



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH **FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ**

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Diagnostika a regenerace DPF filtru u traktoru Zetor

Autor práce: Bc. Lukáš Krásný

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

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Tato diplomová práce na téma Diagnostika a regenerace DPF filtru u traktoru Zetor podrobně popisuje problematiku emisních požadavků u konkrétního typu traktoru. Práce je rozdělena na část teoretickou, ve které je popsána problematika pevných částic, filtrů pevných částic a diagnostické metody využité při získání výsledků. Praktická část, která je druhou částí této práce, se zabývá samotnou regenerací filtru pevných částic, při použití sériové diagnostiky. Výsledky jsou poté vyhodnoceny s hodnotami udanými výrobcem a je stanoven budoucí vývoj diagnostikovaného traktoru.

Klíčová slova: diagnostika; DPF filtr; pevné částice; emise; regenerace

Abstract

This diploma thesis on the topic of DPF filter diagnostics and regeneration in a Zetor tractor describes in detail the issue of emission requirements for a specific type of tractor. The work is divided into a theoretical part, which describes the issue of particulate matter, particulate filters and diagnostic methods used to obtain results. The practical part, which is the second part of this work, deals with the regeneration of the particulate filter itself, using serial diagnostics. The results are then evaluated with the values given by the manufacturer and the future development of the diagnosed tractor is determined.

Keywords: diagnostics; DPF filter; particulate matter; emission; regeneration

Poděkování

Tímto bych chtěl především poděkovat panu Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D., za odborné a přesné vedení diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat kolegům z Agrowestu a.s. za umožnění vykonání pokusu k této práci, jejich ochotu a přístup k mým požadavkům, vypůjčení diagnostických nástrojů, odborné rady, připomínky, a především děkuji za jejich čas.

Obsah

Úvod.....	7
1 Literární přehled.....	8
1.1 Pevné částice PM (Particulate matter).....	9
1.1.1 Velikost pevných částic.....	10
1.1.2 Zdravotní vliv pevných částic	11
1.2 DPF filtr.....	12
1.3 Regenerace DPF filtru	14
1.3.1 Aktivní systém regenerace	15
1.3.2 Pasivní systém regenerace.....	16
1.4 Diagnostika.....	16
1.4.1 Diagnostický postup.....	17
1.4.2 Objektivní metoda.....	18
1.4.3 Subjektivní metoda	18
1.4.4 Sériová diagnostika	19
1.4.5 Paralelní diagnostika	19
2 Cíl práce	21
3 Metodika	22
3.1 Metodika subjektivní diagnostickou metodou	23
3.2 Metodika sériové diagnostiky.....	25
3.2.1 Navázání komunikace s řídicí jednotkou traktoru	27
3.2.2 Postup regenerace.....	27
3.3 Metodika regenerace	31
4 Výsledky	34
4.1 Subjektivní diagnostika	34
4.2 Sériová diagnostika	34

4.2.1	Vymazání paměti závad	34
4.2.2	Popis chybových kódů	35
4.2.3	Test vaporizéru.....	36
4.2.4	Spuštění NOx 1 čidla a teplotních čidel	37
4.2.5	Teploty při regeneraci	39
4.2.6	Průběh NOx 2 senzoru	40
4.2.7	Výsledky MAF.....	42
4.2.8	Konec regenerace	42
5	Diskuse.....	44
5.1	Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?	44
5.1.1	Prognóza.....	44
5.2	Vyhodnocení výsledků	44
5.3	Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?.....	45
5.4	Rozdíl mezi Stage IV a Stage V u traktorů Zetor	47
5.4.1	Hlavní změny Stage IV proti Stage V u traktorů Zetor	48
5.5	Porovnání regenerace u traktoru Zetor a Valtra	48
	Závěr	50
	Seznam použité literatury	52
	Seznam obrázků	54
	Seznam tabulek	55

Úvod

Celosvětovým tématem dnešní doby je nastavení emisních norem, tak aby motorová vozidla vyprodukovala co nejméně škodlivých látek. Mezi tyto škodlivé látky patří oxid uhelnatý, oxidy dusíku, nespálené uhlovodíky, oxid siřičitý a pevné částice. Motorová vozidla jsou dnes vybavena systémy, které tyto škodlivé látky snižují na hodnoty, které pak splňují stanovené emisní normy. Tyto normy stanovuje Evropská unie, pod názvem Euro a momentálně je těchto norem šest. Poslední stanovená norma je z roku 2014 a tou je norma Euro 6. Další norma s názvem Euro 7 se připravuje na rok 2025.

Pro stroje určené mimo provoz na pozemních komunikacích jsou tyto normy pojmenovány jako Stage (v USA Tier). Mezi tato vozidla patří například kolové traktory, sklízecí mlátičky, harvestory a mnoho dalších. V roce 2019 začala platit zatím nejpřísnější norma Stage V pro motory do 56 kW a nad 130 kW, která byla v roce 2020 rozšířena i o motory 56–130 kW.

