

# **Optimalizace procesu zkoušky tlaku roztržení plastových palivových filtrů**

Bc. Ivan Samek

---

Diplomová práce  
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2017/2018

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ivan Samek**  
Osobní číslo: **T14564**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení jakosti**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Optimalizace procesu zkoušky tlaku roztržení plastových palivových filtrů**

Zásady pro vypracování:

1. **Rozeberte problematiku filtrace v automobilovém průmyslu**
2. **Zaměřte se na palivové a olejové filtry**
3. **Představte zvolený filtr a testovací zařízení**
4. **Provedte tlakovou zkoušku roztržení palivového filtru za různých teplot**
5. **Zhodnoťte výsledky a navrhnete optimalizaci procesu tlakové zkoušky**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **BENNETT, Sean. Modern Diesel Technology: Diesel Engines. 2nd Edition. Stamford, CT: Cengage Learning, 2015, 391 s. ISBN 978-1-285-44296-9.**
2. **BOSCH, Robert. Diesel-Engine Management. 4th Edition., completely rev. and extended. Chichester: Wiley, 2005, 501 s. ISBN 0-470-02689-8.**
3. **SPARKS, Trevor a George CHASE. Filters and Filtration Handbook. 6th Edition. Boston, MA: Elsevier, 2016, 431 s. ISBN 978-0-08-099396-6.**
4. **JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. Automobily 4 příslušenství. 4. vyd. Brno: Avid spol s.r.o, 2005, 305 s. ISBN 80-903671-0-0.**
5. **JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. Automobily 3 motory. 3. vyd. Brno: Avid spol s.r.o, 2006, 165 s. ISBN 80-903671-1-9.**

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**2. ledna 2018**

Termín odevzdání diplomové práce:

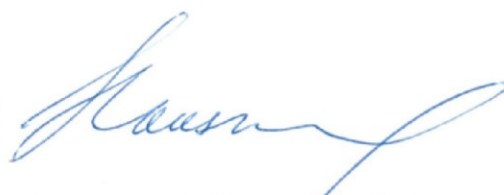
**18. května 2018**

Ve Zlíně dne 27. dubna 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

*děkan*



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně, dne 17.05.2018



<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

<sup>2)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).*

<sup>3)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odporá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá vyhodnocením procesu, u kterého dochází k natlakování plastového palivového filtru olejem a k jeho následnému roztržení při zvolených teplotách. Výsledkem této práce pak bude možná optimalizace zkoušky. Práce je rozdělena na dvě části.

V teoretické části je rozebrána problematika filtrace v automobilech s hlavním zaměřením na olejové a především palivové filtry. Jsou zde popsány nejčastější typy filtrů a jejich funkce. V závěru teoretické části jsou pak stručně popsány základní zkušební zařízení používané pro zkoušky filtrů.

Praktická část pak řeší vliv teploty na tlaku roztržení plastového palivového filtru. Obsahuje představení zvoleného palivového filtru, popis zkoušky a měřící část se získanými výsledky. V závěru praktické části je pak provedeno vyhodnocení těchto výsledků.

Klíčová slova: Palivový filtr, tlak roztržení, nafta, olej, teplota, element.

## **ABSTRACT**

This work focuses on the evolution of the process of pressuring a plastic fuel filter with oil and its subsequent burst at select temperatures. The result of this work will allow for optimization of the test. The work is divided into two parts, a theoretical part and practical part.

The theoretical part deals with the problem of filtration in cars with a main focus on oil and fuel filters. The most common types of filters and their functions are detailed here. At the end of the theoretical part, the basic test equipment used for the filter test are briefly describes.

The practical part looks at the influence of temperature on the pressure of a plastic fuel filter when it bursts. It include a presentation of the selected fuel filter, a description of the test and a quantitative section with the results obtained. At the end of the practical part, the results are analyzed and evaluated

Keywords: Fuel filter, burst pressure, diesel, oil, temperature, element

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych rád poděkoval panu doc. Ing. Zdeňku Dvořákovi, CSc. za cenné rady a připomínky při odborném vedení mé práce.

Děkuji také vedení společnosti MANN+HUMMEL Service Česká republika, s. r. o., za poskytnutí zázemí pro vypracování praktické části diplomové práce. Dále pánům Ing. Kornulu Marázovi, Ing Radku Korolkovi a zaměstnancům oddělení testovací laboratoře za spolupráci, ochotu a čas, který mi věnovali.

V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za podporu a trpělivost během celého studia.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ZÁKLADY FILTRACE V AUTOMOBILECH</b> .....	<b>12</b>
<b>2 PALIVA A JIJICH VLASTNOSTI</b> .....	<b>13</b>
2.1 POŽADAVKY NA MOTOROVÁ PALIVA.....	13
2.2 VÝROBA UHLOVODÍKOVÝCH PALIV.....	14
2.2.1 Destilace.....	14
2.3 VÝROBA A ZUŠLECHŤOVÁNÍ BENZÍNU PŘEMĚNOU UHLOVODÍKŮ.....	15
2.3.1 Krakování.....	15
2.3.2 Reformace.....	16
2.4 ZÁKLADNÍ PARAMETRY MOTOROVÉ NAFTY.....	16
2.4.1 Destilační křivka.....	16
2.4.2 Reaktivita motorové nafty.....	17
2.4.3 Viskozita motorové nafty.....	17
<b>3 TYPY FILTRŮ V AUTOMOBILECH</b> .....	<b>18</b>
3.1 VZDUCHOVÉ FILTRY.....	18
3.1.1 Kabinové filtry.....	19
3.1.2 Vzduchové filtry v motoru.....	21
3.2 SPALINOVÉ FILTRY.....	21
3.3 KAPALINOVÉ FILTRY.....	22
3.3.1 Olejové filtry.....	22
3.3.2 Palivové filtry.....	23
<b>4 OLEJOVÉ FILTRY</b> .....	<b>24</b>
4.1 PLNOPRŮTOKOVÉ ČISTIČE OLEJE.....	24
4.2 OBTOKOVÉ ČISTIČE OLEJE.....	25
4.2.1 Filtry s papírovou čistící vložkou.....	26
4.2.2 Odstředivé filtry oleje (centrifuga).....	28
4.3 CHLAZENÍ OLEJOVÉHO OKRUHU.....	29
4.3.1 Chladič oleje chlazený vodou.....	29
<b>5 PALIVOVÉ FILTRY</b> .....	<b>30</b>
5.1 INDIKACE A SEPARACE VODY.....	30
5.2 OHŘEV NAFTY.....	31
5.2.1 Předehřívání paliva elektrickým tepenním ve filtru.....	32
5.2.2 Topná tělesa – PTC elementy.....	34
<b>6 ZKOUŠENÍ PALIVOVÝCH FILTRŮ</b> .....	<b>35</b>
6.1 NÍZKO FREKVENČNÍ PULZAČNÍ STANICE.....	35
6.2 HELIOVÁ STANICE.....	35
6.2.1 Vakuová metoda testování (zvenku dovnitř).....	36



6.2.2	Tlaková metoda testování (zevnitř ven).....	37
6.3	STANICE PRO MĚŘENÍ DIFERENCIÁLNÍHO TLAKU .....	38
6.4	ZAŘÍZENÍ PRO TEPLOTNÍ ZKOUŠKY .....	39
<b>7</b>	<b>ZHRNUTÍ A ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI .....</b>	<b>41</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>PŘEDSTAVENÍ ZVOLENÉHO FILTRU .....</b>	<b>43</b>
8.1	PRINCIP PALIVOVÉHO FILTRU MB1179 .....	44
<b>9</b>	<b>POPIS ZKOUŠKY A JEJÍ DŮVOD .....</b>	<b>46</b>
9.1	PRINCIP ZKOUŠKY TLAKEM .....	46
9.2	TESTOVACÍ ZAŘÍZENÍ POUŽITÉ PRO ZKOUŠKU.....	46
9.2.1	Burst Pressure Automated.....	46
9.2.2	Teplotní komora .....	48
<b>10</b>	<b>MĚŘÍCÍ ČÁST .....</b>	<b>49</b>
10.1	SPECIFIKACE MĚŘENÍ .....	49
10.2	ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT.....	51
10.2.1	Druhy poškození vzniklé při zkoušce roztržení .....	52
10.2.2	Mínusové teploty.....	54
10.2.3	Plusové teploty .....	57
10.2.4	Vysoké teploty .....	60
10.3	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ.....	63
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>72</b>

## ÚVOD

Vypracovaná diplomová práce pojednává o problematice testování palivových filtrů ve zkušební laboratoři, kde pracuji na pozici testovacího technika. Laboratoř se zabývá testováním kapalinových a vzduchových filtrů do automobilů. Díly na kterých se provádí testy, jsou pak montovány do světových předních automobilek jako: Volkswagen, Škoda, Ford, Fiat, Mercedes Benz, BMW a další.

Hlavním důvodem zvolení této práce bylo ověření jak velký vliv má teplota na výslednou hodnotu tlaku roztržení plastového palivového filtru a jak se mění místo defektu na filtru, kde dojde k roztržení vlivem teploty. A pokusit se o optimalizaci testu.

Od tohoto testu se požadovalo porovnání výsledných hodnot tlaku roztržení v určeném rozsahu teplot, a také jestli nedojde k překročení spodního limitu, který byl stanoven zákazníkem na 13 bar.

První část diplomové práce je teoretická a jsou v ní popsány základní principy filtrace v automobilech s hlavním zaměřením na olejové a především palivové filtry. V závěru teoretické části jsou pak stručně popsány základní testovací zařízení používané pro zkoušky filtrů.

Druhá část diplomové práce je praktická a řeší vliv teploty na tlaku roztržení plastového palivového filtru. Obsahuje představení zvoleného palivového filtru, popis zkoušky a měřicí část se získanými výsledky. V závěru praktické části je pak provedeno vyhodnocení těchto výsledků.

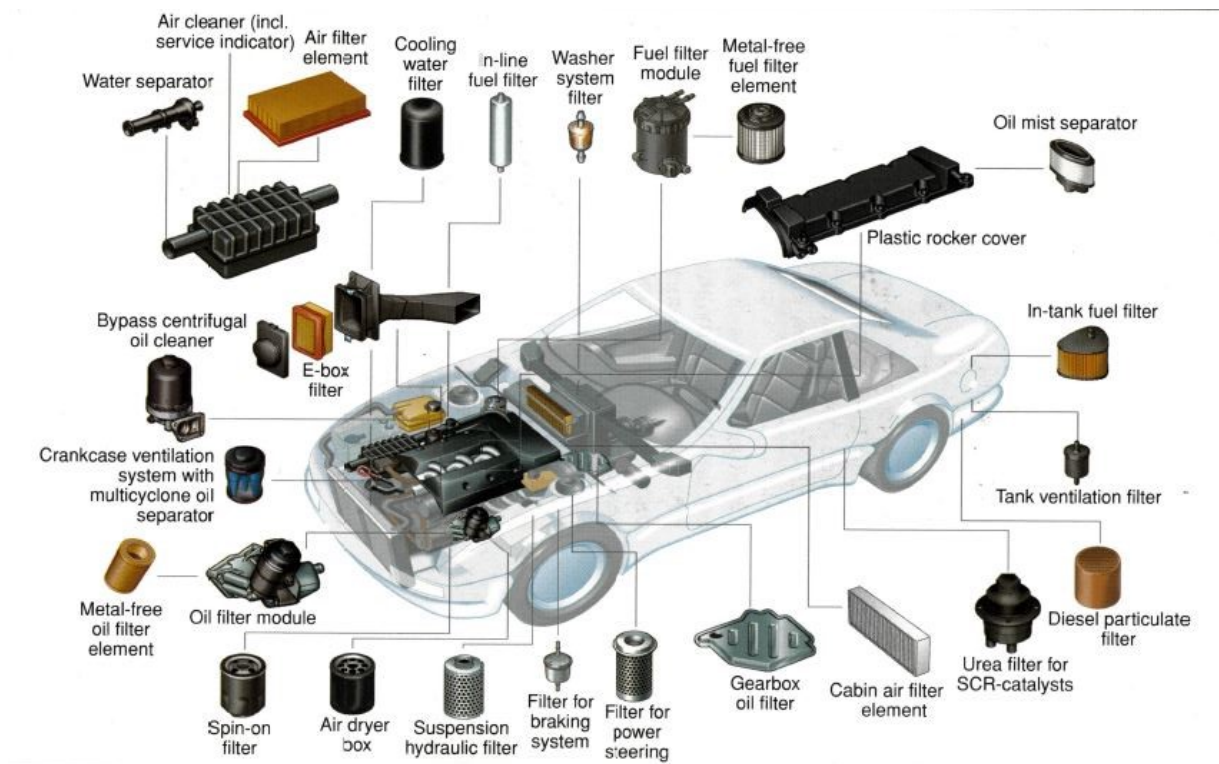
## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ZÁKLADY FILTRACE V AUTOMOBILECH

Filtrace v motorových vozidlech se stává extrémně různorodou a složitou záležitostí v důsledku stále se rozvíjejících nových typech motorů. Dále stále přísnější právní předpisy v oblasti životního prostředí a v neposlední řadě rostoucí požadavky na vyšší komfort a pohodlí ze strany zákazníka. [1]

Zatímco první vozidla byla zpočátku vybavena především olejovými filtry, následně vzduchovými a palivovými filtry, tak dnes již je vyráběn mnohem větší počet filtračních prvků. Pouze s těmito filtračními prvky můžeme zajistit bezporuchový provoz motoru a jednotlivých komponent po celou dobu životnosti vozidel. [1]

Na obrázku 1.1 jsou znázorněny místa v autě, kde všude se může provádět filtrace, separace a čištění. Na první pohled je zřejmé, že požadavky na výrobu se značně liší ve vlastnostech a že filtry musí být navrženy pro jejich zamýšlený účel, v neposlední řadě kvůli široké škále jejich výrobních lokací. Dnes již jen těžko můžeme filtraci považovat za samostatný okruh, do jisté míry jsou vzájemně propojené, tvoří nedílnou součást systému a provádějí komplexní zpracování a fungování celého automobilu. [1]



Obr. 1.1 Rozmístění filtrů v automobilu. [1]

## 2 PALIVA A JIJICH VLASTNOSTI

Motorová paliva jsou tvořena směsí různorodých uhlovodíků. Velikost molekul a stavba, stejně jako poměr počtu atomů vodíku a uhlíku v molekulách silně ovlivňují spalovací proces v pístových motorech. [2]

### 2.1 Požadavky na motorová paliva

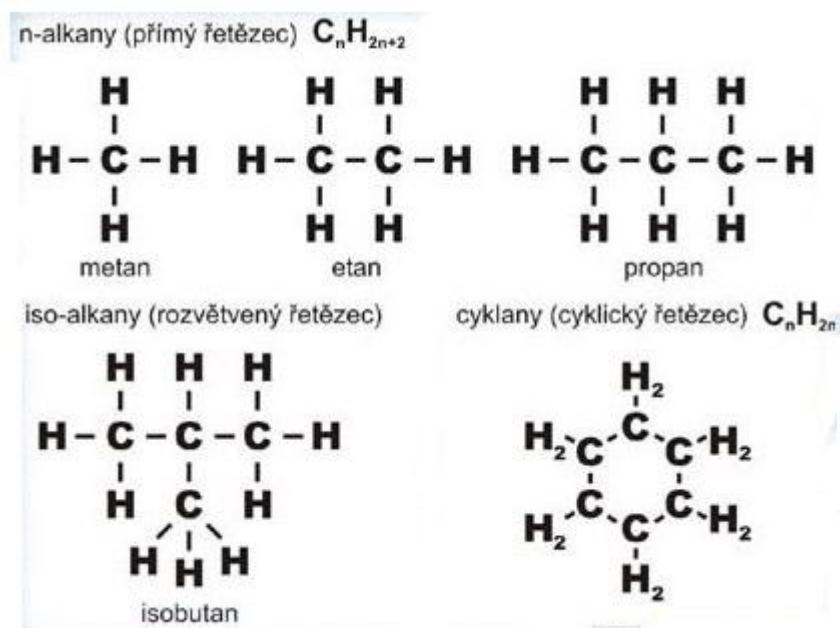
Uhlíková paliva jsou v dnešní době nejlepším palivem pro dopravní prostředky. Základní stavebním kamenem uhlovodíkových paliv jsou sloučeniny uhlíku (C) a vodíku (H). Schopnost uhlíkových atomů vázat se umožňuje vznik nespočetných druhů uhlíkových molekul tříděných hlavně podle uspořádání uhlíkového řetězce (Obr. 2.1). První skupinou uhlovodíku jsou n-alkany nebo n-parafíny, tyto uhlovodíky jsou nerozvětvené. Při větvení řetězce jsou to izo-alkany a izo-parafíny. Fyzikální vlastnosti isomerů ovlivňují do jisté míry tvar řetězce alkanů. Z hlediska vlastností paliv je významná především antidekonační vlastnost. Polymetyleny, nafteny, cyklony a cykloparafíny mají řetězce stočené do kruhu. Vyskytují-li se v molekule maximální počet vodíku, to znamená, že všechny atomy uhlíku mají jen jednu vazbu, jedná se o uhlovodíky nasycené. Pokud jde o případ dvojně vazby mezi uhlíky, jedna vazba jinak využívaná pro uchycení vodíku ubyde – jedná se o nenasycené. [2], [3]

Požadavky na motorová paliva: [2], [3]

- vysoká výhřevnost
- žádný nebo nepatrný obsah nespalitelných podílů
- nekorozivzdornost – možnost skladovat v nádobách z běžných materiálů
- necitlivost na okolní vliv, jako teplota a vlhkost
- žádná nebo nízká fyziologická agresivita
- snadná doprava

Kapalná uhlovodíková paliva se rozdělují na dva základní druhy podle bodu varu: [2]

- benzín automobilní – bod varu 35 °C – 180 °C
- nafta motorová – bod varu 150 °C – 360 °C



Obr. 2.1 Stavba různých druhů molekul uhlovodíkových paliv. [3]

## 2.2 Výroba uhlovodíkových paliv

Nejdůležitější zdroj pro výrobu motorových paliv je ropa. Ne všechny uhlovodíky, které se vyskytují v ropě, jsou vhodné pro zážehové a vznětové motory. Proto ropa musí být dále chemicky upravena. [2]

Výroba motorových paliv se uskutečňuje v rafinériích a je složena ze dvou technologií: [2]

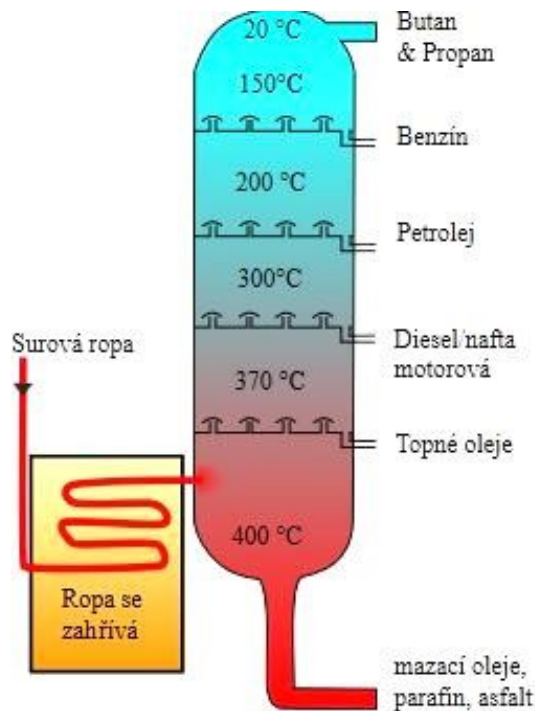
- oddělování uhlovodíkových složek (destilace, filtrace)
- přeměna uhlovodíkových složek (krakování, reformace)

### 2.2.1 Destilace

Ropa je zahřívána bez přístupu vzduchu v destilačních věžích, v nichž je základní směs rozdělena na skupiny (frakce) podle bodu varu a následným zamýšleným použitím (Obr. 2.2). Zahříváním se jednotlivé frakce odpařují a následně jsou pomocí kondenzace zkapalňovány. Uhlovodíky s bodem varu do  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  tvoří tzv. lehká motorová paliva, převážně benzín. [2]

Uhlovodíky s bodem varu od  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $280\text{ }^{\circ}\text{C}$  charakterizují tzv. středně těžká motorová paliva (petrolej, kerosin), užívaná především pro pohon proudových motorů a spalovacích turbín. [2]

Při teplotách v rozmezí od 210 °C do 360 °C se předestilují uhlovodíky, které tvoří tzv. těžká motorová paliva, především motorovou naftu. Uhlovodíky s bodem varu nad 360 °C se již nedají destilovat za atmosférického tlaku. Tyto frakce nazýváme olejové a zpracovávají se za výrazně nižšího tlaku ve vakuových destilačních věžích. [2]



Obr. 2.2 Frakční destilace. [2]

### 2.3 Výroba a zušlechtování benzínu přeměnou uhlovodíků

Atmosférická frakční destilace, která je základem výroby paliv, poskytuje paliva jen v takovém množství, v jakém jsou obsažena v základní surovině, tedy ropě. V ropě se vyskytuje jen velmi malý podíl benzínové frakce a také benzíny vyrobené destilací mají nízkou odolnost proti detonačnímu spalování. Velký nárůst spotřeby benzínu byl impulsem k novým technologickým způsobům, jak zajistit větší objem kvalitnějšího benzínu získávaného z ropy. [2]

#### 2.3.1 Krakování

Zvětšuje objem získaných benzínů z ropy tím, že tříští velké molekuly těžkých frakcí s delšími uhlovodíky na uhlovodíky s kratšími řetězci. Dochází přitom ke štěpení vazeb mezi

atomy uhlíku a vznikají kapalné a plynné uhlovodíky s menším počtem atomů uhlíku v řetězci. Docílí se toho buď vystavením těžších podílů vlivem teploty – tepelné krakování, nebo se využívá přítomnosti katalyzátorů – katalytické krakování. [2]

### 2.3.2 Reformace

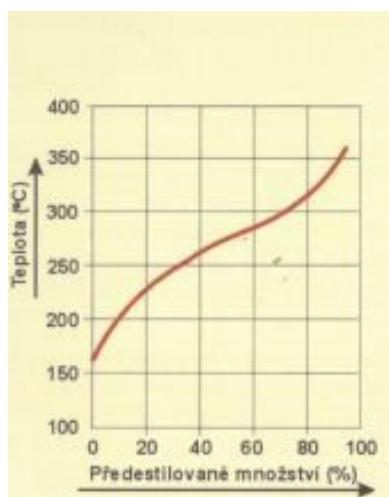
Parafíny s přímým řetězcem, které získáme destilací ropy, se pomocí katalyzátoru (platiny) přeměňují na izoparafíny a aromáty odolné vůči detonačnímu spalování. [2]

## 2.4 Základní parametry motorové nafty

Kvalita a vhodnost motorové nafty pro spalování ve vznětových motorech se určuje na základě několika mnoha kritérií, jejichž hodnoty jsou dány evropskou normou ČSN – EN 590. [2], [4]

### 2.4.1 Destilační křivka

Destilační křivka motorové nafty (Obr. 2.3) není tak přesně definovaná jako křivka u benzínu, protože činnost vznětového motoru není tak citlivá na frakční složení paliva. Motorová nafta se skládá z frakcí uhlovodíků a její destilační rozmezí leží mezi 160 °C a 380 °C. [2], [4]



Obr. 2.3 Destilační křivka motorové nafty. [2]

Začátek destilace nebývá předepisován, protože je nepřímo určen požadavkem na bod vzplanutí. Bod vzplanutí je velice úzce spojen s destilační křivkou a je určen jako nejnižší teplota, kdy se nad zahříváním vzorkem paliva v uzavřené nádobě za daných podmínek vytvoří tolik



par, že po přiblížení plamene vzplanou a dále již nehoří. Hodnota teploty vzplanutí se u motorové nafty pohybuje v rozmezí od 55 °C do 100 °C (u benzínu je to kolem 21 °C). [2]

Koncová hodnota destilační křivky je stanovena ale velmi přesně a s vývojem motorů se požadavky stále zpřesňují. V dnešní době se požaduje, aby se predestilovalo nejméně 95 % objemu nafty do 350 °C. [2]

#### 2.4.2 Reaktivita motorové nafty

Je dalším kvalitativním znakem, který vyjadřuje schopnost nafty po vstříknutí lehce vzplamt a hořet. Palivo, které je málo reaktivní se projeví obtížným spuštěním motoru, tvrdým chodem motoru a pomalým zahříváním. Oproti tomu, pokud dochází ke spalování reaktivní nafty, teplota nafty rychle stoupá a dochází ke snadnějšímu spalování těžkých podílů. [2], [4]

Reaktivita nafty se určuje tzv. cetanovým číslem (CaČ), které je obdobou oktanového čísla u benzínových motorů. Cetanové číslo běžných paliv se pohybuje v rozmezí od 46 do 56. Je třeba dodat, že cetanové číslo neovlivňuje výkon motoru. [2], [4]

#### 2.4.3 Viskozita motorové nafty

Viskozita u motorové nafty, na rozdíl od benzínu patří k významným parametrům a to ze dvou důvodů: [2]

- Z hlediska tvorby aerosolů při vstříku do válce – nafta příliš vysoké viskozity je příčinou vzniku koncentrovaného špatně se spalujícího aerosolu, který tvoří karbonové nečistoty a ty pak odcházejí do ovzduší a také se usazují v motoru a pronikají do motorového oleje.
- Z hlediska mazacích schopností paliva ve vstříkovacím čerpadle – životnost čerpadla je výrazně ovlivňována viskozitou paliva. S klesající viskozitou se mazací vlastnosti nafty zhoršují.

