusů pro městskou a meziměstskou dopravu (OMA CZ, 2019). Všichni z výrobců mají ve svém portfoliu celou řadu chladicích kapalin pro starší i moderní spalovací motory.

Chladicí kapaliny jsou specifikované normami. Většina automobilek si pro své chladicí systémy vytvořila vlastní normu. Jednotlivé předpisy se od sebe liší především použitými inhibitory koroze a jejich množstvím, popřípadě barvou chladicí kapaliny. Na každé chladicí kapalině je vypsáný přehled norem, který daná kapalina splňuje. V Evropě se nejčastěji mluví o normě VW 774. Pro užitková vozidla se také často používá norma americká ASTM D6210. Nejvíce odlišné evropským normám jsou kapaliny pro vozidla z Asie. Liší se množstvím a druhem použitých inhibitorů koroze (Skolil, 2013).

2.5.1 Chladicí kapaliny TL 774, typ B

Chladicí kapaliny dle VW normy TL 774, Typ B jsou určeny pro vozidla vyrobená před rokem 1994, která mají chladicí okruhy vyrobené z litiny a mosazi. Jedná se o starší typy vozidel, zemědělské a stavební stroje. Jsou vyrobeny na bázi ethylenglykolu a jako inhibitory koroze bývají používány anorganické soli, například tetraboritan sodný dekahydrát, nebo dusitan sodný. Normou není určena barva, kterou by kapaliny měly mít. Obvykle bývají bezbarvé. Výměnná lhůta bývá 2–3 roky (Skolil, 2013), (Velvana, 2008 a).

Tuto normu splňuje například kapalina Fridex STABIL, CARLINE Antifreeze STABIL.

2.5.2 Chladicí kapaliny TL 774, typ C

Chladicí kapaliny dle VW normy TL 774, Typ C jsou také někdy označované jako G11, nebo G48. Používají se přibližně od roku 1996 pro chladicí soustavy s díly z hliníku. Základní složkou těchto kapalin je ethylenglykol a jako inhibitory koroze jsou zde obvykle použité organické soli a silikáty. Například 2-ethylhexanová kyselina, nebo methyl-1H-benzotriazol. Mají předepsanou modrozelenou barvu. Jejich výměnná lhůta bývá 2–3 roky (Skolil, 2013), (Velvana, 2008 b).

Tuto normu splňují například kapaliny Fridex G48, Carline Antifreeze G11, ClassicOil ANTIFREEZE G[®] 11.

2.5.3 Chladicí kapaliny TL 774, typ F

Chladicí kapaliny dle VW normy TL 774, Typ F jsou označovány jako G12+. Tyto kapaliny na bázi ethylenglykolu se ve vozidlech používají přibližně od roku 2007. Pro inhibici koroze se přimíchávají organické soli a triazoly, například 2-ethylhexanová kyselina, nebo methyl-1H-benzotriazol. Mají růžovo fialovou barvu. Barva je jediné, co je odlišuje od červených kapalin TL 774, Typ D, označovaných jako G12. Výměnná lhůta bývá 5 let. Jejich

prodloužení je způsobeno zdokonalením spalovacích motorů a zamezením únikům zplodin hoření do chladicího systému silničních vozidel, které urychlují vyčerpávání inhibitorů koroze (Skolil, 2013).

Na trhu tuto normu splňuje například kapalina Velvana Fridex G PLUS, nebo ClassicOil ANTIFREEZE G[®] 12+.

2.5.4 Chladicí kapaliny TL 774, typ G

Chladicí kapaliny dle VW normy TL 774, Typ G jsou označovány jako G12++. Základní složkou těchto kapalin je ethylenglykol. Mají růžovo fialovou barvu. Jsou vhodné pro moderní chladicí systémy složené z hliníku a hořčíku. Pro inhibici koroze tu jsou využívány organické soli, triazily a silikáty. Výměnný interval bývá 5 let (Skolil, 2013).

Tuto normu splňují například kapaliny Carline Antifreeze G12++, nebo ClassicOil ANTIFREEZE G[®] 12++.

2.5.5 Chladicí kapaliny TL 774, typ J

Chladicí kapaliny dle VW normy TL 774, Typ J jsou nejmodernějším typem náplně chladicích systémů. Jsou označovány jako kapaliny G13. Hlavní složkou těchto kapalin je ethylenglykol. Do kapalin splňujících tuto normu musí být také přimíchávaný povinný podíl biosložky glycerolu. Jeho množství je normou předepsané na 10 až 40 %. Z tohoto důvodu jsou chladicí kapaliny G13 znatelně viskóznější oproti ostatním chladicím kapalinám. Podíl biosložky je hlavní rozdíl oproti kapalinám G12++. Barva této chladicí kapaliny je růžovo fialová. Jako inhibitory koroze jsou používány organické soli, triazily a silikáty. Výměnný interval je 5let (Skolil, 2013).

S touto normou je možné zakoupit například kapaliny ClassicOil ANTIFREEZE G[®] 13, nebo Carline Antifreeze G13.

2.5.6 Ekologické chladicí kapaliny

Ekologické chladicí kapaliny se na trhu označují jako EKO. Jsou to kapaliny, u kterých základní složku chladicí směsi tvoří propylenglykol. Disponují inhibitory koroze pro chladicí systémy, které jsou složené z hliníkových částí i barevných kovů. Na trhu s automobilovými chladicími kapalinami jsou zastoupeny pouze v minimálním množství. U zákazníků nejsou tolik žádané jako klasické směsi na bázi ethylenglykolu, a to pravděpodobně kvůli jejich vyšší pořizovací ceně a srovnatelným vlastnostem. Přelomem tisíciletí se na přání provozovatelů používaly jako prvotní náplně chladicích systémů autobusů (Skolil, 2018).

Na trhu splňuje tuto normu například kapalinu Carline Antifreeze EKO, nebo ClassicOil ANTIFREEZE G[®] EKO

2.6 Měřidla chladicích kapalin

U chladicích kapalin se sleduje hned několik vlastností, které mohou ovlivňovat jejich použití. Pro provozovatele je ovšem nejdůležitějším parametrem bod tuhnutí kapalin. Pro přímé zjišťování bodu tuhnutí je zapotřebí vybavení, které není pro běžný servis silničních vozidel dostupné, především z finančních důvodů. Proto se pro zjišťování bodu tuhnutí kapalin používají přístroje, které fungují na principu porovnání vlastností referenční kapaliny, podle které byl přístroj kalibrován s kapalinou měřenou. Fungují buď na principu refraktometrie, nebo stanovení hustoty kapaliny. Ostatní parametry běžný provozovatel řešit nemusí, pokud kapalinu v chladicím systému pravidelně mění a používá kapaliny dle normy předepsané výrobcem systému.