Dnešní stroje, které využívají vznětový motor jako pohonnou jednotku, musí být vybaveny filtrem pevných částic DPF (Diesel Particulate Filter), selektivní katalyckou redukcí SCR (Selective Catalytic Reduction), při které dochází ke vstřikování močoviny do výfuku a katalyzátorem DOC (Diesel Oxidation Catalyst). Nejčastěji se setkáme s kombinací těchto systémů.

1 Literární přehled

Stále častěji se setkáváme se zpřísněním emisních limitů vypuštěných škodlivých látek motorovými vozidly do ovzduší, především produkce pevných látek (viz obrázek 1.1). Tyto nároky velmi výrazně zasahují do strojního průmyslu v zemědělství. Maximální hodnoty vypuštěných škodlivých látek do ovzduší stanovuje široká stupnice a právní předpisy.



Obrázek 1.1: Grafické znázornění složení pevné částice vznětového motoru (Šmerda, 2013)

Právní předpisy o regulaci množství vypuštěných škodlivých látkách do ovzduší jsou dva. Je důležité rozlišit zákon o emisích a zákon o znečištění. V zákoně o emisích je dbán důraz na množství vypuštěných emisí do ovzduší především spalovacími motory. Tento zákon postihuje jak výrobce, tak i koncového zákazníka stroje. Jednou z výhod tohoto zákona je snadné změření množství emisí, čímž zjistíme, zda pohonná jednotka správně funguje. Tento argument je často napadán, jelikož reálné emisní testy v provozu mají daleko vyšší hodnoty vyprodukovaných emisí než hodnoty v laboratorních podmínkách. Druhý zákon, zákon o znečištění nařizuje limity emisí, které může vozidlo vyprodukovat do ovzduší. Každý stát má povinnost měřit znečištění ovzduší ve své zemi a dohlížet na dodržování těchto podmínek. Měření hodnot je závislé na podmínkách, ve kterých měření probíhá. Měření znečištění ovzduší v městské části bude jiné než na venkově, nebo v blízkosti zdroje znečištění ovzduší, jakým může být například továrna (Adler, 2013).

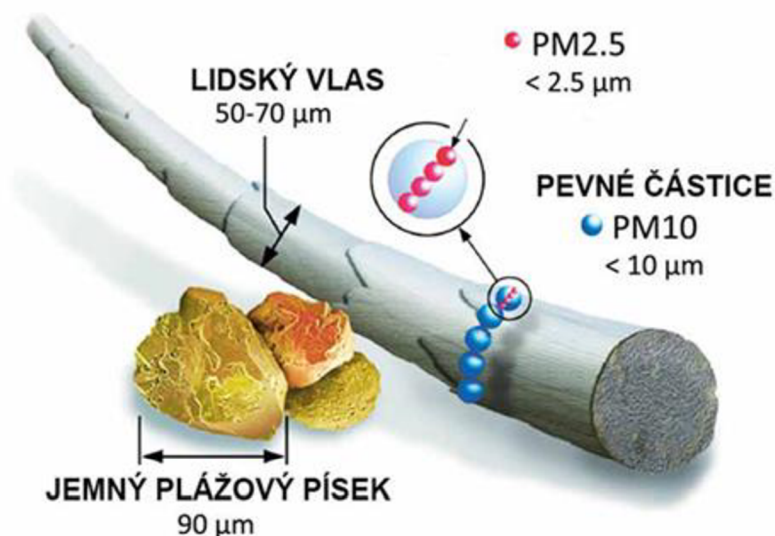
1.1 Pevné částice PM (Particulate matter)

Pevné nebo také prachové částice, které vznikají ve spalovacím systému diesellového motoru jsou drobné částice pevného skupenství, které jsou tak malé, že se snadno rozptýlí ve vzduchu a jsou snadno unášeny. Pevné částice produkují například sopky, větrné bouře, lesní požáry, ale především lidská činnost, a to tepelnými elektrárnami, těžbou uhlí nebo těžbou kamene a šterku. Všechny tyto tvůrce pevných částic předčí nejvýznamnější faktor a tím je lidská činnost v zemědělství. Zemědělství je z celosvětového hlediska největším producentem prachu (Emise.unas.cz, 2022).

Pevné částice v zemědělství, konkrétně produkcí strojů, vznikají nedokonalým spálením nafty ve válci motoru. Z výfuku pak vychází uhlík a sloučeniny tvořené vodou, oxidem síry a toxickými aromatickými uhlovodíky. Při posuzování množství a tvorby pevných částic je důležité vědět, s jakou technologií spalování pracujeme. Pokud bychom chtěli znát přesné složení pevných částic, museli bychom znát přesné složení použitého paliva, množství vzduchu, který motor nasál a jaké je opotřebení vnitřních částí motoru (Harantek, 2019).

