

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Diagnostika palivových soustav vznětových motorů

Vedoucí práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

Autor: Stanislav Chada

České Budějovice, 2018

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Stanislav CHADA**  
Osobní číslo: **Z15292**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Diagnostika palivových soustav vznětových motorů**  
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

Cílem práce je provedení diagnostik a vyhodnocení prognóz vývoje stavu a poruch palivové soustavy a odpověď na otázky:

1. Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?
2. Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?

*V práci se zaměřte:*

1. Popište používané diagnostické systémy pro palivové soustavy.
2. Proveďte konkrétní diagnostiku.
3. Porovnejte zjištěné a naměřené výsledky s doporučeními výrobce a direktivou EU.
4. Odpovězte na otázky z cíle této práce.
5. Výsledky vyhodnoňte.
6. Uveďte závěry pro praxi.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**BAUMRUK P. (1996):** Příslušenství spalovacích motorů. Praha, ČVUT, s. 61. ISBN 80-01-01103-8.

**BOSCH R. (2009):** EPS 200 Manual Automotive Aftermarket- diagnostics, [překl.] Robert Bosch GmbH. 72 s.

**DEMPSEY P. (2007):** Troubleshooting and repair of diesel engines. 4th ed. Maidenhead: McGraw-Hill Professional, 390 s. ISBN 0071493719.

**GSCHEIDLE R., MICHŇA Z., a MICHŇOVÁ I. (2001):** Příručka pro automechanika. Praha, Sobotáles, s. 280-288. ISBN 80-85920-76-X.

**JAN Z., ŽDÁRSKÝ B. (2003).** Automobily 4. 1. Vydání. Brno: Nakladatelství Avid, s.r.o., 266 s. ISBN 80-3752463-4.

**MARTYR A. J., PLINT M. A. (2007):** Engine testing theory and practice. 3. vydání, Oxford: Burlington, MA. 442 s. ISBN 978-0-7680-1850-9.

**VLK F. (2003):** Vozidlové spalovací motory. 1.vyd. Brno, nakladatelství a vydavatelství Prof. Ing. František Vlk, DrSc., s 117-141. ISBN 80-238-8756-4.

**Firemní literatura.**

*Omezeně internetové zdroje:*

<https://scholar.google.cz/>

[https://books.google.com/advanced\\_book\\_search](https://books.google.com/advanced_book_search)

<http://www.elsevier.com/online-tools/scopus>

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Antonin Dolan, Ph.D.**  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2018**

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA** ©  
**V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**  
studijní oddělení  
Studentův 1000, 270 05 Česká Budějovice

  
doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 16. března 2017

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum.....

Podpis studenta.....

**Poděkování:**

Rád bych poděkoval rodině, přítelkyni a všem, kdo mě podporovali při tvorbě práce. Také bych rád poděkoval panu Ing. Dolanovi Ph.D., za systematické a důsledné vedení práce. Zároveň bych chtěl poděkovat panu Ing. Smolkovi, za umožnění měření v podniku TATRA TRUCKS, panu Františkovi Dorňákovi za to, že mi připravil skvělé zázemí pro měření a závěrem panu Stanislavu Štefkovi, který mi s měřením velice pomohl a věnoval mi své zkušenosti a čas.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se věnuje tématu diagnostiky vstřikovacích soustav vznětových motorů a následné diagnostice této soustavy na reálném tahači. V práci popisuji základní části samotné palivové soustavy včetně detailnějšího rozboru přímých vstřikování a její návaznost na emisní normy. V závěru celé práce je rozebrána a provedena základní diagnostika. Za cíl jsem si stanovil maximální přiblížení praxi a provozu ve skutečném dílenském provozu.

**Klíčová slova:** diagnostika; palivová soustava; přímé vstřikování; motor

## **Abstract**

This bacalary work is about diagnostic systems with direct injection engines and diagnostic this systém on real truck. In work I describe elementary parts of entire fuel system including detail analysis direct injection and continuity on emission standards. In the end of my entire work is dismantled and done elementary diagnostic. As objective i determine maximal approach to working in real service.

**Keywords:** diagnostic; fuel systém; direct injection; engine

# Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled.....	10
2.1 Palivová soustava.....	10
2.1.1 Palivové čerpadlo.....	11
2.1.2 Čističe paliva.....	14
2.1.3 Vysokotlaké čerpadlo.....	14
2.1.4 Vstřikovače.....	23
2.2. Systémy přímého vstřikování.....	30
2.2.1 Common rail.....	31
2.2.2.2 Systém PD.....	33
2.2.2.3 Sdružený vstřikovací systém UPS.....	34
2.3. Emisní normy výfukových plynů.....	35
2.3.1 Začátky.....	35
2.3.2 Vývoj a budoucnost?.....	36
2.3.3 Souvislosti.....	37
2.4 Obecná definice diagnostiky.....	38
3. Cíl práce.....	40
4. Metodika diagnostiky.....	41
4.2 Použitá metodika.....	41
4.3 Vlastní diagnostika.....	42
5. Výsledky.....	49
6. Diskuse.....	55

7. Závěr .....	59
8. Seznam použité literatury a zdrojů.....	60



## 1. Úvod

Problematika palivové soustavy vznětových motorů obecně úzce souvisí s vývojem spalovacích motorů a vývojem nároků na úpravu emisí. Jako zásadní je nutné označit vznik vznětového motoru roku 1893, kdy byl patentován Rudolfem Dieselem. Poté byl systém vyvíjen, upravován a zefektivněn pomocí vysokotlakých čerpadel, elektricky ovládaných vstřikovačů a vyhřívání paliva až do dnešní podoby. Zásadní zlom nastal používáním právě přímého vstřikování. Právě přímým vstřikováním se zabývám v této práci.

Práce bude členěna na teoretickou část, kde popíši základní stavební kameny palivové soustavy, jednotlivé systémy, normy euro a metodiku. Zde budou objasněny základní postupy a měření pro část praktickou. Následně v praktické části provedu diagnostiku vozidla v dílenském provozu.

## 2. Literární přehled

### 2.1 Palivová soustava

Palivová soustava se dělí na dvě části – nízkotlakou a vysokotlakou. Nízkotlaká má za úkol čištění paliva a jeho následnou dopravu do vstřikovacího (případně vysokotlakého) čerpadla. Zde končí nízkotlaká část a začíná vysokotlaká. Palivo dostane určitý tlak a následně je dopraveno k vstřikovacím elementům, které zajistí jeho správný rozptyl do spalovacího prostoru. Mezi zásadní vizuální rozdíly oproti nepřímému vstřikování patří např. vstřikovací tryska vyústěná přímo do spalovacího prostoru, nebo tvarované dno pístu viz obrázek č.1.



Obrázek č. 1 - Prohloubené dno pístu motoru Tatra T-815,

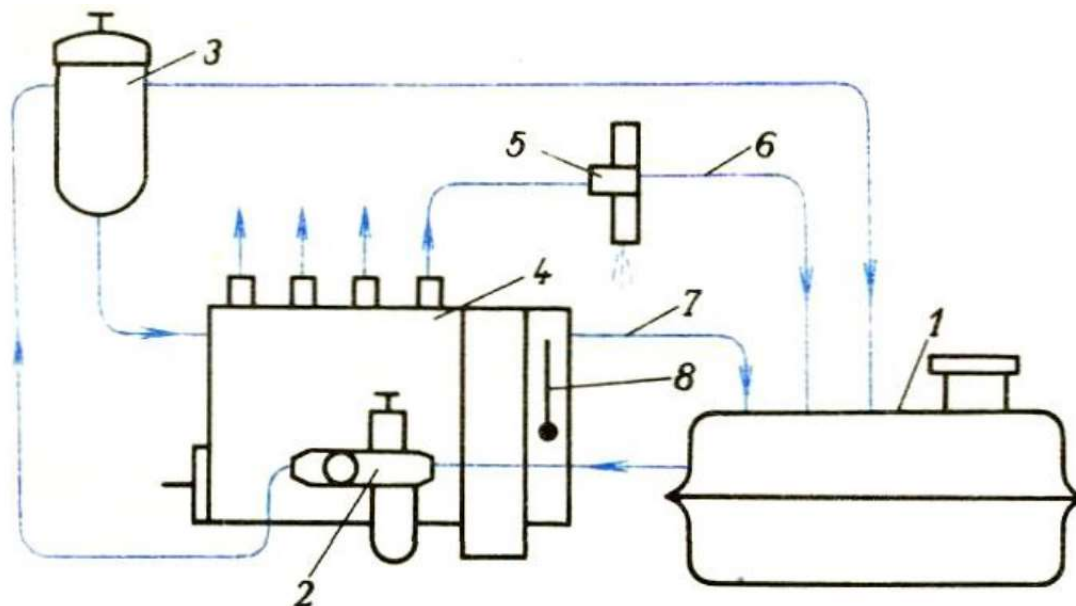
zdroj: <http://www.auto-star.cz/eshop/images/341090202-1.jpg>

(„staženo dne: 12. 2. 2018“)

Starší systémy přímého vstřikování nafty používající řadové, případně rotační vstřikovací čerpadlo a hydraulickomechanicky ovládané vstřikovací trysky. Ty jsou u dnes používaných motorů již nahrazeny přímým vstřikováním, které dosahuje vyšších tlaků, nižší spotřeby a zajišťuje vyšší výkonnost (VLK, 2002).

Základní, blokové schéma palivové soustavy přímého vstřikování je vyobrazeno na obrázku č. 2. Tato soustava se skládá z palivové nádrže [1], odkud je palivo přes čistič [3] dopravováno podávacím čerpadlem [2] do vstřikovacího čerpadla [4] s odstředivým regulátorem [8]. Z něj následně putuje pod vysokým tlakem do

vstřikovačů [5]. Nepoužité palivo je od vstřikovačů odváděno přepadem [5] a zároveň přepadem [7] ze vstřikovacího čerpadla zpět do nádrže.



Obrázek č. 2 - Základní schéma palivové soustavy,

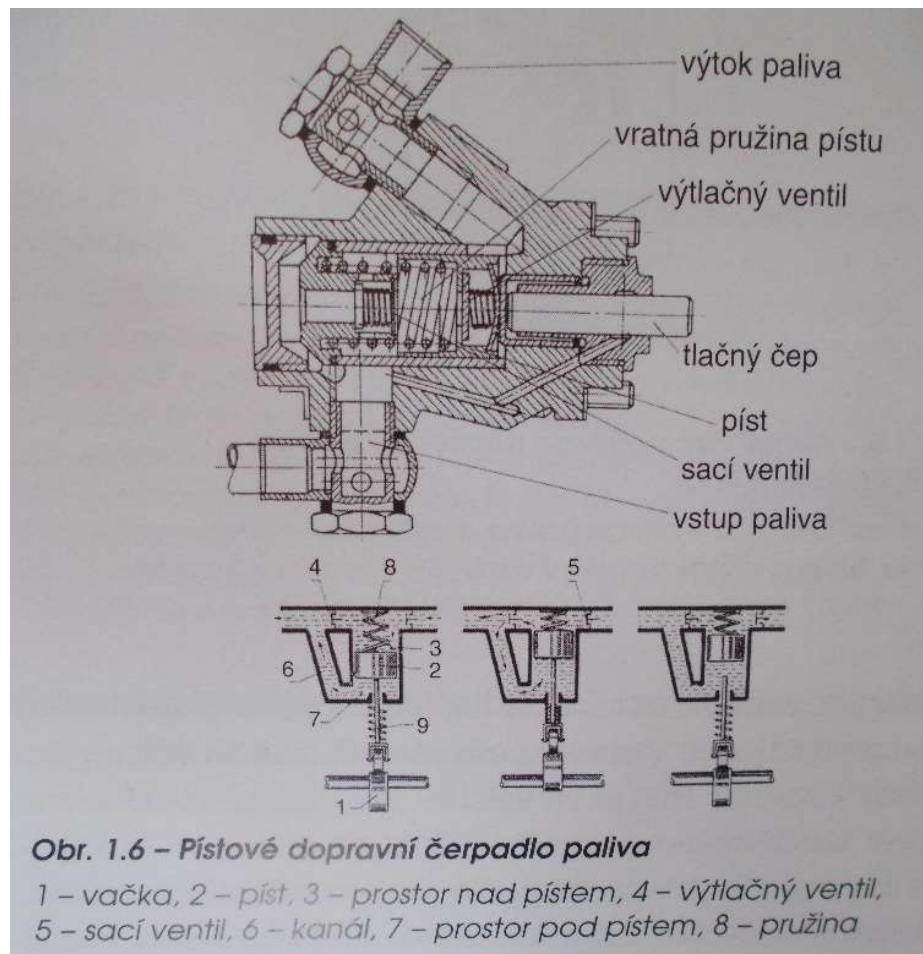
zdroj:

[http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY\\_32\\_INOVACE\\_08-19.pdf](http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_08-19.pdf) („staženo dne: 12. 2. 2018“)

### 2.1.1 Palivové dopravní čerpadlo

Palivové dopravní čerpadlo má úkol dopravit palivo z nádrže přes čističe paliva do vysokotlakého čerpadla. Jeho provedení se různí dle výrobce. Může být koncipováno jako elektrické, ruční, případně mechanicky poháněné podávací čerpadlo.

Na obrázku č. 3 je vyobrazen řez podávacím palivovým čerpadlem a princip jeho funkce. Toto čerpadlo je poháněno pomocí vačkového hřídele, který působí na tlačný čep a ten pomocí pístu po uzavření sacího ventilu vytvoří tlak, který přemůže výtlačný ventil a otevře jej. Když přestane čep působit na píst, výtlačný ventil se zavře působením tlaku na druhé straně (na výtlačné části čerpadla). Píst je následně pomocí pružiny vrácen do výchozí polohy a proces se opakuje, dokud není zastaven motor (BAUER, 2006).



Obrázek č. 3 - Řez podávacím čerpadlem,

zdroj: BAUER (2006)

Na obrázku č. 4 je vyfocené podávací čerpadlo z tahače Mercedes Actros, které disponuje hrubým čističem (skleničkou). Tento čistič bývá řešený formou silonového, případně ocelového sítka. Toto sítko se musí pravidelně kontrolovat a důsledně jej vyčistit. Následně je však potřeba odvzdušnit celou soustavu.



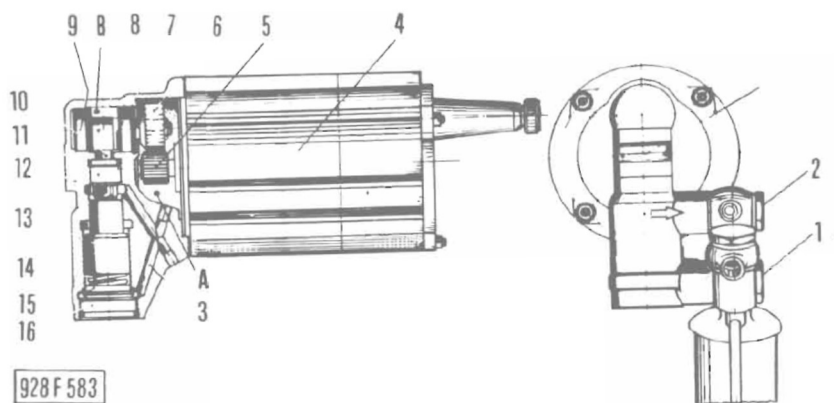
Obrázek č. 4 - Podávací čerpadlo tahače Mercedes Actros,

zdroj:

<http://img.bazarek.pl/654648/21487/8765453/136442235557322efc00089.jpg>

(„staženo dne: 14. 6. 2017“)

Obrázek č. 5 zobrazuje v podélném řezu elektricky poháněné podávací čerpadlo z palivové soustavy Tatra T-815. Princip je obdobný jako u mechanického podávacího čerpadla s rozdílem, že je hnané elektricky, nikoliv pohonem motoru (DÍLENSKÁ PŘÍRUČKA T-815, 1989).