2.6.1 Měřiče na principu hustoměrů

Nejsnazším způsobem pro zjištění bodu tuhnutí je jeho změření pomocí hustoměru. Základní mechanické měřiče jsou také pro běžné použití cenově nejdostupnější. Tyto měřiče fungují na principu Archimedova zákona. Do hustoměru se nasaje vzorek měřené kapaliny, který nadlehčuje těleso umístěné v hustoměru. Konečná hustota, popřípadě bod tuhnutí se odečítá na stupnici nadnášeného tělesa v místě, kde je hladina zkoušené kapaliny. Existují i digitální měřiče, které se využívají spíše pro laboratorní účely. Nesmí se také zapomínat na to, že je měření ovlivněno teplotou. Pro měření hustoty se využívá celé spektrum hustoměrů.

Hustoměr Drapper Anti-Freeze Tester (Disc Type) slouží k přímému odečtení bodu tuhnutí chladicí kapaliny ze stupnice. Uvnitř hustoměru jsou barevné plovoucí disky. Počet disků, který se po nasání testované kapaliny nadnáší, označuje bod tuhnutí testované kapaliny. S tímto hustoměrem lze měřit chladicí kapalinu pouze na bázi ethylenglykolu. Měření lze provést na vychladlé i jízdu zahřáté kapalině (Dapper, 2020).



Obrázek 6: Hustoměr Dapper Anti-Freeze Tester (Disc Type) (Dapper, 2020)

Hustoměr Prestone Antifreeze/Coolant Tester určený pro měření mrazuvzdornosti chladicích kapalin pouze na bázi ethylenglykolu. Pro měření nesmí být chladicí kapalina zahřátá. Při nasání zkoušené chladicí kapaliny se zvedne ručička a ze stupnice odečteme výslednou teplotu tuhnutí (Prestone, 2020).



Obrázek 7: Hustoměr Prestone Antifreeze/Coolant Tester (Prestone, 2020)

Ruční hustoměr Gefo 1110. Tento hustoměr je připravený na měření bodu tuhnutí chladicích kapalin G13 na bázi ethylenglykolu s přidavkem biosložky. Chladicí kapalina se do měřáku nasaje pomocí balónku a ručička na stupnici ukáže výslednou odolnost kapaliny proti zamrznutí. Měřicí rozsah tohoto hustoměru je -10 až -40 °C (Gefo, 2020).



Obrázek 8: Hustoměr Gefo 1110

Digitální hustoměr Anton Paar DMA 35 Basic je určen pro stanovení hustoty, specifické hmotnosti a koncentrace měřené kapaliny. Měření tohoto hustoměru je založeno na principu oscilující U-trubice. Kapalina je nasávána do cely, kde se zjišťuje míra její oscilace. Pro vyšší

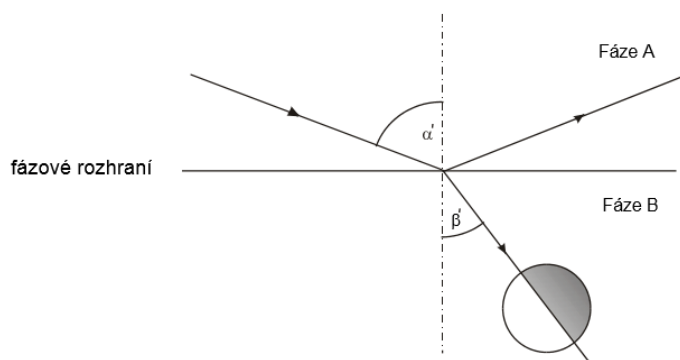
přesnost měření lze v tomto přístroji nastavit automatický dopočet teplotního koeficientu. Velikost potřebného vzorku pro měření je 2ml. Hustoměr je určený pro měření ropných produktů, elektrolytu i použití v potravinářském průmyslu (Anton Paar , 2020). Tento typ hustoměru byl použit v bakalářské práci pro určení hustoty testovaných vzorků.



Obrázek 9: Hustoměr Anton Paar DMA 35 Basic

2.6.2 Měřiče na principu refraktometrie

Refraktometry pracují na principu měření indexu lomu světla dvou homogenních fází. Pokud světelný paprsek dopadá na rozhraní těchto fází, z části se odrazí a z části jim prochází, přičemž se změní jeho rychlost a směr šíření. Při refraktometrii se sleduje změna směru šíření tohoto paprsku. Výsledná bezrozměrná hodnota je výsledkem poměrů sinů mezního úhlu úplného odrazu α' a mezního úhlu lomu β' . Různé chemické látky mají specifický index lomu, podle něhož je možná jejich identifikace. Index lomu je stejně jako hustota ovlivněn teplotou (UPCE, nedatováno). Pro měření indexu lomu se používají různé typy refraktometrů.



Obrázek 10: Princip refraktometrie, odraz a lom paprsku světla (UPCE, nedatováno)

Fridex tester $0 \div -60$ °C od společnosti Velvana je ruční refraktometr pro určení koncentrace chladicích kapalin a elektrolytu autobaterií. Je vybavený automatickou teplotní kompenzací, která funguje v rozmezí teplot $10 \div 30$ °C. Na přístroji lze ze stupnice přímo odečítat odolnost proti mrazu ve °C chladicích kapalin na bázi ethylenglykolu i propylenglykolu. Tento typ refraktometru byl použit v bakalářské práci pro určení bodu tuhnutí testovaných vzorků.



Obrázek 11: Ruční refraktometr Velvana, Fridex tester $0 \div -60$ °C

Ruční refraktometr RHA – 503 ATC je nastavený na měření bodu tuhnutí chladicích kapalin na bázi ethylenglykolu i propylenglykolu. Rozsah měření je od 0 °C po -50 °C. Refraktometr je vybavený automatickou teplotní kompenzací pro měření v teplotách od 10 °C do 30 °C. Dále s ním lze měřit hustotu elektrolytu baterií a bod tuhnutí kapalin do ostříkovačů. Tento typ refraktometru byl použit v bakalářské práci pro určení bodu tuhnutí testovaných vzorků.



Obrázek 12: Ruční refraktometr RHA – 503 ATC

Dalším typem jsou digitální refraktometry. Například refraktometr DR-702 pro měření bodu tuhnutí chladicích kapalin. Při měření se po nanesení chladicí kapaliny na detekční čočku pouze odečte konkrétní hodnota bodu tuhnutí z displeje.



Obrázek 13: Digitální refraktometr DR – 702

Pro měření indexu lomu, lze použít i stolní refraktometr KRUSS D-22976. Pro přesnost měření je doplněný o chlazení s termostatem, které udržuje přesnou teplotu na měřícím hranolu. Tento typ refraktometru byl použit v bakalářské práci pro určení indexu lomu testovaných vzorků.