S pevnými částicemi se setkáme jak v kapalném, tak i v plynném stavu, kterými jsou saze, karbon, popel, zbytky nespáleného motorového oleje a paliva a ořetrové částice. Momentálně neexistuje žádná všeobecná definice, co to vlastně pevné částice jsou. Organizace EPA (Environmental Protection Agency) uvádí definici ve které označuje pevné částice za všechny, které jsou při teplotě 51,7°C v naředěném plynu v pevné nebo kapalné podobě zachyceny ve filtru.

Velikost těchto částic je ve většině případů v rozmezí 0,3–1 μm, 10–300 nm (viz obrázek 1.2). Na povrchu pevných částic se usazují těžko odpařitelné skupiny nespálených uhlovodíků PAH (polycyklické aromatické uhlovodíky). Tyto uhlovodíky jsou nejvíce škodlivé složky výfukových plynů. Při ochlazení spalin se uhlovodíky usazují na stěnách výfukového potrubí (Šmerda, 2013).



Obrázek 1.2: Znázornění velikosti pevných částic (DPFholice.cz, 2020)

Pevný uhlík nebo se také můžeme setkat s názvem saze, zastupuje největší část vyprodukovaných pevných částic. Vzniká z motorového oleje a jen malá část pevných částic je z paliva. Tvorba pevného uhlíku vzniká při nízkém zatížení a vysokých otáčkách motoru. Při tomto provozu se sníží teplota výfukových plynů a omezí se oxidace paliva a oleje (Šmerda, 2013).

1.1.1 Velikost pevných částic

Pevné částice u spalovacích motorů se definují podle dvou velikostí, menší než 10 μm označovaná jako PM 10 a menší než 2,5 μm označovaná jako PM 2.5. Pevné částice vznikají ve válci nedokonalým spálením nafty a velikost těchto prvotních částic je 5–20 nm. Tyto částice se shlukují do částic o velikosti 50–150 nm. Během výstupu z výfukového potrubí se částice opět mění a pokud jsou menší než 100 nm kondenzují ve vzdušné vlhkosti a zůstávají v zemské atmosféře (Harantek, 2019).

Saze ze spalovacího motoru jsou daleko menší než například saze z ohniště. Vliv těchto částic na zdraví byl testován na dobrovolnících a bylo prokázáno, že sazi z ohniště se zachytilo v lidském těle jen jedna pětina, zatímco sazi ze spalovacího motoru se v lidském těle usadí až jedna polovina. Ze zdravotního hlediska jsou pak pevné částice rozděleny do 5 velikostí udávané v mikrometrech:

-
- PM 10 – částice menší než 10 μm
 - PM 2,5 – částice menší než 2,5 μm
 - PM 1 – částice menší než 1 μm
 - PM 0,1 – částice menší než 100 nm
 - PM 0,01 – částice menší než 10 nm (Emise.unas.cz, 2022).

1.1.2 Zdravotní vliv pevných částic

Vdechováním pevných částic vystavujeme své tělo ohrožení, které napadá především kardiovaskulární a plicní systém těla. Účinnost pevných látek na lidské tělo je dána dobou, jakou je tělo vystaveno těmto částicím. Této době se odborně říká „expozice“. Během krátké doby vznikají často zánětlivá onemocnění dýchacích cest, které mají nežádoucí účinky na srdečně-cévní systém. To zapříčiní častější hospitalizace a použití většího množství léků. Při dlouhodobém vystavení těla těmto částicím dochází ke snížení funkce plic u dětí i dospělých a způsobení mnoha nemocí (Emise.unas.cz, 2022).

Tyto malé částice v plicích zhoršují respirační stavy, jako je astma a bronchitida, protože vyžadují reakci imunitního systému, aby se vyčistily, a nelze je jednoduše vykašlat. Předpokládá se také, že částice s sebou do plic a krevního řečiště přenášejí další toxické sloučeniny vzniklé spalováním. Sloučeniny nacházející se v sazích, jako jsou polycyklické aromatické uhlovodíky, jsou karcinogenní; ve skutečnosti saze z nafty samotné jsou klasifikovány mnoha vládními agenturami buď jako pravděpodobné, nebo jako známé látky způsobující rakovinu.

Částice v atmosféře mohou být částečně zodpovědné za mlhavý vzhled oblohy ve smogových dnech (viz obrázek 1.3). Částice ve vzduchu mají mnoho jiných zdrojů než dieselové motory, ale odhady naznačují, že zdroje z dopravy tvoří téměř jednu třetinu tohoto celkového počtu. Malá velikost těchto částic je to, co činí částice nafty nebezpečnými (Wright, 2022).