Obrázek č. 5 - Elektricky poháněné podávací čerpadlo,

zdroj: DÍLENSKÁ PŘÍRUČKA TATRA 815 (1989)

### 2.1.2 Čističe paliva

První čistič v soustavě je již na palivovém čerpadle, a to buď integrovaný, případně demontovatelný. Tento čistič je většinou tvořen hrubým sítím viz sací koš Man TGX na obrázku č.6 (ač to nemusí být pravidlem), které má za úkol zachytit ty největší nečistoty. Následné čističe mají buď síto daleko jemnější, pokud jsou koncipovány jako sítové, nebo jsou koncipovány jako papírové vložky s vysokou jemností. Následné hrubé čističe bývají vybaveny odlučovačem vody. U dnešních motorů je používáno i vyhřívání paliva. Čistota těchto elementů je životně důležitá pro dlouhodobou kondici motoru. Nevylácí se jejich výměnu zanedbat, případně je nevyměnit v rámci naplánované údržby. Vstřikovací trysky systému common-rail i systému pumpe-düse jsou vysoce náchylné na sebemenší nečistoty a mohou způsobit fatální havárii (BAUER, 2006).

Nejspíše na tom má vinu i vysoký tlak, který u některých systémů ve vysokotlaké části soustavy panuje (až 250 MPa).



Obrázek č. 6 - Hrubý čistič v nádrži MAN TGX,

### 2.1.3 Vysokotlaké čerpadlo

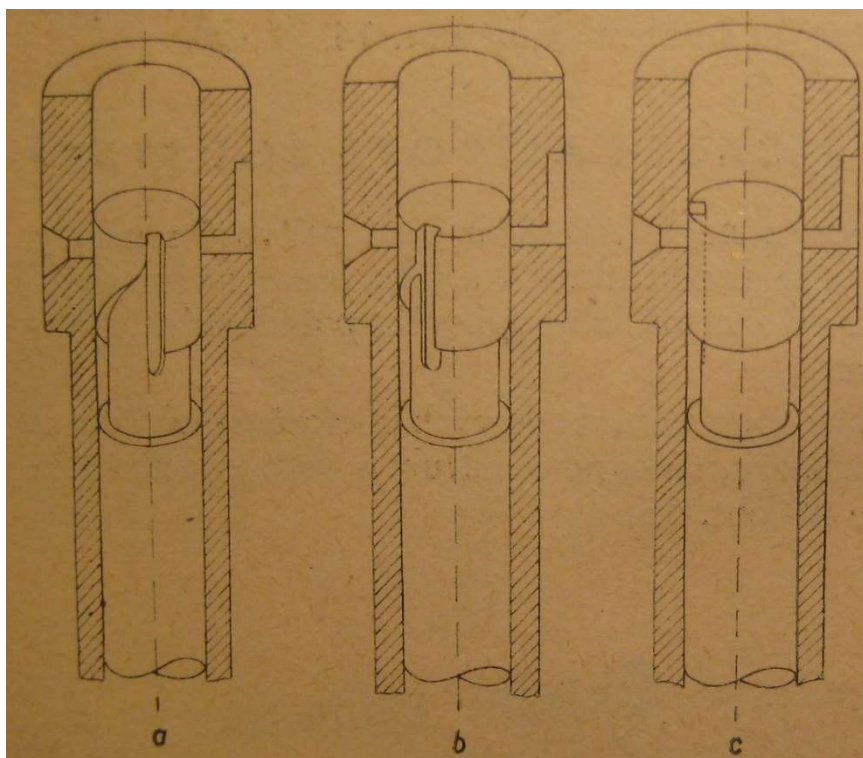
Vysokotlaká část palivové soustavy začíná právě vstřikovacím (případně vysokotlakým) čerpadlem, které zajišťuje zásobování následujících částí dle konstrukce (vstřikovače, případně tlaková lišta) předepsaným tlakem. Tvorbu tlaku zajišťují řadová a rotační vstřikovací čerpadla, případně sdružené vstřikovací jednotky.

Řadová čerpadla byla hojně využívána u starších systémů. Vynikala spolehlivostí a případnou jednoduchou opravou. Ale i přes tyto výhody jsou nahrazovány vstříkovacími čerpadly s mnohem vyššími tlaky (řadová vstříkovací čerpadla disponují tlaky 15 až 135 MPa).

Protože systém common rail pracuje s vysokými provozními tlaky řádově okolo 200 MPa, začala být více a více používána pro vytváření tlaku v railu rotační čerpadla, která mohou být buď radiální, nebo axiální koncepce (BAUER, 2006).

### 2.1.3.1 Řadová vstříkovací čerpadla

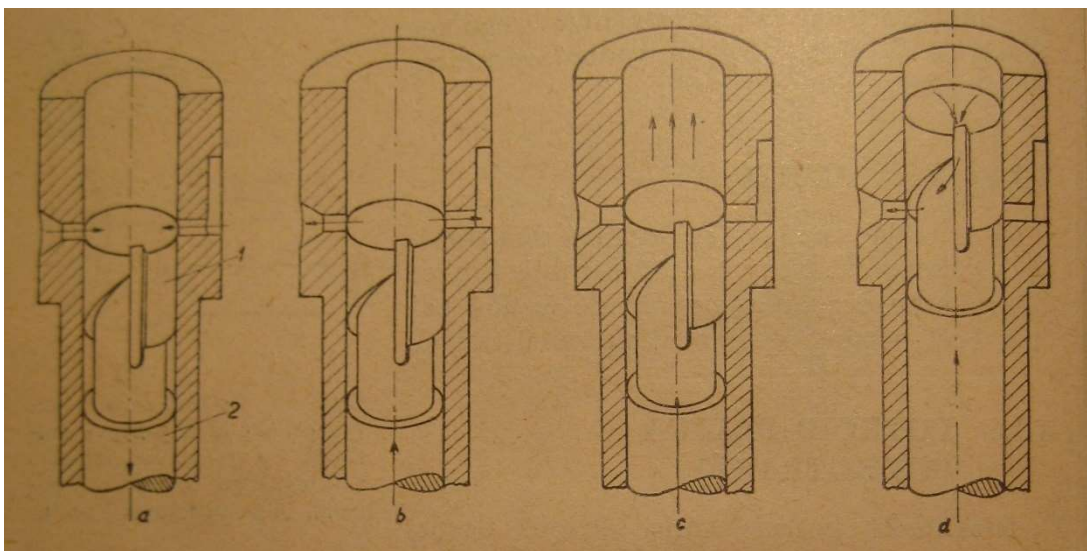
Řadová vstříkovací čerpadla se vyznačují tím, že každý vstříkovač zásobuje vždy jeden element vstříkovacího čerpadla. Tento element je poháněn vačkovým hřídelem přes tzv. kladičku a za pomoci pružiny se vrací do dolní úvratí. Tyto písty jsou uspořádány v řadě a vyznačují se tím, že mají konstantní zdvih. Pro změnu dávky paliva jsou pístky natáčeny a tím se mění užitečný zdvih elementu (viz obrázek č. 7) (pozice a-maximální dávka; pozice b-střední dodávka; pozice c-nulová dávka), (BAUER, 2006).



Obrázek č. 7 – Různé natočení elementů vstříkovacího čerpadla,

zdroj: SÁBLÍK (1961).

Na obrázku č. 8 jsou vyobrazeny jednotlivé pozice pístů při pracovním cyklu. V první části cyklu pístek putuje z HÚ do DÚ a nasává palivo. V pozici b pístek začíná zdvih do HÚ, ale kanál paliva není uzavřen. V pozici c je již tento kanál uzavřen a započal výtlač paliva. V pozici d je zbylé palivo přepouštěno zpět.

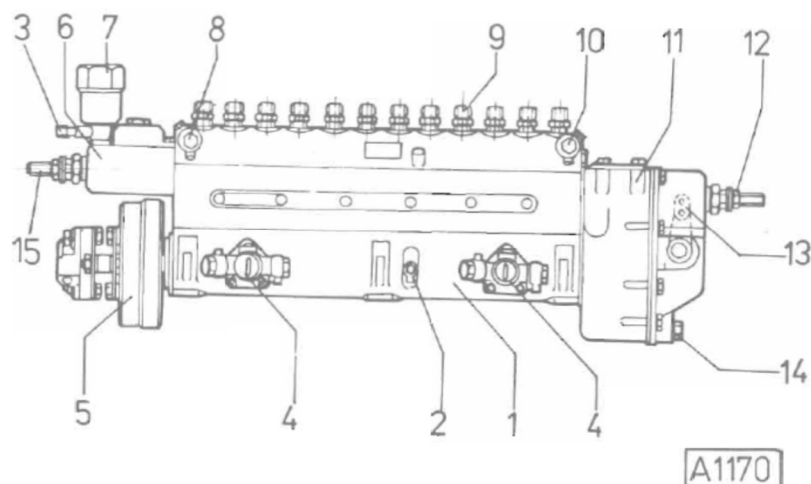


Obrázek č. 8 – Pracovní fáze elementů vstříkovačného čerpadla,

zdroj: SÁBLÍK (1961).

Na obrázku č. 9 je vyobrazeno řadové vstříkovačné čerpadlo motoru Tatra (pro dvanáctiválcový motor). Jedná se o klasickou koncepci přímého vstříkovačného nafty. Vstříkovačné čerpadlo je vybaveno automatickým přesuvníkem vstříku [5], spínačem výfukové brzdy [12], přidavačem paliva [7] určeným pro start, korekcí dávky paliva při přetlaku v sání [6] (u přepřínovaných motorů) a odstředivým regulátorem otáček [11].

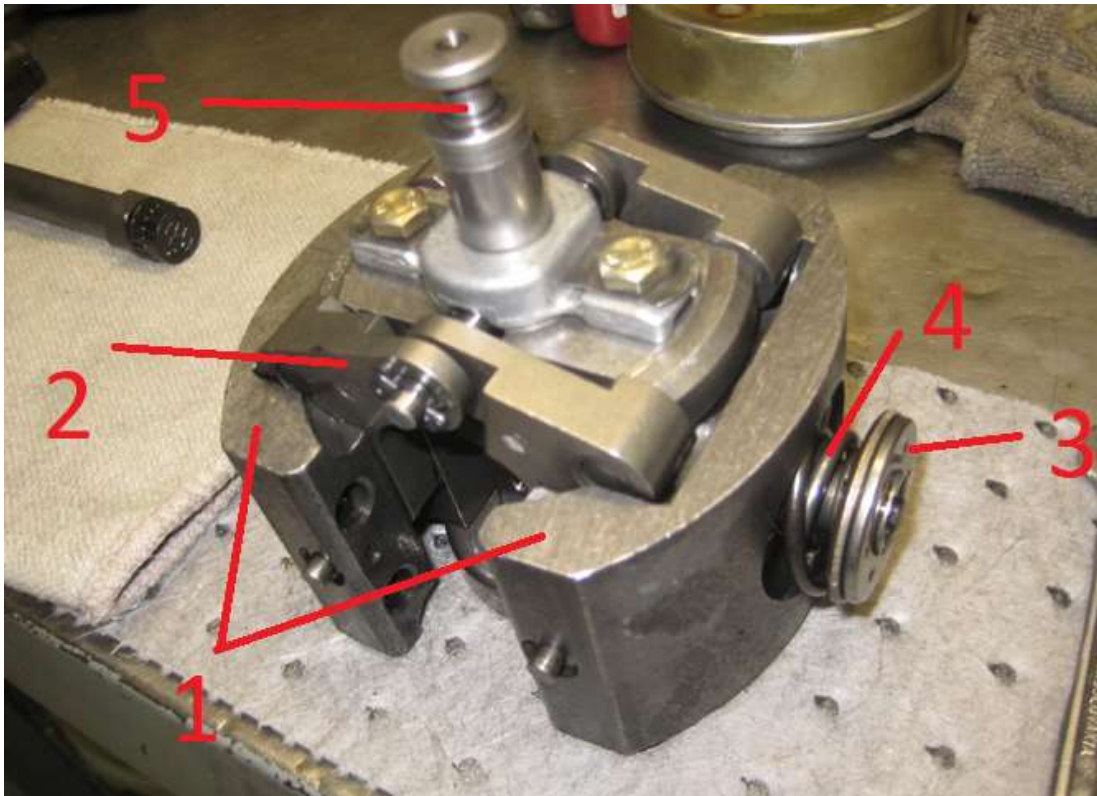




Obrázek č. 9 - Řadové vstřikovací čerpadlo PV 12 A9 K 917i 1593,

zdroj: DÍLENSKÁ PŘÍRUČKA TATRA 815 (1989)

Odstředivý regulátor zmíněný výše slouží k snížení otáček a zajištění snížení dávky paliva při kritických otáčkách motoru. Regulátor z řadového vstřikovacího čerpadla BOSCH je vyobrazen na obrázku č.10. Tento regulátor je složen z dvou protilehlých závaží [1], která jsou přes pákový mechanismus [2] spojena s čepem [5], který ovlivňuje řídicí tyč určující velikost dávky paliva. Závaží jsou k sobě přitlačována pomocí pružin [4], které jsou zajištěné pomocí ocelových mističek a půlměsíců [3]. Kdykoliv otáčky vzrostou nad určitou mez, závaží odstředivou silou začnou přemáhat sílu pružin. Tím se začnou roztahovat a pákový mechanismus vtáhne čep, který je napojen na řídicí tyč. Ta následně sníží dávku paliva a zabrání celému systému v havárii (ŠTEFEK in voice, 2018).



Obrázek č. 10 - Odstředivý regulátor RQV 300...900 P A 1461 K

Řadová čerpadla využívají k vytvoření tlaku pístky, které jsou poháněny vačkovým hřídelem. Vačkový hřídel je uložen na začátku a konci hřídele do valivých ložisek. Samotný pracovní element se pohybuje ve vlastní vložce, která je vyobrazena i s pístem na obrázku č. 11. Tato vložka je utěsněná pryžovými o kroužky a je vrtaná pro přívod paliva. Zároveň v její vrchní části jsou dva otvory pro připevnění ke skříni čerpadla (viz obrázek č. 12).



Obrázek č. 11 - Sestava píستku a vložky



Obrázek č. 12 - Upevnění vložek pomocí šroubů do skříně čerpadla

Vložka píستku řadového vstřikovacího čerpadla je v horní části osazena tzv. odlehčovacím výtlačným ventilem (viz obrázek č. 13). Ten zabraňuje palivu téci zpět do čerpadla, koriguje a zároveň odlehčuje výtlačné potrubí. Jeho odlehčovací funkce především spočívá ve vyrušení rázových vln, které by jinak působily na jehlu trysky a mohl by vzniknout nežádoucí dostřik (SÁBLÍK, 1961).

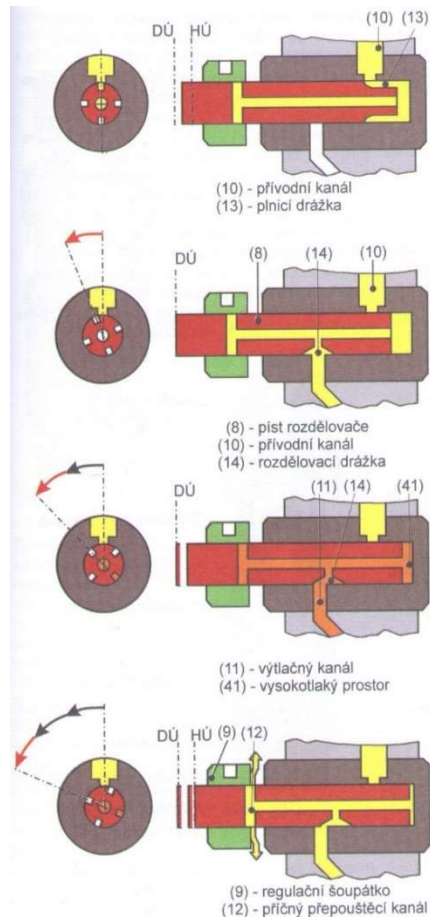


Obrázek č. 13 – Odlehčovací výtlačný ventil

### 2.1.3.2 Rotační čerpadla

Rotační čerpadla se vyznačují zejména menšími rozměry než čerpadla řadová. Je to dáno zejména uspořádáním elementů zabezpečujících stlačení paliva na předepsanou hodnotu. Proto tato čerpadla jsou hojně používána u osobních a užitkových vozidel, kde jsou malé rozměry důležité. Rotační čerpadla zároveň obsahují podávací čerpadlo.