Obrázek 14: Stolní refraktometr KRUSS D – 22976

3 Experimentální část

Pro experiment byly zvoleny dvě běžně prodávané chladicí kapaliny pro silniční vozidla. Jako první byla pro testy zvolena koncentrovaná chladicí kapalina Fridex G Plus (viz obr. 15) na bázi MEG od výrobce Velvana, která reprezentuje médium bez použité biosložky. Tato kapalina splňuje normy VW TL 774 typ F, PSA standard B71 5120, BS 6580;1992, ASTM D 3306. Druhým vzorkem zvoleným pro testování je koncentrovaná chladicí kapalina Carline Antifreeze G13 od výrobce OMACZ. Tato kapalina odpovídá parametrům norem VW TL 774 typ J a ASTM D 3306. Je vyrobena na bázi MEG s přidavkem biosložky glycerinu.



Obrázek 15: Chladicí kapaliny Fridex G Plus a Carline Antifreeze G13

3.1 Příprava vzorků

Pro experiment bylo z každé chladicí kapaliny mícháním s destilovanou vodou připraveno sedm vzorků, to je celkem 14 zkušebních vzorků (viz obr. 16). Patnáctým testovaným vzorkem byla destilovaná voda, která sloužila pro ověření správnosti měření a nastavení nuly u měřidel. Objem vzorků byl stanoven na 100 ml.

Vodné roztoky chladicích kapalin v rozsahu koncentrací 0–70 % obj. (viz tabulka 2) byly připravovány v laboratoři Výukového a výzkumného centra v dopravě (VVCD) Univerzity Pardubice do plastových uzavíratelných nádobek. Přesné množství kapaliny a destilované vody bylo dávkované pomocí dvou dělených byret o objemu 25 ml. První sloužila pro dávkování chladicí kapaliny a druhá k dávkování destilované vody, aby nedocházelo ke kontaminaci jednotlivých vzorků.



Obrázek 16: V první řadě vzorky kapaliny Carline Antifreeze G13, v řadě druhé vzorky kapaliny Fridex G Plus

Tabulka 2: Popis připravených vzorků

Koncentrace vzorku	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %	20 %	10 %
Díl chladicí kapaliny [ml]	70	60	50	40	30	20	10
Díl destilované vody [ml]	30	40	50	60	70	80	90

3.2 Měření hustoty

Hustota zkoumaných vzorků byla měřena pomocí ručního hustoměru Anton Paar DMA 35 Basic. Protože je hustota kapaliny závislá na teplotě, muselo se provést nastavení automatické teplotní kompenzace měřených hodnot.

Měření probíhalo dle návodu přibaleného u přístroje. Proběhlo nastavení teplotní kompenzace přístroje na 20 °C a odběr testovacího vzorku pro ověření správnosti kalibrace přístroje. Tím byla destilovaná voda, která má při 20 °C hustotu 0,9982 g/m³. Poté se zahájil odběr zkoumaných vzorků viz. obrázek 17. Velikost zkoumaného vzorku byla 2ml. Pro každý vzorek se měření 2× opakovalo. Mezi měřeními různých vzorků se hustoměr 3× proplachoval.



Obrázek 17: Měření hustoty přístrojem Anton Paar DMA 35 Basic

3.3 Měření indexu lomu

Měření indexu lomu bylo provedeno na stolním refraktometru viz. obrázek 18. Index lomu je stejně jako hustota závislý na teplotě. Proto je stolní refraktometr vybavený dodatečným chlazením s termostatem. Teplota temperování lomového hranolu refraktometru byla nastavena na 20°C.

Pro měření je důležitá čistota lomového hranolu, proto je jej nutné před každým měřením vyčistit savým papírem. Vzorek se nanáší na rozevřený lomový hranol. Velikost vzorku byla 2 až 3 kapky pro vytvoření jedolité vrstvy kapaliny na lomovém hranolu. Poté byl lomový hranol přiklopen a zajištěn proti otevření pomocí klíče. Pro ostrý obraz se refraktometr nasvítí přímým zdrojem světla. Samotné měření spočívá ve srovnání hranice lomu světla s nitkovým křížem při pohledu do okuláru refraktometru. Pro přesné měření je důležité správně nastavit kompenzaci barevného spektra a ostře nastavit hranici lomu světla pomocí šroubů na pravé straně refraktometru. Po přesném nastavení hranice lomu světla měřené látky na nitkový kříž v refraktometru byla odečtena hodnota indexu lomu světla na stupnici viditelnou ve spodní části okuláru refraktometru. Před měřením vzorků byla ověřena hodnota indexu lomu destilované vody. Její hodnota činila $n_{20} = 1,3330$. Poté byly měřeny zkoumané vzorky. Pro každý vzorek se měření 2× opakovalo.



Obrázek 18: Stolní refraktometr s přídavným chlazením

3.4 Měření teploty tuhnutí

Bod tuhnutí lze pro chladicí kapaliny stanovit přímo, nebo nepřímo. Přímé měření se provádí v kryostatu, kde je kapalina postupně zchlazována až do požadovaného stavu. Nepřímé měření se provádí pomocí hustoměrů, nebo ručních refraktometrů, kde je výrobcem daná hodnota hustoty, nebo indexu lomu přiřazená ke konkrétní teplotě tuhnutí.

Měření v kryostatu proběhlo na vzorku o velikosti 40 ml. Vzorek byl do přístroje vložen ve skleněné zkumavce s vloženým teploměrem. Bod tuhnutí byl stanoven postupným zchlazováním vzorku a kontrolou jeho tuhnutí. Z důvodu možnosti měření pouze do $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, bylo měření provedeno na vzorcích o koncentracích 10 % až 40 %.

Teplota tuhnutí byla měřena na dvou typech ručních refraktometrů. Prvním byl Fridex teaster $0 \div -60\text{ }^{\circ}\text{C}$ od společnosti Velvana, druhým byl RHA – 503 ATC. Oba refraktometry jsou vybaveny automatickou teplotní kompenzací od $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplota v laboratoři byla při měření přibližně $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nemusela se tedy brát v úvahu. U obou zařízení byl postup měření stejný. Na lomový hranol se pomocí skleněné tyčinky nanasly 2 kapky zkoumaného vzorku viz. obrázek 19, pro vytvoření jedolité vrstvy a přiklopila se krycí destička. Při pohledu do okuláru refraktometru se na stupnici, určené pro měření kapalin na bázi ethylenglykolu, odečetla hodnota teploty tuhnutí. Mezi jednotlivými měřeními se lomový hranol důkladně očistil savým papírem. Měření se pro každý vzorek $2\times$ opakovalo.