Obrázek 1.3: Znečištění ovzduší smogem (Karlík, 2011)

1.2 DPF filtr

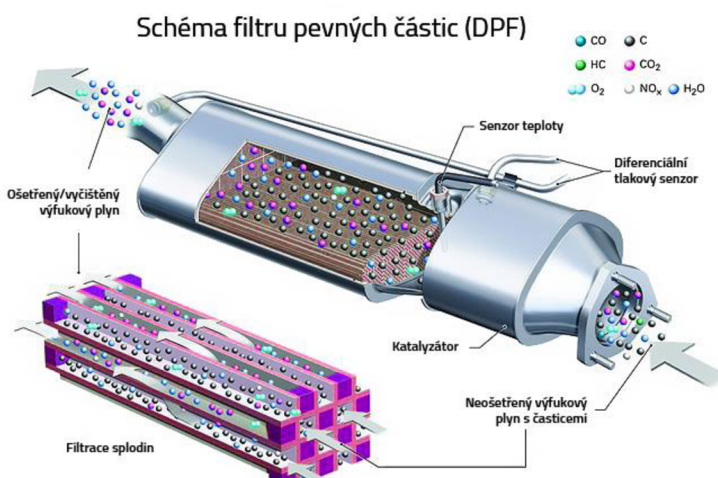
Diesel particulate filter (DPF), v překladu do českého jazyka filtr pevných částic, si můžeme představit jako velmi husté síto, jehož úkolem je zachytit vše, co vyprodukuje proces spalování v dieselovém motoru a není to plynná látka. Vložka v DPF filtru je tak hustá, že dokáže zachytit i ty nejmenší pevné částice, které vyprodukuje dieselový motor. Tyto částice jsou zároveň nejnebezpečnější pro lidské zdraví. Dokážou se snadno dostat hluboko do plicních sklípků nebo krevního oběhu a můžeme o nich mluvit jako o jednom z hlavních činitelů vzniku onkologických onemocnění (Mokříš, 2021).

Vývoj technologie řízení emisí automobilů za posledních pět desetiletí je jedním z největších ekologických úspěchů tohoto století. Inovace Catalytic Converter v roce 1970 změnila scénář emisí po celém světě. Později byly DPF inovovány v roce 1985 a byly komercializovány v roce 2000 za účelem kontroly částic z dieselových motorů. Emisní limit počtu částic spadal pod regulované hmotnostní emise po normách EURO 6. DPF je účinné zařízení pro následné ošetření pro kontrolu pevných částic a počtu částic (Lakshminarayanan, 2020).

Aby dieselové motory dosáhly čistších emisí bez pevných částic, jsou od roku 2007 v Severní Americe povinné filtry pevných částic. Regulace emisí v Evropě vyžaduje do roku 2009 filtry pevných částic. Filtry pevných částic umožňují, aby plynná část výfukových plynů procházela porézní stěnou keramického materiálu výfukového systému a odstraňuje 85–100 % výfukových sazí (Wright, 2022).

DPF filtry se nachází ve výfukovém systému. Můžeme se setkat i se spojením DPF filtru s katalyzátorem. DPF filtry se vyrábí ze silikátů, které jsou dotované uhlíkem (Cordeirit) nebo spékáním kovů. DPF filtry mají vláknovou nebo voštinovou podobu. DPF Filtry jsou rozděleny do mnoha komor (viz obrázek 1.4). Tyto komory jsou od sebe oddělené porézními stěnami, které mají tloušťku 300–400 μm . Těmito komorami musí procházet volně výfukové plyny z filtru ven, a naopak pevné částice musí zůstat zachycené uvnitř filtru. Tento systém využití filtru pevných částic pro snížení emisí se nazývá jako uzavřený. Pevné částice nemají totiž volný průchod filtrem a zůstávají uvnitř filtru. Můžeme se také setkat s otevřeným systémem zachycení pevných částic jako je např. TwinTec. V tomto systému nemusí proudící výfukové plyny přecházet přes komory a stěny, jako v uzavřeném systému, a proto nedochází ke zvýšení odporu proudících plynů. Výfukové plyny se ve filtru rozdělují

tvary, které plyny nasměrují k povrchu ze spékaného materiálu, kde se pevné částice zachycují (Šmerda, 2013).



Obrázek 1.4: Schéma uzavřeného systému zachycení pevných částic (Dpf.corahb.net, 2022)

Hlavním úkolem filtru pevných částic (viz obrázek 1.5) je zachytit mechanické částice vyprodukované dieslovým motorem a tím snížit vyprodukované emise. Vozidlo, ze kterého byl filtr pevných částic odstraněn, neprojde emisní prohlídkou na STK. Toto vozidlo produkuje daleko větší množství pevných částic. Produkce většího množství pevných částic u dieslových motorů, kde byl odstraněn filtr pevných částic, je viditelná při prudkém sešlápnutí plynového pedálu a to tak, že se za vozidlem vytvoří hustý černý kouř (Mokříš, 2021).