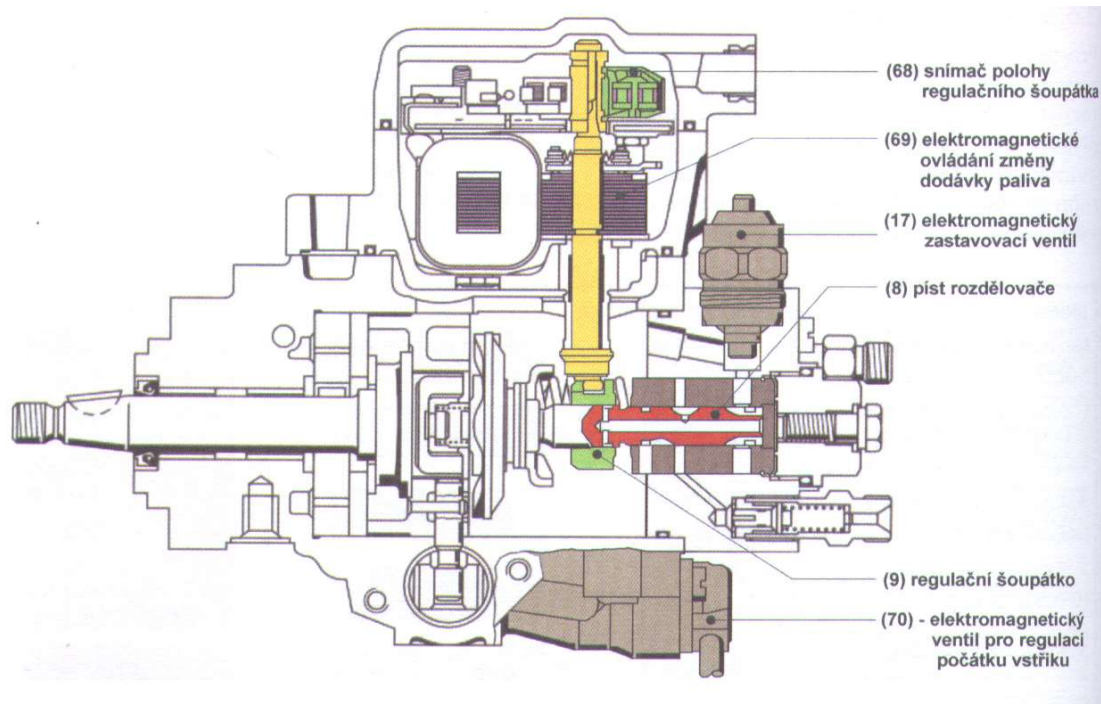
Tato čerpadla pracují na principu pístu pohybujícím se axiálně a zároveň se natáčejícím, v ose otáčení hřídele pohonu. Tento princip je vyobrazen na obrázku č. 14. U osmiválcového vznětového motoru musí píst vykonat šestnáct zdvihů na jednu otáčku motoru. V první pozici probíhá proces sání, kdy je výtlačný kanál uzavřen pootočením pístu a píst se pohybuje směrem k dolní úvrati (na obrázku DÚ). Tím pádem dochází přívodním kanálem [10] k přepouštění do plnicí drážky [13]. V další fázi vidíme uzavření přívodního kanálu, píst se dostal do DÚ a je otevřena rozdělovací drážka, která určuje, do kterého válce palivo bude putovat. Píst se pohybuje k HÚ (horní úvrati) a stlačuje se v prostoru [41] palivo, které je následně odváděno pomocí výtlačného kanálu [11]. Vstřík je ukončen, když píst dojde do fáze, kdy regulační šoupátko nezakrývá příčný přepouštěcí kanál a zároveň se uzavře výtlačný ventil (JAN a ŽDÁRSKÝ, 2010).



Obrázek č. 14 - Princip funkce axiálního rotačního čerpadla,

zdroj: JAN a ŽDÁRSKÝ (2010)

Toto čerpadlo má tedy velikost dávky vstříku řízenou pomocí elektronicky řízeného regulačního šoupátka vyobrazeného na obrázku č. 11 pod číslem [9]. Na obrázku č. 15 je pak rozkreslený celý systém regulace dávky paliva společně s elektromagnetickým zastavovacím ventilem [17], který slouží k vypnutí motoru. Zastavovací ventil ale nemusí být nezbytně elektromagnetický, ale může být i mechanický. Důležitými články regulačního systému vysokotlakých čerpadel s axiálním pohybem pístu je snímač polohy regulačního šoupátka (potenciometr) [68] a zároveň elektromagnet, který ovládá případnou změnu velikosti dodávky paliva [69].

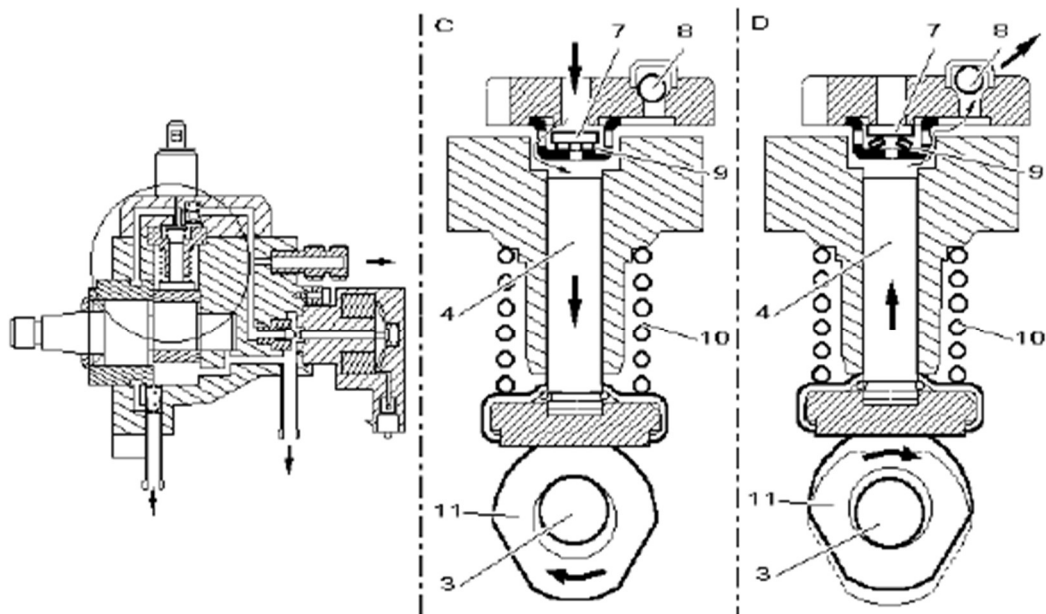


Obrázek č. 15 - Axiální rotační čerpadlo a jeho regulační prvky,

zdroj: JAN a ŽĎÁRSKÝ (2010)

Dalším typem rotačních čerpadel jsou čerpadla s radiálním pohybem pístu. Jak uvádí ve své prezentaci ALVES (2016), tato čerpadla byla uvedena do provozu roku 1998 a byla určena pro malé, nebo střední motory. Vyznačují se tlakem do 160 MPa. Tato čerpadla mají uspořádané pracovní elementy, pístky, po 120°, a jsou poháněna excentrickým hřídelem. Jako každé rotační čerpadlo i toto obsahuje vlastní podávací čerpadlo (<https://www.slideshare.net/MrioAlves18/04-fuel-systems-in-compression-ignition-ci-internal-combustion-engines>, „staženo dne: 23. 1. 2018“).

Jak je vidět na obrázku č. 16, systém funguje za pomoci 3 radiálně uložených pístů, které jsou poháněné vačkovou hřídelí.



Obrázek č. 16 - Rotační čerpadlo s radiálně uloženými písty,

zdroj:

[http://dispatchexpertscudo.org.uk/assets/dw10/hdioperation/highpressurepump/mht51E5\(1\).gif](http://dispatchexpertscudo.org.uk/assets/dw10/hdioperation/highpressurepump/mht51E5(1).gif)

(„staženo dne: 2. 3. 2018“)

### 2.1.4 Vstříkovače

Vstříkovače zakončují vysokotlakou část palivové soustavy a zajišťují rozprášení a včasnou dávku paliva. U koncepce s řadovým vstříkovacím čerpadlem palivo putuje od každého elementu vstříkovacího čerpadla přes výtlačný ventil vysokotlakým palivovým potrubím až do vstříkovače. Je nezbytné, aby délka vysokotlakého potrubí byla ke všem vstříkovacím jednotkám stejně velká, stejně jako jejich průměr nezávisle na tlaku.

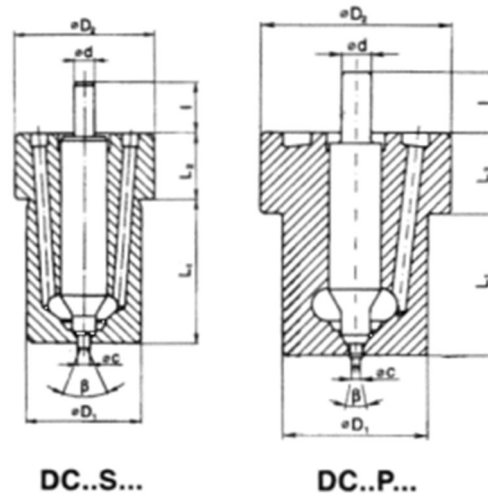
Vstříkovače se liší ovládáním vstříkovací trysky, která může být ovládána mechanicky, pomocí elektromagnetu (solenoidové) nebo piezoelektricky. Vstříkovač se liší podle toho, zda je pro klasický, konvenční mechanicko-hydraulický systém, common rail nebo pd. Pd má integrované čerpadlo přímo vně vstříkovače.

Důležité pro funkci vstříkovačů jsou trysky. Jejich základní druhy jsou vyobrazené na obrázcích č. 17 a č. 18.

Mezi tyto hlavní typy patří:

- Otvorové,
- Čepové.

(<http://slideplayer.cz/slide/1966812/>, „staženo dne:12. 2.2018“)

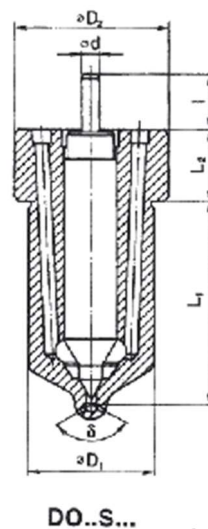


Obrázek č. 17 - Výkres čepové trysky,

zdroj:

[http://www.motorpal.cz/media/26249/vstriktrysky\\_dcdn\\_provedeni1.gif](http://www.motorpal.cz/media/26249/vstriktrysky_dcdn_provedeni1.gif)

(„staženo dne: 12. 3. 2018“)



Obrázek č. 18 - Výkres otvorové trysky,

zdroj: [http://www.motorpal.cz/media/26283/vstriktrysky\\_dodl\\_provedeni.gif](http://www.motorpal.cz/media/26283/vstriktrysky_dodl_provedeni.gif)

(„staženo dne: 12. 3. 2018“)



Na obrázku č. 19 jsou vyobrazeno šest různých typů vstřikování paliva. Zajímavostí ale je, že pouze jedna funguje správně. První zleva disponuje slušným tvarem výstřiku, ale je příliš slabý. Druhá vstřikuje špatně z důvodu rozděleného proudu paliva. Třetí zleva má rovněž problém jako tryska druhá. Čtvrtá má snahu vstřikovat vlevo, rovněž nevyhovuje. Šestá tryska má tendenci rozprašovat moc brzy, také nevyhovuje. Pouze pátá tryska má vyhovující parametry pro použití.



Obrázek č. 19 - Různé způsoby rozprašení paliva,

zdroj: <http://dannysengineportal.com/wp-content/uploads/2016/05/Fuel-Injector-Spray-Patterns-678x381.jpg>

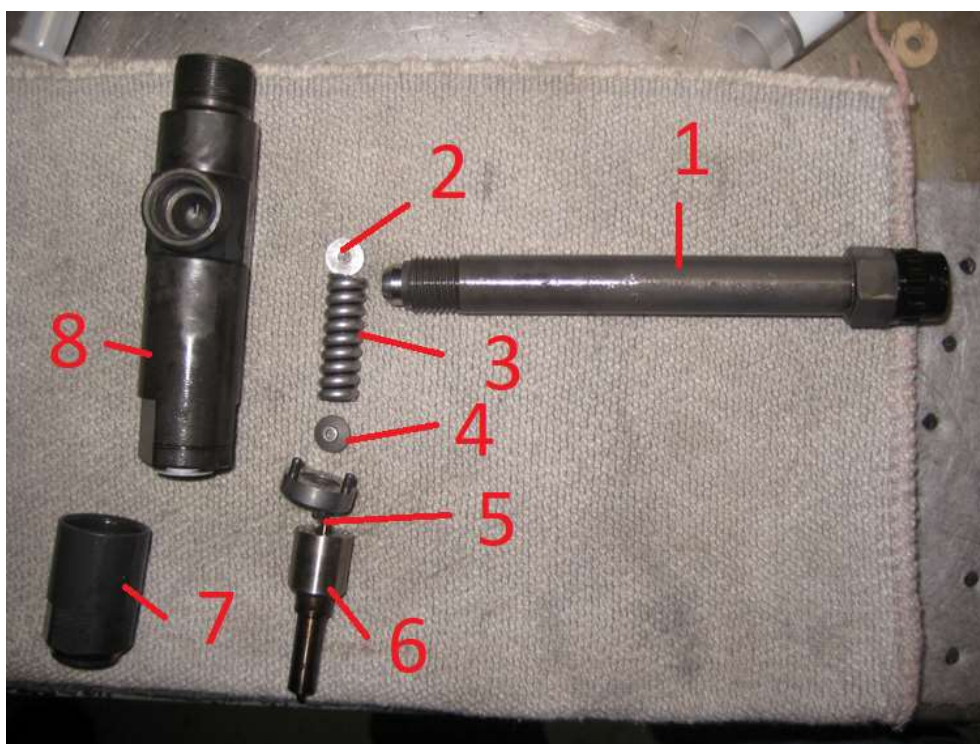
(„staženo dne: 19. 1. 2018“)

Tyto problémy mohou být způsobeny nečistým palivem, zanesenými vstřikovači paliva, špatnou funkcí zavírání jehly, případně netěsnostmi trysky v sedle (Poznámka autora).

#### **2.1.4.1 Klasické mechanicko-hydraulické vstřikovače**

Tyto vstřikovače jsou používány zejména u systémů s řadovým vstřikovacím čerpadlem a vyznačují se jednoduchostí a spolehlivostí. Jejich nevýhodou však je, že není možné postupné vstřikování (předstřík, hlavní vstřík a dostřík). Na obrázku č. 20 je rozložen klasický, mechanicko-hydraulický vstřikovač firmy Motorpal VA 52 P 490 z motoru TATRA.

Vstříkovač, jak jej vidíme na obrázku č. 20 je tvořen přívodním hrdlem vstříkovače [1], pružinou [3], ocelovou podložkou [2], tlačným čepem [4], sedlem trysky [6], tryskou [5], tělesem vstříkovače [8] a převlečnou maticí [7]. V přívodní trubici je umístěn štěrbinový čistič viz. obrázek č. 21, který zabraňuje nečistotám větších rozměrů (při poškození vstříkovačím čerpadla) proniknout dále, případně tak poškodit trysku i samotný vstříkovač (ŠTEFEK in voice, 2018).