Obrázek 19: Měření pomocí ručního refraktometru RHA – 503 ATC

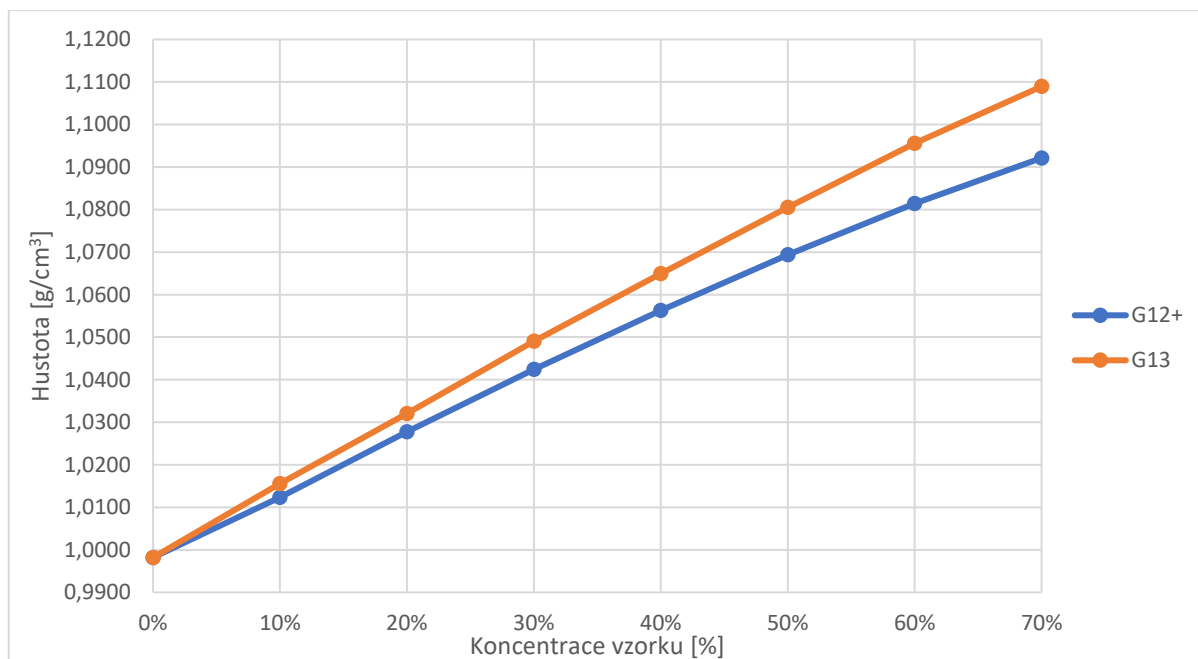
3.5 Výsledky měření

Přehled výsledků měření hustoty je uveden v tabulce č.3 a zobrazený v grafu č.2. Z výsledků měření lze na první pohled vidět, že se zvyšováním koncentrace chladicí kapaliny, lineárně stoupá její hustota (viz graf 2), což se vzhledem k použitým glykolům v chladicích kapalinách očekávalo. Dále je zde vidět, že vzorky připravované z kapaliny G13 mají se zvyšující se koncentrací vyšší hustotu oproti kapalině G12+, což je dáno povinným přimícháváním dílu glycerolu do těchto chladicích kapalin splňující normu VW TL774, typ J.

Tabulka 3: Výsledky měření hustoty připravených vzorků

Koncentrace vzorku		0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Hustota [g/cm ³]	G12+	0,9982	1,0123	1,0277	1,0424	1,0563	1,0694	1,0814	1,0921
	G13		1,0155	1,0321	1,0491	1,0650	1,0806	1,0956	1,1090

Nejvyšší rozdíl ve změně hustoty testovaných vodných roztoků dvou řad chladicích kapalin byl u vzorků s nejvyšší koncentrací (70% roztoku) a to 0,0168 g/cm³, což je přibližně 1,52 %.

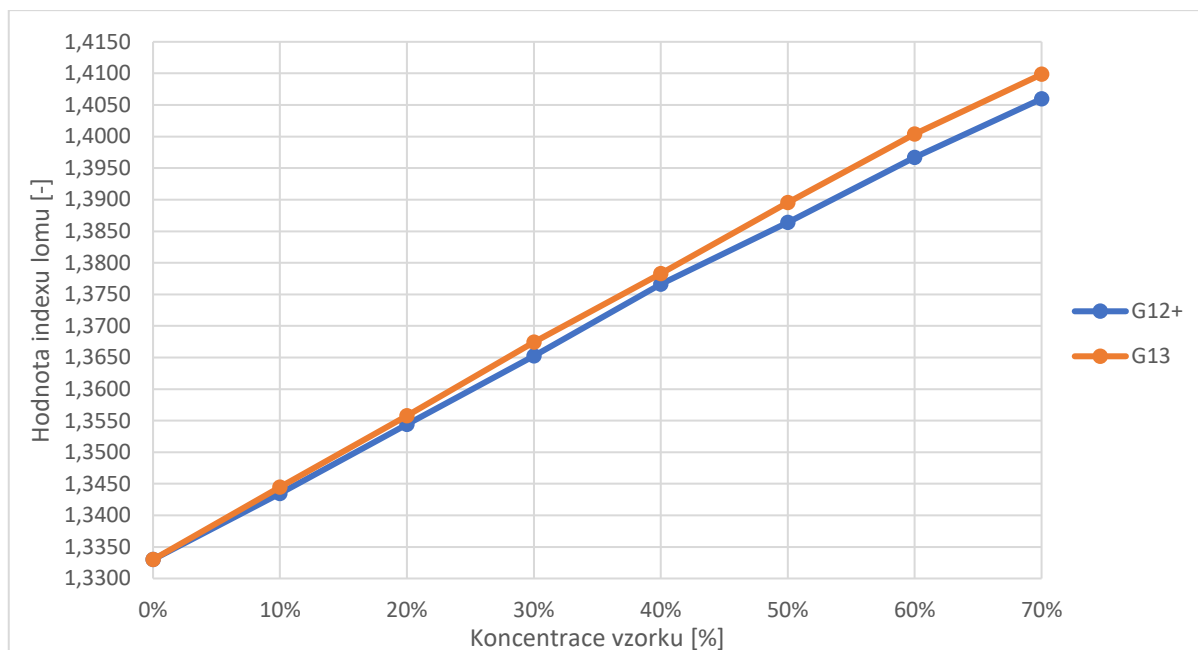


Graf 2: Závislost hustoty na koncentraci měřených vzorků

Výsledky z měření indexu lomu jsou uvedené v tabulce č.4 a zobrazené v grafu č.3. Z výsledků je patrné, že s rostoucí koncentrací chladicí kapaliny roste hodnota indexu lomu; podobně tomu bylo i u hustoty. Výsledné hodnoty stejně koncentrovaných vzorků jsou nepatrně rozdílné. U vzorků z kapaliny G13 byla ovšem hodnota indexu lomu naměřena vždy vyšší než u vzorků z kapaliny G12+. Největší rozdíl v hodnotách indexu lomu byl zaznamenán u nejkonzentrovějšího vzorku (70%), a to 0,0039, což je přibližně 0,28 %.