### 3 TYPY FILTRŮ V AUTOMOBILECH

V dnešní době je kladen obrovský důraz v automobilovém průmyslu na životní prostředí, a proto je nutné se co nejvíce zabývat různými typy filtračních elementů.

#### 3.1 Vzduchové filtry

Všechny motory a stroje, které používají vzduch ve spalovací komoře ke spalování kapalného nebo plynného paliva musí filtrovat vzduch (nemluvě o palivu), aby se zabránilo vzniku pevných částic a tím možnému poškození v systému píst-válec nebo u lopatek turbíny. Filtrace vzduchu nasávaného do kompresoru nebo ventilátoru je také důležitá, aby se zabránilo podobnému vnitřnímu poškození. [5], [21]

Nejjednodušší forma filtrování vzduchu, je vložení skládaného impregnovaného papíru do vhodného obalu. Záhyby zajišťují tuhost prvku, takže je potřebná minimální podpora, přičemž se zvyšuje plocha pro filtraci. Tato oblast může být dále zvýšena zvlněním a sklápěním papíru. [5], [21]

Vzduch prochází přes vzduchový filtr (Obr. 3.1), takže částice prachu a jiné pevné nečistoty jsou zachyceny nebo zastaveny vnějším povrchem elementu, kde mohou zůstat nebo spadnou na spodní část obalu. Filtry tohoto typu jsou široce využívány k čištění vzduchu před vstupem vzduchu do spalovacích motorů, kde průtoky jsou mírné, a pokles tlaku musí být udržován na nízké hodnotě (obvykle ne vyšší než 0,1 – 0,3 bar). [5]



Obr. 3.1 Vzduchový filtr. [5]

Variace v této jednoduché filtraci umožňuje použití skládaných plstí a jiných typů materiálu, i když tyto materiály nemají žádnou zvláštní výhodu oproti impregnovanému papíru pro základní filtrační úkoly. Skládané prvky obvykle potřebují oporu s drátěnou síťovinou nebo s podobnou výztuží, aby odolávaly tlakům až 7 bar, skládaný papír je schopen odolávat tlakům bez použitého vyztužení. Žádný typ není vhodný pro vyšší tlaky, a to i s použitou vyztuží, bez nebezpečí poničení nebo přinejmenším k přemístění elementových vláken. [5]

Vzduchové filtry rozdělujeme na dva základní okruhy:

### 3.1.1 Kabinové filtry

Jeden z nejvíce se rozvíjejících segmentů ve filtraci čištění plynů je ochrana řidičů a pasažérů v uzavřené kabině vozidel: osobních automobilů, nákladních automobilů, zemědělských a stavebních vozidel, autobusů, vlaků a letadel. [5]

Ochrana je poněkud různorodá podle daného typu vozidla. Osobní a nákladní automobily přijímají vzduch z ovzduší během jízdy, který obsahuje pyl, dieselové saze a obecný prach z atmosféry. Stavební vozidla často pracují v podmínkách, kde škodlivé látky znečišťují vzduch, příkladem je oxid uhličitý, který může být nasáván do kabiny vozidla. U vozidel pro hromadnou přepravu lidí s recirkulačním systémem vzduchu je navíc potřeba odstranit infekční bakterie a viry z vnitřního prostředí kabiny a toto je obzvláště důležité v letadlech, kde se lidé bakteriemi, viry a infekčními mikroorganismy nakazí na vzdálených místech planety a zůstávají delší dobu uzavřeni a tam kde je čerství vzduch složitější získat kvůli vysoké nadmořské výšce. [5]

Filtrace vzduchu v kabině pro osobní automobily byly představeny automobilkou Nash už v roce 1939, ale nepřežily zánik této značky automobilů a tudíž se nepoužívaly do poloviny 80. let 20. století, kdy evropští výrobci začali používat vzduchové filtry kabin jako základní výbavu. Brzy poté tento trend následovali výrobci v USA. [5]

Hlavním úkolem při filtraci vzduchu do vozidla, je zásobit řidiče čistým klimatizovaným vzduchem, který ho udrží vzhůru a ochrání před podrážděním způsobeným vdechováním pylu nebo před zvyšujícím se množstvím dieselových sazí. [5]

Důležitou vlastností systému používaných pro filtraci vzduchu v kabině vozidla je, že by měl filtrovat poměrně velkou plochu v relativně malém pracovním objemu, kde prostor a váha hrají podstatnou roli. Další důležitou vlastností je snadná výměna filtračního elementu a snadný přístup k němu. Vzhledem k omezeným prostorům ve vozidlech může být

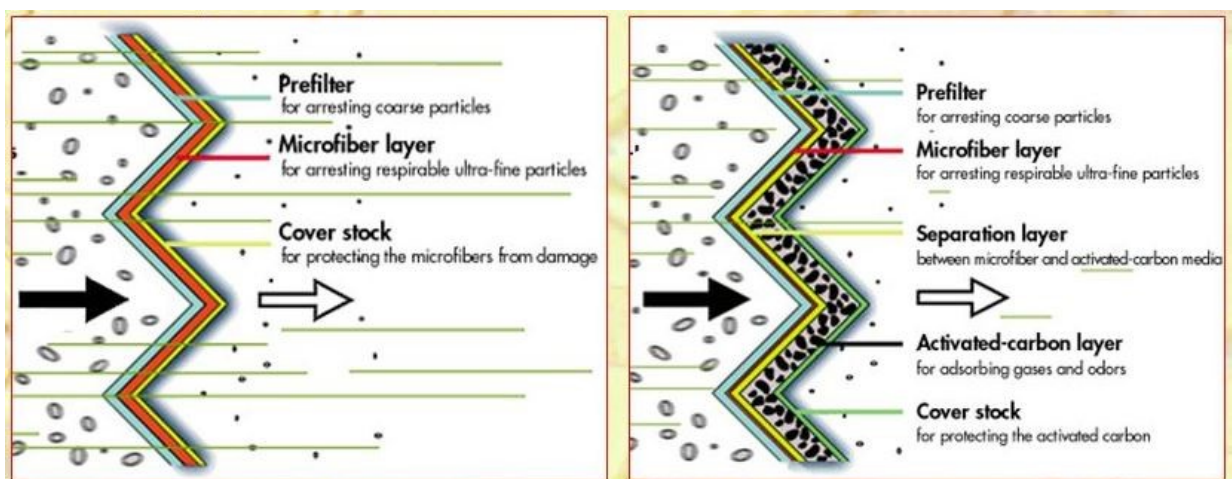
kabinový filtr speciálně tvarově přizpůsobený tak, aby nebyl zabrán prostor, který je cenný pro řidiče a pasažéry – filtry proto budou odlišné dle modelu. Typický filtr pro zachycování pevných částic bude mít třídílnou strukturu, pokud je prostor tak jako tři samostatné filtry, nebo pravděpodobněji jako třívrstvé filtrační medium. První vrstva je předsazený filtr určený k tomu, aby zabránil pronikání hrubých částic do jemného netkaného vláknitého materiálu schopného zachytit pyl, plísň a větší částice sazí. [5]

Hlavní filtr je také ze syntetického netkaného materiálu, ale navíc obsahuje elektrostaticky nabitý vlákna. Je schopen odstranit částice až na 0,05 mikrometrů. Použití elektrostatických nabitých vláken umožní, aby byla vlákna hrubší, což umožňuje zachycení velmi jemných částic – jemnější vlákna by vyžadovala vyšší rozdíl tlaků ve filtračním mediu. Třetí vrstva vzduchového filtru je hrubý materiál, zejména pro podporu jemné vrstvy. [5]

U těchto filtračních medií se neočekává čištění při jejím znečištění, budou rovnou vyměněny a to každých 20 000 až 25 000 km pro soukromá vozidla a po 250 h provozu pro stavební vozidla. Pokud je vyžadována kontrola zápachu, přidají se uhlíkové částice. [5]

Nejčastěji používané kabinové filtry jsou: [6]

- částicový filtr HEPA skládaný nebo patronový skládaný (Obr. 3.2)
- kombinace částicového filtru s aktivním uhlím pro zachycení pachů a plynů (Obr. 3.3)

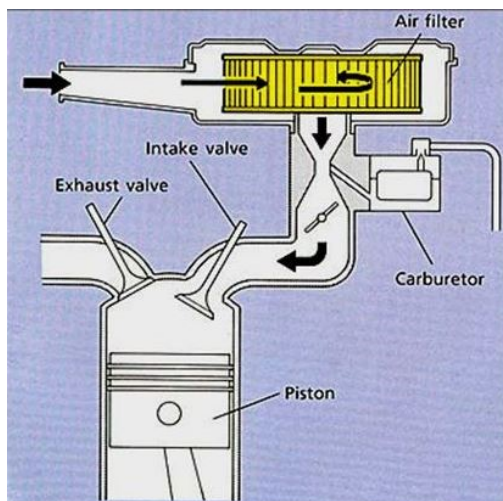


Obr. 3.2 Částicový filtr. [6], Obr. 3.3 Částicový filtr s aktivním uhlím. [6]

### 3.1.2 Vzduchové filtry v motoru

Při spalování je palivo smíseno se vzduchem a ten je nutno vyčistit od nečistot a částic, které by mohly nějakým způsobem poškodit motor. Jde především o částice prachu. U vzduchových filtrů v motoru (Obr. 3.4) není taková účinnost jako u kabinových filtrů, zde klademe největší podmínky především na životnost a odolnost vůči protržení (působení částic a vody). [6], [7]

Pro osobní automobily je částicová filtrace tvořena pomocí patronových nebo skládaných filtrů. Pro nákladní a další užitková vozidla je před částicový filtr umístěn odstředivý odlučovač prachu nebo jiný předfiltr a tím je řešen záchyt malých kapek vody a jejich odvod. Z tohoto důvodu má filtr větší rozměry a je opatřen odvodňovacím šroubem pro odpuštění zachycené vody. [6], [7]

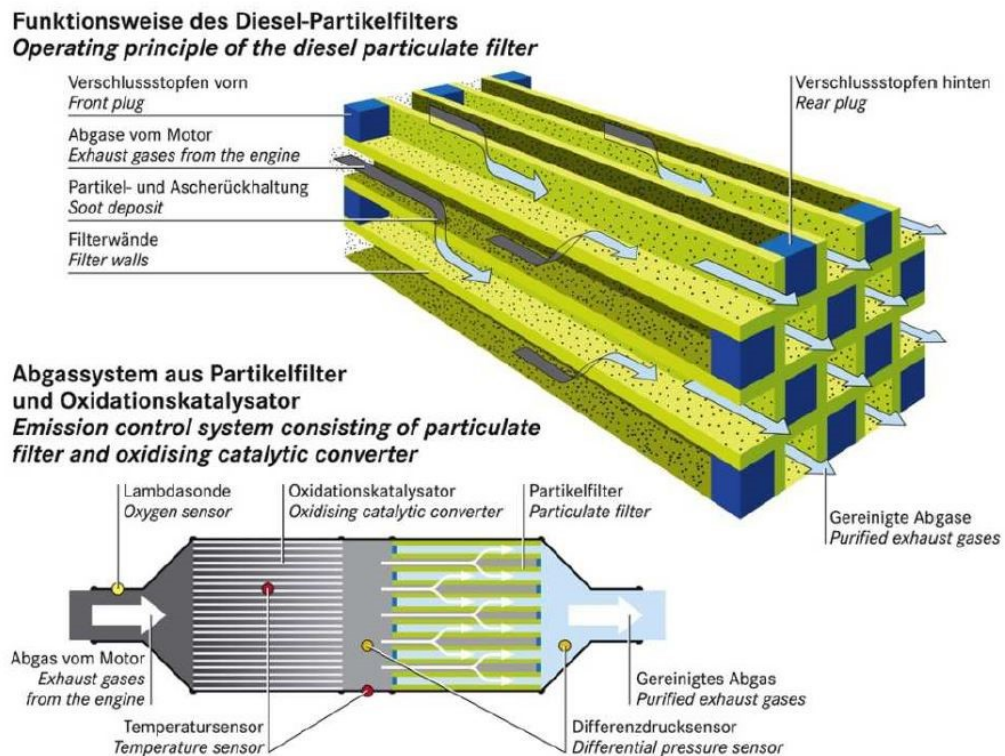


Obr. 3.4 Vzduchový filtr v motoru. [6]

## 3.2 Spalinové filtry

Smyslem zavádění filtrů pevných částic je zachytávat pevné částice, které vznikají nedokonalým hořením při spalování nafty, důvodem je tedy nedokonalá chemická reakce. To ovlivňuje několik faktorů, kromě použitého paliva a zejména provozní teploty motoru, tvar spalovacích prostorů a také systém vstřikování paliva. Při vstřikování dochází k rozprášení paliva na mikroskopické kapičky, jejich velikost klesá s rostoucím vstřikovacím tlakem. Jestliže stará auta kouří, produkují velké množství pevných částic, ty jsou však tak velké, že je do značné míry zachytí sliznice člověka. Mnohem větší nebezpečí hrozí při spalování nafty se vstřikováním common-rail, produkované částice jsou řádově menší a ty sliznice již nezastaví. [8], [9]

Skládají se z několika částí a to nátrubku pro vstup a výstup z filtru, z katalyzátoru a filtru pevných částic (Obr. 3.5). Filtrační vložka je vyrobena z karbidu křemíku nebo z keramiky, který odolává dobře vysokým teplotám a má dobré filtrační vlastnosti. Filtrační jednotka je opatřena snímači pro určování teploty a tlaku exhalátů. [8], [9]



Obr. 3.5 Schéma filtru pevných částic a průběh průchodu zplodin. [6]

### 3.3 Kapalinové filtry

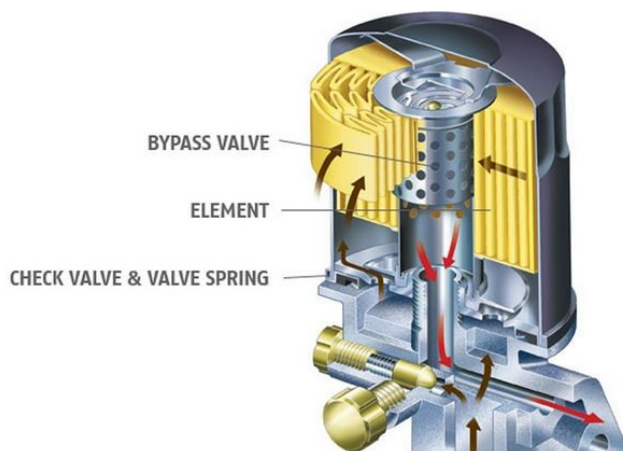
Kapalinové filtry rozdělujeme na dva základní druhy filtrů a to na olejové a palivové.

#### 3.3.1 Olejové filtry

Olejové filtry se používají pro odstranění nečistot z hydraulického nebo motorového oleje, zde se jedná o saze, nespálené zbytky a malé částičky kovu. Velikost filtrovaných částic je rozměrově v mikrometrech. [6]

Jeden z možných způsobů záchytů částic je mechanická filtrace skrz porézní média a to pro osobní automobily. Princip filtrace obvykle spočívá v tom, že část filtrovaného oleje prochází filtrem a část ho obtéká, tzv. bypass systém (Obr. 3.6). Hlavní výhodou tohoto systému

je menší namáhání filtru a vyloučení možnosti, že při jeho zanesení dojde k úplnému zastavení cirkulace oleje v motoru a tím k jeho poškození. [6]



Obr. 3.6 Olejový filtr s bypass ventilem. [6]

### 3.3.2 Palivové filtry

Palivové filtry se používají pro zachytávání částic z paliva, které by mohly při spalování poškodit píst motoru. Filtr musí být schopen zachytávat i sub-mikronové částice při různých rychlostech průtoku paliva (naplno sešlápnutý pedál plynu i volnoběh motoru). Palivové filtry je nutné zhruba po 60 000 km měnit aby nedocházelo k zanesení částicemi, neboť při nárůstu tlakového spádu nad stanovenou mez dochází k snížení průtoku paliva a tím i k špatnému chodu motoru. [6]

Nejčastěji se jedná o patronový filtr, kterému může předcházet hrubý předfiltr umístěný v palivové nádrži. Některé filtry určené pro naftová vozidla jsou schopny také detekovat vodu pomocí WIF senzoru (Obr. 3.7). [6]



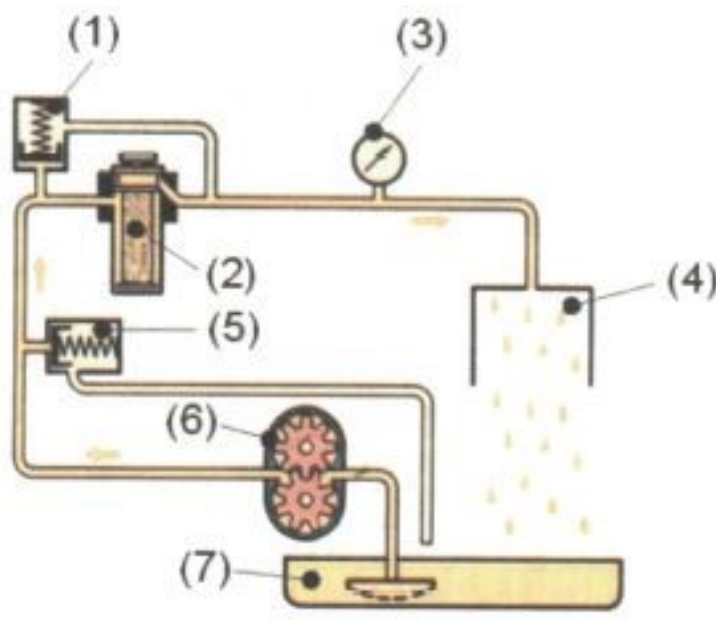
Obr. 3.7 Palivový filtr s detekcí vody. [6]

## 4 OLEJOVÉ FILTRY

Účelem olejového filtru je odstranit z oleje nečistoty, které se do něho dostaly při provozu motoru. Jedná se především o mechanické nečistoty (kovový otěr, prach, karbon). Podle principu a průtoku oleje se čističe oleje dělí na plnoprůtokové a obtokové. [10]

### 4.1 Plnoprůtokové čističe oleje

Plnoprůtokovým čističem oleje (Obr. 4.1) protéká a je čištěn celý objem oleje, který je poté vytlačován k mazacím místům motoru. Obtokový pojistný ventil umístěný přímo v tělese čističe zaručuje v případě neprůchodnosti čističe průtok nevyčištěného oleje k mazacím místům. [10]



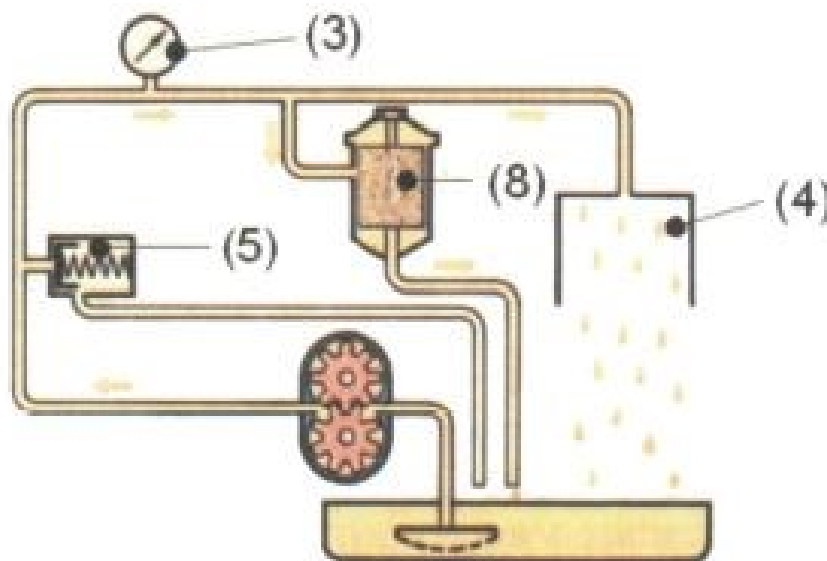
Obr. 4.1 Plnoprůtokový čistič oleje. [10]

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 – obtokový (pojistný) ventil | 5 – redukční přetlakový ventil |
| 2 – plnoprůtokový čistič oleje | 6 – olejové čerpadlo           |
| 3 – tlakoměr                   | 7 – olejová vana               |
| 4 – mazaná místa motoru        |                                |



## 4.2 Obtokové čističe oleje

Obtokovým čističem oleje (Obr. 4.2) prochází pouze část objemu oleje a to přibližně (10 – 20 %) vytlačovaného olejovým čerpadlem. Vyčištěný olej odtéká z čističe do olejové vany, k mazacím místům proudí nevyčištěný olej. Výhodou je vyšší čistící schopnost. Především u vznětových motorů se používá kombinace obou druhů čističů oleje. V tomto případě je olej čištěn rychle a dokonale. [10]



Obr. 4.2 Otokový čistič oleje. [10]

3 – tlakoměr

5 – redukční přetlakový ventil

4 – mazaná místa motoru

8 – obtokový čistič oleje

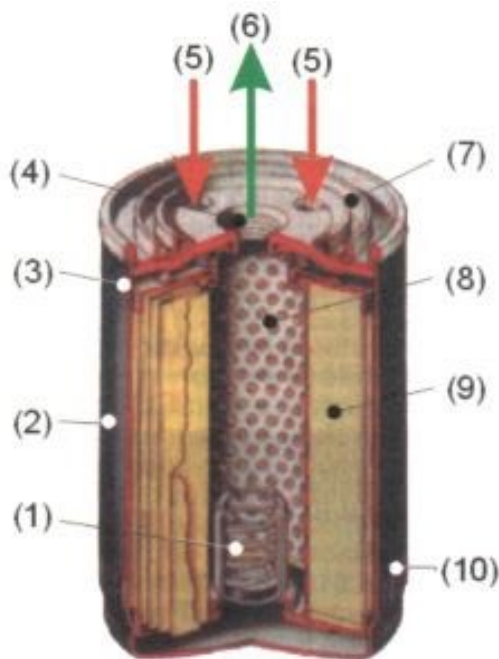
Podle konstrukce a způsobu odstranění nečistot z mazacího oleje se čističe dělí na tyto základní druhy: [10]

- štěrbinové (lamelové)
- síťové
- s papírovou čistící vložkou
- odstředivé

#### 4.2.1 Filtry s papírovou čistící vložkou

Filtry s papírovou vložkou se používají nejčastěji pro jemné čištění. Jejich rozměry jsou voleny tak, aby byl jejich průtočný odpor co nejmenší při zachování dostatečně velké čistící schopnosti. Používají se jak obtokové tak plnoprůtokové. [10]

Obtokové filtry se vyrábějí jako rozebiratelné, pravidelně v určených intervalech podle pokynů výrobce se u nich vyměňuje pouze papírový element. Plnoprůtokové filtry (Obr. 4.3) se vyrábí jako celistvé nerozebíratelné. Plnoprůtokový filtr na rozdíl od obtokového je vybaven obtokovým ventilem, aby i při průtoku studeného oleje s vysokou viskozitou nedošlo k ucpaní filtračního elementu a tím pádem k znemožnění dostatečného mazání motoru. Zpětný ventil zase brání samovolnému vyprazdňování filtru po zastavení motoru. Filtrační element umístěný v tělese z ocelového plechu je vyroben a následně poskládán z filtračního papíru. Filtrační papír má velice vysokou čistící schopnost a může zachytávat nečistoty až do průměru 0,001 mm. Olej vstupuje do filtru z vnější strany filtračního elementu, prochází jím a je odváděn dutým přípevňovacím šroubem. [10]



Obr. 4.3 Nerozebíratelný plnoprůtokový olejový filtr s papírovým elementem. [10]

- |                                 |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 – obtokový ventil             | 6 – odtok vyčištěného oleje   |
| 2 – tlakuvzdorné těleso čističe | 7 – těsnění                   |
| 3 – zpětný ventil               | 8 – perforovaný ochranný štít |

4 – připevňovací závit

9 – filtrační papír

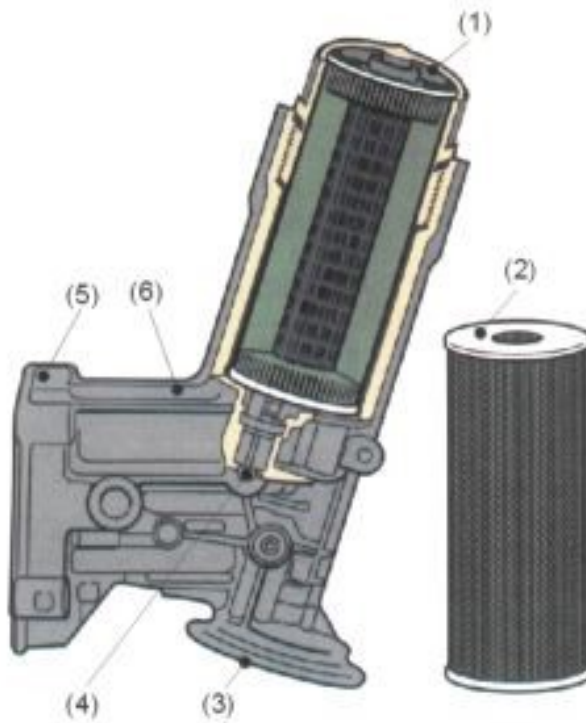
5 – přítok oleje

10 – montážní drážky

Z hlediska servisní výměny a ekologie jsou na olejové filtry kladeny tyto požadavky: [10]

- výměna olejového filtru musí být co nejjednodušší
- při výměně nesmí uniknout žádný olej
- v olejovém filtru musí zůstat co nejméně oleje
- čistota likvidace a co nejméně odpadu