Obrázek č. 20 - Demontovaný vstříkovač VA 52 P 490

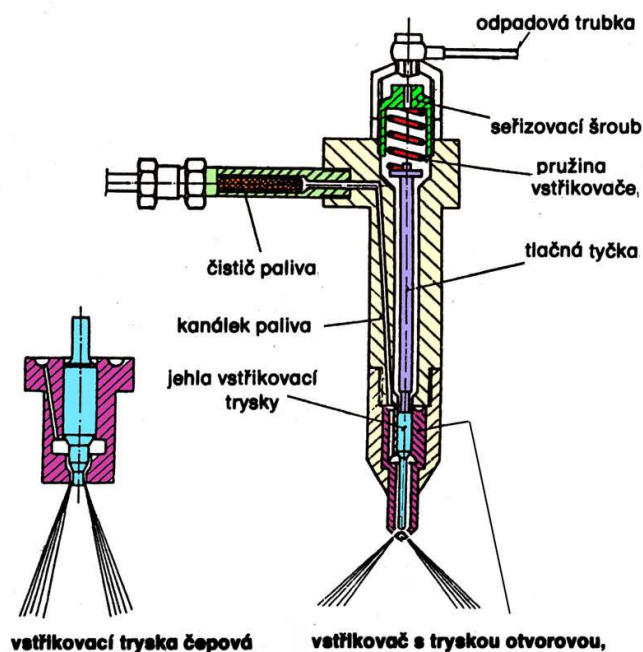


Obrázek č. 21 - Přívodní hrdlo a jeho štěrbinové čističe

Na obrázku č. 22 je uveden řez vstříkovačem standardní koncepce s čepovou a otvorovou tryskou. Tento systém funguje na principu zvýšení tlaku ve vstříkovači,

který vytvoří sílu na kuželové sedlo jehly trysky a následně přes tlačnou tyčku přetlačí pružinu zajišťující uzavřený stav. Tím se jehla odlehčí a tlak paliva započne vstřík samotný. Vstříkování je ukončeno poklesem tlaku v soustavě a přitlačením vstříkovací jehly pružinou přes tlačnou tyčku zpět do sedla. Délka a velikost vstříku je určena dávkou, kterou poskytuje čerpadlo a utažením seřizovacího šroubu (případně počtem ocelových podložek zajišťujících předpětí pružiny), který určuje otevírací tlak vstříkovače.

Čepová tryska se většinou používá u nepřímého vstříkování, zatím co otvorová u přímého vstříku. Jinak je ale princip funkce vstříkovače s čepovou tryskou shodný s funkcí vstříkovače s otvorovou tryskou (SÁBLÍK, 1961).



Obrázek č. 22 - Standardní koncepce vstříkovače,

zdroj: [https://is.muni.cz/th/135548/pedf\\_b/spal\\_motpry.ppt](https://is.muni.cz/th/135548/pedf_b/spal_motpry.ppt)

(„staženo dne: 12. 2. 2018“)

#### 2.1.4.2 Elektromagneticky ovládané vstříkovače

Na obrázku č. 23 jsou vyobrazeny trysky od výrobce Delphi, používané v nákladních automobilech DAF. Vyobrazené trysky byly použity v diagnostikovaném vozidlu XF 105. Jedná se o elektromagneticky ovládané vstříkovače pro systém čerpadlo-vedení-tryska.

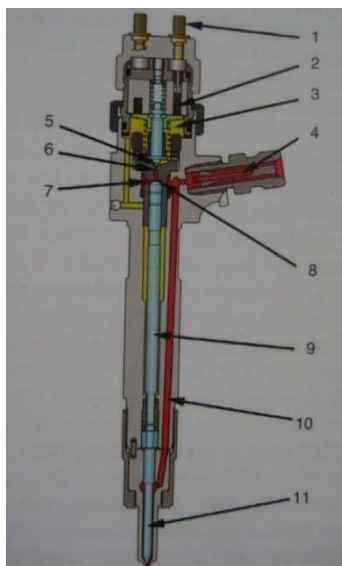


Obrázek č. 23 - Vstřikovače výrobce Delphi,

zdroj: [https://autoline.cz/img/s/nahradni-dily-vstrikovacDAF-Delphi---1\\_big--16021211533519109100.jpg](https://autoline.cz/img/s/nahradni-dily-vstrikovacDAF-Delphi---1_big--16021211533519109100.jpg)

(„staženo dne: 18. 1. 2018“)

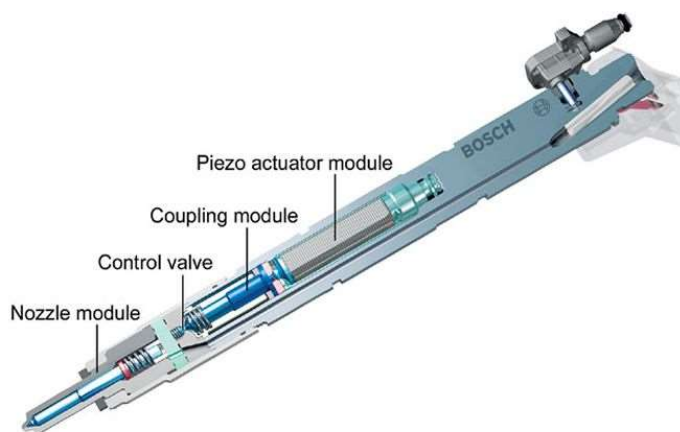
Princip elektromagneticky ovládaných vstřikovačů je viditelný na obrázku č. 24. Tryska otevírá nezávisle na tlaku, ale v závislosti na tom, zda je uveden v činnost elektromagnet, který nepřímo odlehčí trysku, aby mohlo palivo proniknout do spalovacího prostoru. V podstatě palivo přichází přívodním kanálem [4] a působí na trysku [11] jak v kuželovém sedle, na které působí ve směru nadzvednutí trysky, ale i shora, kde trysku pro změnu tlačí do uzavřené pozice. Jinak řečen jsou síly otevírající i zavírající trysku v rovnováze. Vstřík započne, když je aktivován elektromagnet, který otevře odtokový otvor [6], který odlehčí sílu, která tlačila trysku do sedla. Tímto narušením sil se tryska nadzvedne a probíhá vstřík. Tento systém je výhodný v možném rozvrstvení směsi (lze tento cyklus několikrát opakovat dle potřeby), (BAUER, 2006).



Obrázek č. 24 - Vstřikovač ovládaný elektromagneticky,

zdroj: BAUER (2006)

Piezo ovládané vstřikovače mají obdobný systém funkce, jako elektromagneticky ovládané vstřikovače, ale akčním členem není elektromagnet, nýbrž piezo krystal. Řez piezo ovládaným vstřikovačem je na obrázku č. 25.



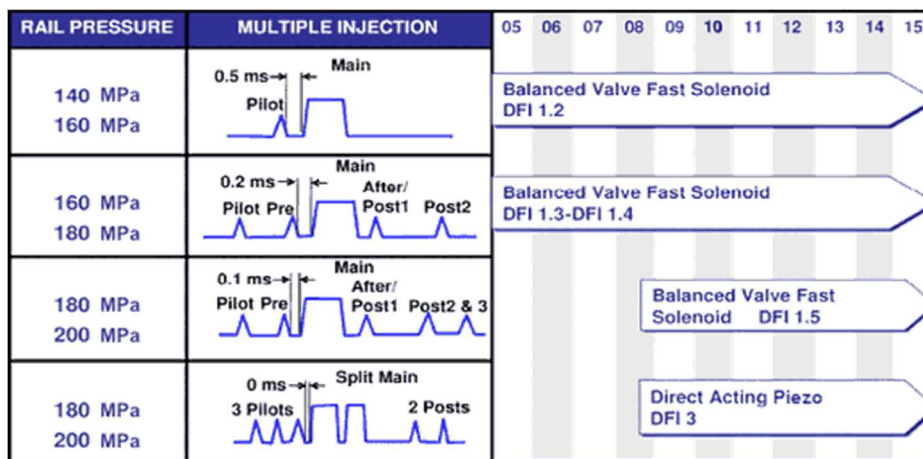
Obrázek č. 25 - Piezo elektrický vstřikovač,

zdroj:

[http://image.trucktrend.com/f/9382293+w660+h495+cr1/0703dp\\_14\\_z%2Bbosch\\_diesel\\_injection\\_system%2Blatest\\_piezo\\_injectors.jpg](http://image.trucktrend.com/f/9382293+w660+h495+cr1/0703dp_14_z%2Bbosch_diesel_injection_system%2Blatest_piezo_injectors.jpg)

(„staženo dne: 17. 1. 2018“)

Rozdíly elektronicky ovládaných vstřikovacích ventilů jsou vyobrazeny na obrázku č.26. Tyto rozdíly spočívají zejména v prodlevě otevírání a zavírání ventilu a zároveň ve velikosti tlaků v railu. U rozvrstvení směsi je důležité zkrátit tuto prodlevu. Čím kratší prodleva, tím více může být tzv. předstříků, případně se může prodloužit hlavní vstřík. Jak je vidět na obrázku č. 23, solenoidové vstřikovače (0,2 a 0,5 m.s<sup>-1</sup>) mají prodlevu značně vyšší, než u piezo elektrických vstřikovačů (0 m.s<sup>-1</sup>).



Obrázek č. 26 - Grafy funkce používaných vstřikovacích jednotek,

zdroj: <https://www.dieseln.net/tech/images/diesel/fi/cr/delphi.png>

(„staženo dne: 16. 1. 2018“)

## 2.2. Systémy přímého vstřikování

Při současném vývoji trendů v oblasti motorů dochází k výrazným požadavkům na zvýšení výkonu a snížení spotřeby. Tento požadavek byl splněn jak přeplňováním a elektrickými řídicími jednotkami, tak i přímým vstřikem paliva. Díky lepšímu tvoření směsi a zároveň jejímu možnému rozvrstvení se snížila spotřeba u motorů s přímým vstřikováním o 10 až 15 % (VLK, 2002).

Zásadní rozdíly přímého a nepřímého vstřikování:

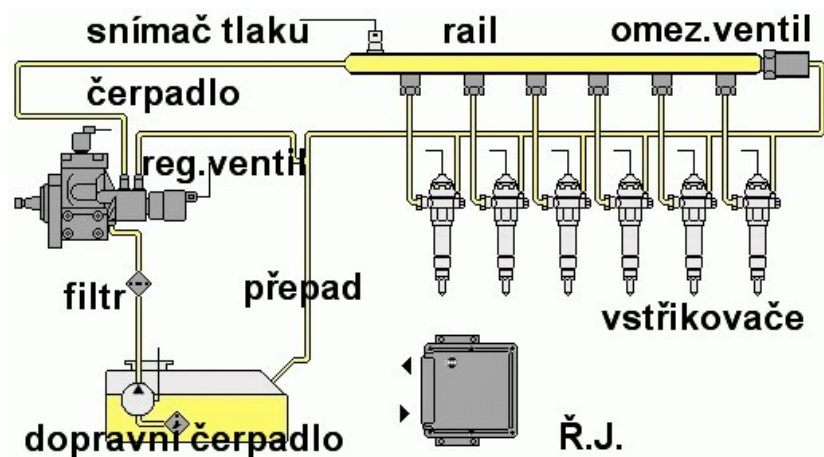
- Zvýšení vstřikovacích tlaků (dnes až 250 MPa),
- Vrstvení směsi a úprava předstříku,
- Vysoká přesnost vstřikovačů,

### 2.2.1 Common rail

Common rail je systém se společným zásobníkem. Tento systém pracuje ve dvou částech, a to nízkotlaké a vysokotlaké části. Nízkotlaká pracuje s tlaky od 0,25 až 0,5 MPa a vysokotlaká část v dnešní době dosahuje tlaků až 250 MPa.

Pro tento systém je nezbytná čistota paliva, neboť sebemenší nečistoty mohou způsobit kolaps systému (nejčastěji vydření trysek a následný úkap do spalovacího prostoru). Systém common-rail prošel řadou inovací, kdy zaznamenal významné zvýšení vstřikovacích tlaků, efektivnější rozvrstvení směsi a tím i snížení spotřeby paliva. Tento vysoce úspěšný a hojně používaný systém využívá ke svému chodu rotační vstřikovací čerpadla, a to buď s axiálními, nebo radiálními pístky. Tato čerpadla jsou řízena řídicí jednotkou a jsou ovládána elektronicky (BOSCH, 2005).

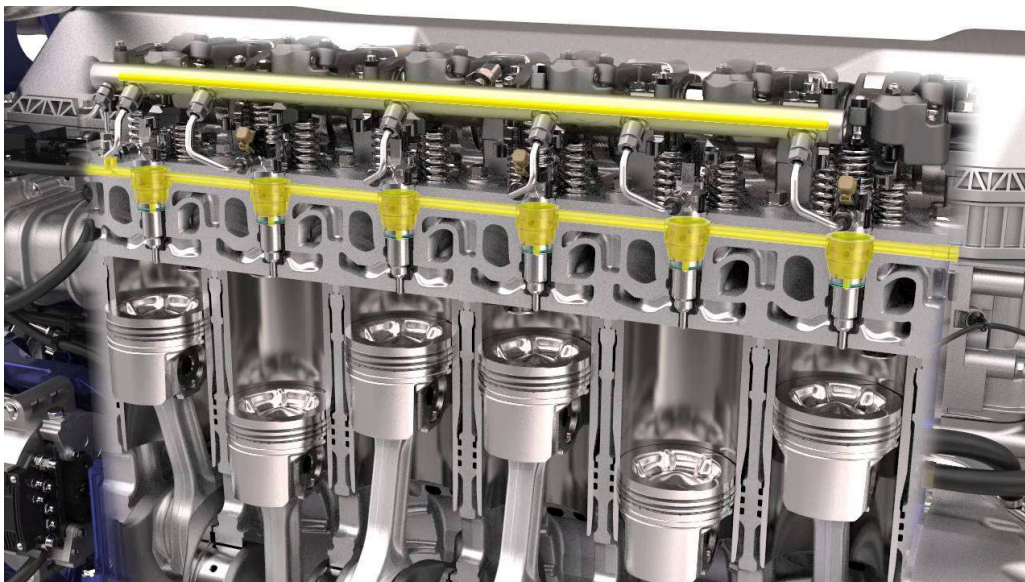
Na Obrázku č. 27 je vyobrazeno blokové uspořádání palivové soustavy common rail se všemi základními částmi. Tento systém se od ostatních odlišuje právě společným zásobníkem a přímým vstřikem zajišťovaným elektricky ovládanou tryskou. Samotná funkce systému je následující. Dopravní palivové čerpadlo tlačí naftu do jemného čističe a následně putuje vyčištěné palivo do vysokotlakého čerpadla. Palivo pokračuje do jednotného zásobníku pod vysokým tlakem. Zásobník paliva je vybaven čidlem na tlak paliva a zároveň přepadem. Pokud čerpadlo poskytne dostačující tlak a řídicí jednotka určí, že je čas na vlastní vstřik, tryška se elektromagneticky otevře a dávkuje palivo do válce. Elektromagneticky ovládané trysky poskytují výhodu rozvrstvit směs a tím zefektivnit pracovní cyklus (<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1469>, „staženo dne: 10. 12. 2017“).



Obrázek č. 27 - Blokové schéma palivové soustavy common rail,

zdroj: <http://files.h-diag.webnode.cz/200000619-db92ddc8c3/commonrail%20II.gif>  
 („staženo dne: 14. 12. 2017“)

Na obrázku č. 28 je vyobrazeno použití systému common rail u motoru značky VOLVO. Zde je zásobník tlaku uschován pod víkem ventilů, ke vstřikovačům vede pouze krátké vysokotlaké potrubí. Odpadní palivo ze vstřikovačů je odváděno vrtanou hlavou motoru.



Obrázek č. 28 - Motor Volvo se systémem common rail,

zdroj: <http://files.h-diag.webnode.cz/200000619-db92ddc8c3/commonrail%20II.gif>  
 („staženo dne: 14. 12. 2017“)

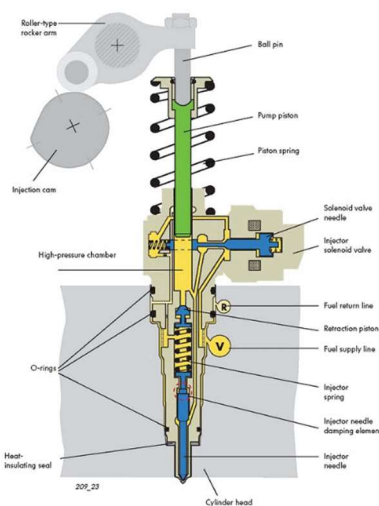


Tento systém je odlišný od běžně používaného typu v osobních automobilech. Systém se odliší použitím zubového nebo elektrického čerpadla pro předdodávku paliva. U systémů pro těžká nákladní vozidla se používá výhradně zubová palivová čerpadla. Toto čerpadlo je zpravidla upevněno přírubou na vysokotlakém čerpadle a u některých použití je upevněno na motoru (BOSCH, 2005).