Tabulka 4: Výsledky měření indexu lomu připravených vzorků

Koncentrace vzorku		0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Indexu lomu [-]	G12+	1,3330	1,3435	1,3544	1,3653	1,3766	1,3864	1,3967	1,4060
	G13		1,3445	1,3558	1,3675	1,3783	1,3895	1,4004	1,4099

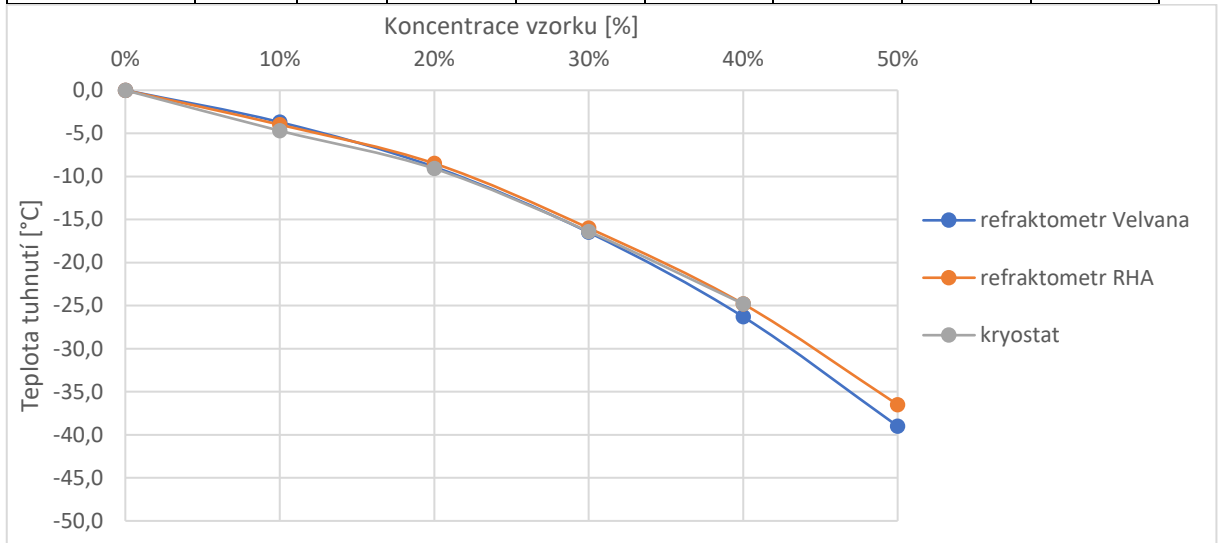


Graf 3: Závislost indexu lomu na koncentraci měřených vzorků

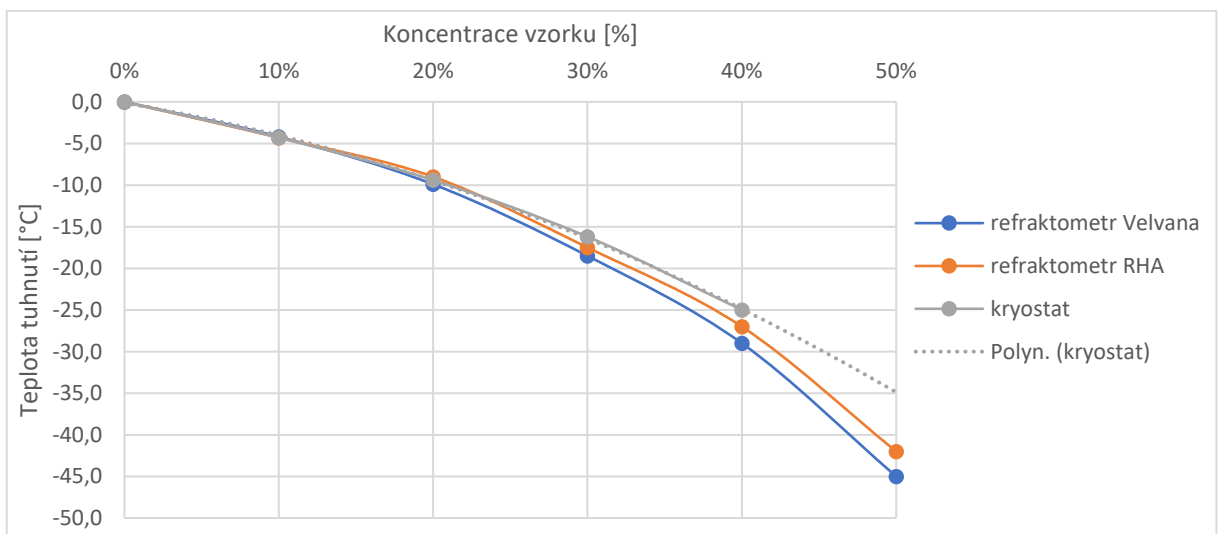
Výsledky měření teploty tuhnutí pomocí ručních refraktometrů Velvana a RHA (viz. kapitola 3.4) a kryostatu jsou uvedeny v tabulce č.5 a grafu č. 4 a 5. Pomocí ručních refraktometrů byly naměřeny hodnoty pouze do 50% koncentrace měřeného vzorku. Při měření koncentrovanějších vzorků nestačil měřicí rozsah obou použitých refraktometrů a bod lomu byl zobrazený mimo stupnici refraktometrů. Při měření v kryostatu byly vyhodnoceny pouze vzorky vodných roztoků chladicích kapalin do koncentrace 40 %. Koncentrovanější vzorky nebylo možné změřit z důvodu teplotního rozsahu kryostatu. V grafu č.5 je pomocí programu tečkovaně vykreslený předpokládaný směr křivky zobrazující bod tuhnutí. Výsledky měření se v některých případech značně rozcházejí. U vzorků připravených z kapaliny G12+ se bod tuhnutí začal výrazněji odlišovat od 40% koncentrace při měření refraktometrem Velvana. Nejvyšší rozdíl byl pozorován u nejvyšší měřené koncentrace a to 6,4 %. Vzorky připravené z kapaliny G13 se postupně výrazněji rozcházejí od 20% koncentrace u všech způsobů měření. Největší rozdíl v měření je znovu u nejkonzentrovanějších vzorků. U 50% koncentrace je rozdíl při měření ručními refraktometry 6,7 %. Oproti měření bodu tuhnutí v kryostatu se v 40% koncentraci výsledky liší oproti refraktometru RHA o 7,4 % a u refraktometru Velvana až o 13,7 %.