Obrázek 1.5: DPF filtr s keramickou vložkou (Chiptuning.cz, 2022)

Mechanické nebo jinak řečeno pevné částice, si můžeme představit jako prach, který vychází z výfuku každého diesellového motoru. Při regeneraci DPF filtru dochází k úplnému spálení pevných částic na popel. Pokud DPF filtr funguje správně, neměly by projít žádné nečistoty a koncovka výfuku by měla být čistá (Chiptuning.cz, 2022).

1.3 Regenerace DPF filtru

Ve filtru dochází k zachytávání částic, čímž se filtr postupně zaplňuje. Po zaplnění na určitou hodnotu filtr zahlásí stav zaplnění. Zaplněný filtr vyžaduje buď výměnu, nebo spuštění regeneračního systému. Regenerativní systém umožňuje kontinuální nebo periodické automatické čištění. Při periodickém čištění dochází ke spálení zachycených pevných částic na CO_2 a vzniká malé množství sazí (viz obrázek 1.6). Pevné částice jsou tvořeny převážně ze sazí. Při regeneraci, nebo se také můžeme setkat s pojmem vypalování, se musí výfuková teplota zvýšit na hodnotu 600°C , což je mez zápalnosti. Této teploty je v praxi těžké dosáhnout během provozu, proto musí být její navýšení uměle vytvořeno, nebo se také může snížit teplota vznícení sazí. Regenerační systém rozdělujeme na aktivní a pasivní (Šmerda, 2013).

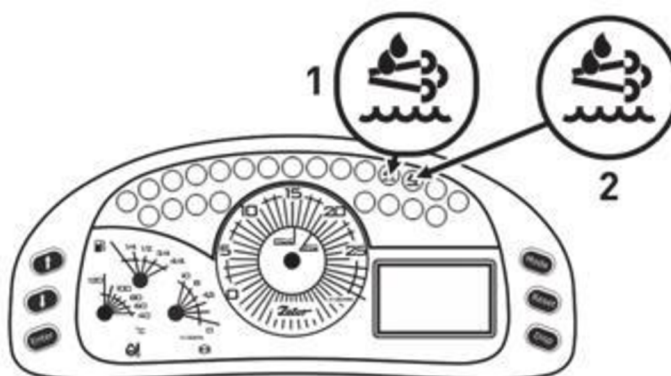


Obrázek 1.6: Odpad sazí z DPF filtru (regeneracedpf.cz, 2022)

1.3.1 Aktivní systém regenerace

Při aktivním systému regenerace je běžné přivádět větší množství energie, aby se zvýšila teplota spalin. Dodatečné energie docílíme pomocí topné spirály, opožděným vstřikem paliva se spálením ve spalovacím prostoru, opožděným vstřikem paliva se zapálením v katalyzátoru nebo hořením paliva v komoře filtru (Šmerda, 2013).

Spuštění aktivní regenerace začne, jestliže nenastanou optimální podmínky pro spuštění pasivní regenerace během provozu. Tyto podmínky většinou nastanou při krátkých trasách po silničních komunikacích, kdy je motor méně zatížený a produkuje exhaláty, které nemají tak vysokou teplotu pro spálení sazí v DPF filtru. Aktivní regeneraci ovládá a spouští řídicí jednotka systému bez vědomí řidiče (viz obrázek 1.7). Spuštění aktivní regenerace závisí na několika faktorech. Mezi tyto faktory se řadí teplota spalin a hodnota diferenčního tlaku získaného z čidel před filtrem a za filtrem. Tlakový rozdíl je vyhodnocen jako podíl hodnoty čidla před filtrem a za filtrem. Dalšími faktory jsou pak údaje o historii a charakteru dřívějších jízdních cyklů, které jsou uloženy v řídicí jednotce. Při spuštění aktivní regenerace se uzavře EGR ventil a sníží se množství nasávaného vzduchu. Před koncem komprese ve válci motoru dojde ke vstřiku většího množství paliva. Palivo nestihne shořet všechno ve válci a část paliva dohořívá ve výfukovém systému. To zapříčiní zvýšení teploty v systému a spálení sazí v DPF filtru (Harantek, 2019).