Výrobci motorů a olejových filtrů se snaží tyto požadavky co nejvíce splnit, např. vývojem olejových filtračních modulů (Obr. 4.4), kdy je filtrační element snadno vyměnitelný ze shora po odmontování uzavíracího víka. [10]



Obr. 4.4 Plnoprůtokový olejový filtrační modul. [10]

1 – uzavírací víko

4 – přípojka pro spínač tlaku oleje

2 – filtrační element

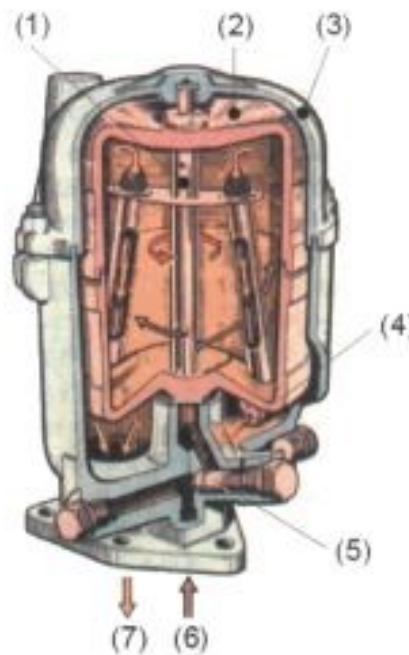
5 – příruba připojení k motoru

3 – přípojka ke chladiči (olej – voda)

6 – těleso olejového modulu

#### 4.2.2 Odstředivé filtry oleje (centrifuga)

Odstředivé filtry (Obr. 4.5) se používají jako obtokové, k filtrování nečistot se využívá odstředivé síly. Olejový modul se skládá z hliníkového tělesa, které tvoří obal, v něm je umístěný rotor. K němu se přivádí olej z hlavního olejového kanálu dutým hřídelem. Odtud proudí přes sítko do trubic, které jsou zakončeny hnacími tryskami. Olej, který proudí z trysek vysokou rychlostí, vytváří sílu, která roztáčí rotor. Působením odstředivé síly, se nečistoty usazují na stěně rotoru. Vyčištěný olej proudící z trysek je zachytáván na vnitřní stěně tělesa a odtud stéká do klikové skříně. V přívodu oleje do filtru je umístěn přepouštěcí ventil, který otvírá vstup do filtru až po dosažení tlaku oleje přibližně 3 bar. Při tlaku oleje 3 až 5 bar jsou otáčky rotoru  $3000 \text{ min}^{-1}$  až  $8000 \text{ min}^{-1}$ . Filtry mají velkou čistící schopnost a dokáží odstranit nečistoty až do průměru 0,004 mm. [10], [19]



Obr. 4.5 Odstředivý filtr oleje (centrifuga). [10]

1 – dutý hřídel rotoru

5 – přepouštěcí přetlakový ventil

2 – rotor

6 – vstup oleje z motoru

3 – skříň čističe oleje

7 – výstup vyčištěného oleje

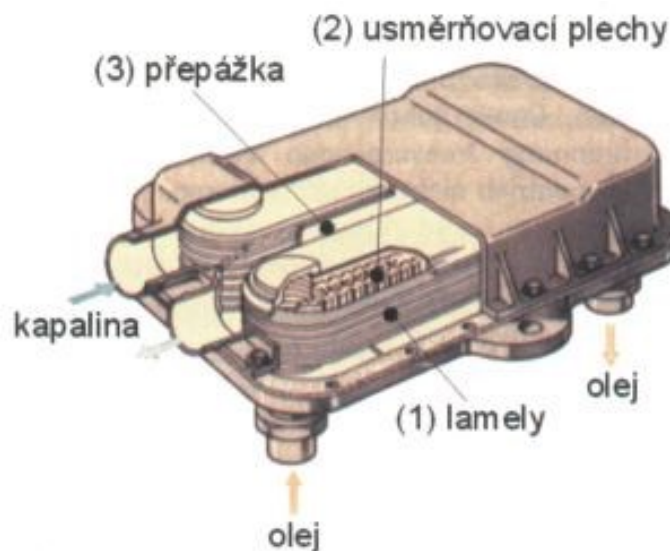
4 – hnací tryska

### 4.3 Chlazení olejového okruhu

Olej se stále větší měrou podílí na chlazení motoru, pokud je teplota oleje příliš vysoká, snižuje se jeho viskozita a tím i jeho mazací vlastnosti. Jsou používány jak chladiče na principu ochlazování vzduchem, tak potom především chladiče oleje, kde dochází k ochlazování kapalinou. U méně zatížených motorů dochází k ochlazování oleje v olejové vaně. Odvod tepla je lepší u olejové vany z lehkých slitin, opatřenou chladícími žebry. [10]

#### 4.3.1 Chladič oleje chlazený vodou

Olej prochází chladičem (Obr. 4.6) a je chlazen při provozní teplotě. U studeného motoru se chladicí kapalina zahřívá rychleji než olej a v tomto případě kapalina urychluje ohřátí oleje na provozní teplotu. Obecně je chladič vybaven obtokovým kanálem s pojistným přetlakovým ventilem, který chrání chladič před vysokým tlakem oleje. Objem oleje protékající chladičem může být regulován termostatickým ventilem v závislosti na zvolené teplotě oleje. [10], [19]



Obr. 4.6 Chladič oleje chlazený vodou. [10]

## 5 PALIVOVÉ FILTRY

Palivový filtr (Obr. 5.1) slouží k filtraci paliva v automobilu, a proto je důležité, aby nebyl zanesený a tak neznemožňoval správný přísun paliva, čímž by klesal výkon motoru. V dnešní době známe několik typů filtrů, jako je celokovový nebo celoplastový. Hlavním úkolem filtru je chránit motor a palivovou soustavu před nečistotami obsaženými v palivu, protože dokonale čisté palivo neexistuje, je nutné jej před vstříknutím do spalovací komory filtrovat. Nečistoty se do paliva mohou dostat během výroby, přepravy nebo při tankování. Dalším důležitým bodem je i správná doprava paliva k vstříkovacím tryskám, v němž nesmí být obsažena žádná voda. [11], [12]



Obr. 5.1 Nerozebíratelný palivový filtr a výměnný filtrační element. [13]

### 5.1 Indikace a separace vody

Výskyt vody v palivové nádrži je způsoben kondenzací vlhkosti ze vzduchu. Kondenzace vody v systému vzniká především při nízkých teplotách. Dalšími možnostmi, jak se voda do paliva může dostat: [12], [14]

- při vsakování po intenzivních srážkových úhrnech a při poškození palivových zásobníků
- při rafinaci nebo během dodávky
- jako vodní pára (vlhký vzduch) pronikající přes ventily, která kondenzuje na stěnách nádrží při skladování i při přepravě

U moderních automobilů je vyžadována automatická separace vody a následné odvodnění uvnitř palivových filtrů. Velká většina moderních palivových systémů pro dieslovou separaci využívá hydrofobních a hydrofilních vlastností filtračního media. Voda, která se nachází v naftě, je zachytávána na vodou-odpudivých vrstvách filtračního elementu. Oddělení vody od nafty je dosaženo vlivem rozdílného povrchového napětí, voda poté díky větší hustotě klesá na dno filtru (Obr. 5.2) do sběrné nádoby a po dosažení určité hladiny je automaticky detekována senzorem. Nashromážděná voda se pak odstraní manuálně pomocí odvodňovacího šroubu nebo automaticky aktivováním odsávacího zařízení. V praxi to znamená, že je voda vypouštěna dokud nezačne vytékat nafta z odvodňovacího šroubu. Takto vypuštěná voda je považována za znečišťující látku, protože jsou v ní příměsi nafty a tudíž je zakázané přímé vypouštění do přírody. [12], [5], [15]

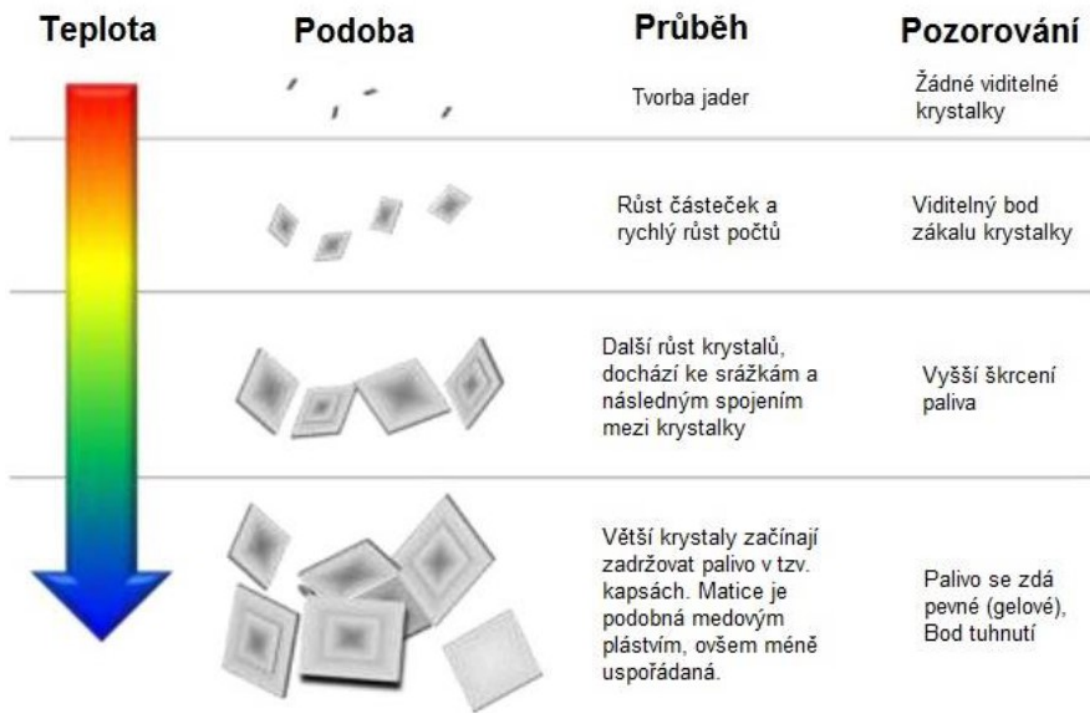


Obr. 5.2 Palivový filtr se sběrnou nádobou na vodu.

## 5.2 Ohřev nafty

Pro zamezení vzniku problému s palivem při minusových teplotách se používají přímé palivové ohříváče. Jejich využití se začalo používat v závislosti na tvorbě voskových krystalů v naftě při velmi nízkých teplotách. [12], [20]

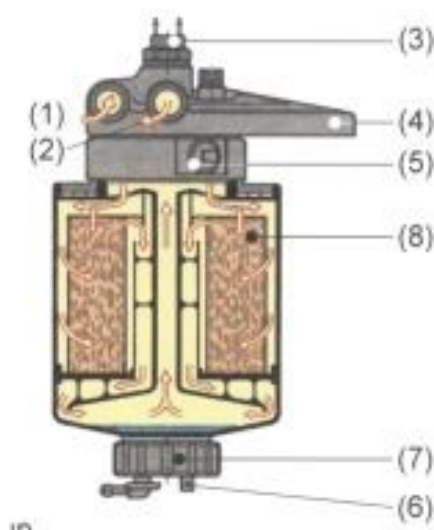
Jestliže se teplota motorové nafty dostane na hodnotu nižší, jak 0 °C dochází v palivě k tvorbě voskových krystalků, což pak může vést k ucpaní palivového filtru, z tohoto důvodu naftové společnosti přidávají v zimním období aditiva do nafty. Tyto aditiva pomáhají zamezovat formování krystalů (Obr. 5.3), a regulují jejich velikost, aby byl stále zaručen průtok paliva přes póry filtračního elementu. [12]



Obr. 5.3 Tvorba částic vosku. [12]

### 5.2.1 Předehřívání paliva elektrickým tepením ve filtru

Při nízké okolní teplotě se palivo ve vstřikovacích systémech předehřívá (Obr. 5.4). Ohřívací prvky jsou ovládaný zabudovaným termospínačem a to tak, že se zapíná při +5 °C a vypíná při +15 °C. [2], [20]



Obr. 5.4 Filtr s elektrickým vyhříváním paliva. [2]



- |                  |  |
|------------------|--|
| 1 – vstup        | 5 – přívod proudu pro vyhřívací těleso             |
| 2 – výstup       | 6 – připojení vodního čidla                        |
| 3 – termospínač  | 7 – uzavírací šroub s ventilem pro vypouštění vody |
| 4 – hlava filtru |  |

V palivových filtrech využíváme elektrická topení (Obr. 5.5) ke zlepšení chování vozidla při studených startech. Při užití vozidla za nízkých teplot je pro motorovou naftu zaváděn bod zákalu, protože je tu určité riziko, kdy se filtr může vlivem nízkých teplot působících na palivo ucpat, některé částice paliva se mohou stát pevnými. Palivový filtr filtruje nečistoty a tím i pevné parafinové částičky z paliva a to pak může zapříčinit ucpání filtračního elementu. Ucpaný filtr způsobuje větší zatížení a tím pádem roste diferenční tlak a průtok naopak klesá, což může způsobit přerušování dodávky paliva do motoru. Proto je velká výhoda použití elektrického topení před tím než se motorová nafta čerpá přes filtrační element. Tímto způsobem tak minimalizujeme ucpání palivového filtru tuhými parafinovými částičkami. Použitím elektrického topení při studeném startu lze naftu ohřát až o 8 °C v závislosti na systému topení [12], [16]



Obr. 5.5 Elektrická topení pro palivové filtry. [16]

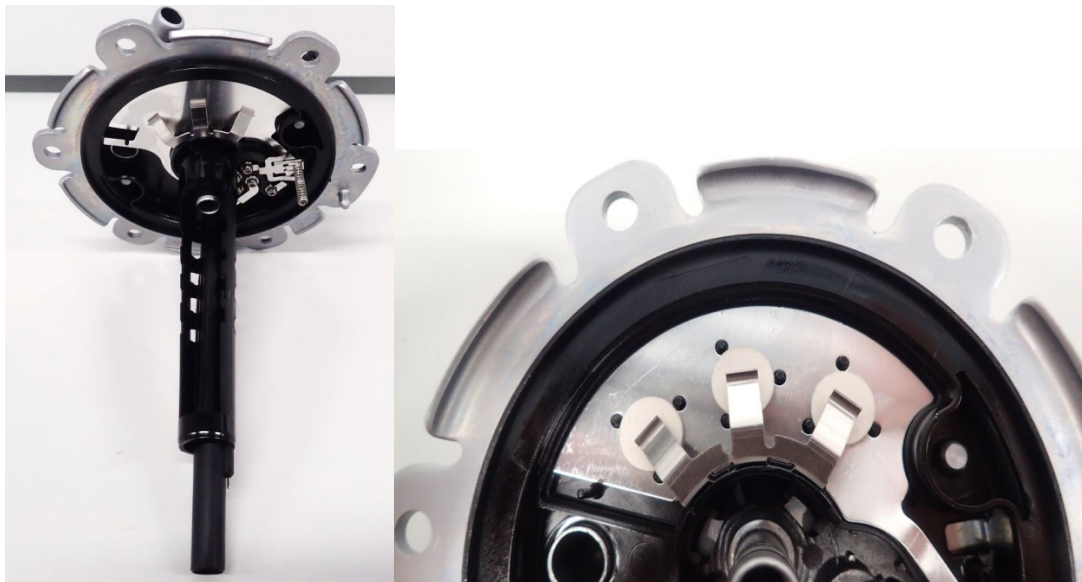
Základními vlastnostmi elektrického topení jsou: [12]

- vysoká účinnost energetického přenosu do paliva
- nízká spotřeba proudu vzhledem k elektrické síti ve vozidle
- možnost nastartovat vozidlo při zhoršených podmínkách jako je nekvalitní palivo nebo nízké teploty, až 8 °C pod bodem zákalu
- funkce elektrického ohřevu je sepnuta pouze za nízkých teplot (kolem bodu mrazu)

- snímání hladiny vody, detekce vody ve filtru pomocí pinů využívající princip změny vodivosti vlivem zvýšené hladiny vody, kdy dojde ke kontaktu pinů s hladinou vody

### 5.2.2 Topná tělesa – PTC elementy

Topná tělesa se skládají s PTC termistoru (zahřátím roste odpor a tak jej lze využít k omezení proudu, průchodem většího proudu dojde k ohřátí součástky a tím se zvýší odpor (Obr. 5.6) u hliníkových pásu spojených pájením nebo lepením. PTC elementy mohou být umístěny v tepelně odolném plastovém rámu nebo přímo zabudovány do určité pozice. Cílem instalace PTC termistorů je tedy ochrana filtru proti přehřátí, v palivových filtrech používáme pouze PTC termistory s kladným teplotním koeficientem, kdy při vyhřívání zvyšují svoji teplotu, tím zvyšují odpor a dochází k samoregulaci výkonu topení. [12], [17]



*Obr. 5.6 Elektrická topení s PTC elementy.*

Pokud dojde k nepředpokládanému provoznímu stavu, může nastat, že PTC elementy se začnou ohřívat velmi rychle (vyhřívání bez průtoku paliva), kdy elektrický odpor stoupá a klesá spotřeba energie a povrchová teplota PTC je tak omezena. Povrchové omezení teploty zabraňuje riziku požáru v případě selhání. [12]

PTC elementy nabízejí spoustu výhod, jako je rychlé a rovnoměrné zahřívání filtru bez výkyvů výkonu, mají samoregulační funkci, dlouhou životnost a neexistuje riziko přehřátí. Povrch PTC elementů je pokovovaný kvůli lepšímu elektrickému a termálnímu kontaktu. [12], [17]

## 6 ZKOUŠENÍ PALIVOVÝCH FILTRŮ

Pro zkoušení palivových filtrů se provádí několik různých zkoušek, ať už jednotlivě nebo v předem určeném pořadí. Jedná se především o zkoušky těsnosti a životnosti.

### 6.1 Nízko frekvenční pulzační stanice

Nízko frekvenční pulzační stanice (Obr. 6.1) se používá pro zkoušení životnosti kapalino-  
vých filtrů. Zkoušený filtr je naplněn olejem a na stanici je nastaven požadovaný počet cyklů.  
Tento stav simuluje průběh pulzování oleje a paliva ve filtračním okruhu během normálního  
provozu v automobilu. Únik testovaného filtru se kontroluje před, během a po zkoušce. Po  
dokončení zkoušky se testovaný vzorek analyzuje na trhliny a mechanické poškození. [18]

Na zkoušeném filtru zjišťujeme tyto vlastnosti: [18]

- životnost
- maximální tlak
- únik



*Obr. 6.1 Nízko frekvenční pulzační stanice.*

### 6.2 Heliová stanice

Heliová stanice (Obr. 6.2) je nejlepší volbou pro nalezení netěsnosti a to z mnoha důvodů,  
protože helium je nejpoužívanějším plynem pro velmi přesné určování těsnosti výrobků  
a zařízení. Koncentrace helia v atmosféře je za běžných podmínek 5 ppm. [18]

Výhody helia: [18]

- netoxické, inertní, nekondenzující a relativně lehké
- v běžných podmínkách přítomné v atmosféře pouze ve stopových podmínkách
- díky malým rozměrům molekuly schopné proniknout velmi malými netěsnostmi
- dostupné v různých tlakových nádobách



*Obr. 6.2 Heliová stanice pro detekci netěsnosti.*

Jediná molekula, která je menší, než helium je vodík, který je ale reaktivní. Helium má mnohem menší hmotnost než je následující inertní molekula vzácného plynu neonu, který je ale také mnohem dražší. V praxi se využívají dva základní přístupy při testování netěsnosti. První je lokalizace netěsnosti a druhý je měření celkové rychlosti úniku ze součástky, protože jistá netěsnost může být akceptovatelná. Také je možné součástky nejprve testovat na přítomnost akceptovatelné netěsnosti, a pokud výrobek testem neprojde, je podroben lokalizaci netěsnosti. Mnoho součástek je možné testovat v sadách. Pokud sada neprojde, pak jsou testovány jednotlivé součástky, a zjistí se, které z nich jsou vadné. Existují dvě hlavní metody testování úniku dílu pomocí helia. [18]

### **6.2.1 Vakuová metoda testování (zvenku dovnitř)**

V testované součástce je vytvořeno vakuum pomocí velkoobjemového čerpacího systému nebo jen pomocí vlastního detektoru. Jakmile je dosaženo požadovaného vstupního tlaku,

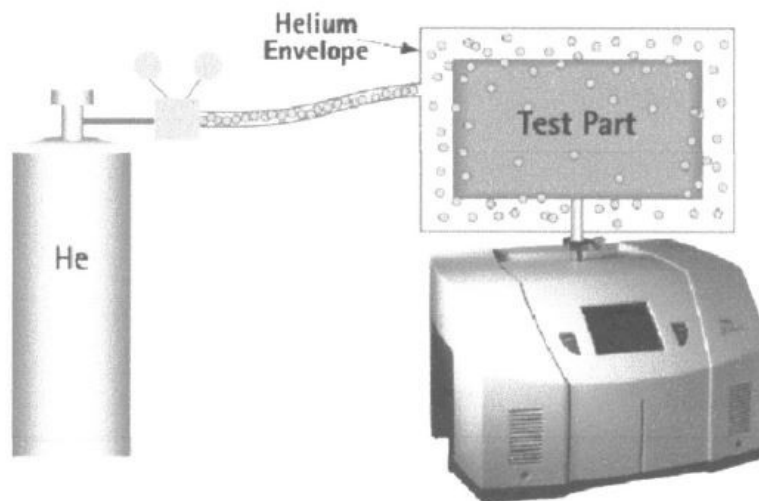
detektor se spojí se systémem pomocí ventilu nebo je přemístěn do testu a testovaná součástka je testována jednou z následujících metod: [18]

- **Lokalizace netěsnosti**

Zjistit polohu netěsnosti je možné pomocí ofukovací sondy. Helium je přivedeno k předpokládané poloze netěsnosti a výrobek je ofukován sondou s nastavitelným průtokem.

- **Měření netěsností**

Pro zjištění celkového úniku (Obr. 6.3) je součástka připojena na detektor netěsností a obklopena prostředím helia. Prostředí může být tvořeno různými způsoby od obyčejného plastového sáčku až po komplexnější uspořádání zvonovitých nádob.



Obr. 6.3 Měření netěsnosti (zvenku dovnitř). [18]

### 6.2.2 Tlaková metoda testování (zevnitř ven)

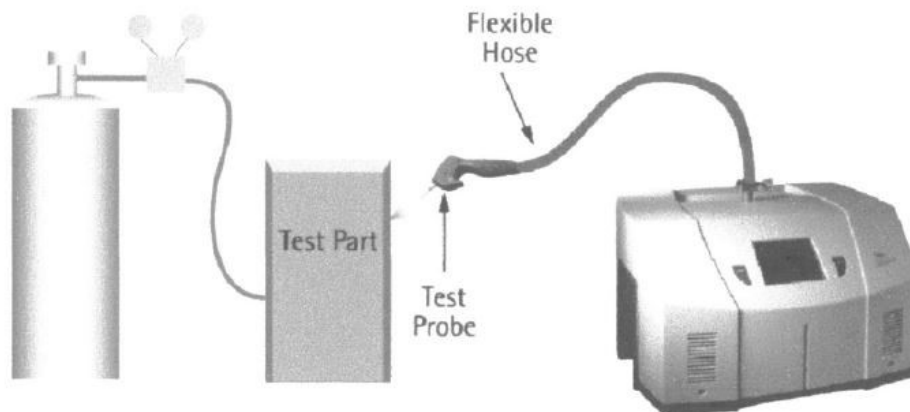
Testovaná součástka je naplněna heliem nebo směsí helia a vzduchu. Netěsnost je detekována jednou z následujících metod: [18]

- **Měření netěsností**

Pro zjištění celkového úniku je součástka v komoře naplněna heliem, které je evakuováno pomocí detektoru. Helium, které unikne ze součástky, je detektorem změřeno a vyhodnoceno.

- **Lokalizace netěsnosti**

Zjistit polohu netěsnosti (Obr 6.4) je možné pomocí plynové sondy, která je připojena na detektor. Výrobek je natlakován heliem a v případě netěsnosti helium projde skrz a je zachyceno plynovou sondou.



Obr. 6.4 Lokalizace netěsnosti (zvenitř ven). [18]

### 6.3 Stanice pro měření diferenciálního tlaku

Zařízení se používá k testování kapalinových filtrů a jako testovací médium je použita motorová nafta. Motorová nafta prochází skrz testovaný filtr za různých podmínek. Při zkoušce mohou být měněny různé parametry, jako jsou tlak, objemový průtok a teplota motorové nafty. Zkušební médium se nachází v zásobní nádrži a prochází zkušebním úsekem pomocí čerpadla. Tlak a objemový průtok nafty mohou být nastaveny pomocí pumpy a ventilů. Měření diferenciálního tlaku (Obr. 6.5) před a za filtrem se provádí pomocí snímačů tlaku. Diferenciální tlak je rozdíl měření tlaku mezi dvěma body, vstupem do filtru a výstupem z filtru. K poklesu tlaku dochází při třecích silách způsobených odporem průtoku testovaným filtrem, hlavními příčinami ztráty tlaku při průtoku paliva jsou rychlost a viskozita, proto je diferenciální tlak měřen při různých teplotách a průtokových rychlostech. Po průtoku zkušebního média přes filtr je vráceno zpět do zásobníku. Teplota média se nastavuje pomocí výměníku tepla, ty jsou připojeny k termostatu nebo ke chladicímu okruhu. [18]



*Obr. 6.5 Stanice pro měření ztrátového tlaku.*

## 6.4 Zařízení pro teplotní zkoušky

Pro teplotní zkoušky lze využívat dva typy zařízení: [18]

- **Mrazicí boxy**

Mrazicí teplotní komora (Obr. 6.6), které je vyrobena z nerezové oceli, je využívána hlavně pro testy kde je požadována extrémně nízká teplota, je schopen dosáhnout teploty až  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Při extrémně nízkých teplotách je sledován odpor materiálu, simulován chod studeného motoru a také zkoušen výkon topení pro ohřev paliva v pali-vovém filtru.