Tabulka 5: Výsledky měření bodu tuhnutí pomocí ručních refraktometrů v kryostat

Koncentrace vzorku		0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %
Refr. Velvana	G12+	0 °C	-3,7 °C	-8,9 °C	-16,5 °C	-26,3 °C	-39,0 °C	/
Refr. RHA			-4,0 °C	-8,5 °C	-16,0 °C	-24,8 °C	-36,5 °C	/
Kryostat			-4,7 °C	-9,1 °C	-16,4 °C	-24,8 °C	/	/
Refr. Velvana	G13	0 °C	-4,2 °C	-9,9 °C	-18,5 °C	-29,0 °C	-45,0 °C	/
Refr. RHA			-5,0 °C	-9,0 °C	-17,5 °C	-27,0 °C	-42,0 °C	/
Kryostat			-4,3 °C	-9,4 °C	-16,2 °C	-25,0 °C	/	/



Graf 4: Závislost bodu tuhnutí na koncentraci vzorků vytvořených z kapaliny G12+ při měření různými způsoby



Graf 5: Závislost bodu tuhnutí na koncentraci vzorků vytvořených z kapaliny G13 při měření různými způsoby

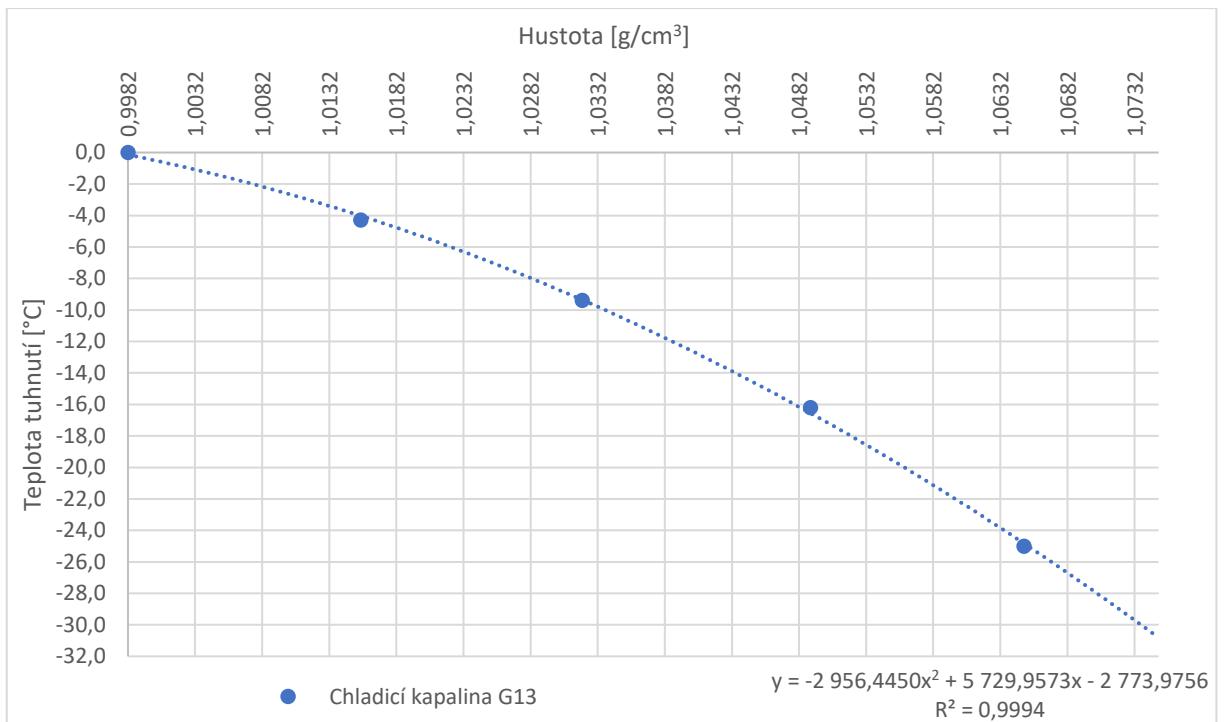
3.6 Vyhodnocení výsledků měření

Pro experiment byly jako vzorky připraveny směsi dvou chladicích kapalin s destilovanou vodou v koncentracích od 10 % do 70 %. První zkoumaná kapalina G12+ byla na bázi samotného ethylenglykolu, druhá kapalina G13 byla na bázi ethylenglykolu s přídavkem glycerinu.

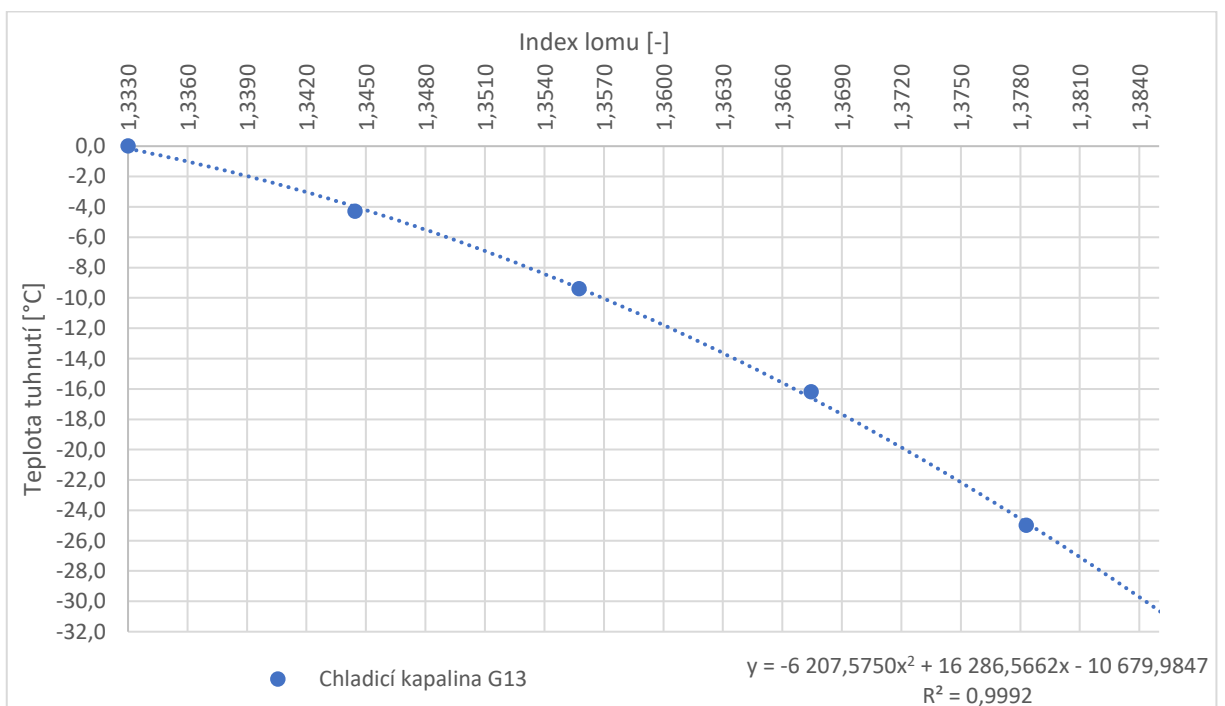
Cílem experimentu bylo změřit hustotu, index lomu a bod tuhnutí jednotlivých vzorků kapaliny G12+ a G13 a na základě výsledků je vzájemně porovnat. Dalším cílem bylo zjistit, zda se dají měřidly určenými pro kapaliny pouze na bázi ethylenglykolu měřit i kapaliny s přídavkem biosložky. Kapaliny G13 jsou na trhu pouze několik let a zařízení pro měření jejich bodu tuhnutí je v obchodech k sehnání jen v jednotkách typů. Navíc se jedná o první změnu základní složky chladicích kapalin za dobu jejich používání, pokud opomineme chladicí kapaliny na bázi propylenglykolu.