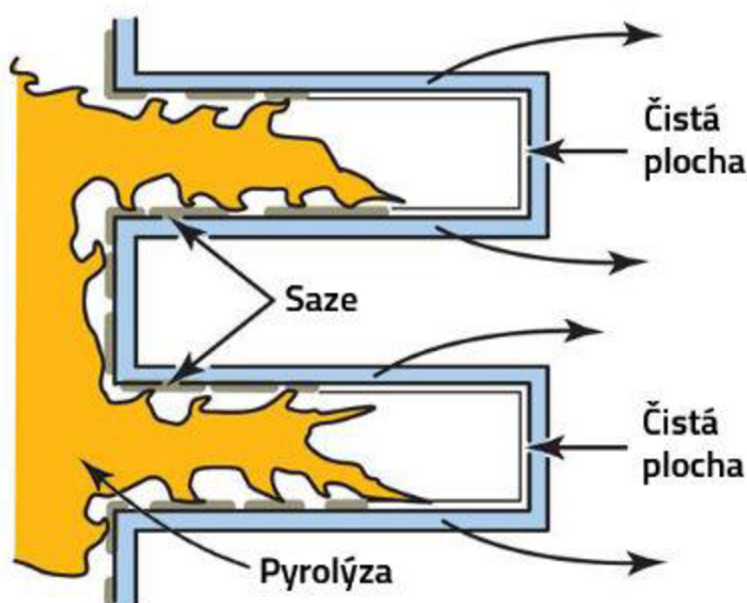


Obrázek 1.7: Kontrolky signalizující vypalování a zanesení DPF filtru u traktoru Zetor (firemní literatura, 2017)

1.3.2 Pasivní systém regenerace

Pasivní systém regenerace DPF filtru využívá způsoby jako je předřazený oxidační katalyzátor, filtry s aktivní platinovou vrstvou CDPF (Catalyzed Diesel Particulate Filter), nebo také přidání aditiv do paliva. Tyto způsoby sníží teplotu vznícení sazí na 250°C–300°C nebo 450°C–500°C. Spalování sazí poté probíhá kontinuálně (Šmerda, 2013).

Pasivní regenerace (viz obrázek 1.8) se spustí, pokud je motor ve vyšším zatížení po delší dobu. To u traktorů nastane například při dlouhodobém a stálém zatížení na poli. Spalovací jednotka produkuje větší množství výfukových plynů o vyšší teplotě, než je teplota zapálení pevných částic. Teplota pro vznícení pevných částic je 600°C. Takto vysoká teplota výfukových plynů projde filtrem pevných částí, kde dojde ke samovolnému vznícení usazených pevných částic, které se promění na popel a plyn, který opustí filtr pevných částic (Adler, 2013).



Obrázek 1.8: Pasivní regenerace DPF filtru (dpf.corahb.net, 2022)

1.4 Diagnostika

Slovo diagnostika vzniklo ze spojení slov z řeckého jazyka „*dia*“ a „*gnosis*“, tato dvě slova znamenají rozpoznání. Jako první obor, které toto slovo používal, bylo lékařství. Postupem času se ale rozrostlo do mnoha oborů. U diagnostiky motorových vozidel se převážně jedná o technickou diagnostiku. Principem diagnostiky je stanovit, jestli diagnostikovaný prvek vykonává správnou funkci a pokud tak není, má

diagnostika za úkol zjistit rozsah poruchy, nebo odhalit skrytou poruchu a stanovit její odstranění.

Diagnostika motorových vozidel je pojem, pod kterým si také můžeme představit činnosti, které mají za úkol zjistit, v jakém stavu se zkoumané vozidlo nachází. Můžeme diagnostikovat vozidlo jako takové, nebo jeho jednotlivé komponenty. Těmito činnostmi docílíme stanovení prognóz. Diagnostika využívá pro stanovení prognózy objektivní a subjektivní metodu. Podle využívaných nástrojů pak rozlišujeme vnitřní a vnější diagnostiku (Čupera, 2010).

V technické diagnostice se setkáme s mnoha metodami, které lze zjistit pomocí diagnostiky. Jednou z nejjednodušších diagnostik je měření emisí, naopak diagnostikou dokážeme zkoumat i metody, které se řadí do těžkých a jsou jimi například kvalita maziv, materiály nebo vibrodiagnostika. Mezi nejdůležitější obory v technické diagnostice se řadí elektordiagnostika, tribodiagnostika, defektoskopie, průmyslová radiologie, vibrační a hluková diagnostika a termografie (autodiagnostik.cz, 2020).

1.4.1 Diagnostický postup

Pod pojmem diagnostický postup si můžeme představit doporučený sled diagnostických kroků, které mají za účel zjistit poruchu nebo technický stav diagnostikovaného objektu. Technicky a technologicky definovaná činnost je diagnostický úkon. Tímto úkonem je stanovena hodnota diagnostického signálu. Technický stav celého stroje charakterizuje měřená fyzikální veličina, která je nazývána jako diagnostický signál.

Diagnostické postupy jsou dva a to:

- Prostý diagnostický postup, při kterém se diagnostické úkony provádí přesně podle předepsaných kroků.
- Větvený diagnostický postup je systém měřících, rozhodovacích a opravárenských kroků. Každá naměřená hodnota se po měření ihned porovná s předepsanou hodnotou a rozhodne se o dalším kroku, který by měl být nejvýhodnější. Tímto postupem by se mělo dojít rychleji ke správnému vyhodnocení.