V kombinaci s mrazákem je často využívána pulzní stanice generující tlakové impulzy. Pulzní testování se používá pro zkoušení těsnosti filtrů kapalin za statických a dynamických podmínek zatížení. Testovaný filtr je dynamicky nebo staticky zatížen požadovaným tlakem při definované teplotě.

Tato zkouška určuje schopnost filtru odolávat vnitřním tlakovým špičkám, ke kterým dochází během studeného startu nebo za běžných provozních podmínek.



*Obr. 6.6 Mrazicí box.*

- **Teplotní komory**

Teplotní komory (Obr 6.7) využíváme pro zkoušky odolnosti proti změnám teploty prostředí a hlavně při zkouškách materiálů z hlediska tepelného stárnutí. Tato zařízení jsou důležitá pro všechny testy, kde je potřeba během testu různé teplotní profily.

V komorách můžeme nastavit i další parametry, jako jsou vlhkost a ochranné prostředí, které nám umožňuje nastavení vysokých teplot pro výbušná prostředí. Objem komory je vyplněn dusíkem namísto kyslíku.



*Obr. 6.7 Teplotní komora.*



## 7 ZHRNUTÍ A ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části diplomové práce jsem se zaměřil na představení používaných filtračních prvků v automobilech. Jedná se o přehled nejčastěji používaných filtrů s největším zaměřením na vzduchové a kapalinové filtry.

V úvodu práce jsou popsány i základní vlastnosti paliv, jelikož jsou nedílnou součástí palivových filtrů. Největší prostor byl věnován naftě, protože praktická část se věnuje právě plastovým palivovým filtrům.

Po této kapitole následovalo představení nejčastěji používaných vzduchových filtrů. Ať už se jedná o kabinové filtry nebo vzduchové filtry v motoru, které mají za úkol čištění nasátého vzduchu, jelikož vzduch obsahuje prachové částice a ty mohou s motorovým olejem vytvořit jemnou brusnou pastu a tím způsobit nemalé poškození motoru.

Nejrozsáhlejší kapitola teoretické části popisuje kapalinové filtry. V případě olejových čističů se jedná o větší filtry, protože se zde vyskytují vyšší teploty a součástí olejových filtrů bývá chladič, který ochlazuje proudící olej. Naopak u palivových filtrů bývá jeho součástí topení, které přehřívá naftu do něj vstupující. Tento prvek pak zvláště oceníme v zimě, kdy může vlivem nízkých teplot dojít ke zmrazkům vody v naftě a tím k ucpání filtračního elementu.

Poslední kapitola se zabývá testováním vyrobených filtrů. Aby vůbec již tolikrát zmíněný filtr mohl být namontován do automobilu, musí projít sérií několika testů. Ať už se jedná o zkoušky těsnosti nebo životnosti.

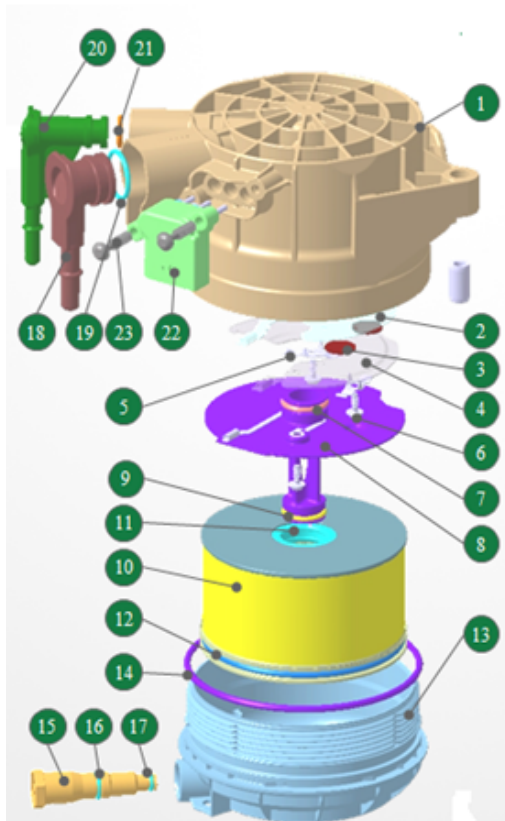
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 8 PŘEDSTAVENÍ ZVOLENÉHO FILTRU

Filtr MB1179 (Obr. 8.1) je celoplastový palivový filtr, který slouží k filtraci nafty. Skládá se z celkem 23 různých součástí (Obr 8.2). Základními prvky jsou těleso a víko, které jsou spojeny závitem, k tělesu je navařen vstupní otvor a výstupní otvor, které slouží ke vstupu a výstupu nafty do filtru dalším důležitým prvkem je topení, které je umístěno uvnitř filtru. Nejdůležitějším komponentem, podle kterého se celá sestava nazývá, je filtrační element. Ten nám slouží k filtraci nafty.



*Obr. 8.1 Palivový filtr MB1179.*

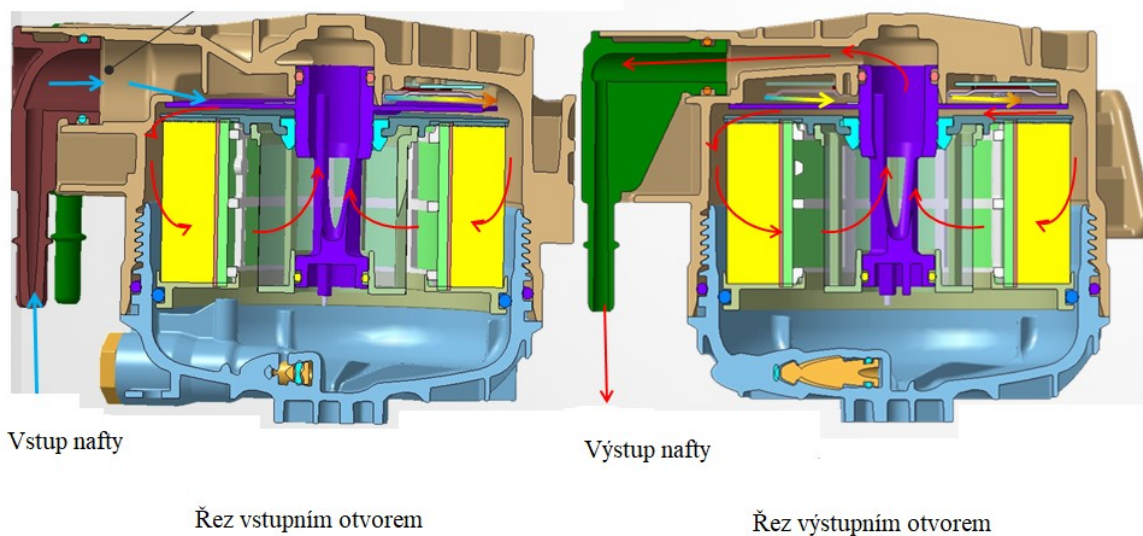


Pozice	Název	Počet	Materiál
1	Těleso	1	PA 66 GF35
2	Vrchní ohřivací deska	1	Alu EN AW1085
3	PTC topný prvek	4	Keramika
4	Spodní ohřivací deska	1	Alu EN AW1085
5	Pružina	2	EN 1.4310
6	K-šroub	3	Nerez
7	O-kroužek	1	FKM
8	Středová trubka s WIF	1	PA 66 GF35 EN 1.4310
9	O-kroužek	1	FKM
10	Filtrační element	1	
11	Těsnění	1	FKM
12	O-kroužek	1	FKM
13	Víko	1	PA 66 GF35
14	O-kroužek	1	FVMQ
15	Odvodňovací šroub	1	PA66 GF35
16	O-kroužek	1	FVMQ
17	O-kroužek	1	FVMQ
18	Vstupní otvor	1	PA66 GF35
19	O-kroužek	1	FVMQ
20	Výstupní otvor	1	PA66 GF35
21	O-kroužek	1	FVMQ
22	Elektrický konektor	1	PA66 GF35 Alu EN AW1085
23	K-šroub	2	Ocel ZrNi

Obr. 8.2 Kusovník součástí palivového filtru MB1179.

## 8.1 Princip palivového filtru MB1179

Funkce filtru (Obr. 8.3) spočívá ve vstupu nafty vstupním otvorem do filtru, zde protéká přes vrchní a následně přes spodní ohřivací desku, v které jsou umístěny PTC elementy, po projití přes ohřivací desku se zvýší teplota nafty, což zlepšuje tok a v zimě dokonce může rozpustit pevné částice (voda v naftě) se nafta dostává mezi plastové těleso a vnější část filtračního elementu. V tuto chvíli nastává oddělení nečistot a případně i vody z nafty. Nečistoty se zachytí na filtračním elementu a přes něj projde jen čistá nafta, která se vrací zpět středem filtru a opouští filtr výstupním otvorem. V případě vody dochází k oddělení pomocí hydrofilních a hydrofobních materiálů ve filtru. Principem odstranění vody z nafty je, že hydrofilní materiál na filtračním elementu přitahuje a shromažďuje kapky vody, ty potom postupují dál, kde narazí na hydrofobní materiál, po kterém stékají na dno filtru, to způsobuje větší hustota vody než nafty. Zde se voda shromažďuje, po dosažení určité výšky hladiny, je detekována WIF senzorem, který nám ohlásí nutnost vypuštění.



Obr. 8.3 Řez palivovým filtrem MB1179.

## 9 POPIS ZKOUŠKY A JEJÍ DŮVOD

Důvodem testu bylo ověření, jak velký vliv má teplota na soudržnost a neporušení plastového palivového filtru. Jak jistě víme, palivovým filtrem prochází nafta a dochází zde k určitým poklesům a nárůstům teploty vlivem cirkulace což způsobuje její ohřev. Velký vliv na filtr má i okolní teplota a střídání ročních období. Je zde kladen velký důraz na těsnost a tím pádem nesmí docházet k úniku paliva. Test byl prováděn celkem na 113 kusech za různých teplot od  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$  s krokem  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

### 9.1 Princip zkoušky tlakem

Zkouška začíná tak, že palivový filtr musíme nejprve důkladně odvzdušnit, aby v něm nezůstal žádný vzduch a to z toho důvodu, že vzduch je stlačitelný (při vyšších tlacích by mohlo docházet k rozvibrování a tím k nepřesnému výsledku a také ke zkreslení z již zmiňované vlastnosti vzduchu, který je stlačitelný.

Jako zkušební medium, kterým je filtr naplněn (odvzdušněn) byl zvolen motorový olej 0W30. I když se jedná o palivové filtry, tak byl jako zkušební medium vybrán olej a to z důvodu bezpečnosti, protože zde dochází ke stlačení a v případě užití nafty by v kombinaci s vysokou teplotou mohlo dojít k výbuchu.

Po odvzdušnění je filtr připojen ke zkušebnímu zařízení a ponechán v dané teplotě po dobu 7 hodin, aby došlo k dostatečnému ohřátí filtru a oleje uvnitř něj. Po uplynutí temperovacího času je spuštěn test. Profil testu spočívá v tom, že v testovacím zařízení je nastaven program, který do filtru tlačí olej a po každé minutě výdrže na daném tlaku je tlak navýšen o jeden bar. Zkouška je ukončena, jakmile na filtru dojde k prasklině a olej začne vytékat z filtru.

### 9.2 Testovací zařízení použité pro zkoušku

K testu byly použity celkem dvě zařízení a to:

#### 9.2.1 Burst Pressure Automated

Burst Pressure Automated (Obr. 9.1) je zařízení pro určení přesného tlaku, při kterém dochází k prasknutí materiálu nebo selhání v rozsahu od 1 bar až do 160 bar. [18]

Mobilní zkušební zařízení se skládá z následujících částí: [18]

- hydraulické agregát
- ocelový plášť
- elektrický ovládací panel a elektro-skříň
- sestava senzoru pro zjištění netěsnosti



*Obr. 9.1 Burst Pressure Automated.*

Hydraulický agregát je tvořen nádrží, ke které jsou připevněny hydraulické prvky. Nádrž je svařenec z nerezové oceli, na víko nádrže je svisle umístěn elektromotor s čerpadlem. Elektromotor pohání čerpadlo přes pružnou spojku, za výtlakem z čerpadla je umístěn zpětný ventil, membránový akumulátor a měřicí spojka s manometrem. [18]

Regulace tlaku se provádí pomocí proporcionálního směrového rozvaděče, maximální tlak v hydraulickém obvodu je omezen pojistným ventilem a hodnota systémového tlaku je snímána tlakovým snímačem. Průtok je měřen zubovým čerpadlem. [18]

Na tlakovém výstupu z agregátu je zařazen kulový kohout, za kulovým kohoutem je přípojka pro vzduch k vyfouknutí zkušební kapaliny ze zkoušeného prvku. Příslušenství nádrže je tvořeno optickým stavoznakem, termostatem, spínačem hladiny pro minimum a maximum media a snímačem teploty PT100. [18]

Agregát je vybaven vodním chladicím okruhem, který se skládá ze samostatné jednotky elektromotor + čerpadlo umístěné vedle nádrže vodního chladiče a přívodní a odpadní větve. [18]

Technické parametry: [18]

- rozsah tlaků: 0 – 160 bar.
- maximální průtok: 16 l/min.
- rozsah teplot: -70 °C - 160 °C.

### 9.2.2 Teplotní komora

Teplotní komora (Obr 9.2) je zařízení, které se používá hlavně při zkouškách materiálů z hlediska tepelného stárnutí. Toto zařízení je také důležité pro všechny testy, které je třeba provést za zvláštní teplotních podmínek. [18]



*Obr. 9.2 Teplotní komora.*

Technické parametry: [18]

- rozsah teplot: -60 °C - 170 °C.
- testovací prostor: 600 l.
- maximální ohřev: 5 °C/min.
- maximální chlazení: 6 °C/min.



## 10 MĚŘÍCÍ ČÁST

Prvním krokem k provedení testu bylo nutné zarezervování testovacích zařízení, tento krok nebyl vůbec jednoduchý, protože probíhal v laboratoři, kde se provádí další testy na palivových a olejových filtrech.

Po několika konzultacích byl dohodnut celkový počet zkoušených filtrů. Celkem bylo zvoleno 5 filtrů pro každou teplotu, jelikož teploty byly zvoleny od  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  po  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  (nejčastější provozní podmínky i s ohledem na roční období), konečný počet filtrů byl 85 ks. Vzhledem k tomu, že hlavně u nižších teplot docházelo k poměrně velkým rozdílům při výsledném roztržení, byl celkový počet kusů postupně navýšen až na konečných 113 ks. U každého filtru byl proveden takzvaný Burst Pressure test. Jeden tento test trvá přibližně 20 minut, je to test destruktivní a lze ho na každém filtru provést jenom jednou, protože dojde k nevratnému a trvalému poškození

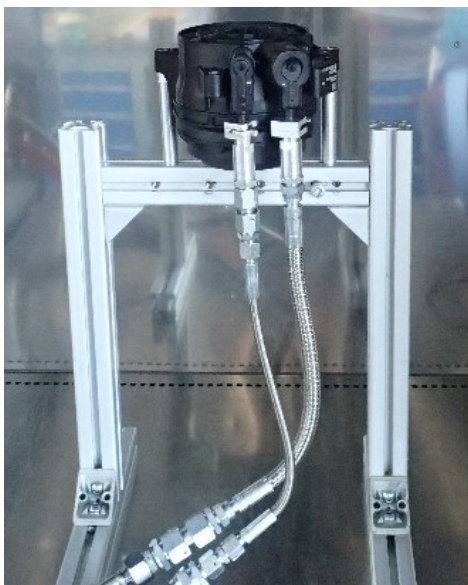
### 10.1 Specifikace měření

Pro každou teplotu bylo zvoleno alespoň 5 filtrů, na kterých byl proveden Burst Pressure test, u záporných teplot byl počet vzorků navýšen z důvodu rozdílných výsledků. Odvzdušený filtr byl umístěn na předem připravený držák a vložen do teplotní komory (Obr 10.1) v takové poloze, v které je umístěn v automobilu.



Obr. 10.1 Uložení filtru v teplotní komoře.

K filtru na vstupní a výstupní otvor (Obr. 10.2) byly připojeny hadice, které umožňují vstup a výstup oleje do filtru a tím je zajištěno jeho postupnému tlakování. Ke koncům hadice, jsou přišroubovány pomocí metrického závitu speciální koncovky a ty nám umožňují těsné spojení s filtrem. Po tomto připojení byl filtr zavřen do teplotní komory, nastavena požadovaná teplota a po dobu 7 hodin probíhala temperace.



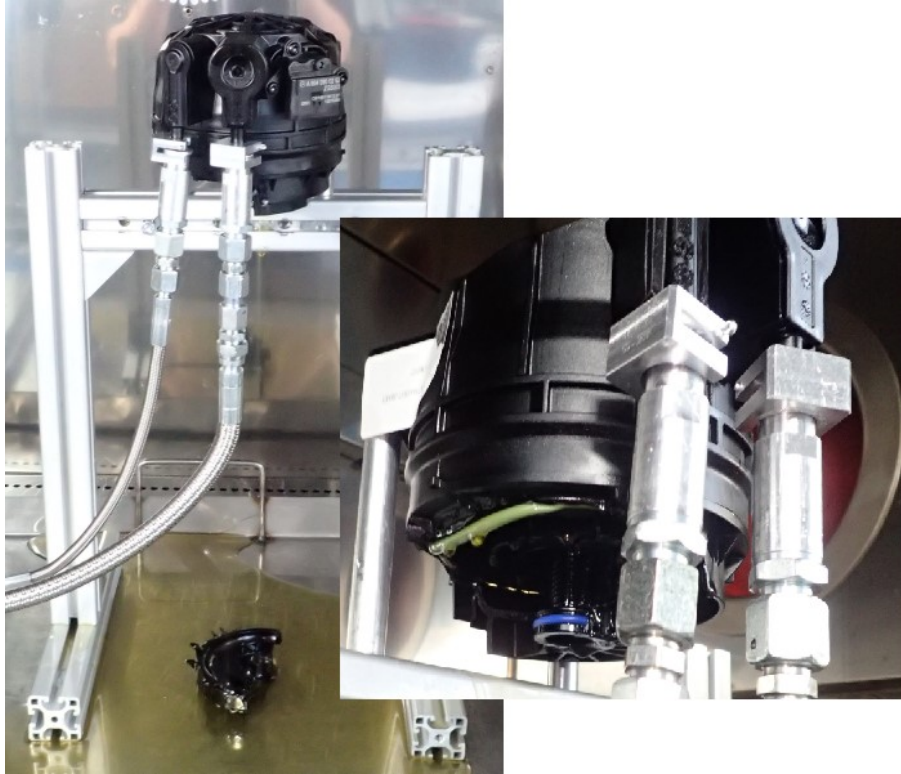
*Obr. 10.2 Připojení hadic.*

Po vypršení doby temperace byl na testovacím zařízení Burst Pressure Automated (Obr. 10.3) nastaven a vybrán vhodný program a test spuštěn. Do vstupního otvoru byl přiváděn olej a to bylo důvodem postupného tlakování filtru. Výstupní otvor byl na stroji pomocí kulového ventilu uzavřen, aby nedocházelo k úniku tlaku.



*Obr. 10.3 Burst Pressure Automated.*

Test byl ukončen, když došlo k trvalému poškození filtru, způsobenému tlakem roztržení (Obr. 10.4). Tento postup se pak dále opakoval na všech 113 filtrech. Jednotlivé typy poškození budou probrány a popsány v kapitole níže.



*Obr. 10.4 Trvalá deformace.*

## 10.2 Zpracování naměřených dat

Testované filtry byly podle teplot rozděleny do třech skupin:

- minusové teploty v rozmezí od  $-40\text{ °C}$  do  $0\text{ °C}$
- plusové teploty v rozmezí od  $+10\text{ °C}$  do  $60\text{ °C}$
- vysoké teploty v rozmezí od  $+70\text{ °C}$  do  $120\text{ °C}$

### 10.2.1 Druhy poškození vzniklé při zkoušce roztržení

- **Vstup** – poškození, při kterém dojde k oddělení svařeného nátrubku od tělesa (Obr. 10.5)



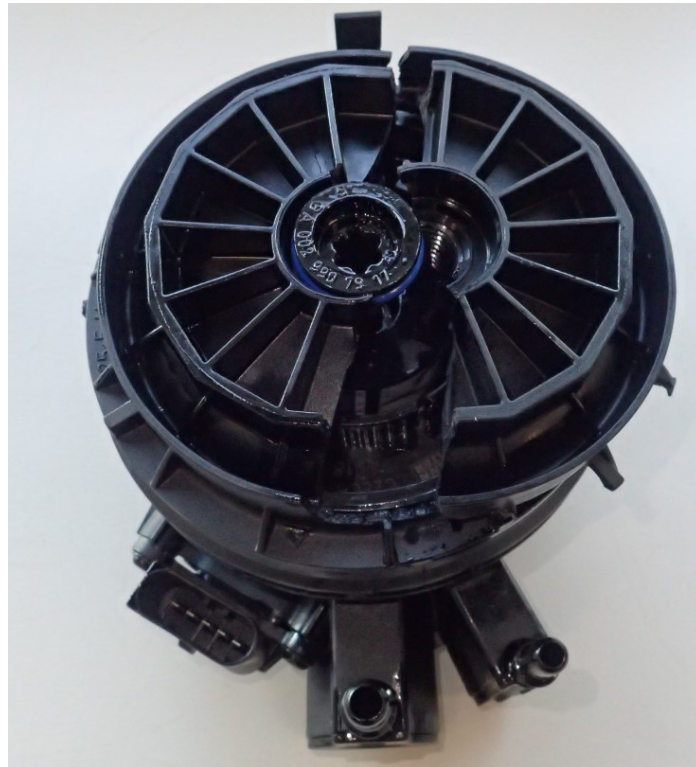
*Obr. 10.5 Vstup.*

- **Těleso** – poškození, při kterém dojde k roztržení spodního dílu (Obr. 10.6)



*Obr. 10.6 Těleso.*

- **Víko** – poškození, při kterém dojde k roztržení horního dílu (Obr. 10.7)



*Obr. 10.7 Víko.*

- **Závit** – vyskočení závitového spoje mezi víkem a tělesem (Obr. 10.8)



*Obr. 10.8 Závit.*

### 10.2.2 Míňusové teploty

V míňusových teplotách byl test proveden na celkem 49 kusech, ze všech třech rozmezí teplot bylo pro míňusové teploty použito nejvíce kusů a to z důvodu velké odchylky hodnot výsledného tlaku roztržení (Tab. 10.1).

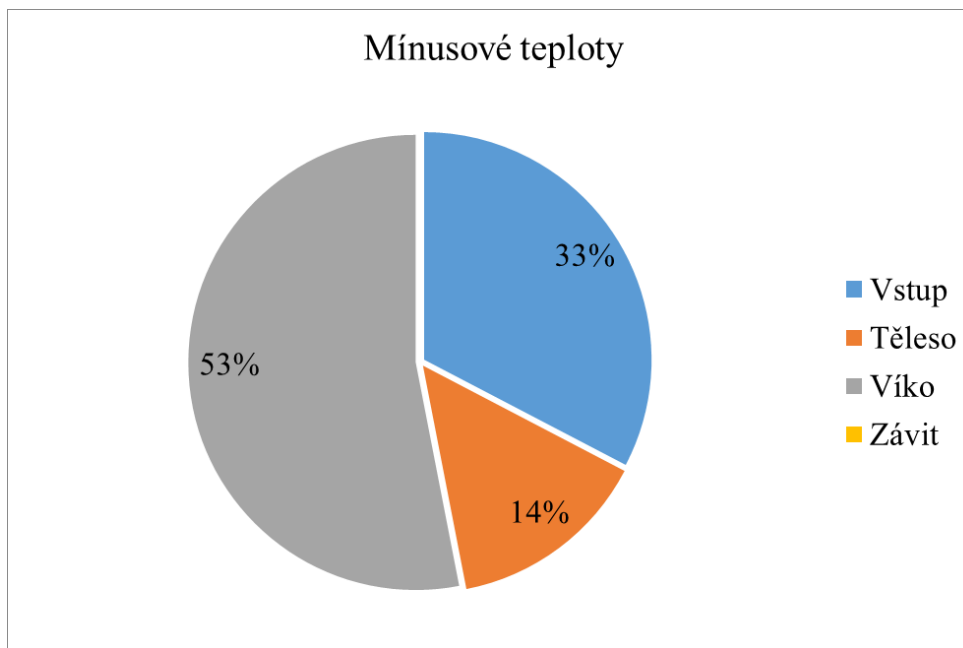
Tabulka 10.1 Naměřené hodnoty při míňusových teplotách.

	Teplota -40°C	Teplota -30°C	Teplota -20°C	Teplota -10°C	Teplota 0°C
	[bar]				
1. měření	40	34	35	31	37
2. měření	40	40	40	36	38
3. měření	40	32	36	40	39
4. měření	41	38	39	39	39
5. měření	30	35	40	40	39
6. měření	37	38	36	40	40
7. měření	40	40	39	39	40
8. měření	34	40	39	35	34
9. měření	40	36	40	40	37
10. měření	39	40	39	34	

Tabulka 10.2 Statistické zpracování naměřených hodnot pro míňusové teploty.