Hned první měření ukázalo rozdílnou závislost koncentrace kapalin G12+ a G13 na jejich hustotě, která se postupně zvyšovala. U nejkonzentrovějšího vzorku je mezi nimi rozdíl až 1,5 %. Při měření indexu lomu byla závislost na koncentraci podobná jako u hustoty, ale jejich rozdíl nebyl tak výrazný. U nejkonzentrovějšího zkušební vzorku byl rozdíl 0,28 %. Další měření bylo zaměřeno na zjištění bodu tuhnutí jednotlivých vzorků. Bod tuhnutí je pro uživatele nejdůležitějším parametrem při údržbě vozidla. Z výsledků je vidět rozdílná kalibrace dvou typů ručních refraktometrů. U refraktometru do společnosti Velvana jsou naměřené hodnoty bodu tuhnutí vyšší, naopak u refraktometru RHA – 503 ukazují nižší hodnoty bodu tuhnutí – blíže k 0°C. Ve výsledném grafu z měření bodu tuhnutí je také znázorněna křivka jeho skutečné hodnoty z měření v kryostatu. U vzorků kapalin G12+ křivka měření v kryostatu souhlasí s měřením z ručních refraktometrů. Při zkoumání směsi kapaliny G13 je skutečná hodnota bodu tuhnutí a její křivka zobrazená v grafu č.5, zjištěná měřením v kryostatu, postavena blíže k nule. Toto měření potvrzuje domněnku, že měřidlem nastaveným pro měření kapalin pouze na bázi ethylenglykolu budeme měřit, moderní na trh nastupující kapaliny s přídavkem biosložky – glycerinu, s chybou. U použitých refraktometrů v této práci je chyba měření u 40% koncentrace měřeného vzorku 7,4 % až 13,7 %. Při převedení chyby na bod tuhnutí je velikost chyby až o 4°C.

Výsledkem práce jsou i grafy 6 a 7, které u směsi kapalin G13 porovnávají skutečný bod tuhnutí zjištěný v kryostatu s indexem lomu a hustotou kapaliny. Tyto grafy mohou sloužit pro servis chladicích kapalin, kde mají k dispozici pouze měřič hustoty, nebo indexu lomu.



Graf 6: Závislost bodu tuhnutí na hustotě chladicí kapaliny G13



Graf 7: Závislost bodu tuhnutí na indexu lomu chladicí kapaliny G13

Při zjištění konkrétní hodnoty odečtením z grafu, nebo dosazením do vzorce zjistí konečnou hodnotu bodu tuhnutí kapaliny G13.

4 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo popsat současný stav v oblasti chladicích kapalin pro dopravní prostředky a experimentálně ověřit a popsat závislost mezi vybranými fyzikálními parametry (hustotou, indexem lomu a teplotou tuhnutí) vodných roztoků chladicích kapalin s a bez přídavku biokomponenty. Do chladicích kapalin se začal jako biokomponenta přidávat glycerol, který je vedlejším produktem reesterifikace řepkového oleje na metylester řepkového oleje.

V první části práce jsou popsány druhy chladicích systémů a požadavky na ně kladené včetně základního popisu funkce kapalinového chlazení. Odtud se již obsah práce přesouvá k druhé části, která se týká samotných chladicích kapalin. Jsou zde vyjmenované a popsány požadavky na ně kladené, přehled základních složek a aditiv chladicích kapalin a jejich vlastnosti. V této části jsou také uvedeny základní poznatky vztahující se k používání chladicích kapalin, na základě průzkumu trhu jsou zde prezentovány nejčastěji dostupné chladicí kapaliny pro dopravní prostředky, dále jsou zde uvedeny normy a měřidla, kterými se dají hodnotit vlastnosti chladicích kapalin (hustota, index lomu, bod tuhnutí). Není opomenuta ani problematika ekologického nakládání s vyřazenými chladicími kapalinami.

Experimentální část se zabývala studiem fyzikálních vlastností vodných roztoků chladicích kapalin na bázi ethylenglykolu a na bázi ethylenglykolu s přídavkem biosložky – glycerinu. Celkem bylo připraveno 14 vzorků. Sedm od každé chladicí kapaliny v koncentracích od 10 % do 70 %. Nejvyšší doporučená koncentrace výrobcí chladicích kapalin bývá 50 %. U všech vzorků proběhlo měření hustoty, indexu lomu a bodu tuhnutí. Bod tuhnutí byl měřen jednak ručními refraktometry a to do 50% koncentrace z důvodu jejich rozsahu, jednak v kryostatu, kdy měření bylo omezeno rozsahem měření pro vzorky do koncentrace 40 %.

V experimentu bylo zjištěno, že moderní chladicí kapaliny na bázi ethylenglykolu s přídavkem glycerolu mají vyšší hustotu a zároveň i index lomu než klasické chladicí kapaliny pouze na bázi ethylenglykolu. Proto se dopouštíme chyby, pokud měříme jejich bod tuhnutí pomocí měřidel nastavených pro chladicí kapaliny na bázi samotného ethylenglykolu. Z měření bodu tuhnutí bylo zjištěno, že při použití refraktometrů nastavených pro ethylenglykol se chyba měření zvyšuje s koncentrací chladicí kapaliny. Nejvyšší chyba tak byla pozorována u nejvyšší 40% zkoumané koncentrace vzorku a to 7,4 % až 13,7 %. Na základě experimentálních dat byly v bakalářské práci vyneseny grafy závislostí mezi jednotlivými

fyzikálními veličinami a závislost byla matematicky vyjádřena. Dosazením změřené hodnoty hustoty či indexu lomu do vyjádřené rovnice křivky lze predikovat bod tuhnutí chladicí kapaliny na bázi ethylenglykolu s přídavkem glycerolu.