### 2.2.2.2 Systém PD

Systém pd (z německého pumpe-düse), jinak nazývaný jako systém se sruženou vstřikovací jednotkou, je systém přímého vstřikování paliva, kdy funkce čerpadla, které by dodávalo potřebné vstřikovací tlaky, byla implantována přímo do vstřikovací jednotky. Jinak řečeno, vstřikovací tlak se tvoří pomocí vačkového hřídele, který vyvine tlak na příslušný vstřikovací element, který má uvnitř vlastní čerpadlo.

Schéma na obrázku č. 29 popisuje hlavní části systému pd, což jsou vačkový hřídel, vahadlo a vstřikovač s integrovaným vysokotlakým čerpadlem. Doprava paliva až do kanálku v hlavě motoru, která slouží jako zásobárna paliva pro stlačení paliva a jeho vstřík, je zajištěn pomocí podávacího mechanického a vakového čerpadla, tzv. tandemové čerpadlo (<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1468>, „staženo dne: 13. 12. 2017“).



Obrázek č. 29 - Schéma funkce systému Pd,

zdroj: <http://www.myturbodiesel.com/images/pd.png>

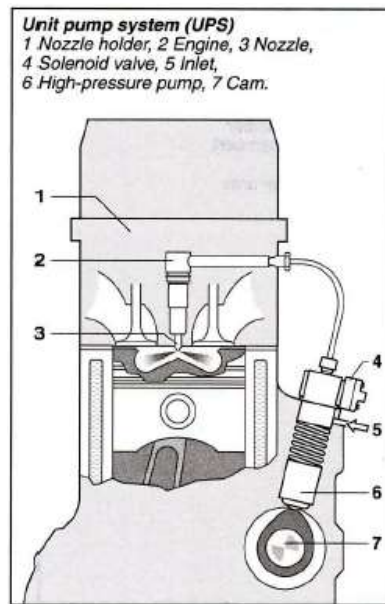
(„staženo dne: 14. 12. 2017“)

### 2.2.2.3 Sdružený vstřikovací systém UPS

Tento systém je tvořen pumpou, vedením a vstřikovačem. Tento systém je složitější, co se týká součástí vstřikovacího systému, avšak vzniká určitá výhoda, která je pro systém UPS charakteristická. Každý vstřikovač má vlastní vstřikovací čerpadlo, poháněné přímo od vačkového hřídele.

Výhoda spočívá ve jak ve spolehlivosti, ale i ceně následné opravy. Pokud dojde k havárii a jednomu válci není poskytován dostatečný vstřikovací tlak, není odstaven celý motor, pouze se sníží výkon, případně se zapne nouzový režim. Pořizovací cena samostatného čerpadla pro jeden válec je nižší než cena rotačního čerpadla pro common rail. Tento systém dosahuje vysokých vstřikovacích tlaků, výrobce Paccar pro svůj motor MX-13 uvádí 250 MPa ([https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/daf-xf-euro-6-po-15-letech\\_42209.html](https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/daf-xf-euro-6-po-15-letech_42209.html) „staženo dne: 23. 1. 2018“).

Popis funkce systému čerpadlo – vedení – tryska je patrný z obrázku č. 30. Zde vidíme, že samotné čerpadlo je poháněné otáčením vačkového hřídele [7], který působí na píst čerpadla. Díky tomuto pohybu čerpadlo následně vytvoří potřebný tlak. Následně elektromagnetický ventil reguluje samotnou dodávku k vstřikovači (BAUER, 2006).



Obrázek č. 30 - Schéma funkce systému UPS,

zdroj:

[https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/419740/mod\\_resource/content/1/11\\_Kul-14.4700\\_Fuel\\_Injection\\_System\\_in\\_Diesel\\_and\\_SI\\_Engines\\_2015.pdf](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/419740/mod_resource/content/1/11_Kul-14.4700_Fuel_Injection_System_in_Diesel_and_SI_Engines_2015.pdf):

(„staženo dne: 27. 12. 2017“)

## 2.3. Emisní normy výfukových plynů

### 2.3.1 Začátky

Evropské společenství národů se usneslo a zavazuje se dodržováním určitých norem na obsah výfukových emisí. Tato dlouhá cesta započala roku 1970 směrnici evropské unie 70/220/EEC. Ta dala o pár let později vzniknout normě euro 1 vcházející v platnost v lednu 1993.

U mnou sledovaných motorů (vznětových) tento krok znamená zejména zasazení oxidačně redukčního katalyzátoru do konstrukce výfukového systému.

Euro 2 ale oproti euro 1 počítá s rozlišením zážehových a vznětových motorů). Následně zpřísnila normu euro 1, ale bez rozlišení škodlivin (uhlovodíky a oxidy dusíku se počítaly).

Až norma euro 3 (2000) tento pohled změnila a rozlišovala tyto dva důležité činitele výfukových emisí. Důležitým mezníkem byl začátek zavádění filtrů pevných částic.

Následovala norma euro 4 (2005), která se důsledněji zaměřila na vznětové motory. Poprvé se objevil EGR ventil, který zajišťoval přepálení již spálených výfukových plynů tím, že je pustil zpět do sání. To má v částečném zatížení motoru za výsledek snížení teploty spalování a tím nižší vznik NO<sub>x</sub>.

Pokračovatelem normy euro 4 byla euro 5 přicházející v roce 2009. Ta měla za cíl snížit oxidy dusíku o 28 % oproti euro 4. Dále se začaly měřit pevné částice v jejich množství na km. To mělo za důsledek hojně rozšíření filtrů pevných částic.

Její nástupcem se roku 2014 stala norma euro 6, která apeluje hlavně na rasantní snížení Nox. To je možné při použití dalších částí výfukových systémů, jako jsou zásobníkové katalyzátory, nebo SCR (selektivní katalytická reakce) a následné přidání Ad blue (močoviny), (<http://www.auto.cz/technika-evropske-emisni-normy-jsou-s-nami-uz-od-roku-1970-94232> „staženo dne: 29. 10. 2017“).

### 2.3.2 Vývoj a budoucnost

Ve snaze snižovat ekologické zátěže se tak normy euro stále zpřísňují. V tabulce č. 1 jsou tyto normy vyobrazeny. Z těchto hodnot je patrné, že normy EURO 6 již jsou v takové fázi, že obsah oxidu uhelnatého a oxidy dusíku jsou téměř nepatrné v porovnání s EURO 1.

Tabulka č. 1 - Postup ve snižování emisí,

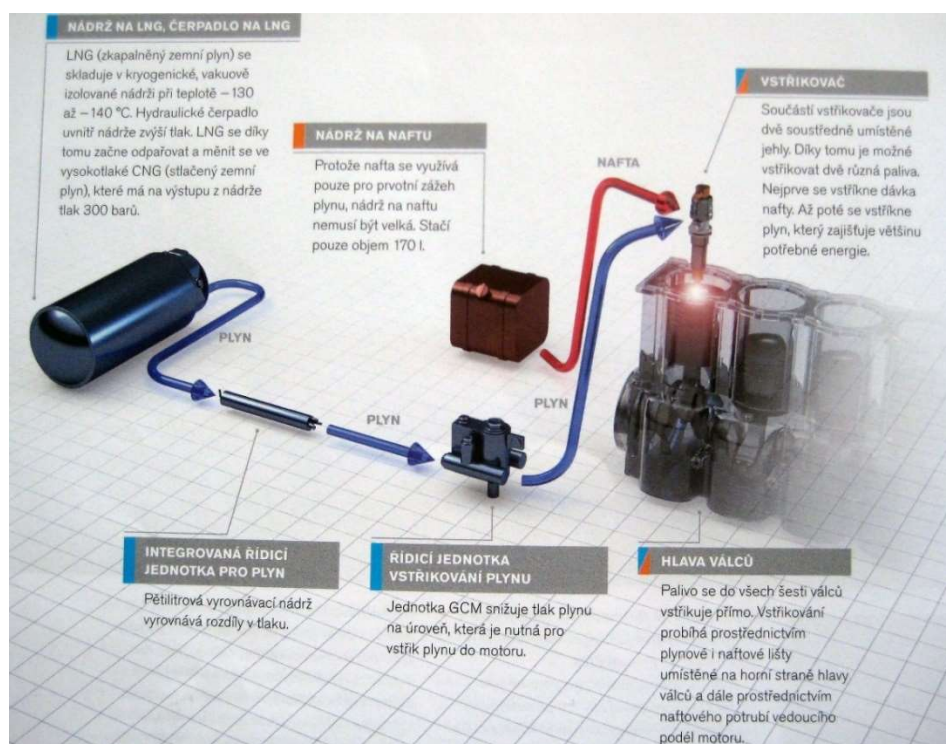
Rok	Norma	CO [g.km <sup>-1</sup> ]	NO <sub>x</sub> [g.km <sup>-1</sup> ]	HC+ NO <sub>x</sub> [g.km <sup>-1</sup> ]	PM [g.km <sup>-1</sup> ]
1993	EURO I	3,16	-	1,13	0,18
1996	EURO II	1,00	-	0,70	0,08
2000	EURO III	0,64	0,50	0,56	0,05
2005	EURO IV	0,50	0,25	0,30	0,025
2009	EURO V	0,50	0,18	0,23	0,005
2014	EURO VI	0,50	0,18	0,17	0,005

zdroj: [http://www.3csad.cz/pagedata/ckfinder/images/2014-06-27\\_1038.png](http://www.3csad.cz/pagedata/ckfinder/images/2014-06-27_1038.png)

(„staženo dne: 16. 1. 2018“)

Vývoj však naznačuje, že diesellový motor má ještě stále co nabídnout. Společnost Volvo trucks se ve svém firemním magazínu Globetrotter czech zaobírá otázkou spalování LNG z anglického liquefied natural gas (zkapalněný zemní plyn).

Vozidlo bude vybaveno palivovou soustavou, která bude jak na naftu, tak i na plyn. Plyn však bude spalovat z 90 %. Princip má být takový, že se tento plyn stlačí v při běžné kompresi a je následně zažehnut vstřikem malého množství nafty. Úspora na spotřebě je zhruba o 15 - 25 % nižší. Zároveň tento motor snižuje emise CO<sub>2</sub> o 20 %, což znamená, že vznětové motory mají stále co nabídnout. Další výhodou tohoto systému je snazší přechod na biopalivo. Zkapalněný zemní plyn by mohl být totiž v další fázi nahrazen bioplynem. Celá soustava je zobrazena na obrázku č. 31



Obrázek č. 31 - Pohled na nákres spalování LNG značky VOLVO, zdroj: Globetrotter czech (2017)

### 2.3.3 Souvislosti

Jak vlastně výfukové normy souvisí s palivovou soustavou? Správně pracující vznětový motor, který bude mít optimálně rozvrstvenou dávku vyčištěného paliva, v pravý čas a správně rozptýlenou do optimálně stlačeného vzduchu s ideální teplotou, má zajištěný nejen plynulý chod s nízkou spotřebou, ale disponuje i nižšími emisemi.

Emisní požadavky nezávisí totiž jen na dodatečném systému čištění výfukových plynů, ale především na upravení dávky paliva ve správném poměru nasávaného vzduchu. Přičemž i samotná údržba filtrů pevných částic vyžaduje úpravu dávky paliva, aby vznikla dostatečná teplota pro tzv. regeneraci. U mechanických systémů nepřímého vstřikování, ale i některých typů přímého vstřikování vázaných mechanickou vazbou (pumpe-düse) není možné v závislosti na otáčkách měnit dobu předstřiku, případně jeho dodatečné vstřikování. Common rail tento problém vyřešil, jelikož díky stálému tlaku v rail zásobníku a elektronicky ovládaným tryskám lze dávkovat v přesný čas, který je určen řídicí jednotkou motoru (<http://www.schroter.cz/ouvske2/ouv-c-ot17rstv-koncept.htm>, „staženo dne: 9. 1. 2018“).

### **2.3.3.1 Úprava vstřikování pro regeneraci filtru pevných částic**

Příklad souvislosti emisních norem a palivové soustavy může být úprava vstřikovacích cyklů a dávek z důvodu regenerace DPF. Pokud systém vozidla rozpozná interval, po kterém je nezbytné provést údržbu filtru pevných částic, započne samotná regenerace.

V tomto případě musí dávka kyslíku prostupovat sazemi. Aby došlo k reakci kyslíku s uhlíkem, je nezbytné zvýšit teplotu. Tento děj musí probíhat zhruba 30 minut, přičemž teplota výfukových plynů se pohybuje dle výrobce v rozmezí 500-800 °C, za kritickou hodnotu se považuje 1000 °C, kdy hrozí zničení vinou tepelných rázů. Aby však došlo k regeneraci filtru pevných částic, je nezbytné spustit program takzvaných dodatečných vstřiků nafty do spalovacího prostoru ve fázi výfuku. To zajistí zvýšení teploty a tím i vyčištění filtru pevných částic. (<http://www.auto.cz/technika-filtry-pevných-castic-jak-vlastne-funguji-a-regeneruji-1-díl-93106>“staženo dne: 21. 1. 2018“).

## **2.4 Obecná definice diagnostiky**

Diagnostika pochází z řeckého *diagnose* – rozeznávání, určení, skrze poznání. Je obecná nauka, metody a prostředky zjišťování poruch nebo celkového stavu předmětu zkoumání technického zařízení ([http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2015/10/diagnostika\\_a\\_servis\\_zem\\_stroju.pdf](http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2015/10/diagnostika_a_servis_zem_stroju.pdf)“staženo dne: 10. 11. 2017“).

Obecně diagnostiku lze dělit na diagnostiku objektivní a subjektivní. Zatímco objektivní se zakládá na informacích, které je možné změřit, nebo zjistit pomocí počítače s odpovídajícím softwarem, subjektivní se zakládá na odhadu, zkušenostech obsluhy se strojem a vizuální kontrole. Tato diagnóza je nejčastěji detekována obsluhou v případě, že vozidlu rapidně klesne výkon, nebo při neobvyklém hluku, vibracích a barvě výfukových plynů. Nejprve provedeme diagnostiku subjektivní, abychom zjistili případné úniky paliva.

V případě objevení některého z problémů (kouřivost, vysoká spotřeba, nízký výkon, mastná skvrna pod vozidlem apod.) musíme co možná nejdříve jednat, abychom zabránili vedlejším finančním nákladům. Byť závad může být nepřeberné množství, dle složitosti systému, lze jich většinu poměrně brzy odhalit právě včasnou reakcí. Díky moderním technologiím řídicí systém vozidla hlavní závady celkem solidně zjistí a vyhodnotí nejlepší možný postup (rozsvícení kontrolky, případně zavedení nouzového režimu).

Palivová soustava má značný vliv na emise, chod motoru, jeho výkon a v neposlední řadě na spotřebu pohonných hmot, proto je její diagnostika vysoce důležitá. Elektronické řízení motoru (ECU – elektronický centrální řídicí jednotka) pomocí čidel v palivové soustavě (tlak v railu, případně snímač polohy jehly), ale i na klepání motoru (špatné detonace) nebo ve výfukovém systému (čidla NO<sub>x</sub>, lambda sondy apod.) vytváří optimální poměr směsi ne pro co nejvyšší výkon, ale co nejnižší emise.

Pokud poměr není optimální, obsluha vozidla detekuje závadu dle barvy kouře. Pokud barva výfukových plynů je spíše černá, obsahuje vysoké množství pevných částic, může se jednat o zanesený vzduchový čistič, nevhodné nastavení předstříku, nebo netěsnící trysku, a tím způsobený nedostatek vzduchu ve směsi (SUCHÁNEK, 1990).

### 3. Cíl práce

Cílem práce je provedení diagnostik a vyhodnocení prognóz vývoje stavu a poruch palivové soustavy a odpovědět na otázky:

1. Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?
2. Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?