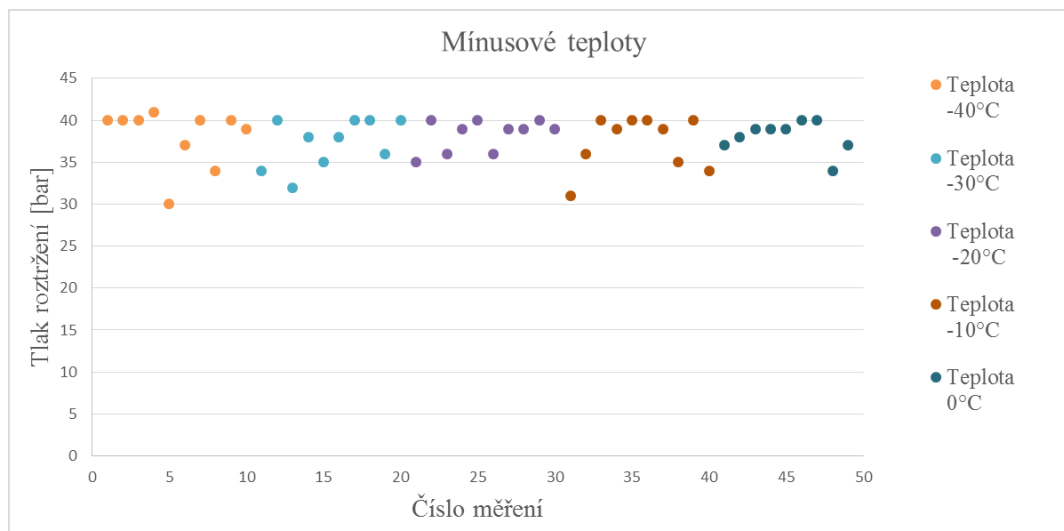
	Teplota -40°C	Teplota -30°C	Teplota -20°C	Teplota -10°C	Teplota 0°C
Maximum	41	40	40	40	40
Minimum	30	32	35	31	34
Rozdíl Max-Min	11	8	5	9	6
Suma	381	373	383	374	343
Medián	40	38	39	39	39
Modus	40	40	39	40	39
Průměr	38,10	37,30	38,30	37,40	38,11
Směrodatná odchylka	3,33	2,76	1,79	3,04	1,79
Rozptyl vý- běru	11,09	7,61	3,21	9,24	3,21
Špičatost	2,45	-0,82	-0,90	-0,11	1,92
Šikmost	-1,74	-0,68	-0,91	-1,01	-1,33

Při minusových teplotách se vyskytovali tři typy porušení materiálu (Obr. 10.9). Nejčastěji se objevovalo roztrhnutí víka a to v 53 % z celkového počtu 49 ks, jednalo se tedy o 26 ks s tímto defektem. Dále došlo u 16 ks k odlomení navařeného vstupním nátrubku a u 7 ks k roztržení tělesa. V minusových teplotách nedošlo k vyskočení závitového spoje mezi tělesem a víkem.



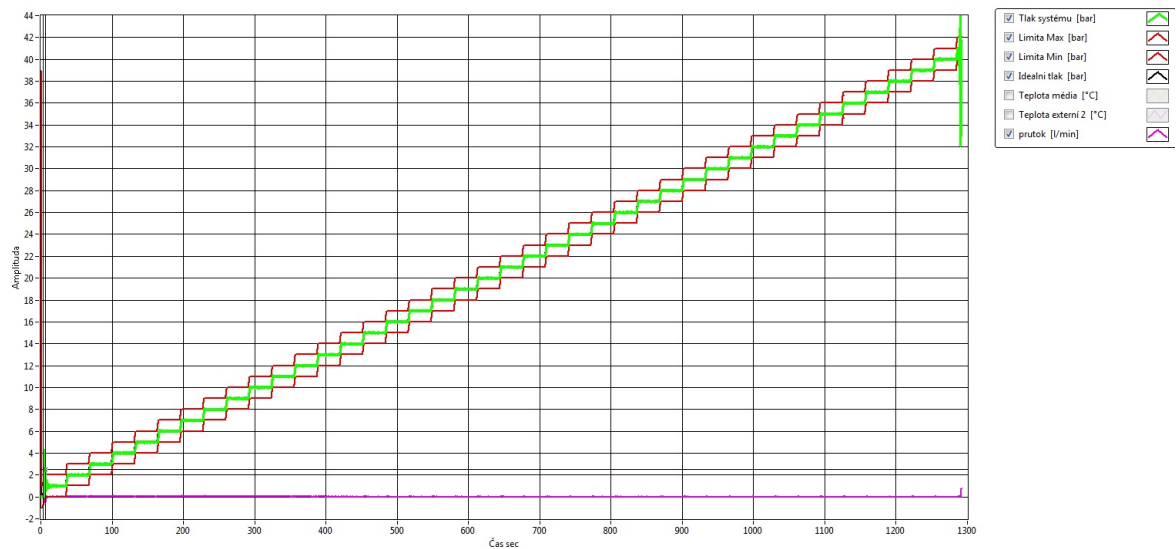
Obr. 10.9 Výšečový graf – zobrazení místa roztržení při minusových teplotách.

Na (Obr. 10.10) můžeme vidět vliv minusových teplot na tlaku roztržení, z grafu je zřejmé že v záporných hodnotách se tlak roztržení nějak výrazně neodlišuje a pohybuje se v rozmezí od 30 bar do 41 bar.



Obr. 10.10 Bodový graf s vlivem minusových teplot na tlaku roztržení.

Na (Obr 10.11) je vykreslen průběh testu při minusových teplotách, konkrétně při  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Takový to graf byl pořízen pro každý filtr, zde je vybrán jeden průběh, ostatní jsou vloženy v přílohách. Na grafu je vidět nárůst tlaku – minuta výdrže na aktuálním tlaku a poté o jeden bar navýšena. V tomto případě byla konečná hodnota roztržení 40 bar.



Obr. 10.11 Graf průběhu při  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



### 10.2.3 Plusové teploty

V plusových teplotách byl test proveden na celkem 34 kusech, pro teploty 10 °C byl zvolen větší počet kusů než pro ostatní teploty v tomto rozmezí a to z důvodu většího rozptylu výsledků. Pro teploty 20 °C a vyšší již bylo dodržováno 5 ks na teplotu (Tab. 10.3).

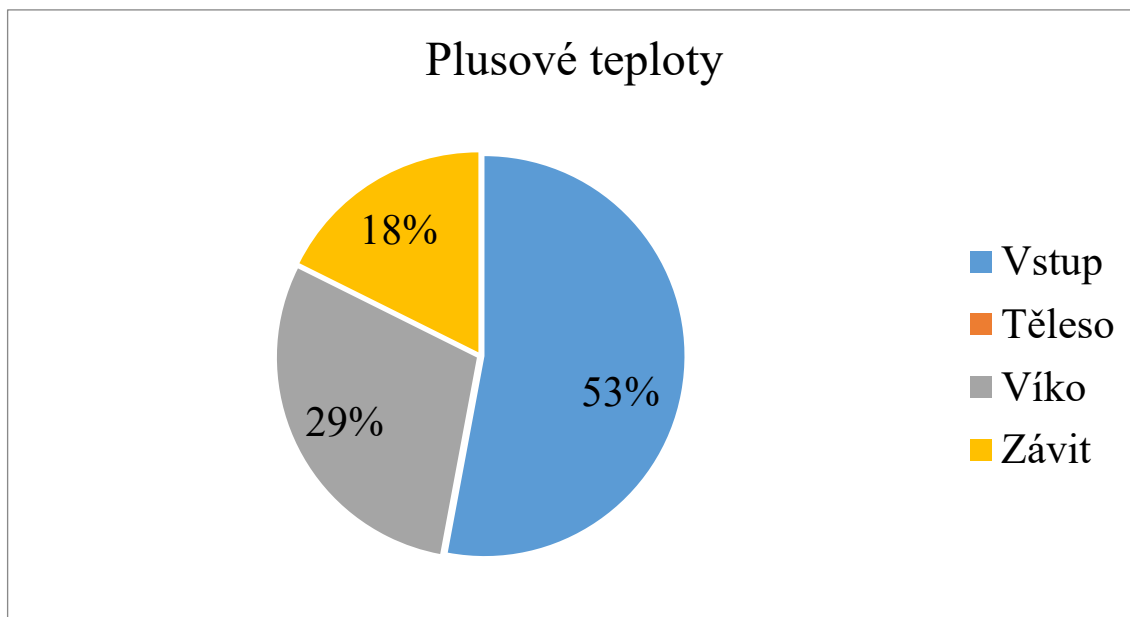
Tabulka 10.3 Naměřené hodnoty.

	Teplota 10°C	Teplota 20°C	Teplota 30°C	Teplota 40°C	Teplota 50°C	Teplota 60°C
	[bar]					
1. měření	32	35	35	31	29	24
2. měření	35	36	35	34	29	25
3. měření	32	35	37	34	30	25
4. měření	30	37	35	36	27	24
5. měření	32	37	35	35	29	25
6. měření	33					
7. měření	37					
8. měření	36					
9. měření	37					

Tabulka 10.4 Statistické zpracování naměřených hodnot.

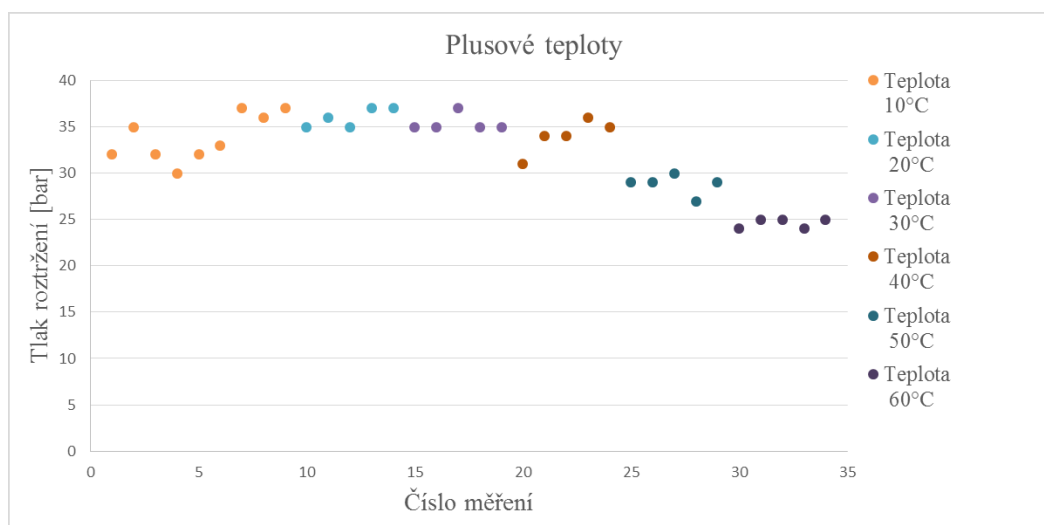
	Teplota 10°C	Teplota 20°C	Teplota 30°C	Teplota 40°C	Teplota 50°C	Teplota 60°C
Maximum	37	37	37	36	30	25
Minimum	30	35	35	31	27	24
Rozdíl Max-Min	7	2	2	5	3	1
Suma	304	180	177	170	144	123
Medián	33	36	35	34	29	25
Modus	32	35	35	34	29	25
Průměr	33,78	36,00	35,40	34,00	28,80	24,60
Směrodatná odchylka	2,39	0,89	0,80	1,67	0,98	0,49
Rozptyl vý- běru	5,73	0,80	0,64	2,80	0,96	0,24
Špičatost	-1,50	-3,00	5,00	2,00	2,92	-3,33
Šikmost	0,08	0,00	2,24	-1,15	-1,29	-0,61

Při plusových teplotách se vyskytovali tři typy porušení materiálu (Obr. 10.12). Nejčastěji se objevovalo odlomení navařeného vstupním nátrubku a to v 53 % z celkového počtu 34 ks, jednalo se tedy o 18 ks s tímto defektem. Dále došlo u 10 ks k roztržení víka a u 6 ks k vyskočení závitového spoje mezi tělesem a víkem. V plusových teplotách nedošlo k roztržení tělesa.



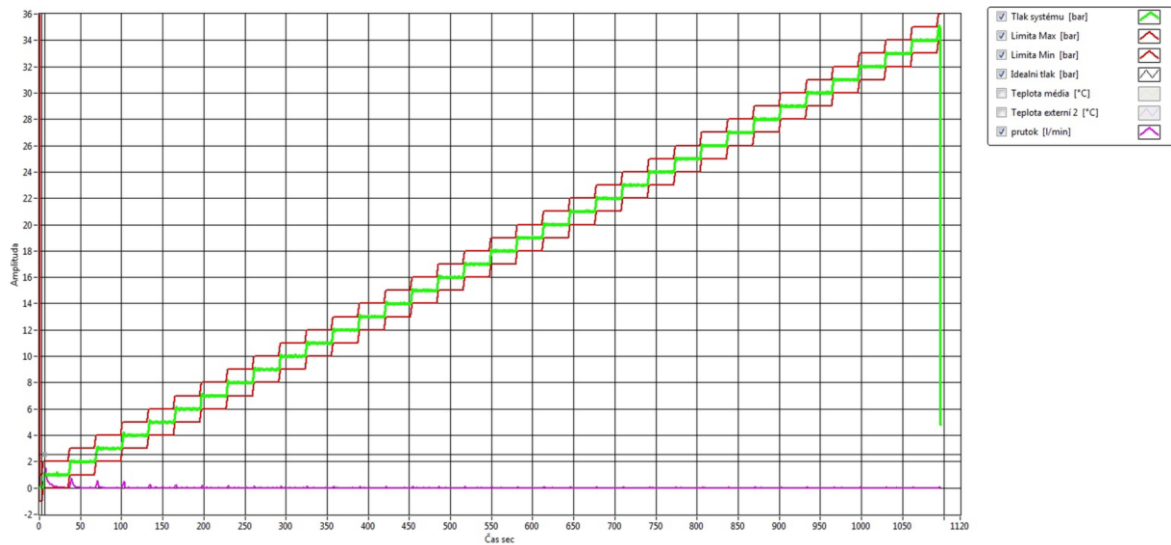
Obr. 10.12 Výšečový graf – zobrazení místa roztržení při plusových teplotách.

Na (Obr. 10.13) můžeme vidět vliv plusových teplot na tlaku roztržení, z grafu je zřejmé že při plusových teplotách už začíná mít stoupající teplota vliv na tlak roztržení. A to takovým způsobem, že se zvyšující teplotou nám klesá hodnota tlaku roztržení a pohybuje se v rozmezí od 24 bar do 37 bar.



Obr. 10.13 Bodový graf s vlivem plusových teplot na tlaku roztržení.

Na (Obr 10.14) je vykreslen průběh testu při plusových teplotách, konkrétně při +40 °C. Takový to graf byl pořízen pro každý filtr, zde je vybrán jeden průběh, ostatní jsou vloženy v přílohách. Na grafu je vidět nárůst tlaku – minuta výdrže na aktuálním tlaku a poté o jeden bar navýšena. V tomto případě byla konečná hodnota roztržení 34 bar.



Obr. 10.14 Graf průběhu při 40°C.

### 10.2.4 Vysoké teploty

Ve vysokých teplotách byl test proveden na celkem 30kusech. Pro vysoké teploty byl použit nejnižší počet kusů to z důvodu nejmenšího rozptylu všech výsledných hodnot (Tab. 10.5).

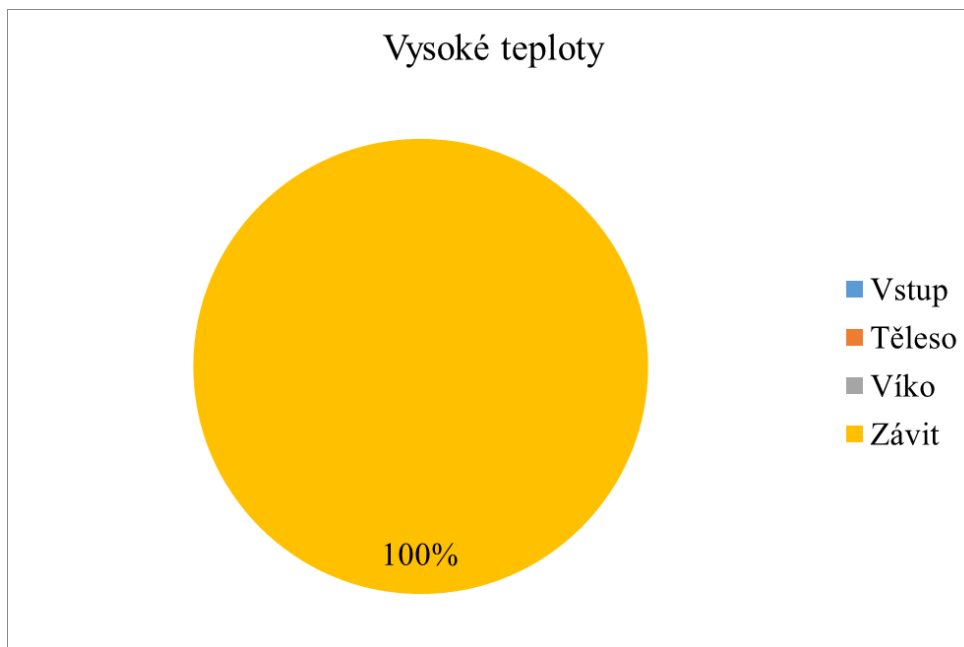
Tabulka 10.5 Naměřené hodnoty při vysokých teplotách.

	Teplota 70°C	Teplota 80°C	Teplota 90°C	Teplota 100°C	Teplota 110°C	Teplota 120°C
	[bar]					
1. měření	20	18	16	15	15	14
2. měření	20	18	16	16	15	14
3. měření	19	17	17	15	15	14
4. měření	20	17	17	16	16	14
5. měření	20	17	17	15	15	14

Tabulka 10.6 Statistické zpracování naměřených hodnot při vysokých teplotách.

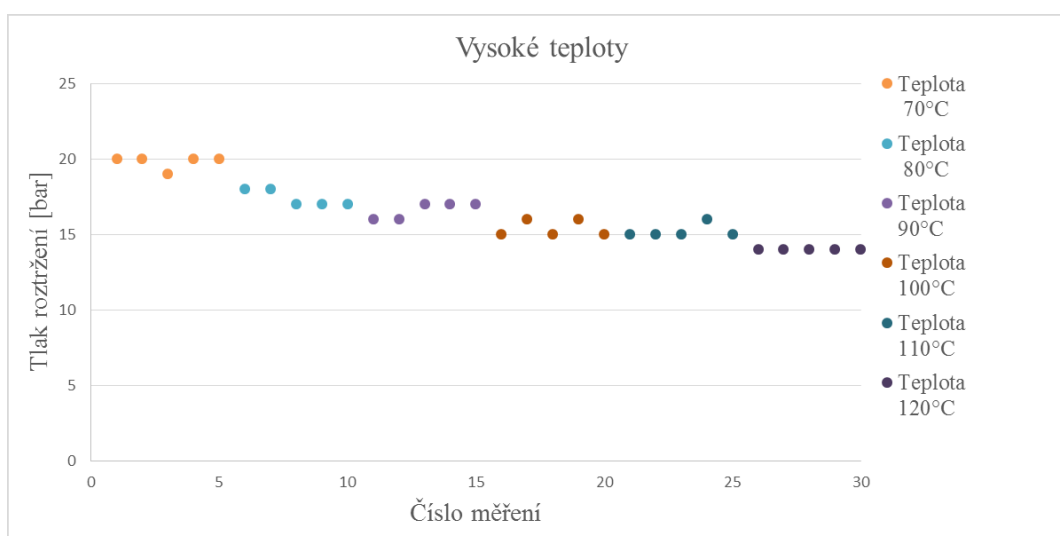
	Teplota 70°C	Teplota 80°C	Teplota 90°C	Teplota 100°C	Teplota 110°C	Teplota 120°C
Maximum	20	18	17	16	16	14
Minimum	19	17	16	15	15	14
Rozdíl Max- Min	1	1	1	1	1	0
Suma	99	87	83	77	76	70
Medián	20	17	17	15	15	14
Modus	20	17	17	15	15	14
Průměr	19,80	17,40	16,60	15,40	15,20	14,00
Směrodatná odchylka	0,40	0,49	0,49	0,49	0,40	0,00
Rozptyl vý- běru	0,16	0,24	0,24	0,24	0,16	0,00
Špičatost	5,00	-3,33	-3,33	-3,33	5,00	-
Šikmost	-2,24	0,61	-0,61	0,61	2,24	-

Při vysokých teplotách (Obr. 10.15) se vyskytoval pouze jeden typ porušení materiálu, a to vyskočení závitu mezi víkem a tělesem. Tento jev se vyskytoval u všech 30 případů měřených kusů.



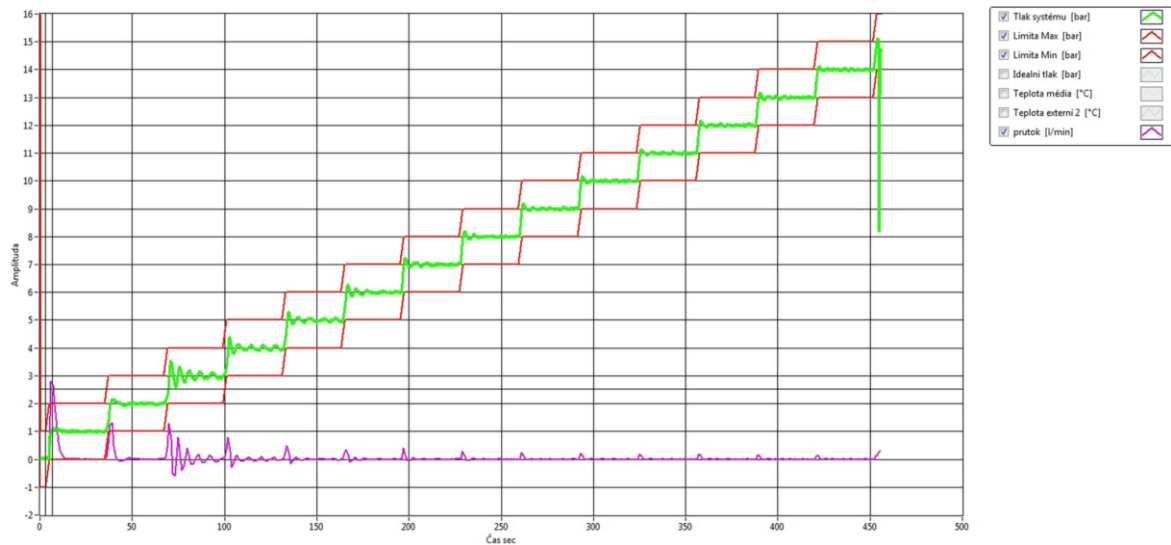
Obr. 10.15 Výšečový graf – zobrazení místa roztržení při vysokých teplotách.

Na (Obr. 10.16) můžeme vidět vliv vysokých teplot na tlaku roztržení, z grafu je zřejmé že při vysokých teplotách už má teplota zásadní vliv na tlak při roztržení. A to takovým způsobem, že se zvyšující teplotou nám klesá hodnota tlaku roztržení a pohybuje se v rozmezí od 14 bar do 20 bar.



Obr. 10.16 Bodový graf s vlivem vysokých teplot na tlaku roztržení.

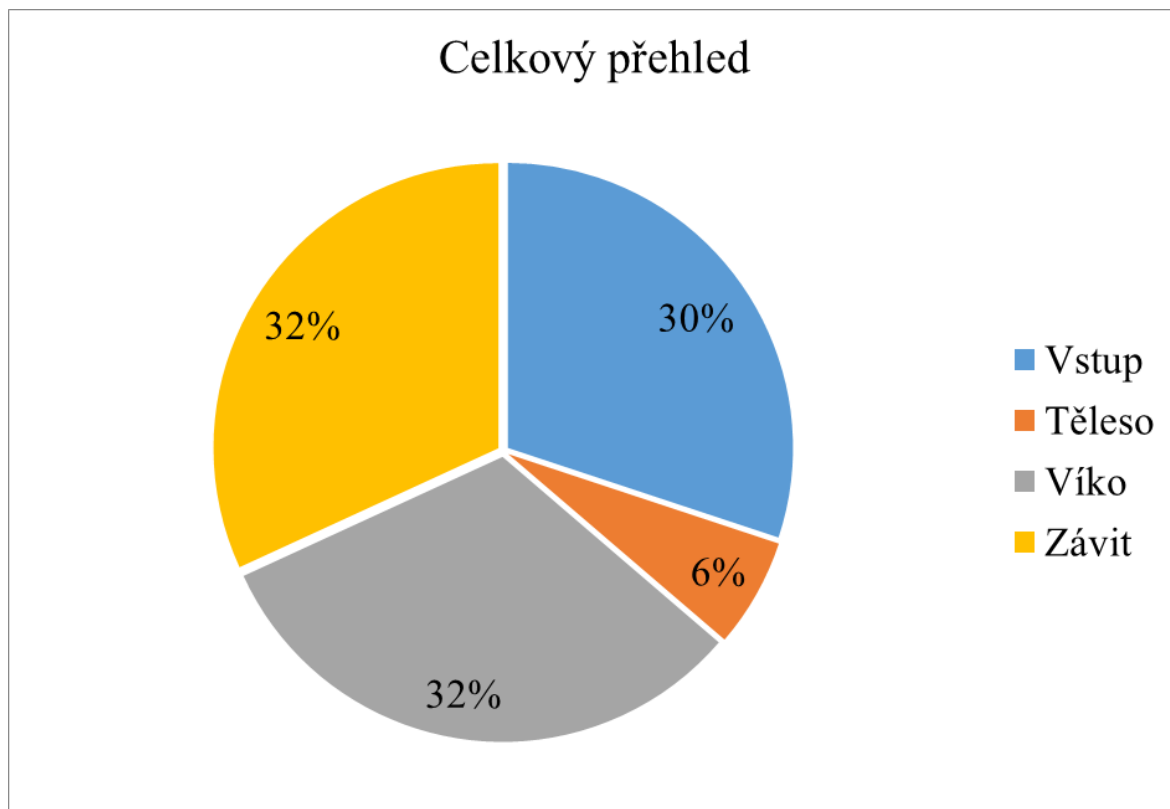
Na (Obr 10.17) je vykreslen průběh testu při vysokých teplotách, konkrétně při +120 °C. Takový to graf byl pořízen pro každý filtr, zde je vybrán jeden průběh, ostatní jsou vloženy v přílohách. Na grafu je vidět nárůst tlaku – minuta výdrže na aktuálním tlaku a poté o jeden bar navýšena. V tomto případě byla konečná hodnota roztržení 14 bar.