U moderních diagnostických přístrojů dochází k automatickému vyhodnocení a porovnání měřených hodnot a podle výsledku stanoví nejlepší cestu k pokračování a informují mechanika o dalších krocích. Takový přístroj je znázorněn na obrázku 1.9.

Existuje i mnoho jednoúčelových přístrojů, pro měření hodnot stroje. Tyto přístroje diagnostikují jen jeden úkon. Při používání těchto jednoúčelových přístrojů je důležité, jak s nimi následně mechanik naloží (Pošta, 2002).



**Obrázek 1.9: Měřicí systém FSA 740 s KTS od firmy Bosch
(boschaftermarket.com, 2020)**

1.4.2 Objektivní metoda

Motortester nebo multimetr jsou diagnostické přístroje, kterými zjistíme stav diagnostikovaného vozidla pomocí objektivní metody. Objektivní metoda se využívá ke sledování komponentů a jejich skutečného stavu. Metoda je založena na měření hodnot a jejich následné porovnání s hodnotami, které stanoví výrobce diagnostikovaného vozidla nebo komponentu. Při tomto postupu může dojít k chybám, které jsou nejčastěji zapříčiněny nedodržením pracovního postupu, chybným měřením nebo špatným vyhodnocením naměřených hodnot. Při objektivní diagnostice se často využívají speciální měřicí přístroje, které mohou být finančně velmi náročné (Vlk, 2006).

1.4.3 Subjektivní metoda

Subjektivní diagnostika je metoda, při které je diagnostikováno zařízení pomocí smyslů člověka, kterými jsou sluch, zrak, čich a hmat. Tato metoda nevyužívá žádné měřicí přístroje. Subjektivní diagnostická metoda spočívá ve schopnostech a zkušenostech osoby, která metodu provádí. Tato osoba musí poté správně vyhodnotit zjištěné informace, výsledek může být ale zkreslený či nesprávný. Tato metoda je jednoduchá, časově nenáročná a využívá se v praxi zpravidla jako první. Subjektivní metoda slouží především k lokalizaci místa, kde se závada vyskytuje pro to, aby byla následně efektivně využita objektivní metoda (Vlk, 2006).

1.4.4 Sériová diagnostika

Při této diagnostice dojde k propojení a navázání komunikace mezi řídicí jednotkou diagnostikovaného vozidla a diagnostickým přístrojem. Komunikace je navázána připojením komunikačního modulu diagnostického zařízení do diagnostické zásuvky, která je umístěna na vozidle. Musí být zapnuté zapalování tak, že se pootočí spínací skříň do první polohy. Diagnostický signál můžeme přenášet přes Bluetooth nebo propojovacím kabelem diagnostiky. Pro sériovou diagnostiku se využívají kompletní motortestery, nebo diagnostický software s komunikačním modulem. Tento software je nejlepší nainstalovat do přenosného počítače uživatele. Dále rozlišujeme sériové diagnostiky na originální a neoriginální. Originální diagnostický systém navrhuje samotný výrobce vozidla a umožňuje obsluze využít daleko větší množství funkcí při ovládání řídicí jednotky. Neoriginální systémy jsou především méně finančně náročné a dají se využít na více vozidel od různých výrobců.

Sériová diagnostika se řadí mezi objektivní diagnostickou metodu. Pomocí sériové diagnostiky lze vyčítat z řídicí jednotky skutečné hodnoty, které jsou následně porovnány s předepsanými hodnotami od výrobce.

Mezi základní funkce vnitřní diagnostiky patří:

1. Identifikace řídicí jednotky,
2. čtení a mazání paměti závad,
3. zkouška akčních členů,
4. čtení skutečných hodnot a následné porovnání s hodnotami od výrobce,
5. přizpůsobení řídicí jednotky (Čupera, 2007).

1.4.5 Paralelní diagnostika

Vnější diagnostika se zabývá měřením elektrických veličin, jakými jsou proud, odpor a napětí. Také se zabývá měřením neelektrických veličin, jako je tlak nebo teplota. K měření těchto veličin slouží speciální diagnostické přístroje. Elektrické veličiny se měří pomocí multimetru. Pokud bychom chtěli vidět průběh elektrického signálu, využijeme pro měření osciloskop. Pro měření neelektrických veličin se používají teploměry, kompresiometry, barometry a mnoho dalších.

U paralelní diagnostiky lze také hovořit o objektivních diagnostických metodách. Naměřené hodnoty z měřících přístrojů lze porovnávat s hodnotami danými výrobcem. Při měření je důležité dosáhnout přesných výsledků, proto je nutné dodržet

předepsané hodnoty, jako je například teplota chladící kapaliny, teplota motoru, teplota prostředí a mnoho dalších (Čupera, 2010).