V práci se mám zaměřit na:

1. Popsat používané diagnostické systémy pro palivové soustavy.
2. Provést konkrétní diagnostiku.
3. Porovnat zjištěné a naměřené výsledky s doporučeními výrobce a direktivou EU.
4. Odpovězte na otázky z cíle této práce.
5. Výsledky vyhodnotím.
6. Uvedu závěry pro praxi.



## 4. Metodika diagnostiky

### 4.2 Použitá metodika

Vzhledem ke svým možnostem jsem se rozhodl pro obsáhnutí dané problematiky provést dvě diagnostiky. První se bude týkat načtení vozidla pomocí ECU, jeho následnou vizuální kontrolu a zajištění jeho protokolu z měření emisí. Následně budu diagnostikovat komponenty motoru tatra, kde se zaměřím na podávací a vstříkovací čerpadlo a vstříkovací trysky a jejich seřízení.

První palivová soustava motoru, který jsem se rozhodl diagnostikovat, pochází od holandského výrobce nákladních automobilů DAF. Jedná se o tahač návěsů DAF XF 105 EEV r. v. 2008, vybaven motorem s výkonem 340 kW (440 HP) o zdvihovém objemu 12 902 cm<sup>3</sup> a splňující emisní normy EURO 5. Tento motor využívá systém vstříkování sdružených vstříkovacích jednotek.

První diagnostiku budu provádět pomocí dílenského počítače s diagnostikou Davie. Sada pro diagnostiku vozidla obsahuje počítač, software, USB kabel a jednotku Vci560, která zajišťuje komunikaci ECU s diagnostickým systémem v počítači.

Diagnostika vizuální bude provedena na dílenském provozu disponujícím montážní jámou pro vizuální kontrolu i částí umístěných pod vozidlem, případně složitě v šasi tahače.

Druhou diagnostiku budu provádět v zázemí firmy TATRA TRUCKS v Kopřivnici. Měření bude probíhat na komponentech motoru TATRA T3C, kde budu diagnostikovat řadové vstříkovací čerpadlo BOSCH PE 8 P 120 A 320 RS 7501 a vstříkovací ventil VA52P490. Diagnostika vstříkovacího čerpadla bude probíhat na zkušební stoličce BOSCH EPS 815. Vstříkovací ventil budu diagnostikovat na digitálním tlakoměru MOTORPAL NC 217. Zároveň mi firma TATRA TRUCKS poskytla hodnoty kouřivosti a aktuální spotřeby ze záznamů motorové zkoušky motoru T 928 D pro porovnání s motorem T 928 C, které porovnam ve výsledcích práce.

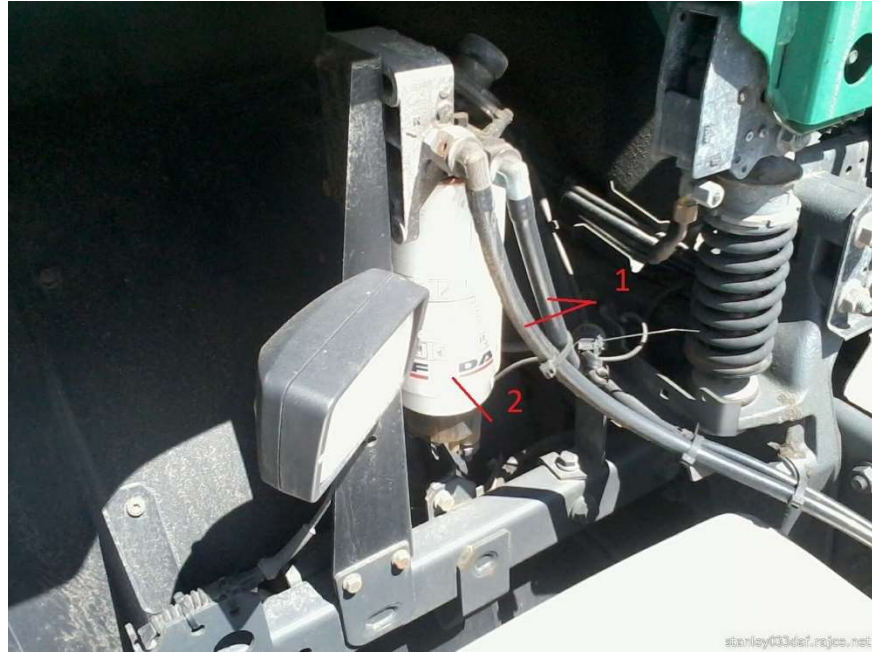
### 4.3 Vlastní diagnostika

Vozidlo, které jsem se rozhodl diagnostikovat je vyfotografováno na obrázku č. 32. Jedná se o DAF XF 105 EEV euro 5.



Obrázek č. 32 - Diagnostikované vozidlo DAF XF 105

Kontrolu bude nezbytné započít u palivové nádrže. Ta musí být těsná a vzhledem k materiálu, ze kterého je vyrobena ji lze poměrně snadno poškodit obrubníkem, případně ji jinak prorazit. Palivová nádrž obsahuje rovněž vypouštěcí šroub na dně. Ten musí rovněž těsnit. Dále pokračujeme přes sací koš po palivovém vedení [1] až k čističi s odlučovačem vody ve spodní části [2] (viz obrázek č. 33).



Obrázek č. 33 - Pohled na čistič s odlučovačem vody (DAF XF 105)

Palivové vedení je v nízkotlaké části vyrobeno z odolného plastu. Plast má totiž lepší vlastnosti než pryžové hadice nebo kovové trubky. Přesto však může být potrubí poškozeno proražením, prošoupáním, a podobně. Dále se po palivovém vedení dostáváme k podávacímu čerpadlu [3]. Po palivovém vedení se dále dostáváme k monobloku čističů [4]. Tento monoblok obsahuje dva čističe s papírovou vložkou. Zde jsou čističe uzavřeny víkem na závit, na jehož konci je v osazení gumový těsnicí kroužek. Ten může způsobit netěsnost, pokud při jeho montáži nebyl namazán a následně došlo k jeho přeštípnutí dotahováním závitů. Dále budeme pokračovat vizuální kontrolou těsnosti hadic přiléhajících na blok motoru [5] (viz obrázek č. 34).



Obrázek č. 34 - Pohled na motor sedlového tahače DAF XF 105

Následuje kontrola těsnosti samotných čerpadlových jednotek, kterých je v motoru 6 (šestiválec). Pokud ani zde není nalezena netěsnost, pokračujeme kontrolou na vysokotlakých vedeních. Toto vedení je tvořeno ocelovými trubkami s osazením, aby bylo možné je dostatečně utěsnit. Tyto trubky dále vedou k vstřikovačům. Pokud ani zde žádný problém není, pokračujeme po přepadech zpět do nádrže.

Oficiální příručka k vozidlu upozorňuje, že v případě, že bychom někde na soustavě shledali netěsnost, je nutné kontaktovat servis. V případě, že jsme zde žádnou závadu v podobě úniku pohonných hmot nedetekovali, přecházíme na diagnostiku objektivní.

Pomocí počítače se softwarem vhodným pro toto vozidlo můžeme zjistit stávající hodnoty a také je v některých případech porovnat s hodnotami výrobce a s hodnotami naměřenými na STK. Zároveň lze zjistit chybová hlášení a případně je vymazat, pokud to systém dovolí.

Počítač je nezbytné zapnout a po přihlášení do systému propojím vozidlo pomocí zásuvky OBD s diagnostickým PC. Zapojení konektoru pro palubní diagnostiku je viditelné na obrázku č. 35. Po zapojení je nezbytné se přihlásit do systému a zadat parametry vozidla.



Obrázek č. 35 - Zapojení propojovacího kabelu do zásuvky

Následně spustím diagnostický test na závady vozidla. Jeho výsledky jsou následující. DMCI obsahuje 1 chybu aktivní a 3 neaktivní - viz obrázek č. 36. Vzhledem k tomu, že tato řídicí jednotka se zabývá řízením motoru a vstříkovaní, je pro nás tato informace velmi důležitá. EAS2, což je řídicí jednotka pro úpravu emisí obsahovala 3 chyby aktivní a 3 neaktivní. Tyto chyby jsou poměrně důležité pro palivovou soustavu a chod motoru obecně.

Chybová nabídka		
<b>i Poznámka</b>		
Stiskněte tlačítko <Pokračovat> a přejděte k diagnostické relaci.		
	Aktivní	Neaktivní
DMCI	: 1	4
EAS2	: 3	3
EBS2	: 0	0
EST52	: 0	0
ASTRONIC	: 0	0
DTCO	: Čtení se nezdařilo	
SWS	: 0	0

Obrázek č. 36 - Načtení paměti závad

Testovací procedury, které poté provedu budou následující. Testování množství okamžité dávky paliva a procentuální výkon válců Výsledek

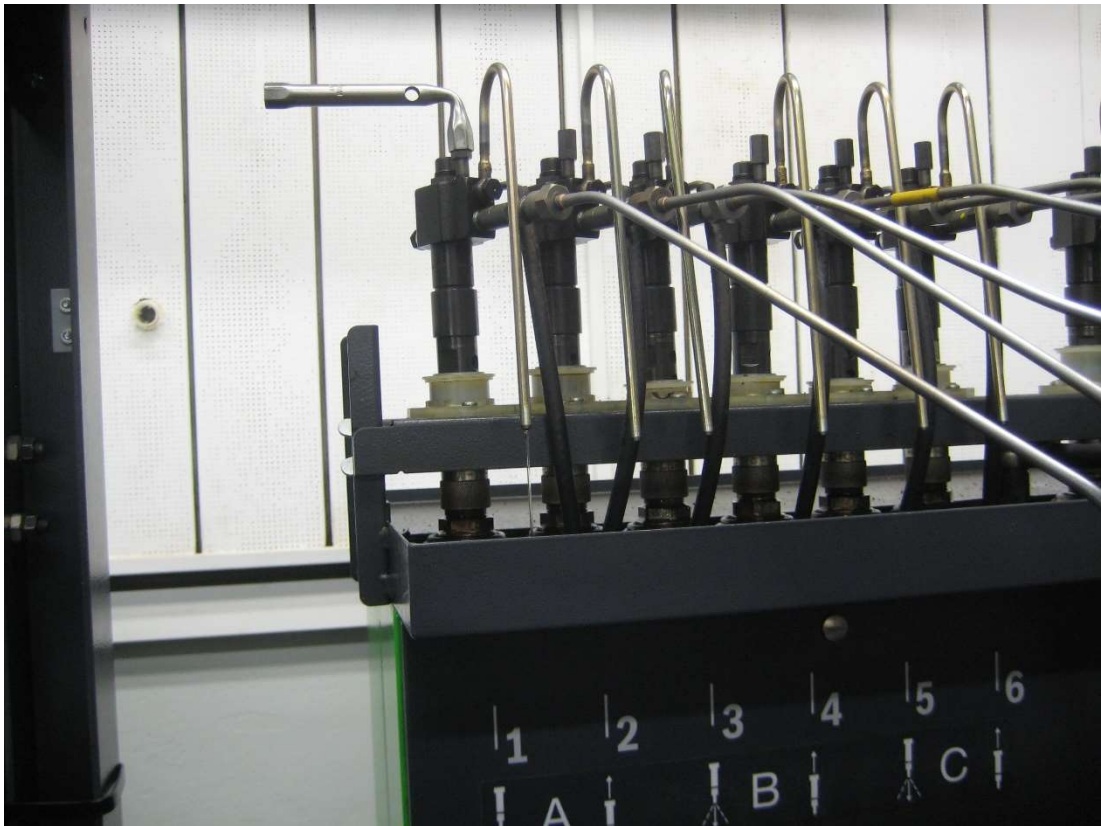
testování okamžitého množství spotřebovávaného paliva je vypsán v tabulce č.2. Test procentuálního výkonu válců je vypsán v tabulce č. 3.

Druhá část diagnostiky bude provedena v areálu firmy TATRA TRUCKS na zkušební stolici BOSCH EPS 815, kde budu kontrolovat nastavení řadového vstřikovacího čerpadla BOSCH PE 8 P 120 A 320 RS 7501 s odstředivým regulátorem RQV300...900PA1461K.

Nejprve bude nutné vstřikovací čerpadlo upevnit a připojit spojku na hnací hřídel zkušební stolice. Dále je nezbytné provést základní seřízení předstříku, zkontrolovat dávku jednotlivých vstřikovacích elementů, ověřit funkci odstředivého regulátoru a podtlakové regulace. Během všech procedur bude nezbytné kontrolovat vysunutí řídicí tyče, která ovládá natočení pístků čerpadla a následné množství dávky paliva.

Prvním krokem bude demontáž zátky na skříní vstřikovacího čerpadla a montáž do vzniklého otvoru měřicí přístroj určený pro měření zdvihu pístku. Další nezbytný přístroj je pro měření vysunutí řídicí tyče, který se instaluje do montážní zátky z čela vstřikovacího čerpadla. Následně musím nastavit nulový bod, ze kterého budu následně vycházet. Pro další průběh měření bude důležité nastavit pracovní dávku polohou řídicí tyče (v daném případě zhruba 13 mm) a připojit přívod paliva ze zkušební stolice o zkušebním tlaku 2,6 MPa. Další nezbytný přístroj je snímač světelného signálu, který našroubujeme do dalšího montážního otvoru u odstředivého regulátoru. Tím zajistím nulový bod, ze kterého dále vycházím.

Po provedení předchozích kroků, důležitých k následnému seřízení do kruhu, můžeme pokračovat v diagnostice. Musíme povolit vysokotlakou hadici vedoucí ze zkoušeného pracovního elementu. Z té následně bude vytékat proud paliva. Jak budu dále ručně otáčet hřídelem, měl by se po 45° změnit v kapky (viz obrázek č. 37). Takto je nezbytné postupovat u všech elementů čerpadla a přesně dle pálení válců motoru určeného pro čerpadlo, v mém případě 1,8,5,4,7,2,3,6.



Obrázek č. 37 - Sledování změny tlaku v proudu paliva

Následně, po seřízení do kruhu a nastavení předstřiku, zahájím kontrolu množství dávky paliva dodávaného vstřikovačům. Zkouška bude probíhat v předepsaném souboru otáček firmou BOSCH. Tento předpis zároveň obsahuje hodnoty pro kontrolu správného vysunutí řídicí tyče a další hodnoty. Pro diagnostiku v této části bude důležité zjistit průměrnou dávku, a co nejmenší rozdíly v dávkách jednotlivých elementů. Na hodnoty dávky má vliv také zjišťovaná teplota čerpadla. Zároveň je nutné vyzkoušet funkci odstředivého regulátoru a přetlakového korektoru.

Po předchozím nastavování je nezbytné demontovat měřicí přístroj pro zjištění zdvihu elementu, připojit vzduchové vedení (do tlakového korektoru) pro ověření funkce přetlakové regulace a připojit na čerpadlo hadici přepadu paliva. Zároveň musí být všechny vysokotlakové vedení napojeny na průtokoměry.

Ve všech otáčkách, které podrobím zkoušce velikosti dávky je nezbytné ustalování 50 s. Po tomto ustálení lze říci, že dávka v provozu se bude pohybovat v obdobných hodnotách.

Následně musím odzkoušet činnost odstředivého regulátoru, který by měl pracovat v rozmezí 300 - 900 otáček.min<sup>-1</sup>. Dosažením 300 otáček.min<sup>-1</sup> by měl postupně ubírat dávku paliva, až do 900 otáček. Při překročení maximální hodnoty by regulátor upravil dávku paliva změnou vysunutí ovládací tyče čerpadla minimální dávku. Toto vysunutí tyče je určené přesně pro určité otáčky. Přetlakový korektor vyzkoušíme otevřením tlaku ze zkušební stolice. Tento korektor funguje jako doraz pro řídicí tyč. Je předem nastavený, pokud by nebyl, je nezbytné jej seřadit.

Následně bude nezbytné prověřit samotný vstříkovač. Vstříkovač vložíme do upínacího mechanismu měřicího přístroje motorpal NC217, který je vidět na obrázku č. 38. Po připojení přívodní trubice, která bude od ruční pumpy dopravovat palivo do vstříkovače můžeme zapnout přístroj pro měření tlaku a započít zkoušku samotnou.