Obr. 10.17 Graf průběhu při 120 °C.

### 10.3 Zhodnocení výsledků měření

Z grafu pro celkový přehled (Obr. 10.18) kdy všechny výsledné hodnoty byly vloženy do výsečového grafu, aby došlo k zjištění nejčastějšího místa roztržení, vyplývá, že nejčastěji docházelo k roztržení víka a povolení závitu mezi tělesem a víkem. K oběma těmto vadám došlo shodně u 32 %, jedná se tedy o 36 kusů. U 34 kusů došlo k odlomení svařovaného víka od tělesa a nejméně častou vadou bylo roztržení tělesa, které nastalo u 7 kusů.



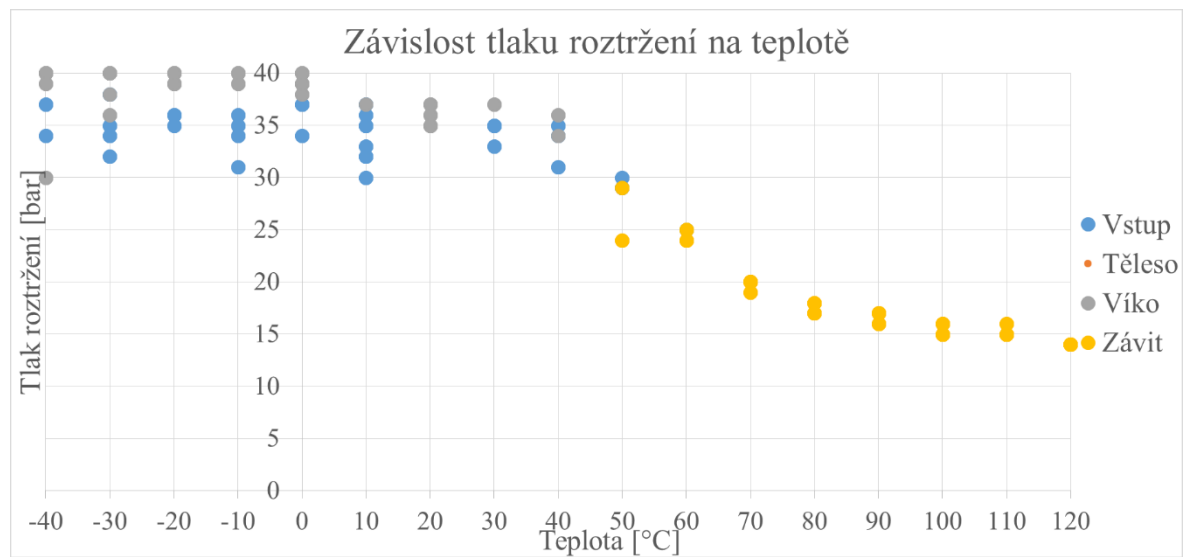
Obr. 10.18 Koláčový graf – celkový přehled.

Na (Obr. 10.19) můžeme vidět závislost tlaku roztržení na teplotě jednotlivých typu defektu, které jsou barevně odlišeny.

U záporných teplot a teplot mírně nad nulou převládají defekty, kdy dojde k roztržení tělesa nebo víka, ty dosahují nejvyššího tlaku, o něco nižší hodnoty se vyskytují, když dojde k odlomení svařovaného vstupního nátrubku.

U teplot nad 60 °C už se vyskytuje pouze vyskočení závitu, tento defekt se tu objevuje kvůli tepelné roztažnosti, které filtr dosáhne s rostoucí teplotou.

Jak můžeme vidět teplota má zásadní vliv na tlak roztržení i typ defektu. U vyšších teplot je také mnohem menší rozptyl než v teplotách minusových.



Obr. 10.19 Bodový graf – závislost tlaku roztržení na teplotě.



## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo ověření jak velký vliv má teplota na výslednou hodnotu tlaku roztržení plastového palivového filtru a jak se mění místo defektu na filtru, kde dojde k roztržení vlivem teploty, dále nesmí tlak roztržení klesnout pod hodnotu menší než 13 bar. Posledním úkolem byl návrh na optimalizaci zkoušky.

Z naměřených hodnot je vidět, že teplota má vliv na tlak roztržení. U minusových teplot (-40 °C až 0 °C) dosahují výsledné hodnoty tlaku roztržení nejvyšších hodnot, je zde také největší rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou tlaku roztržení. Pro plusové teploty (10 °C až 60 °C) jsou výsledné tlaky roztržení podobné jako u minusových. Odlišnosti nastávají u vysokých teplot (70 °C až 120 °C) se zvyšující teplotou nám výsledné tlaky roztržení klesají takřka s pravidelnou posloupností a rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou je nejmenší.

Teplota má také zásadní vliv na typ defektu, v minusových teplotách docházelo nejčastěji k roztržení víka, ale objevovalo se i roztržení tělesa a odlomení navařeného vstupního nátrubku, plusové teploty na tom byly podobně, jen se lišily největší četností defektu – odlomení navařeného vstupního nátrubku. U vysokých teplot se však vyskytoval jen jeden typ defektu a to vyskočení závitu mezi tělesem a víkem. Obecně největší tlak roztržení byl u minusových teplot a to roztržení víka. Nejnižší pak u vysokých teplot a to vyskočení závitu.

Zákaznický požadavek na minimální hodnotu 13 bar, kterou filtr musí vydržet, byl také splněn a to s dostatečnou rezervou. Minimální hodnota 13 bar je požadována při 100 °C. Naměřená nejnižší hodnota při 100 °C byla 15 bar.

První optimalizace, které byla navržena je umístění teplotních čidel do komory přímo před vstupní nátrubek a hned za výstupní nátrubek pro lepší kontrolu teploty oleje uvnitř tlakovaného filtru. Nyní je pouze nastavena teplota na komoře, která temperuje díl a není možné přesně zjistit teplotu uvnitř filtru. Druhou optimalizací je do komory mezi tlakovaný filtr a Burst Pressure Automad vložit akumulární nádobu, kde se bude olej temperovat na požadovanou teplotu před vstupem do filtru.

Na závěr chci uvést, že i když měření bylo někdy poměrně zdlouhavé, tak jsem rád, že jsem si toto téma vybral, bylo zajímavé sledovat typy defektů a výsledné tlaky roztržení za stanovených teplot, dále jsem se naučil zase o něco více zacházet s Burst Pressure Automated a jeho funkcemi, které určitě budu moci využít i pro ostatní typy testovaných filtrů.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DURST, Michael, Gunnar-Marcel KLEIN a Nikolaus MOSER. *Automotive Filtration*. Ludwigsburg: Mann+Hummel, 2002, 94 s.
- [2] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily 4 příslušenství*. 4. vyd. Brno: Avid spol s.r.o, 2005, 305 s. ISBN 80-903671-0-0.
- [3] *Benzín* [online]. 2015 [cit. 2017-12-16]. Dostupné z: <http://www.chlifbikers.cz/technika/benzin/benzin.htm>
- [4] BLAŽEK, Josef a Vratislav RÁBL. *Základy zpracování a využití ropy*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-708-0619-2.
- [5] SUTHERLAND, Ken. *Filters and Filtration Handbook*. 5th Edition. Oxford: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2008, 536 s. ISBN 978-185-6174-640.
- [6] HRŮZA, Jakub. *Automobilové filtry* [online]. 2014 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3336645/>
- [7] TŘEŠŇÁK, Michal. *Vliv vzduchového filtru na výkon automobilu* [online]. Pardubice, 2013 [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: [http://dspace.upce.cz/bitstream/handle/10195/51636/T%C5%99e%C5%A1%C5%88%C3%A1k%20M\\_Vliv%20filtru\\_JP\\_2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://dspace.upce.cz/bitstream/handle/10195/51636/T%C5%99e%C5%A1%C5%88%C3%A1k%20M_Vliv%20filtru_JP_2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Ing. Jan Pokorný.
- [8] DUSIL, Tomáš. *Filtry pevných částic* [online]. 2016 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/technika-filtry-pevnych-castic-jak-vlastne-funguji-a-regeneruji-1-dil-93106>
- [9] STAREČEK, Jakub. *Filtry pevných částic a způsoby jejich regenerace* [online]. Brno, 2013 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=65274](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65274). Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.
- [10] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily 3 motory*. 3. vyd. Brno: Avid spol s.r.o, 2006, 165 s. ISBN 80-903671-1-9.
- [11] *Palivový filtr a jeho vlastnosti* [online]. 2018 [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <http://www.servis-auto-moto.cz/palivovy-filtr-a-jeho-vlastnosti/>

- [12] JAHODA, Patrik. *Stanice pro měření výkonu topení palivových filtrů* [online]. Brno, 2017 [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=148991](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=148991). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Lubomír Drápal.
- [13] *Mann+Hummel* [online]. 2018 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: [https://www.mann-fil-ter.com/fileadmin/user\\_upload/MannFilter/dealers/service/infomaterial/pdf/W993912101.pdf](https://www.mann-fil-ter.com/fileadmin/user_upload/MannFilter/dealers/service/infomaterial/pdf/W993912101.pdf)
- [14] *Význam pokročilé filtrace paliv v moderních dieselových motorech* [online]. 2014 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/vyznam-pokrocile-filtrace-paliv-v-modernich-dieselovych-motorech>
- [15] *Mann+Hummel palivové filtry* [online]. 2018 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://www.mann-hummel.com/en/research-and-development/filter-technology-in-detail/water-separation-in-three-stages/>
- [16] *Diesel heater* [online]. 2018 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.elektgroup.it/c/automotive/aut-products/heaters/0>
- [17] *PTC tělesa* [online]. 2017 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://www.backer-elektro.cz/produkty/ptc-telesa>
- [18] *Interní materiály*. MANN+HUMMEL Service Česká republika, s. r. o., Nová Ves 2017
- [19] BENNETT, Sean. *Modern Diesel Technology: Diesel Engines*. 2nd Edition. Stamford, CT: Cengage Learning, 2015, 391 s. ISBN 978-1-285-44296-9.
- [20] BOSCH, Robert. *Diesel-Engine Management*. 4th Edition., completely rev. and extended. Chichester: Wiley, 2005, 501 s. ISBN 0-470-02689-8.
- [21] SPARKS, Trevor a George CHASE. *Filters and Filtration Handbook*. 6th Edition. Boston, MA: Elsevier, 2016, 431 s. ISBN 978-0-08-099396-6.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Al	Hliník
BMW	Bayerische Motoren Werke – Bavorské motorové závody
BP	Burst Pressure – tlak roztržení
C	Uhlík
CaČ	Cetanové číslo
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
FKM	Fluorový kaučuk
FVMQ	Silikonový kaučuk
H	Vodík
ISO	International Organization for Standardization – mezinárodní organizace zabývající se tvorbou mezinárodních norem
Ks	Kus
Ni	Nikl
PA	Polyamid
PTC	Positive Temperature Coefficient – pozitivní teplotní koeficient
WiF	Water in Fuel Sensor – senzor na detekci vody
Zi	Zinek
bar	[Pa] Tlak 1 bar = 100 000 Pa
s. r. o.	společnost s ručením omezeným

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1.1 Rozmístění filtrů v automobilu. [1] .....	12
Obr. 2.1 Stavba různých druhů molekul uhlovodíkových paliv. [3] .....	14
Obr. 2.2 Frakční destilace. [2] .....	15
Obr. 2.3 Destilační křivka motorové nafty. [2].....	16
Obr. 3.1 Vzduchový filtr. [5] .....	18
Obr. 3.2 Částicový filtr. [6], Obr. 3.3 Částicový filtr s aktivním uhlím. [6].....	20
Obr. 3.4 Vzduchový filtr v motoru. [6].....	21
Obr. 3.5 Schéma filtru pevných částic a průběh průchodu zplodin. [6] .....	22
Obr. 3.6 Olejový filtr s bypass ventilem. [6] .....	23
Obr. 3.7 Palivový filtr s detekcí vody. [6] .....	23
Obr. 4.1 Plnoprůtokový čistič oleje. [10].....	24
Obr. 4.2 Obtokový čistič oleje. [10] .....	25
Obr. 4.3 Nerozebíratelný plnoprůtokový olejový filtr s papírovým elementem. [10]	26
Obr. 4.4 Plnoprůtokový olejový filtrační modul. [10].....	27
Obr. 4.5 Odstředivý filtr oleje (centrifuga). [10] .....	28
Obr. 4.6 Chladič oleje chlazený vodou. [10] .....	29
Obr. 5.1 Nerozebíratelný palivový filtr a výměnný filtrační element. [13].....	30
Obr. 5.2 Palivový filtr se sběrnou nádobou na vodu. ....	31
Obr. 5.3 Tvorba částic vosku. [12] .....	32
Obr. 5.4 Filtr s elektrickým vyhříváním paliva. [2].....	32
Obr. 5.5 Elektrická topení pro palivové filtry. [16] .....	33
Obr. 5.6 Elektrická topení s PTC elementy. ....	34
Obr. 6.1 Nízko frekvenční pulzační stanice.....	35
Obr. 6.2 Heliová stanice pro detekci netěsnosti.....	36
Obr. 6.3 Měření netěsnosti (zvenku dovnitř). [18] .....	37
Obr. 6.4 Lokalizace netěsnosti (zevnitř ven). [18] .....	38
Obr. 6.5 Stanice pro měření ztrátového tlaku. ....	39
Obr. 6.6 Mrazicí box.....	40
Obr. 6.7 Teplotní komora. ....	40
Obr. 8.1 Palivový filtr MB1179.....	43
Obr. 8.2 Kusovník součástí palivového filtru MB1179. ....	44
Obr. 8.3 Řez palivovým filtrem MB1179.....	45

Obr. 9.1 Burst Pressure Automated. ....	47
Obr. 9.2 Teplotní komora. ....	48
Obr. 10.1 Uložení filtru v teplotní komoře. ....	49
Obr. 10.2 Připojení hadic. ....	50
Obr. 10.3 Burst Pressure Automated. ....	50
Obr. 10.4 Trvalá deformace. ....	51
Obr. 10.5 Vstup. ....	52
Obr. 10.6 Těleso. ....	52
Obr. 10.7 Víko. ....	53
Obr. 10.8 Závit. ....	53
Obr. 10.9 Výsečový graf – zobrazení místa roztržení při minusových teplotách. ....	55
Obr. 10.10 Bodový graf s vlivem minusových teplot na tlaku roztržení. ....	55
Obr. 10.11 Graf průběhu při -40°C. ....	56
Obr. 10.12 Výsečový graf – zobrazení místa roztržení při plusových teplotách. ....	58
Obr. 10.13 Bodový graf s vlivem plusových teplot na tlaku roztržení. ....	58
Obr. 10.14 Graf průběhu při 40°C. ....	59
Obr. 10.15 Výsečový graf – zobrazení místa roztržení při vysokých teplotách. ....	61
Obr. 10.16 Bodový graf s vlivem vysokých teplot na tlaku roztržení. ....	61
Obr. 10.17 Graf průběhu při 120 °C. ....	62
Obr. 10.18 Koláčový graf – celkový přehled. ....	63
Obr. 10.19 Bodový graf – závislost tlaku roztržení na teplotě. ....	64

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 10.1 Naměřené hodnoty při minusových teplotách. ....	54
Tabulka 10.2 Statistické zpracování naměřených hodnot pro minusové teploty. ....	54
Tabulka 10.3 Naměřené hodnoty. ....	57
Tabulka 10.4 Statistické zpracování naměřených hodnot. ....	57
Tabulka 10.5 Naměřené hodnoty při vysokých teplotách. ....	60
Tabulka 10.6 Statistické zpracování naměřených hodnot při vysokých teplotách. ....	60

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Volba programu na testovacím zařízení Burst Pressure Automated

Příloha P II: Graf průběhu při -40 °C

Příloha P III: Graf průběhu při -30 °C

Příloha P IV: Graf průběhu při -20 °C

Příloha P V: Graf průběhu při -10 °C

Příloha P VI: Graf průběhu při 0 °C

Příloha P VII: Graf průběhu při 10 °C

Příloha P VIII: Graf průběhu při 20 °C

Příloha P IX: Graf průběhu při 30 °C

Příloha P X: Graf průběhu při 40 °C

Příloha P XI: Graf průběhu při 50 °C

Příloha P XII: Graf průběhu při 60 °C

Příloha P XIII: Graf průběhu při 70 °C

Příloha P XIV: Graf průběhu při 80 °C

Příloha P XV: Graf průběhu při 90 °C

Příloha P XVI: Graf průběhu při 100 °C

Příloha P XVII: Graf průběhu při 110 °C

Příloha P XVIII: Graf průběhu při 120 °C



# Příloha P I: Volba programu na testovacím zařízení Burst Pressure Automated

Manuální režim a diagnostika

Test

Monitorování poruch

Nastavení

Jméno testu nahraného v cíli

DP-MB1179-S009

Označení testovaného vzorku

S009

Nastavení událostí

Nastavení testu

Exit

**Stop Test**

Průběh testu █

Cykly vyžadováno

Aktuální počet cyklů

Čas testu

Čas od startu testu

Konec testu

Počet strojních hodin: "HH:MM:SS"

Stav automatu

**Stop Ohřevu**

**Stop Proplach**

Amplituda proplachu  Offset proplachu

Uživatelský spínač 1

Uživatelský spínač 2

Uživatelský spínač 3

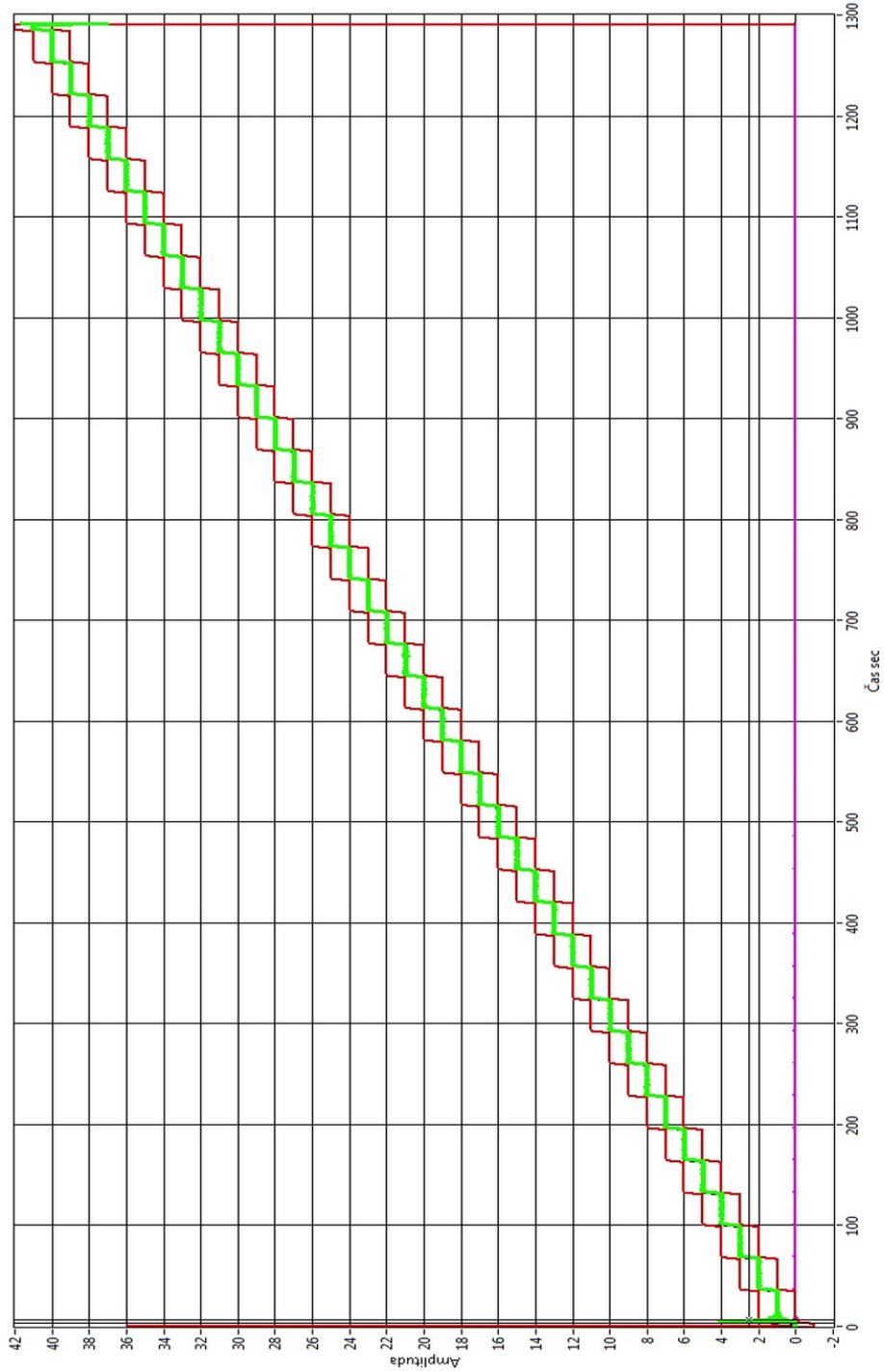
Držet tlak po odvzdušnění

Průběh odvzdušnění

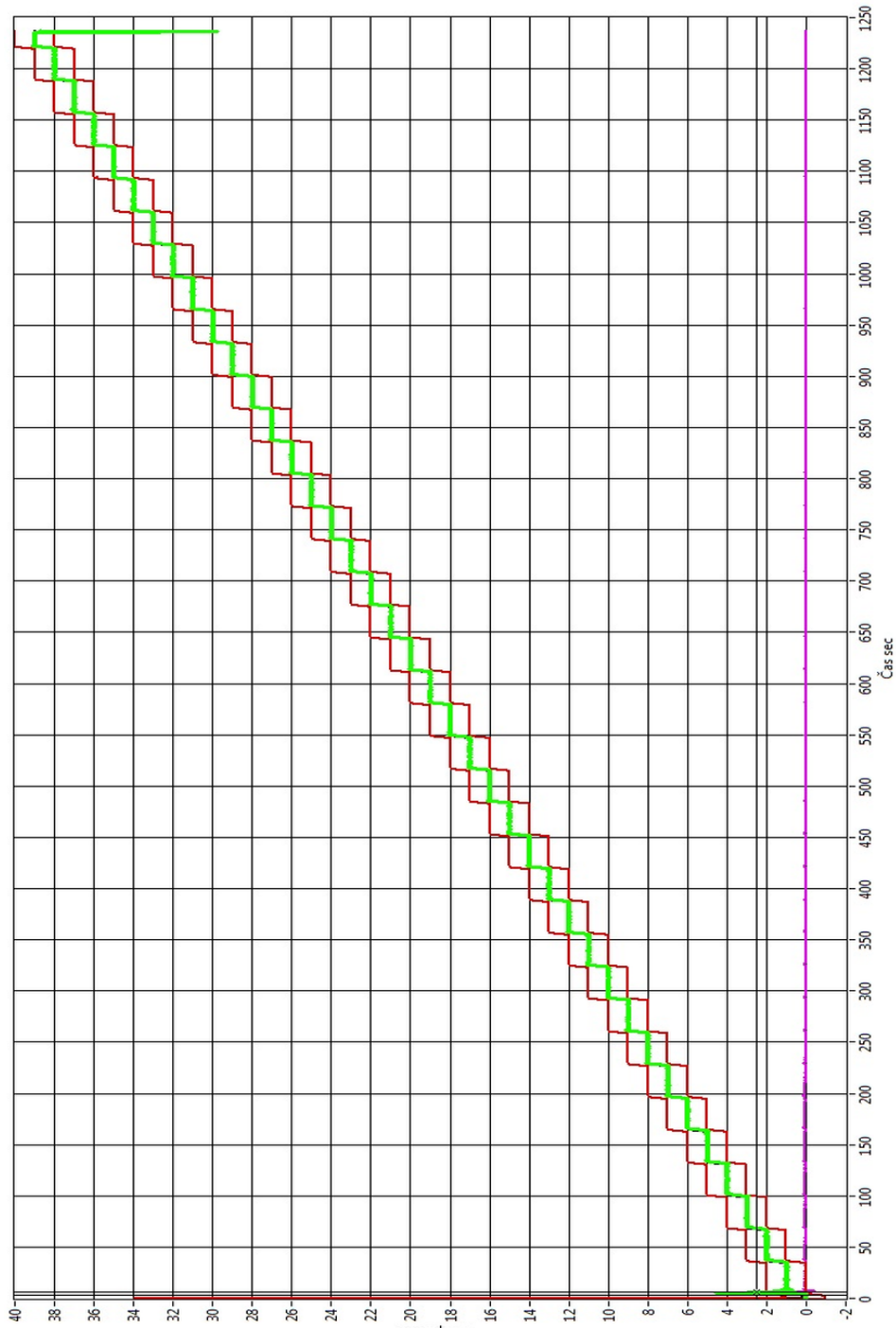
Čas od startu proplachu

<input checked="" type="checkbox"/> Tlak systémů [bar]	27,02
<input checked="" type="checkbox"/> Limita Max [bar]	28,00
<input checked="" type="checkbox"/> Limita Min [bar]	26,00
<input checked="" type="checkbox"/> Ideální tlak [bar]	27,00
<input checked="" type="checkbox"/> Teplota média [°C]	46,11
<input checked="" type="checkbox"/> Teplota externí 2 [°C]	-30,48
<input checked="" type="checkbox"/> Prtok [l/min]	0,00