Na základě provedeného experimentu je možno vyvodit následující doporučení. Pokud bude uživatel pro měření bodu tuhnutí chladicích kapalin s obsahem biosložky používat měřidla určená pro kapaliny bez biosložky (např. z důvodu jejich lepší dostupnosti), musí počítat s chybou měření, která může být i více než 10 %. Pokud by tuto chybu nezohlednil, riskuje tak podcenění mrazuvzdornosti chladicí kapaliny, a tím i riziko poškození chladicího systému vozidla.

Použitá literatura

Anton Paar , 2020. *Anton Paar GmbH*. [Online]

Dostupné z: <https://www.anton-paar.com/cz-cs/produkty/detaily/prenosny-hustomer-dmatm-35-basic/>

[Přístup získán 5. leden 2020].

CLASSIC Oil, 2019. *CLASSIC Oil*. [Online]

Dostupné z: <https://www.classic-oil.cz/>

[Přístup získán 17. prosinec 2019].

Dapper, 2020. *Draper Tools LTD*. [Online]

Dostupné z: [https://www.drapertools.com/product/35807/Anti-Freeze-Tester-\(Disc-Type\)#!description](https://www.drapertools.com/product/35807/Anti-Freeze-Tester-(Disc-Type)#!description)

[Přístup získán 5. leden 2020].

Dusil, T., 2017. *Auto.cz*. [Online]

Dostupné z: <https://www.auto.cz/chlazení-moderních-motoru-zapomina-se-na-nej-presto-muze-zpusobit-fatalni-zavady-111536>

[Přístup získán 27. listopad 2019].

Dusil, T., 2019. *Auto.cz*. [Online]

Dostupné z: <https://www.auto.cz/chlazení-moderních-motoru-princip-je-podobný-jako-kdysi-tím-to-ale-konci-128213>

[Přístup získán 27. listopad 2019].

Gefo, 2020. *Gefo-GmbH & CO. KG*. [Online]

Dostupné z: http://www.gefo.de/content/2-applications/1-antifreeze/1-gefo-glycomat/2-gefo-glycomat-1110/1110_en.pdf

[Přístup získán 5. leden 2020].

HELLA CZ, s., 2007. *Tramis*. [Online]

Dostupné z: <http://www.tramis.sk/domain/tramis1/files/produkty/hella/chladici-systemy-vozidel.pdf>

[Přístup získán 28. listopad 2019].

Horský, O., 2011. *www.glycerin.cz*. [Online]

Dostupné z: <http://www.glycerin.cz/>

[Přístup získán 28. listopad 2019].

Hrdlička, Z., 1996. *Automobilové kapaliny*. Praha: Grada Publishing, s. r. o..

Hromádko, J. & kolektiv, 2011. *Spalovací motory*. Praha: Grada Publishing, a.s..

Jílek, P. & Pokorný, J., 2013. *Úvod do spalovacích motorů*. první editor Pardubice: Univerzita Pardubice.

Kořínková, K., 2011. *VYUŽITÍ ALKOHOLŮ JAKO NEMRZNOUCÍCH TEPLONOSNÝCH KAPALIN*. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ .

- MemBrain, nedatováno *MemBrain*. [Online]
Dostupné z: <https://www.membrain.cz/files/aplikace/recyklace-nemrznouci-kapalin-glycolu.pdf>
[Přístup získán 17. prosinec 2019].
- OMA CZ, 2019. *OMA CZ, a.s.* [Online]
Dostupné z: <https://www.omacz.cz/cs/>
[Přístup získán 17. prosinec 2019].
- Prestone, 2020. *Prestone Products Corporation*. [Online]
Dostupné z: <https://www.prestone.com/products?detail=AF1420>
[Přístup získán 5. leden 2020].
- Sejkorová, M., Hurtová, I., Josef, G. & Pokorný, J., 2017. *Definition of a Motor Oil Change Interval for High-Volume Diesel Engines Based on its Current Characteristics Assessment*, Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 65(2), pp. 481–490
- Skolil, J., 2012. *SBORNÍK PŘEDNÁŠEK 18. ROČNÍKU KONFERENCE REOTRIB 2012*. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, pp. 83-90.
- Skolil, J., 2013. Nemrznoucí chladicí kapaliny. *TriboTechnika*, říjen, pp. 60-63.
- Skolil, J., 2016 a. *FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ ASPEKTY EKOLOGICKÝCH TEPLONOSNÝCH KAPALIN*. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRN.
- Skolil, J., 2016 b. *Tribotechnika v provozu a údržbě*. Ostrava, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, pp. 57-61.
- Skolil, J., 2016 c. *SBORNÍK PŘEDNÁŠEK 22. ROČNÍKU KONFERENCE REOTRIB 2016*. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, pp. 61-66.
- Skolil, J., 2018. *Petrol*. [Online]
Dostupné z: <https://petrol.cz/aktuality/proc-nepouzivame-ekologicke-chladici-kapaliny-2576>
[Přístup získán 14. prosinec 2019].
- Skolil, J., 2019. *Odpadové Fórum*. [Online]
Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2019/prispevky/153.pdf>
[Přístup získán 14. prosinec 2019].
- Souček, J. & Souček, I., 2013. *Směry zvýšení efektivity výroby biopaliv*. [Online]
Dostupné z: <http://paliva.vscht.cz/download.php?id=50>
[Přístup získán 28. listopad 2019].
- Tatra, 2019. *TATRA TRUCKS A.S.* [Online]
Dostupné z: <https://www.tatra.cz/proc-tatru/technicka-koncepce-tatra/motory/>
[Přístup získán 26. listopad 2019].
- UPCE, V., nedatováno *Návod na cvičení, úloha č.5, refraktometrie*, místo neznámé: autor neznámý

Velvana, 2008 a. *Bezpečnostní list Fridex Stabil*. [Online]

Dostupné z: <https://www.omacz.cz/soubory/VM0XqB/velvana-fridex-stabil-bezpecnostni-list-cz>

[Přístup získán 15. prosinec 2019].

Velvana, 2008 b. *Bezpečnostní list Fridex F48*. [Online]

Dostupné z: <https://www.omacz.cz/soubory/4mr5LB/velvana-fridex-g48-bezpecnostni-list-cz>

[Přístup získán 15. prosinec 2019].

Velvana, 2019. *Velvana*. [Online]

Dostupné z: <http://www.velvana.cz/>

[Přístup získán 17. prosinec 2019].

Zemek, J., 2012. *ANALÝZA PŘÍČINY KOROZE BLOKŮ MOTORU V MÍSTECH STYKU S CHLADICÍ KAPALINOU*. Pardubice: Univerzita Pardubice.