Tryska musí dostatečně prášit a dodržet nastavený otvácí tlak. Po pumpování nastane v soustavě tlak až 32,3 MPa, kdy tryska otevře a započne vstříkovat palivo do připravené nádoby. Důležité je sledovat, zda tryska práší a neodkapává, protože to by mohlo vést k následnému popálení pístu a způsobit havárii motoru.



Obrázek č. 38 - Zkušební přístroj Motorpal NC217 před upnutím vstříkovače



## 5. Výsledky

Diagnostika tahače firmy DAF proběhla dle očekávání. Na obrázku č. 36 vidíme, že řídicí jednotka motoru měla aktivní chybu z důvodu chybné funkce systému na úpravu spalin a z tohoto důvodu by snížila výkon. Tyto aktivní chyby se po vymazání neobjevily a pokračoval jsem v měření. Možný problém mohl nastat při měnění baterií, kdy se celá soustava odpojila od proudu.

Zkoušení sdruženého vstřikovacího systému tahače XF 105 proběhlo s následujícím zjištěním. Na volnoběžné otáčky motor odebíral 17,4 mg paliva. Při větším působení na plynový pedál se dávka zvýšila na 24,9 mg. Při maximální dávce paliva vzrostla spotřeba až na 116,5 mg. Motor pak při vysokých otáčkách a nesešlápnutém pedálu plynu začal brzdit a začal vstřikovat nulovou dávkou paliva. Naměřené hodnoty viz tabulka č. 2. Další výsledek testu procentuálního výkonu válců můžeme vidět v tabulce č.3.

Tabulka č. 2 - Dávka paliva Paccar MX

Otáčky	Dávka paliva [mg.sešlápnutí <sup>-1</sup> ]
Volnoběžné otáčky	17,4
Zvýšené otáčky	24,9
Maximální otáčky	116,5

Tabulka č. 3 – Výkon jednotlivých válců Paccar MX

Válec	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Procentuální výkon válce	99%	100%	99,4%	99,6%	99,9%	99,7%

Následná diagnostika subjektivní, kdy jsem na a pod vozidlem hledal úniky paliv, proběhla na výbornou. Žádný problém zde nebyl nalezen a výkonnostní test potvrdil, že je soustava v provozuschopném stavu a bez závad. Zásadní je však pro udržení tohoto stavu zabezpečit čistotu paliva. Jak pomocí tankování čistého paliva, tak i za pomoci dodržování potřebných servisních intervalů.

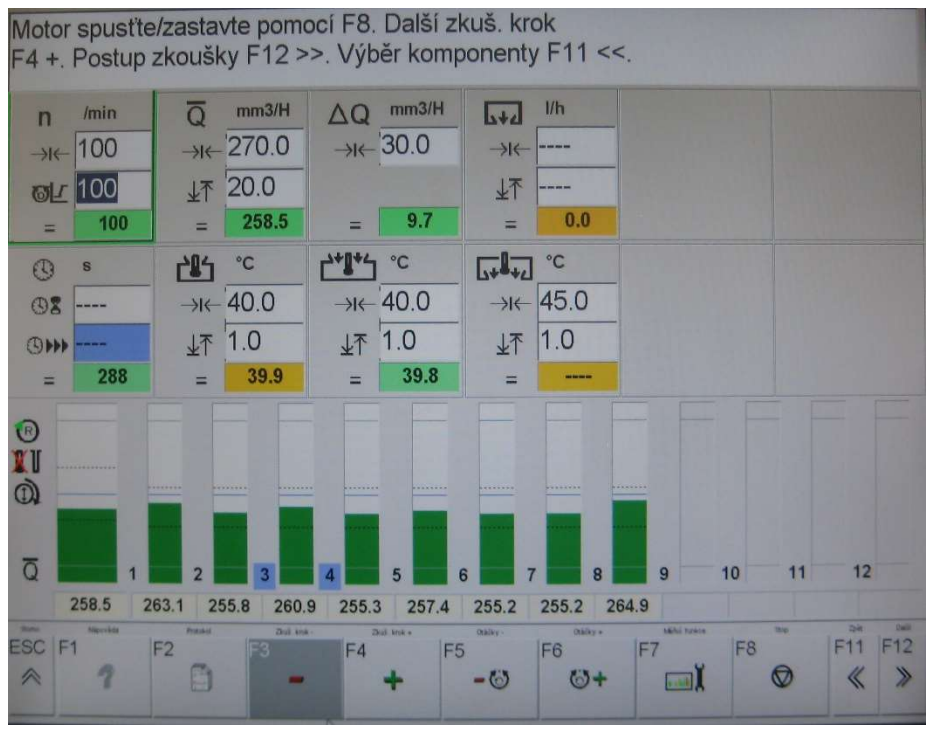
Pokud tyto intervaly budeme dodržovat, měl by motor od holandského výrobce vydržet až 1,6 milionu kilometrů ([https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/daf-xf-105-510-super-space-cab-test\\_30110.html](https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/daf-xf-105-510-super-space-cab-test_30110.html), „staženo dne: 5. 2. 2018“).

Vstřikovací čerpadlo BOSCH, které jsem podrobil zkoušce, bylo v dobrém kondičním stavu a bylo seřízeno ve stanovených tolerancích. (Servisní předpis BOSCH) Výsledek nastavení předstříku můžeme vidět na obrázku č. 39.

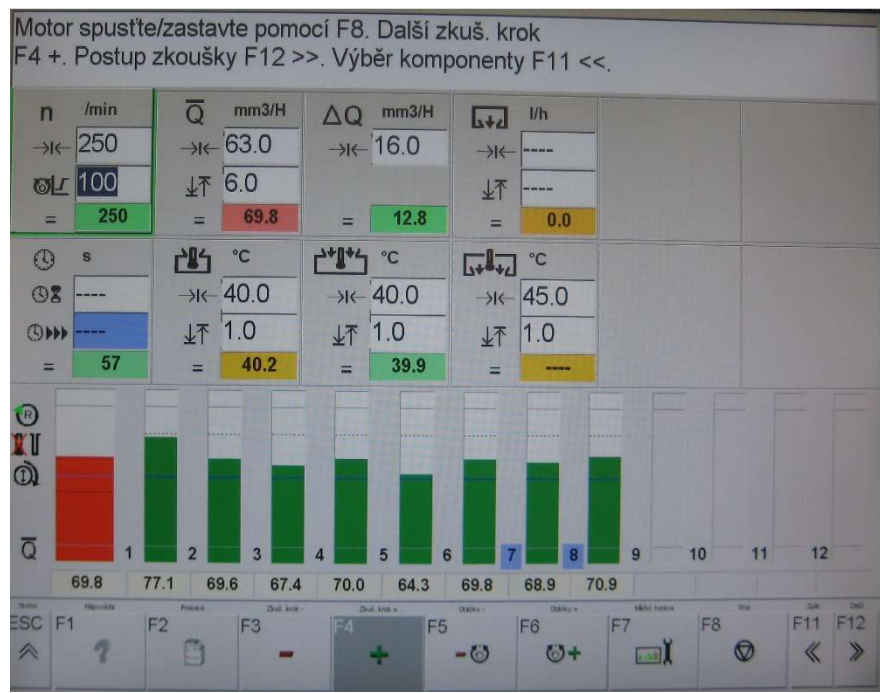


Obrázek č. 39 – Kontrola seřízení dávky předstříku

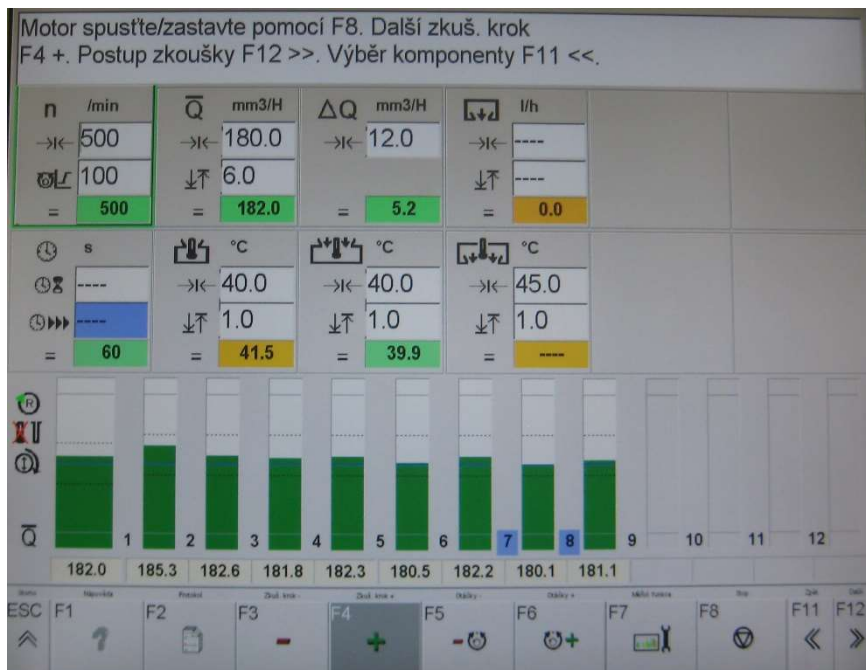
Jednotlivé průběhy měření velikosti dávky v různých souborech otáček jsou na obrázcích č. 40 - č. 44.



Obrázek č. 40 - Dávka všech elementů po ustálení na minimální otáčky



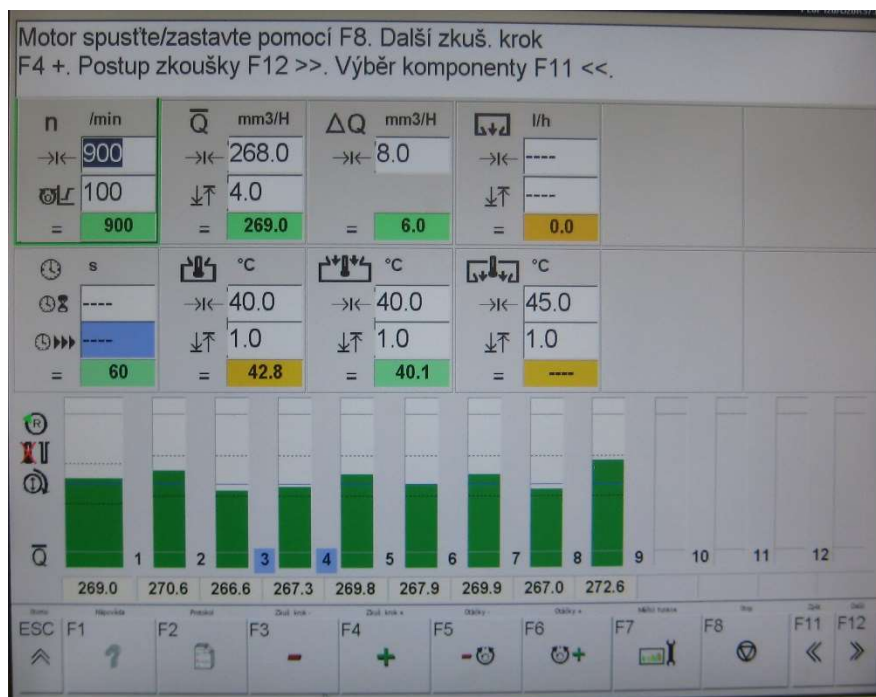
Obrázek č. 41 - Dávka všech elementů po ustálení na volnoběžné otáčky



Obrázek č. 42 - Dávka všech elementů po ustálení na zvýšené otáčky



Obrázek č. 43 - Dávka všech elementů po ustálení při nejvyšším výkonu motoru



Obrázek č. 44 - Dávka všech elementů po ustálení na jmenovité otáčky

Diagnostika vstřikovače proběhla v pořádku, vstřikovač má správně seřízený otvácí tlak jehly - 32 MPa, je těsný (bez úkapů) a v jeho přívodní trubici není žádná nečistota, která by byla zachycena štěrbinovými čistíči. Vstřikovač tedy bez problémů může být zasazen do palivové soustavy a bude pracovat správně.

Hodnoty emisních norem naměřených na různých typech a specifikacích pro srovnání jsou zapsány v tabulkách č. 4 až č. 5. V tabulce č. 4 jsou hodnoty uvedené na stanici technické kontroly, kde měření vycházelo v jednotkách [ $l \cdot m^{-1}$ ], zatímco měření motorů TATRA probíhalo na systému pro měření emisí implantovaného na motorové brzdě, kde výslednou jednotkou jsou hodnoty stupnice BOSCH.

Tabulka č. 4 - Hodnoty kouřivosti motoru T3D 928-30

Motor	T3D-928-30		
Otáčky při měření [ $1.\text{min}^{-1}$ ]	801	1149	1750
Dovolená kouřivost	3,4	0,2	0,3
Naměřená kouřivost	3,1	0,1	0,2

Zdroj: Protokol z výstupního měření motoru

Tabulka č. 5 - Hodnoty kouřivosti motoru T3C 928-90

Motor	T3C-928-90	
Otáčky při měření [ $1.\text{min}^{-1}$ ]	1001	1799
Dovolená kouřivost	0,6	0,7
Naměřená kouřivost	0,2	0,4

Zdroj: Protokol z výstupního měření motoru

## 6. Diskuse

Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?

**Ano**, je.

Když zkusíme pomocí výsledků vysvětlit odpověď na tuto otázku, dostane se nám následujících odpovědí. Provedená diagnostika na vozidle DAF patří mezi detailnější, které můžeme v dílenském provozu používat. Základem však je, aby soustava byla těsná a aby palivo bylo čisté. Tedy daná diagnostika je dostačující. Pokud budeme chtít stanovit prognózu, vozidlo by mělo bezproblémově fungovat (alespoň po stránce palivové soustavy) až do následující výměny čističů, pokud budou dodrženy podmínky sepsané výše.

Pokud se zaměříme na diagnostiku na zkušební stoličce BOSCH, jedná se o přístroj, který je v podstatě nejlepším dostupným na trhu. Stoličce pro vstřikovací čerpadla je schopna důkladně prověřit řadové čerpadlo, které je podrobena různým zkouškám. Tato stoličce je schopna prověřit dávku z každého elementu, je schopna také prověřit různé typy regulace (ať už odstředivou, nebo přetlakovou). Z hlediska vhodnosti, diagnostika je naprosto vhodná k určení prognózy pro čerpadlo.

Dále diagnostikovanou komponentou byly vstřikovače z motoru TATRA, které lze po přezkoušení na zkušebním přístroji MOTORPAL hodnotit dle otevíracích tlaků a schopnosti rozprášit palivo. Tato diagnostika opět patří mezi rychlejší a cenově výhodné. Prognózy pro diagnostikovaný vstřikovač mohou jít buď cestou opravy, která bude časově náročnější, ale opět pro zkušeného mechanika není problémem. Druhá varianta může nastat, pokud je vstřikovač správně nastaven a funguje, kdy jej můžeme opět vrátit do motoru.

Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?

**Ano**.

Ekonomická náročnost se značně liší, zejména dle vybavenosti podniku zkušební stolicí, diagnostickým počítačem a neméně důležitým softwarem. Časová náročnost pro mechanika není nijak vysokou finanční zátěží, ale opět je potřeba školený pracovník.

Pokud je diagnostický nástroj v rukou zkušeného a zručného mechanika, jedná se o velice vhodnou záležitost, která opět není nijak závratně drahá, při pohledu na ceny náhradních dílů, případně výměny celého dílu.

Celková zkouška vozidla XF se skládala ze subjektivní a objektivní diagnostiky. Subjektivní dopadla výborně, na vozidle jsem neshledal závad, jak v nízkotlaké, tak ve vysokotlaké části. V tomto případě použitá diagnostika splnila svůj účel a motor načítaného vozidlo je v dobré kondici. V tomto směru bych řekl, že na tom má vysoký podíl kvalifikovaný a důkladný servis, který pravidelně měnil čističe, a to nejen čističe palivové.