## Příloha P II: Graf průběhu při -40 °C



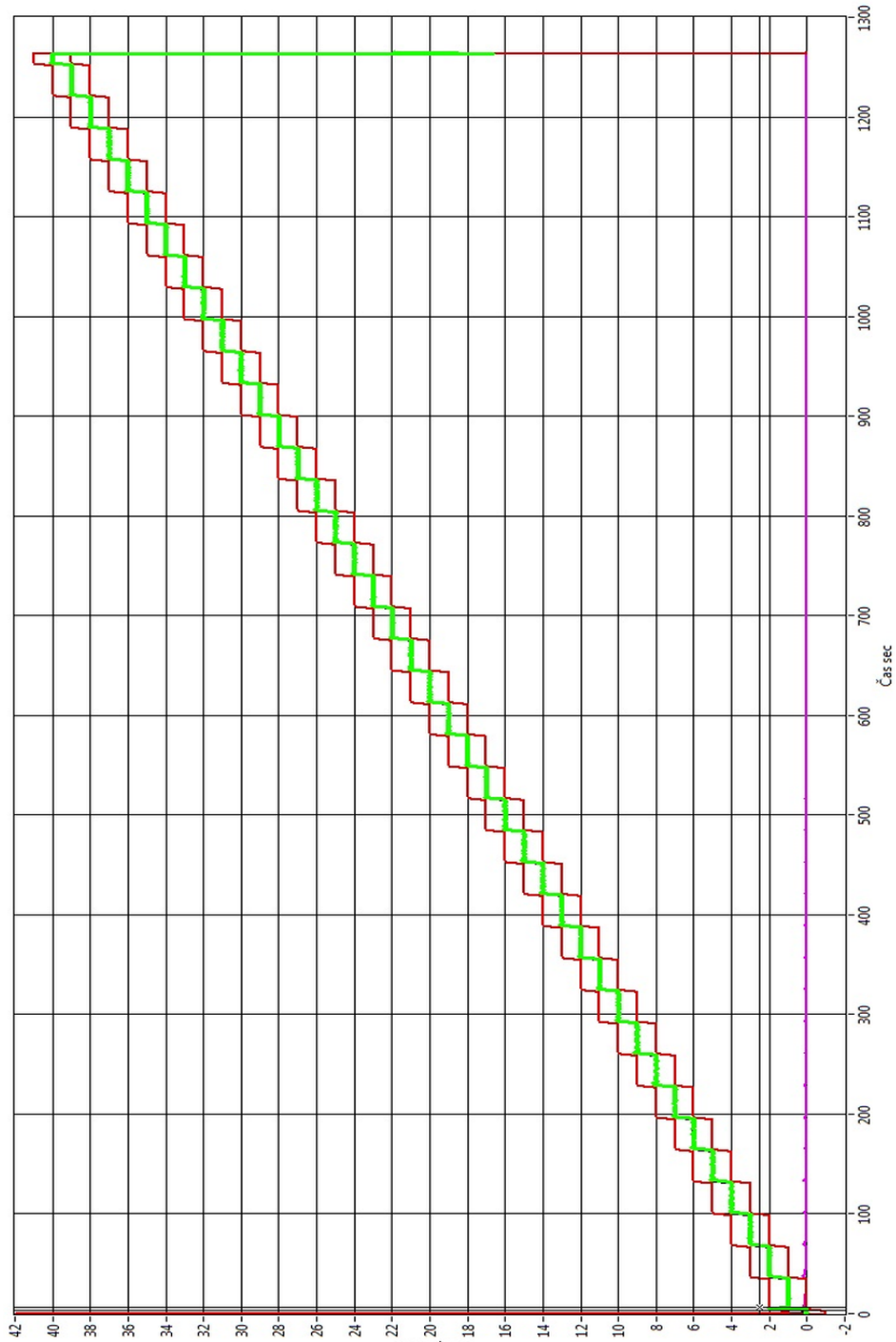
# Příloha P III: Graf průběhu při -30 °C



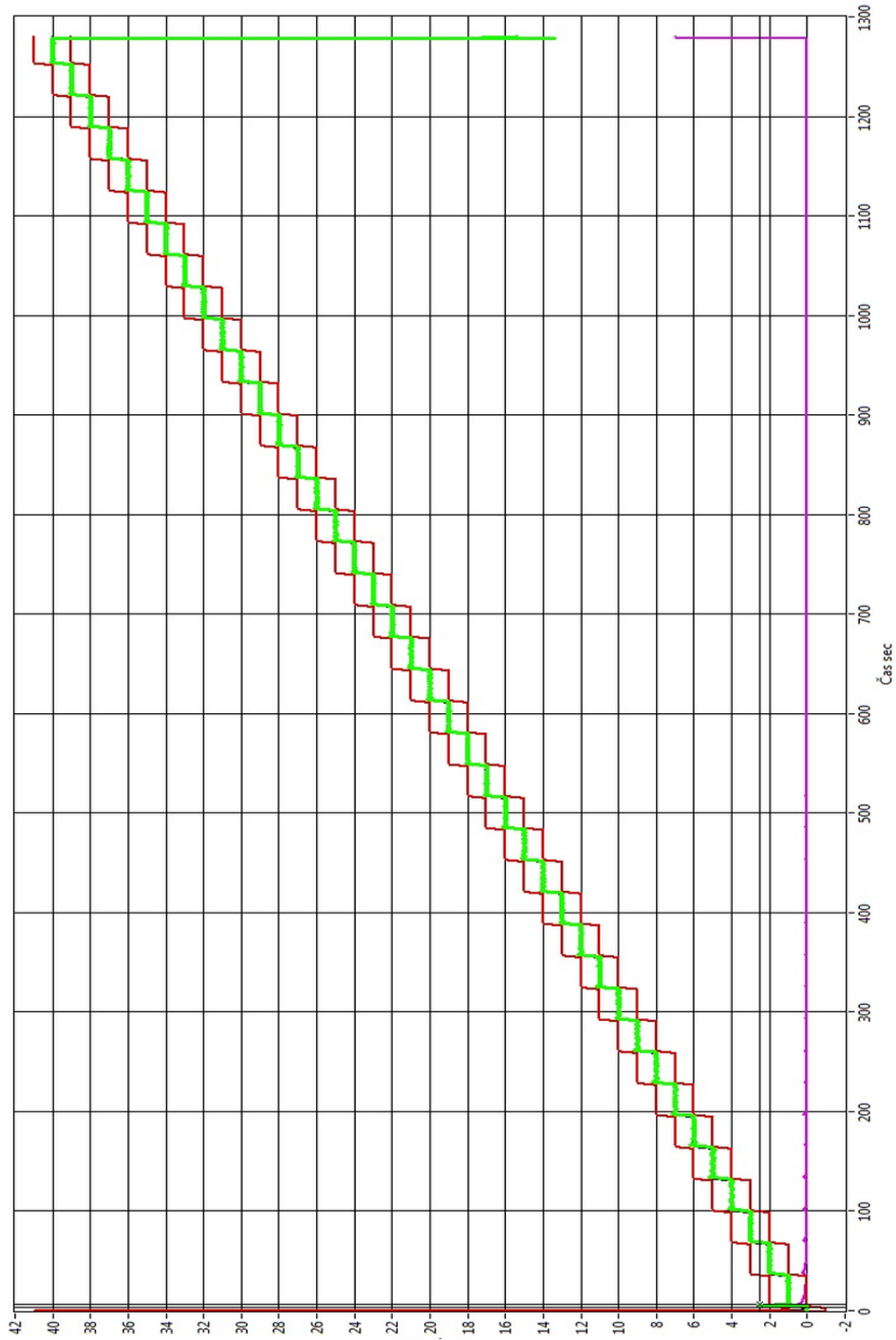
# Příloha P IV: Graf průběhu při -20 °C



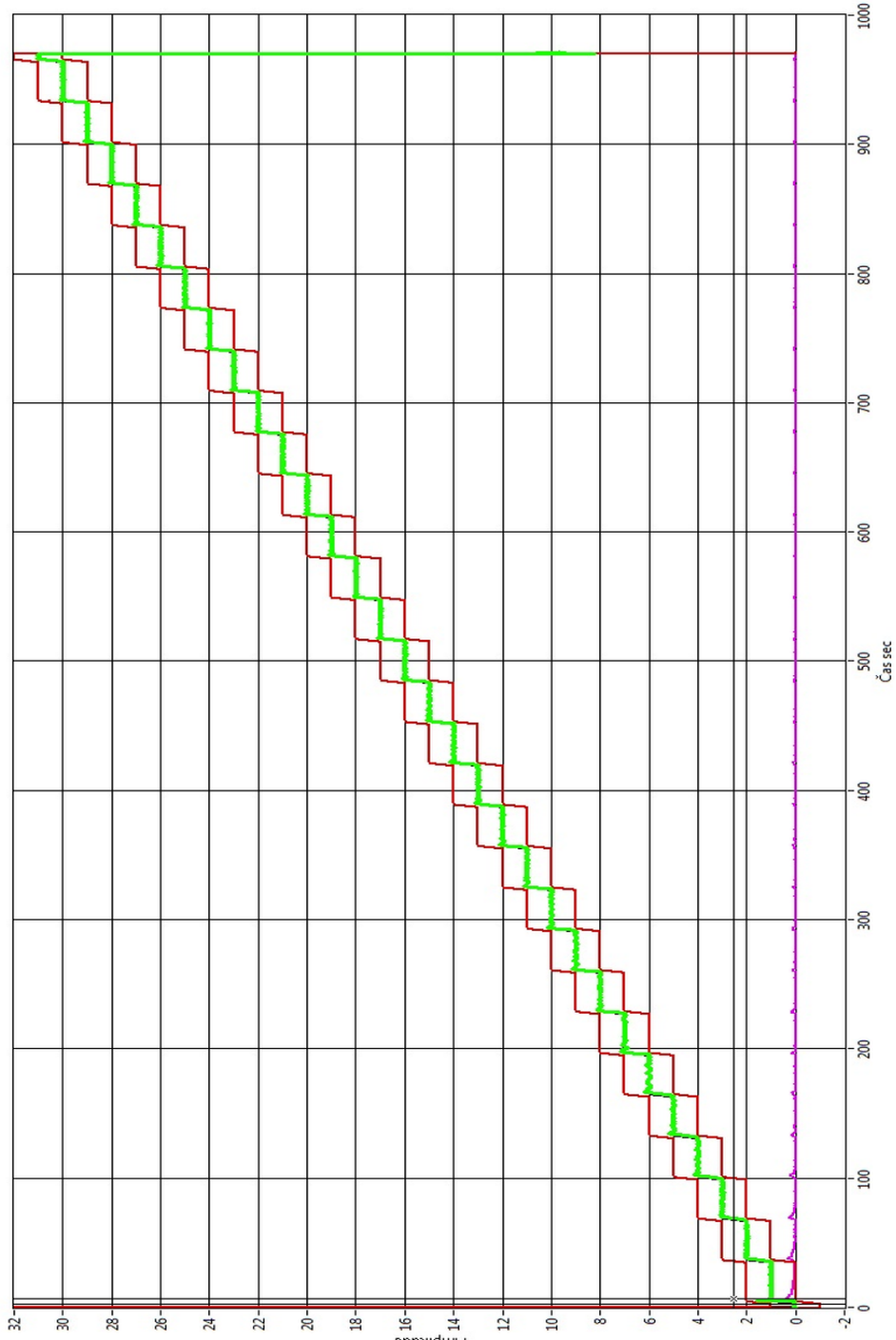
# Příloha P V: Graf průběhu při -10 °C



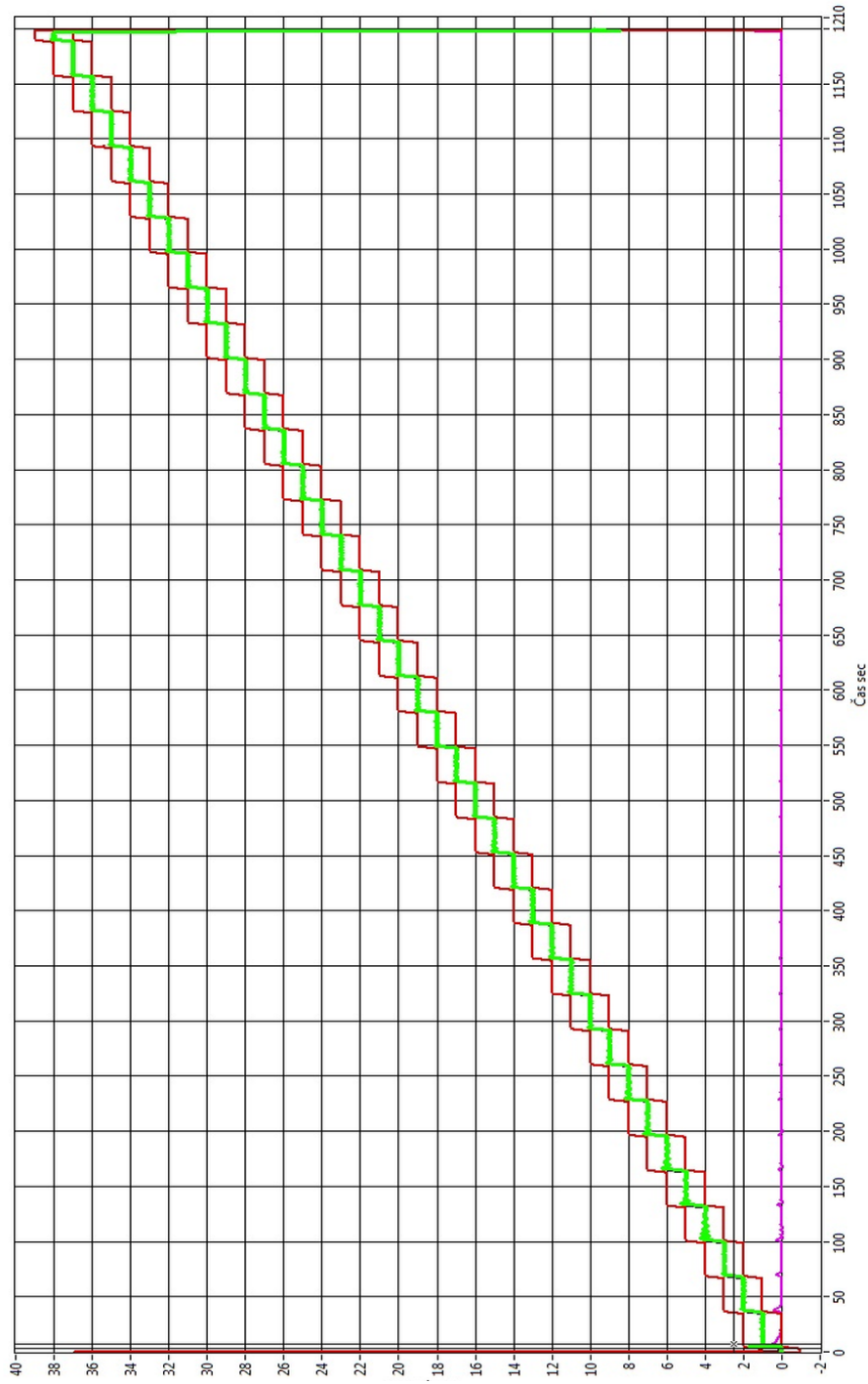
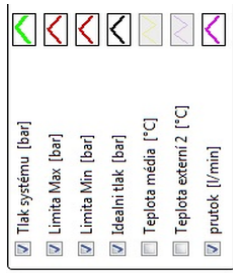
## Příloha P VI: Graf průběhu při 0 °C



# Příloha P VII: Graf průběhu při 10 °C

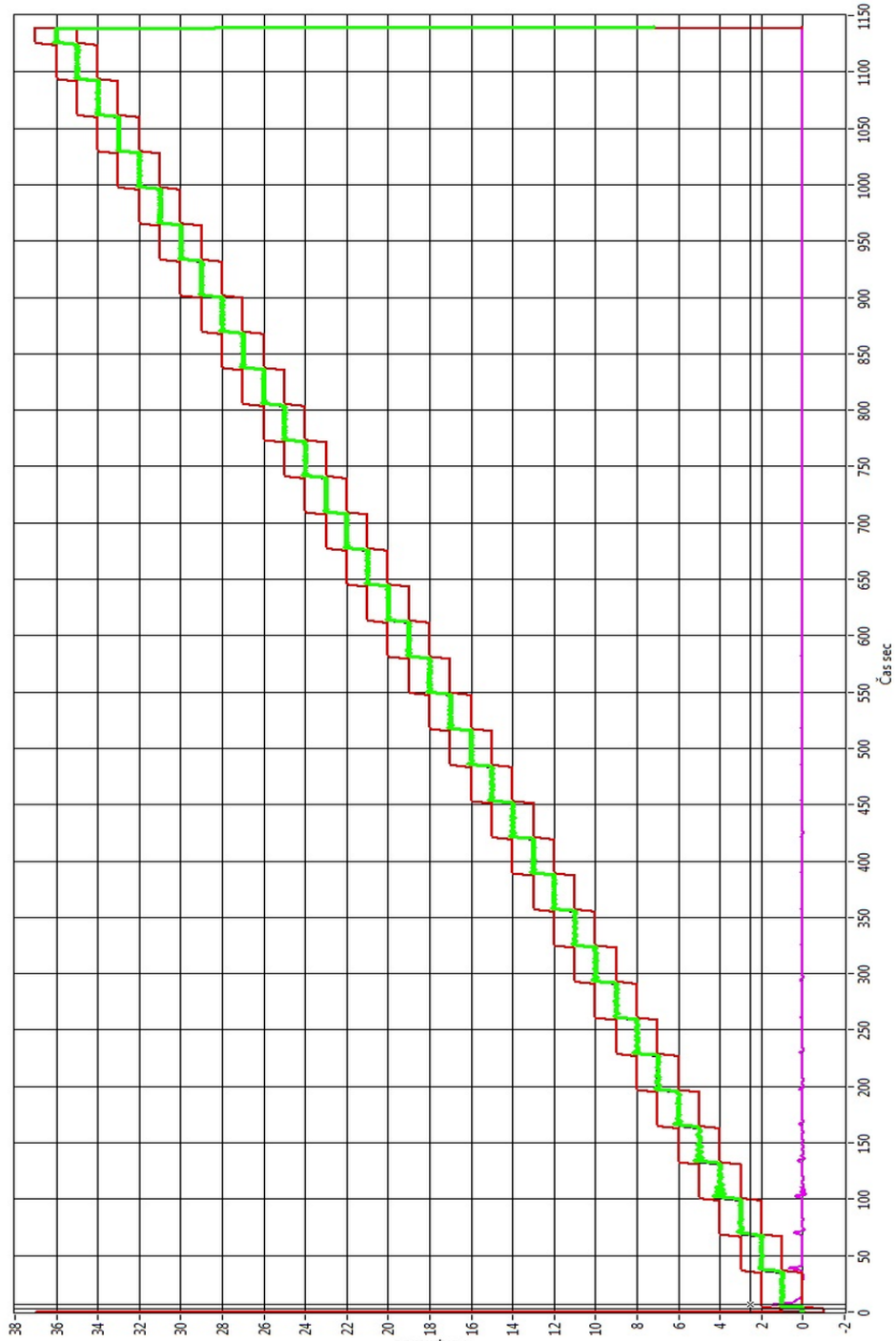


# Příloha P VIII: Graf průběhu při 20 °C

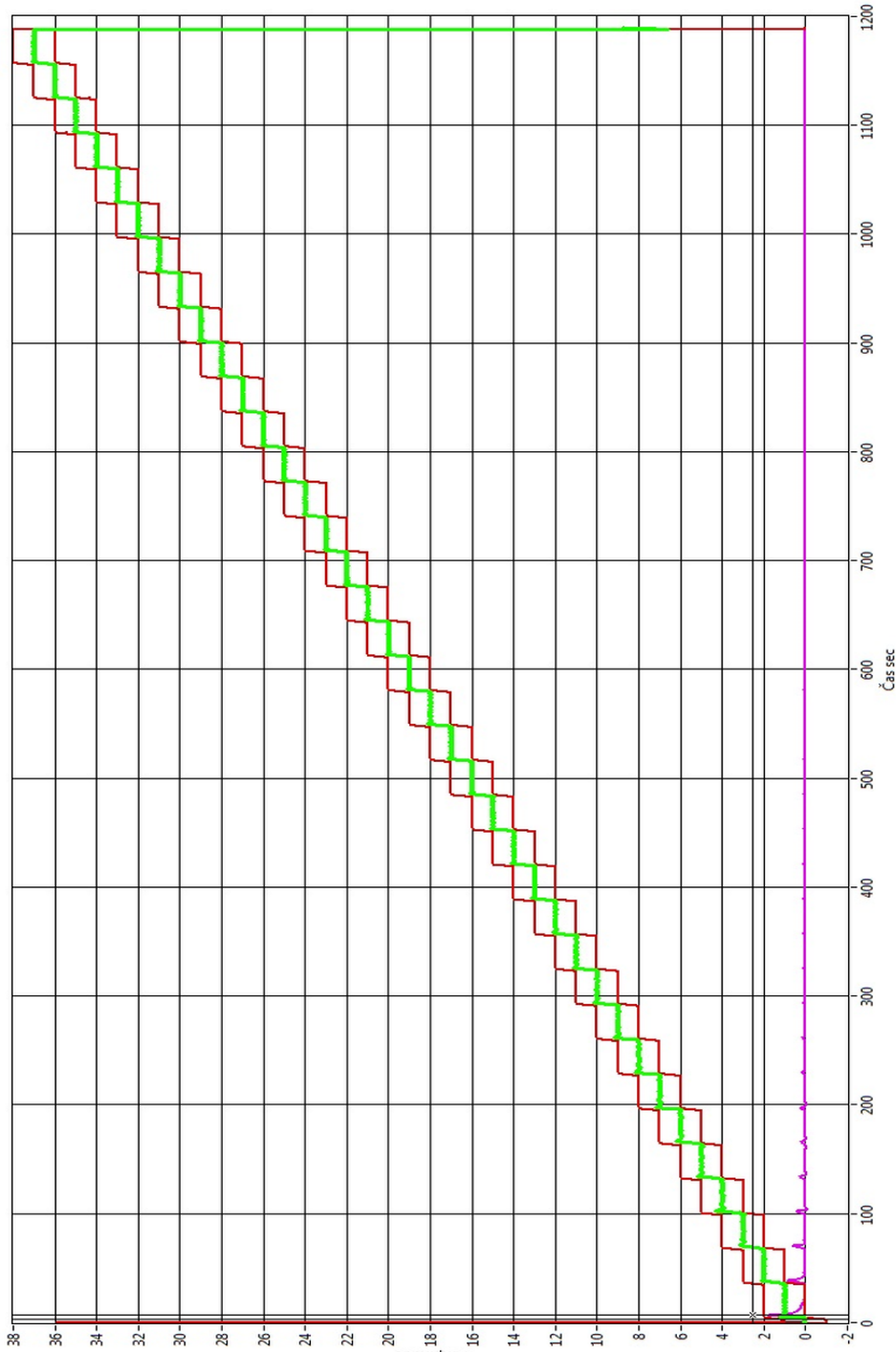




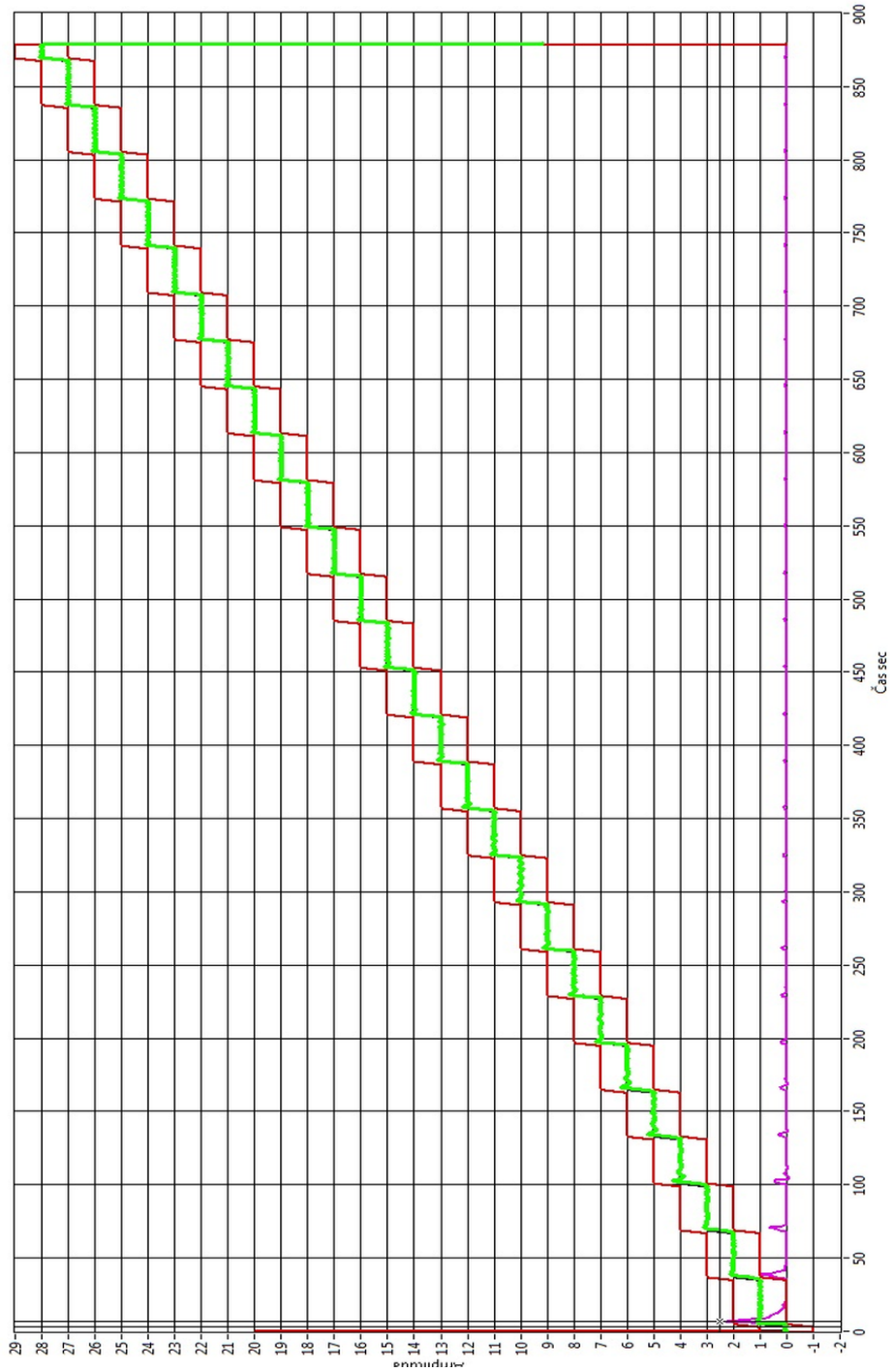
# Příloha P IX: Graf průběhu při 30 °C



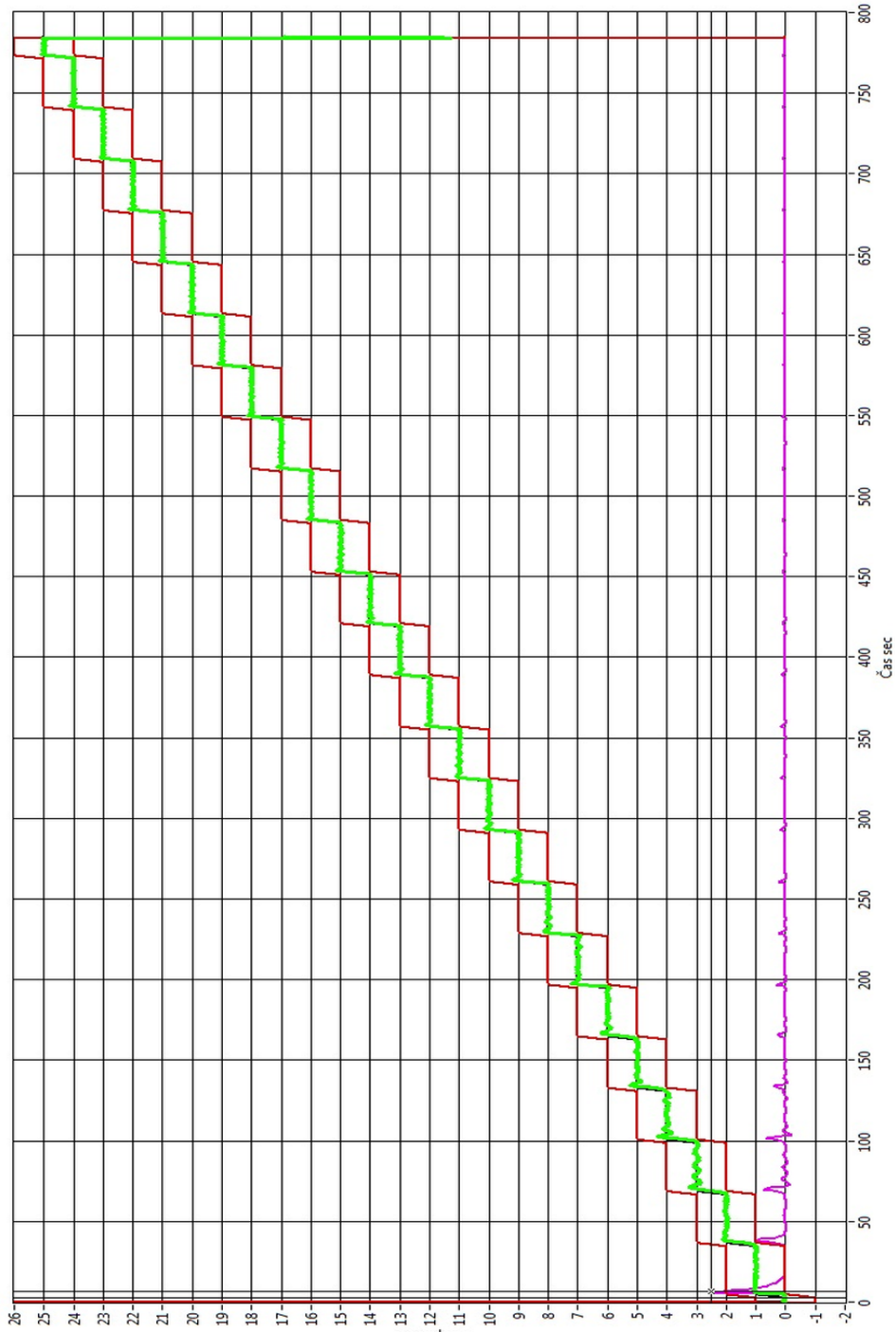
# Příloha P X: Graf průběhu při 40 °C



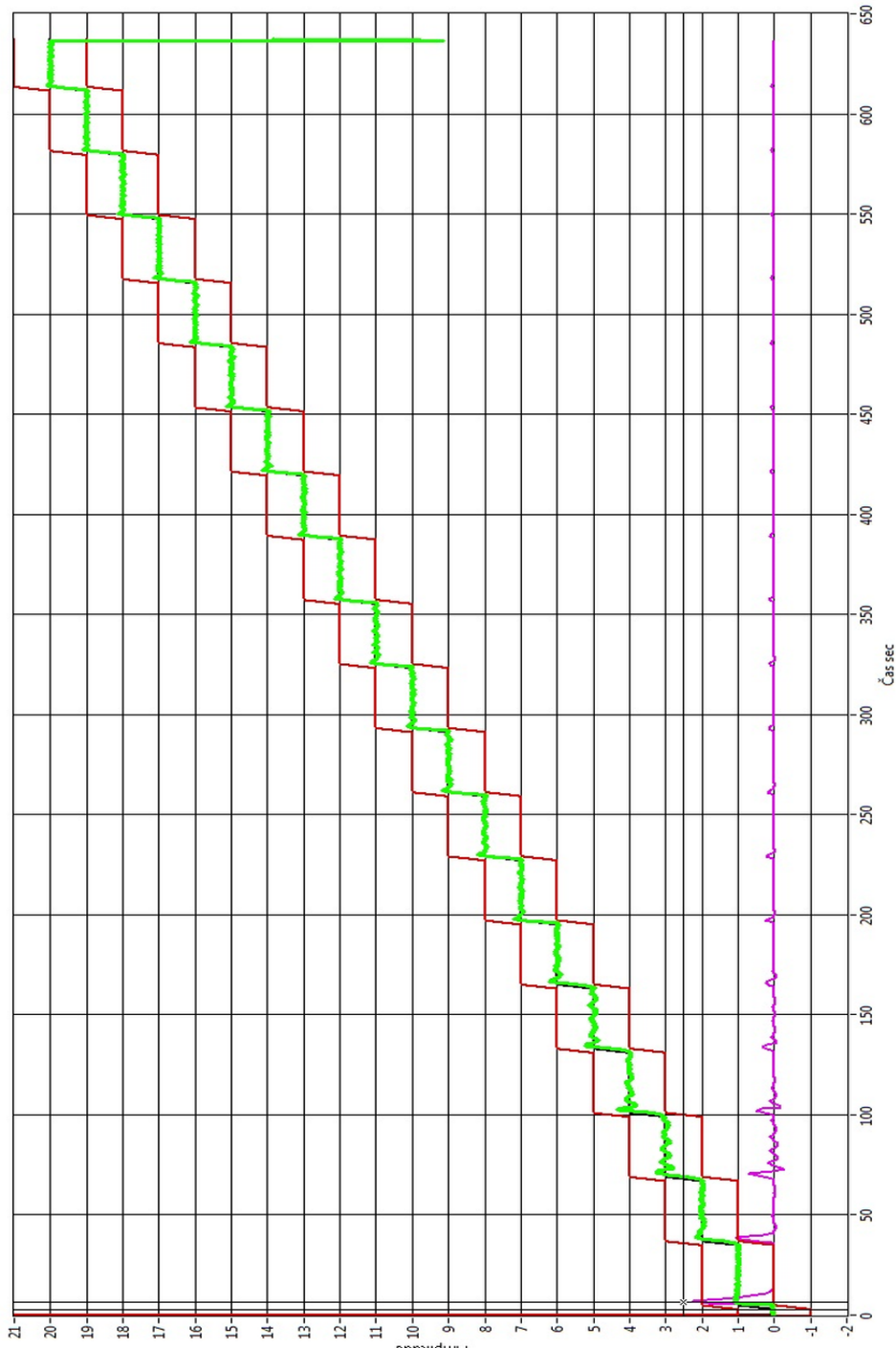
# Příloha P XI: Graf průběhu při 50 °C



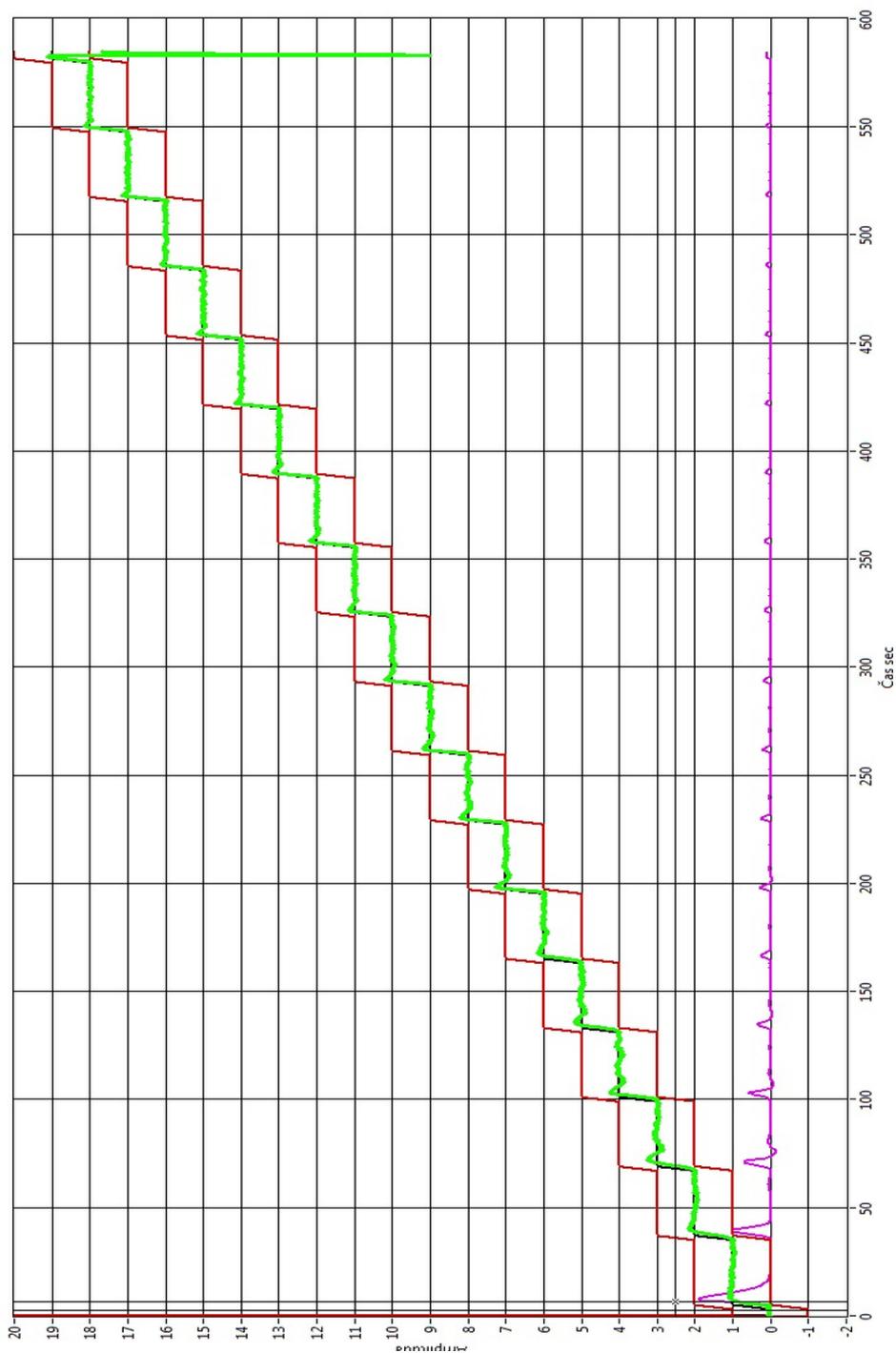
## Příloha P XII: Graf průběhu při 60 °C



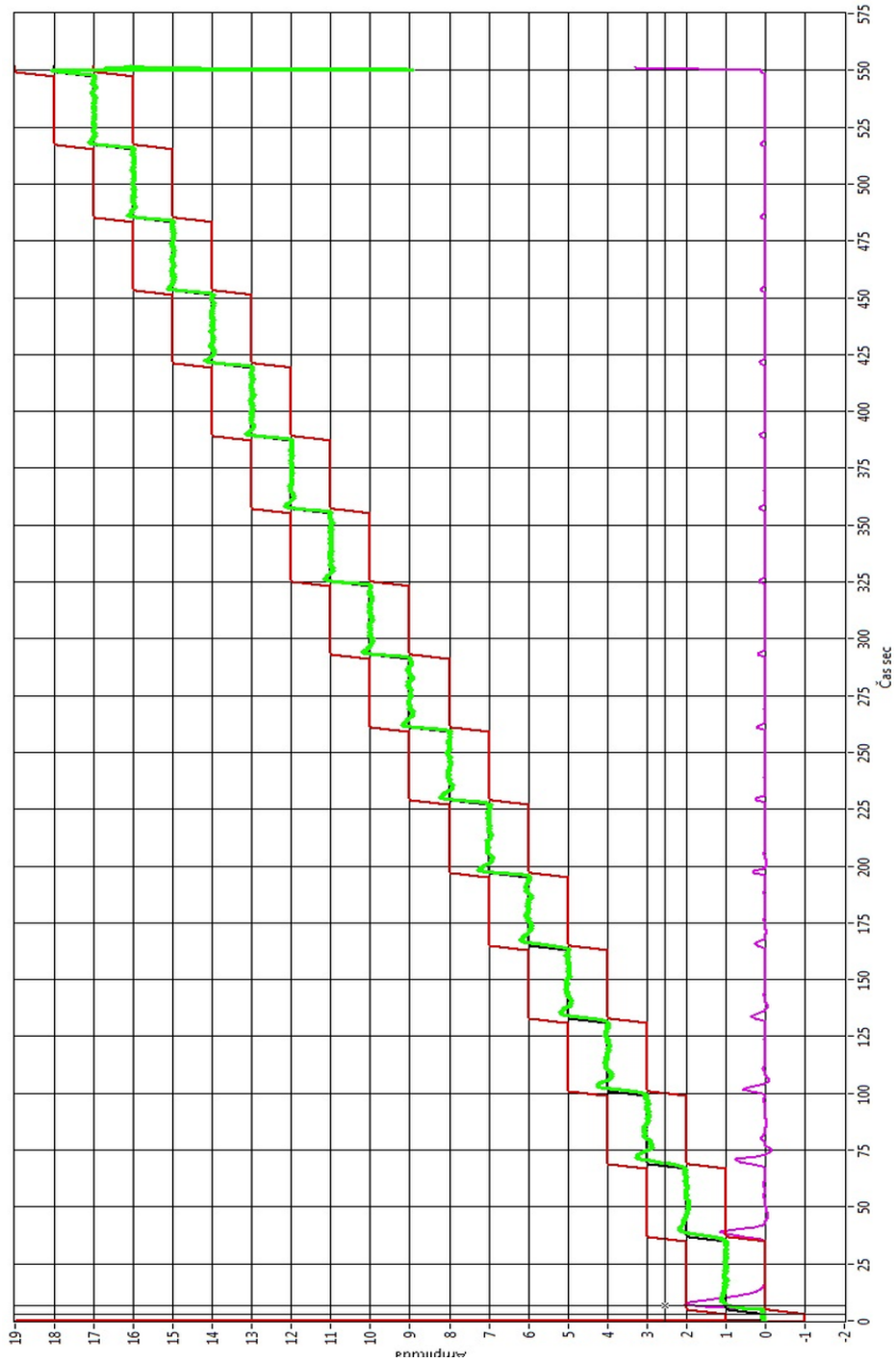
# Příloha P XIII: Graf průběhu při 70 °C



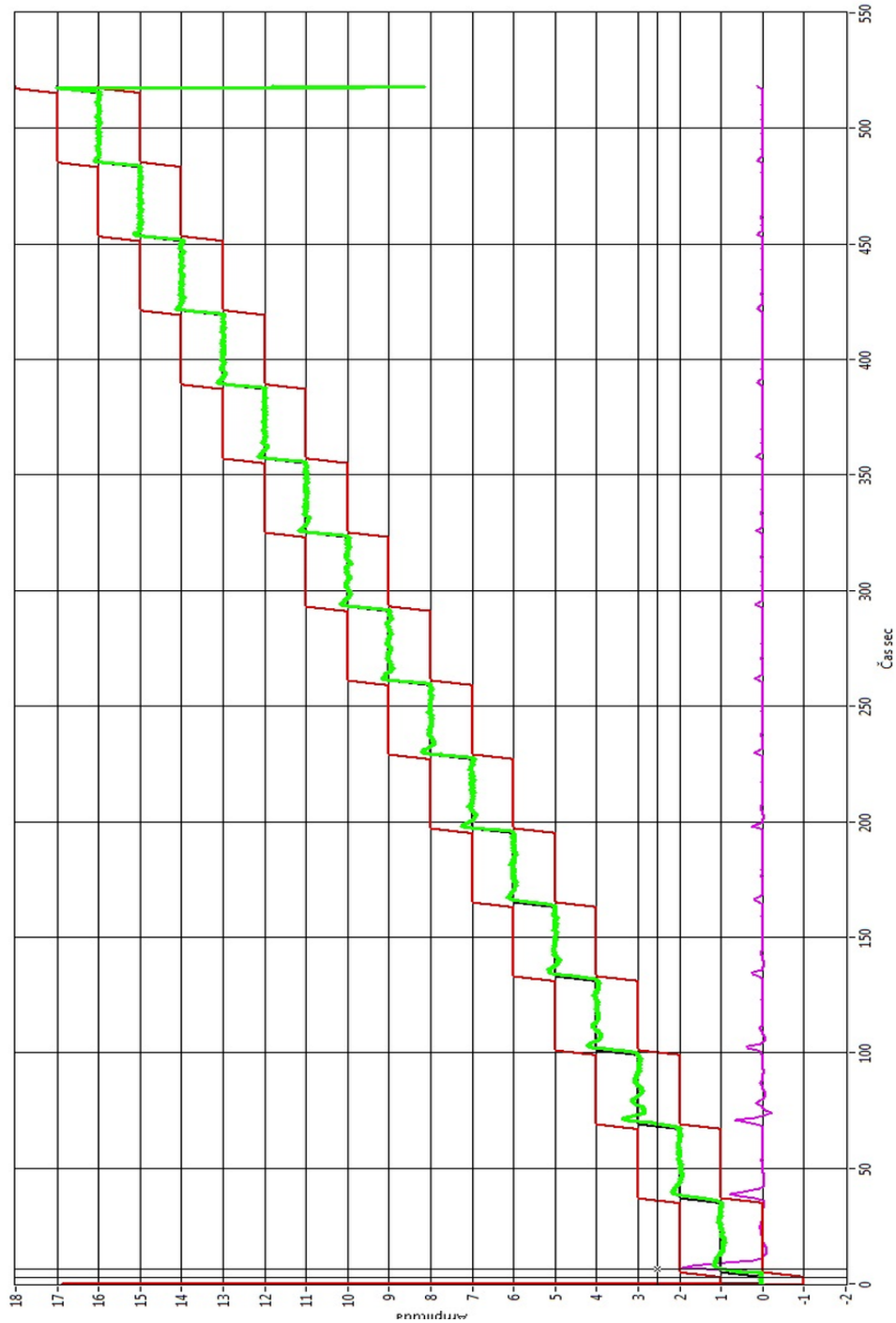
# Příloha P XIV: Graf průběhu při 80 °C



# Příloha P XV: Graf průběhu při 90 °C

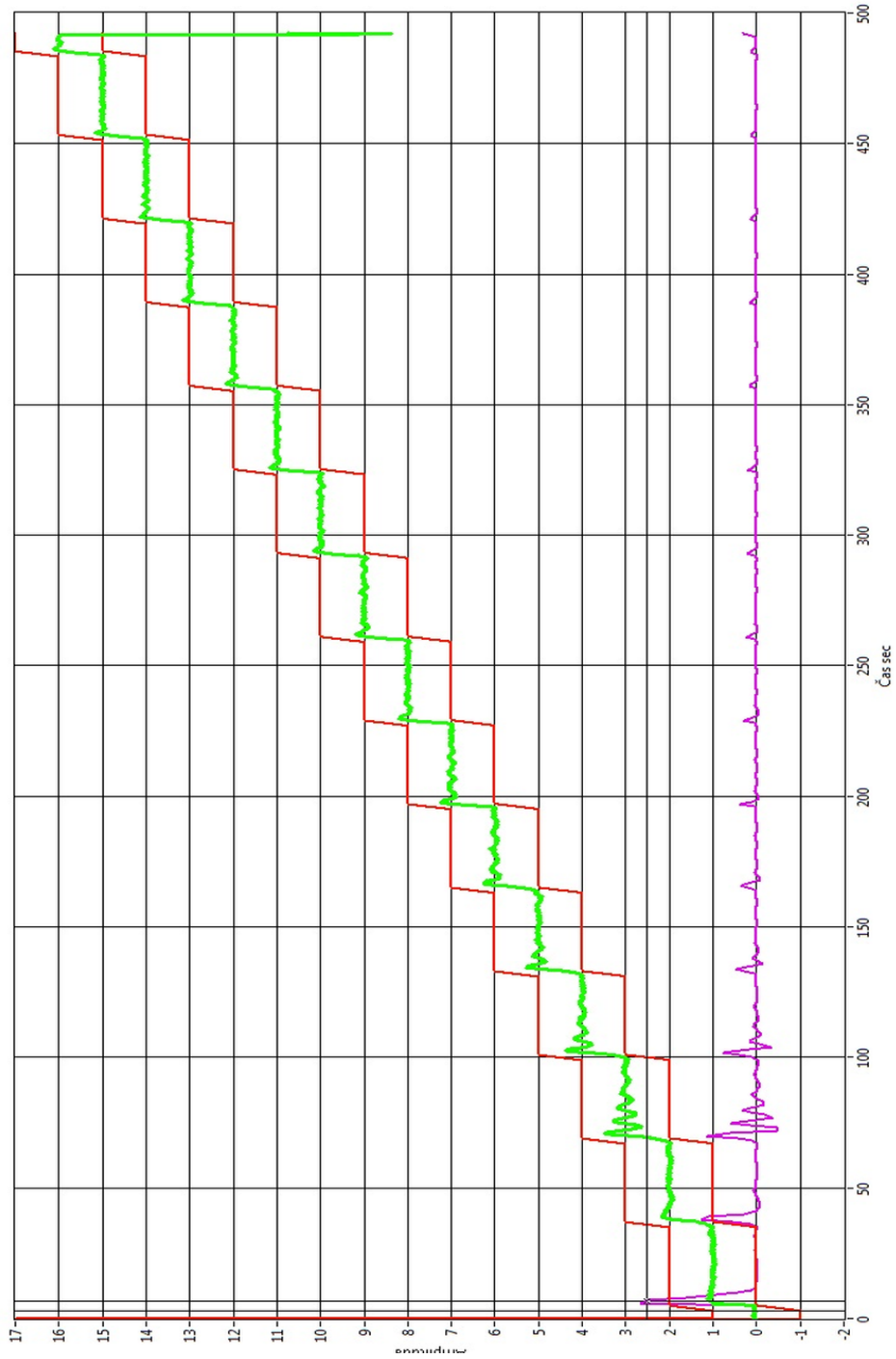


# Příloha P XVI: Graf průběhu při 100 °C





# Příloha P XVII: Graf průběhu při 110 °C



# Příloha P XVIII: Graf průběhu při 120 °C