Konkrétně u palubní diagnostiky mne zaujala možnost diagnostikovat přímé množství spotřebovávaného paliva, které jsem bohužel neměl šanci porovnat s jakoukoliv direktivou výrobce, ani s hodnotami naměřenými například na zkušební stoličce. Ale z pohledu řidiče tyto hodnoty ukazují jasně, že se vyplatí brzdit motorem a zároveň udržovat motor v rozumných otáčkách.

Objektivní diagnostika tahače firmy DAF, která byla provedena v rámci měření této práce pomocí palubní diagnostiky patří mezi standard dnešních nákladních automobilů. Každý výrobce disponuje vlastním softwarem, existují však také universální programy, které ale nemusí poskytovat komplexní diagnostiku vozidla.

Co se týče motoru firmy TATRA a vstříkovacího systému BOSCH, jedná se o vysoce spolehlivý, celkově nenáročný systém. Tento systém má vysoký potenciál pro zemědělství, ale i pro záchranářské, nebo vojenské složky, které nemohou stoprocentně zajistit čisté, kvalitní palivo.

V provedené diagnostice na částech palivové soustavy (vstříkovací čerpadlo a vstříkovače) jsem zjistil, že jsou správně nastavené dle pokynů výrobce, tudíž není důvod jakýchkoliv oprav. Pokud by však nastal problém, ať už v netěsnosti trysky, nebo nedostatečně fungujícího pístku v čerpadle (z důvodu např. vydřeného válce pístku), obsluha vozidla by obtížně zjistila problém.

Mezi hlavní signály, které by upozorňovaly na blížící se problém, by patřily:

1. snížený výkon,
2. zvýšený hluk,



### 3. změna barvy výfukových plynů.

Pokud ale obsluha pozná včas problém, jde tento systém poměrně levně opravit. Pokud bychom vzali v úvahu pouze ceny náhradních dílů, tak systém vstřikování TATRA s řadovým vstřikovacím čerpadlem a mechanicko-hydraulickými vstřikovači je v porovnání s konkurenty (porovnání s Paccar MX-systém UPS) jednodušejší, ale hlavně levněji opravitelný. Tuto kalkulaci dokazuje tabulka č.6. Tato tabulka vychází z nabídek internetových prodejců, tudíž se ceny mohou měnit. Při pohledu na tuto tabulku je zřejmé, že systém motoru PACCAR potřebuje nižší četnost servisních prohlídek, zároveň ale při přepočtu četnosti výměn motoru značky TATRA se ukazuje jistá cenová propast, která vzniká. Motor MX potřebuje výměnu čističů v 7,5 krát nižší četnosti, než motory řady T firmy TATRA. Za výměnu palivových filtrů vozidla značky DAF vlastník zaplatí 1605 Kč. Za tutéž výměnu zaplatí vlastník vozidla TATRA po zaokrouhlení 336 Kč. Při této kalkulaci nebyla započtena cena mechanika, která se může velice lišit. Tato kalkulace ale dokazuje tvrzení, že systémy s vyššími vstřikovacími tlaky paliva potřebují vyšší úroveň kvality čištění paliva, kterou je ovšem nezbytné zaplatit. Pro zajímavost v tabulce č. 7 uvádím ceny vybraných částí palivových soustav pro zmíněné motory.

Tabulka č. 6 - Srovnání cen výměny čističů palivové soustavy,

PACCAR MX-výměna 150 000 km			
Položka	typ	cena [Kč]	Počet [ks]
Vložka palivového čističe	MANN-FILTER PU 966/1 x	360	2
Palivový čistič	FILTRON PP967/1	885	1
TATRA-výměna čističů 9000 l paliva, nebo 20 000 km			
Položka	Typ	cena [Kč]	Počet [ks]
Papírová vložka čističe	Filtr PJ4 (627964105104 P)	44,77	1

Zdroj: <https://www.autodily-pema.cz/autodily/daf/xf-105/far-105.460-340kw/palivove-cerpadlo?productId=93027>; („staženo dne: 22. 3. 2018“);

<https://www.autodily-pema.cz/autodily/daf/xf-105/far-105.460-340kw/palivove-cerpadlo?productId=49175>; („staženo dne: 22. 3. 2018“);

[http://www.mopas.cz/upload.cs/7/7ac64984\\_5\\_pokyny\\_pro\\_uzrzb\\_u\\_servis\\_vozidla\\_t815.pdf](http://www.mopas.cz/upload.cs/7/7ac64984_5_pokyny_pro_uzrzb_u_servis_vozidla_t815.pdf); („staženo dne: 22. 3. 2018“);

<https://www.skarab.cz/cs/zbozi/filtr-pj4-paliva-p-tatra-82937?filtr=vozy&VOZY=5010>; („staženo dne: 22. 3. 2018“)

Následně při kalkulacích s pravidelnými servisními výměnami, musíme počítat, že nějaká součást přestane fungovat. Součásti jsou v dnešní době poměrně drahé (viz tabulka č. 7). Tento aspekt je jeden z mnohých, proč jsou staré stroje stále ještě používané v zemědělství a dalších odvětvích, např. v lomech a stavbách.

Tabulka č. 7 - Srovnání cen částí palivové soustavy,

PACCAR-vybrané náhradní díly		
Položka	Typ	Cena [Kč]
Vstřikovací jednotka	INJECTION PUMP-DAF XF 105	2692,4
Vstřikovač	DAF / 1725282	14 098,00
TATRA-vybrané náhradní díly		
Položka	Typ	Cena [Kč]
Vstřikovací element	Bosch TATRA / 2418455719	2091
Vstřikovací čerpadlo celé	PV 8 A 9S 917 J 1492	71110
Vstřikovač	VA 52 P490 2993 TATRA	4138

Zdroj: <https://autoline.cz/-/prodej/vstrikovace/pro-tahace/DAF---14060311252745511900>, („staženo dne: 22. 3. 2018“);  
<https://autoline.info/-/sale/injection-pumps/tractor-unit/DAF---16111613524420550300> („staženo dne: 22. 3. 2018“);  
<https://www.skarab.cz/cs/zbozi/element-vstrikovaciho-cerpadla-bosch-tatra-99326?filtr=vozy&VOZY=2699> („staženo dne: 22. 3. 2018“);  
<https://www.skarab.cz/cs/zbozi/cerpadlo-vstrikovaci-1492-pv-8a-9s-917-j-1492-tatra-7322?filtr=vozy&VOZY=2610> („staženo dne: 22. 3. 2018“);  
<https://www.skarab.cz/cs/zbozi/element-vstrikovaciho-cerpadla-bosch-tatra-99326?filtr=vozy&VOZY=2699> („staženo dne: 22. 3. 2018“)

## 7. Závěr

Diagnostické systémy, které jsem použil (vizuální, OBD a diagnostika na zkušební stolici trysek a čerpadel) jsou dostatečné k posouzení určitých prognóz, které určí následný stav motoru a nepřímo stav vozidla. U novějších systémů diagnostiky lze využít elektroniku a s poměrně vysokou přesností vyhodnotit situaci a včas reagovat. Vždy ale závisí především na obsluze, která na případnou změnu chování vozidla upozorní. Následně je ale nezbytný proškolený technik, který s diagnostikou daného vozidla má zkušenosti. Čím zkušenější je pak technik, tím vyšší je šance na rozpoznání problému a jeho vyřešení s nižšími náklady.

Vhodnost diagnostiky určíme dle schopnosti zjistit problém. Pokud se zaměříme na diagnostiku OBD, tak schopnosti této diagnostiky jsou omezené. Protože tento typ určuje stav systému dle čidel, která nepoznají zejména subjektivní podněty jako jsou barva kouře, zvuky, zápach apod. Nejdůležitější diagnostikou tedy je diagnostika subjektivní.

Když vezmeme v potaz ceny náhradních dílů, ať vstřikovačů, nebo čerpadel, zároveň přičteme cenu odborného pracovníka, tak se výše provedené typy diagnostiky vyplatí.

## 8. Seznam použité literatury a zdrojů

### Seznam literatury:

BAUER F., SEDLÁK P., ŠMERDA T. (2006). Traktory, 1.vyd., Brno, Nakladatelství a vydavatelství Profi Press s.r.o. s. 191. ISBN 80-86726-15-0

BOSCH R. (2005). *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. 1. české vyd. Praha, 95 s. Žlutá řada. ISBN 80-903132-7-2.

SÁBLÍK R. (1961). *Teorie, zkoušení a údržba palivové soustavy vznětových motorů*. 1. vyd. Praha: SZN,. 329 s. Mechanizace a výstavba.

SUCHÁNEK Z., DVOŘÁK J., KLEGA J., LEGÁT V. (1990). *Provozní spolehlivost strojů*. 1. vyd., Praha, Státní zemědělské nakladatelství, s. 200. ISBN 80-209-0115-9.

VLK F. (2002). *Příslušenství vozidlových motorů*, 1.vyd., Brno, Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 338 s. ISBN 80-238-8755-6

ZDENĚK J., ŽDÁRSKÝ B. (2010). *Automobily IV -- Příslušenství*, 3.vyd., Brno, Nakladatelství AVID, 313 s. ISBN 978-80-903671-8-0

### Firemní literatura:

Firemní literatura DAF (2013)

Firemní literatura VOLVO (2017)

### **Elektronické zdroje:**

<https://www.skarab.cz/cs/vozy/vstrikovaci-soustava-2600> „staženo dne: 25. 3. 2018“

<https://autoline.cz/-/nahradni-dily/nakladni-vozidla--c456fc2> „staženo dne: 25. 3. 2018“

[http://www.mopas.cz/upload.cs/7/7ac64984\\_5\\_pokyny\\_pro\\_udrzbu\\_servis\\_v\\_ozidla\\_t815.pdf](http://www.mopas.cz/upload.cs/7/7ac64984_5_pokyny_pro_udrzbu_servis_v_ozidla_t815.pdf), „staženo dne: 10. 3. 2018“

[http://www.pedros.cz/Tatra/T815\\_dilenska\\_prirucka.pdf](http://www.pedros.cz/Tatra/T815_dilenska_prirucka.pdf), „staženo dne: 3. 1. 2018“

[http://www.sossoukyjov.cz/data/file/SIV/VY\\_32\\_INOVACE\\_4c%20PS/VY\\_32\\_INOVACE\\_4c12.ppt](http://www.sossoukyjov.cz/data/file/SIV/VY_32_INOVACE_4c%20PS/VY_32_INOVACE_4c12.ppt), „staženo dne: 21. 3. 2018“

<https://www.slideshare.net/MrioAlves18/04-fuel-systems-in-compression-ignition-ci-internal-combustion-engines>, „staženo dne: 20. 1. 2018“

[https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/419740/mod\\_resource/content/1/11\\_Kul-14.4700\\_Fuel\\_Injection\\_System\\_in\\_Diesel\\_and\\_SI\\_Engines\\_2015.pdf](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/419740/mod_resource/content/1/11_Kul-14.4700_Fuel_Injection_System_in_Diesel_and_SI_Engines_2015.pdf), „staženo dne: 27. 12. 2017“

<http://www.auto.cz/technika-evropske-emisni-normy-jsou-s-nami-uz-od-roku-1970-94232> „staženo dne: 4. 12. 2017“

[http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2015/10/diagnostika\\_a\\_servis\\_zem\\_stroju.pdf](http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2015/10/diagnostika_a_servis_zem_stroju.pdf) „staženo dne: 10. 11. 2017“

<http://www.auto.cz/technika-filtry-pevnych-castic-jak-vlastne-funguji-a-regeneruji-1-dil-93106> „staženo dne: 5. 12. 2017“

[http://www.pedros.cz/Tatra/T815\\_dilenska\\_prirucka.pdf](http://www.pedros.cz/Tatra/T815_dilenska_prirucka.pdf) „staženo dne: 7. 2. 2018“

### Seznam obrázků:

Obrázek č. 1 - Prohloubené dno pístu motoru Tatra T-815 .....	10
Obrázek č. 2 - Základní schéma palivové soustavy .....	11
Obrázek č. 3 - Řez podávacím čerpadlem .....	12
Obrázek č. 4 - Podávací čerpadlo tahače Mercedes Actros .....	13
Obrázek č. 5 - Elektricky poháněné podávací čerpadlo .....	13
Obrázek č. 6 - Hrubý čistič v nádrži MAN TGX .....	14
Obrázek č. 7 - Různé natočení elementů vstřikovacího čerpadla .....	15
Obrázek č. 8 - Pracovní fáze elementů vstřikovacího čerpadla .....	16
Obrázek č. 9 - Řadové vstřikovací čerpadlo PV 12 A9 K 917i 1593 .....	17
Obrázek č. 10 - Odstředivý regulátor RQV 300...900 P A 1461 K .....	18
Obrázek č. 11 Sestava pístku a vložky .....	19
Obrázek č. 12 - Upevnění vložek pomocí šroubů do skříně čerpadla .....	19
Obrázek č. 13 - Odlehčovací výtlačný ventil .....	20
Obrázek č.14 - Princip funkce axiálního rotačního čerpadla .....	21
Obrázek č. 15 - Axiální rotační čerpadlo a jeho regulační prvky .....	22
Obrázek č. 16 - Rotační čerpadlo s radiálně uloženými písty .....	23
Obrázek č. 17 - Výkres čepové trysky .....	24
Obrázek č. 18 - Výkres otvorové trysky .....	24
Obrázek č. 19 - Různé způsoby rozprášení paliva .....	25
Obrázek č. 20 - Demontovaný vstřikovač VA 52 P 490 .....	26
Obrázek č. 21 - Přívodní hrdlo a jeho šterbinové čističe .....	26
Obrázek č. 22 - Standardní koncepce vstřikovače .....	27

Obrázek č. 23 - Vstřikovače výrobce Delphi .....	28
Obrázek č. 24 - Vstřikovač ovládaný elektromagneticky .....	29
Obrázek č. 25 - Piezo elektrický vstřikovač .....	29
Obrázek č. 26 - Grafy funkce používaných vstřikovacích jednotek .....	30
Obrázek č. 27 - - Blokové schéma palivové soustavy common rail .....	32
Obrázek č. 28 - Motor Volvo se systémem common rail .....	32
Obrázek č. 29 - Schéma funkce systému Pd .....	33
Obrázek č. 30 - Schéma funkce systému UPS .....	36
Obrázek č. 31- Pohled na nákres spalování LNG značky VOLVO .....	37
Obrázek č. 32 - - Diagnostikované vozidlo DAF XF 105 .....	42
Obrázek č. 33 - Pohled na čistič s odlučovačem vody (DAF XF 105) .....	43
Obrázek č. 34 - Pohled na motor sedlového tahače DAF XF 105 .....	44
Obrázek č. 35 - Zapojení propojovacího kabelu do zásuvky .....	45
Obrázek č. 36 - Načtení paměti závad .....	45
Obrázek č. 37 - Sledování změny tlaku v proudu paliva .....	47
Obrázek č. 38 - Zkušební přístroj Motorpal NC217 před upnutím vstřikovače ...	48
Obrázek č. 39 - Kontrola seřízení dávky předstříku .....	50
Obr. č. 40- Dávka všech elementů po ustálení na minimální otáčky .....	51
Obr. č. 41 - Dávka všech elementů po ustálení na volnoběžné otáčky .....	51
Obr. č. 42 - Dávka všech elementů po ustálení na zvýšené otáčky .....	52
Obr. č. 43 - - Dávka všech elementů po ustálení při nejvyšším výkonu motoru ...	52
Obr. č. 44 - Dávka všech elementů po ustálení na jmenovité otáčky .....	53

### **Seznam tabulek:**

Tabulka č. 1 - Postup ve snižování emisí .....	36
Tabulka č. 2 - Dávka paliva Paccar MX .....	49
Tabulka č. 3 – Výkon jednotlivých válců Paccar MX .....	49
Tabulka č. 4 – Hodnoty kouřivosti motoru T3D 928 euro 5 .....	54
Tabulka č. 5 – Hodnoty kouřivosti motoru T3C 928 euro 3 .....	54
Tabulka č. 6 - Srovnání cen výměny čističů palivové soustavy .....	57
Tabulka č. 7 – Srovnání cen částí palivové soustavy .....	58