2 Cíl práce

Cílem práce je provedení diagnostiky a vyhodnocení prognóz vývoje stavu a poruch sledovaných filtrů a odpovědět na otázky:

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

Dílčí cíle diplomové práce:

1. Popsat používané diagnostické systémy pro daný typ DPF filtrů.
2. Provést konkrétní diagnostiku.
3. Porovnat zjištěné a naměřené výsledky s doporučeními výrobce.
4. Odpovědět na otázky z cíle této práce.
5. Výsledky vyhodnotit a uvést závěry pro praxi.

3 Metodika

Servisní výjezd je nutný tehdy, pokud uživatel nahlásí nadměrné zanášení filtru DPF což znamená, že se na displeji objeví chybové hlášení SPN 4783 – FMI 0 a zároveň trvale svítí červená kontrolka, znamenající plné zanesení filtru DPF. Pokud však není zobrazeno chybové hlášení a zároveň bliká červená kontrolka, nejedná se o závadu, ale je nutno zvýšit zatížení motoru tak, aby došlo k regeneraci filtru DPF (tzn. zatížit motor tak, aby bylo dosaženo teplot výfukových plynů nutných pro jeho vypálení).

Diagnostické metody budou použity na traktoru Zetor Forterra CL 130 (viz obrázek 3.1) se vznětovým motorem o objemu 4 156 cm³ a výkonu 93,2 kW. Jedná se o čtyřválcový motor plněný turbodmychadlem, 16 ventilový s mechanickým vstříkovačím čerpadlem. Motor je vybavený DOC katalyzátorem, SCR systémem a filtrem pevných částic, pro snížení emisí a dodržení emisní normy Stage IV. Všechny diagnostické pokusy proběhnou v areálu společnosti Agrowest a.s. na středisku v Přesticích ve spolupráci se servisním technikem.



Obrázek 3.1: Zetor Forterra CL 130

Metodika k této práci bude sestavena pro správné použití diagnostiky k nucené regeneraci filtru pevných částic u traktoru Zetor Forterra CL 130.

Před připojením diagnostického systému proběhne subjektivní diagnostické zhodnocení stroje. Subjektivní diagnostické metody budou spočívat ve vizuální kontrole, především dílčích částí motoru, výfukového potrubí, s čím souvisí i kontrola filtru pevných částic. K vizuální kontrole budou také použity i další smysly, jako je čich a sluch.

Informace a naměřené hodnoty budou získané objektivně sériovou a paralelní diagnostickou metodou pomocí diagnostického systému pro dodatečnou úpravu spalín, který se nazývá De-Tronic ve verzi ZT.00.A3.CRI. Pro traktory, které se řadí do emisní skupiny Stage V je použit novější software ve verzi ZT.A1.A0.CRI. Tento software je nainstalovaný v přenosném počítači a přes dva propojovací kabely komunikuje software v počítači s řídicí jednotkou traktoru. Do počítače musí být ještě připojený ověřovací klíč pro vstup do De-Tronicu, bez tohoto klíče se nepropojí řídicí jednotka s počítačem a De-Tronic se nespustí. Tento klíč je nahraný na Flash disku, který je připojený k počítači. Klíč dostane jen autorizovaný servis Zetoru, pro běžné užití je nedostupný.

Při diagnostických pracích na vznětovém motoru musí být dodrženy bezpečnostní požadavky dané zákoníkem práce (zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, v platném znění, část pátá). Při práci s běžícím motorem je potřeba dbát na bezpečnost a zdraví, především samotných pracovníků a lidí, pohybujiících se v okolí. Pokud je diagnostický pokus prováděný v uzavřeném prostoru, musí být na ústí výfuku nasazené odsávací zařízení, pro odvod výfukových plynů. Pokud je diagnostický pokus prováděný ve venkovních prostorech, musí být dbán především důraz na pohyb kolem běžícího motoru. S traktorem se při diagnostickém pokusu nepopojíždí, tudíž nehrozi nebezpečí přejetí. Z hlediska bezpečnosti jednotlivých diagnostických kroků, zejména testování akčních členů, je nutné řídit se pokyny výrobce traktoru a diagnostického zařízení.

Další základní parametry traktoru jsou znázorněny v tabulce 3.1.

Tabulka 3.1: Základní parametry traktoru Zetor Forterra CL 130

Motor	Zetor
Počet válců	4
Zdvihový objem [cm ³]	4 156
Homologovaný výkon [kW/HP]	93,2/127
Max. točivý moment [Nm/ot.min ⁻¹]	558
Typ paliva	Nafta
Emisní úroveň	Stage IV

3.1 Metodika subjektivní diagnostickou metodou

U metodiky subjektivní diagnostikou bude na traktoru dbán důraz především na vizuální kontrolu výfukového systému, přívodu vzduchu do systému (viz obrázek 3.2).

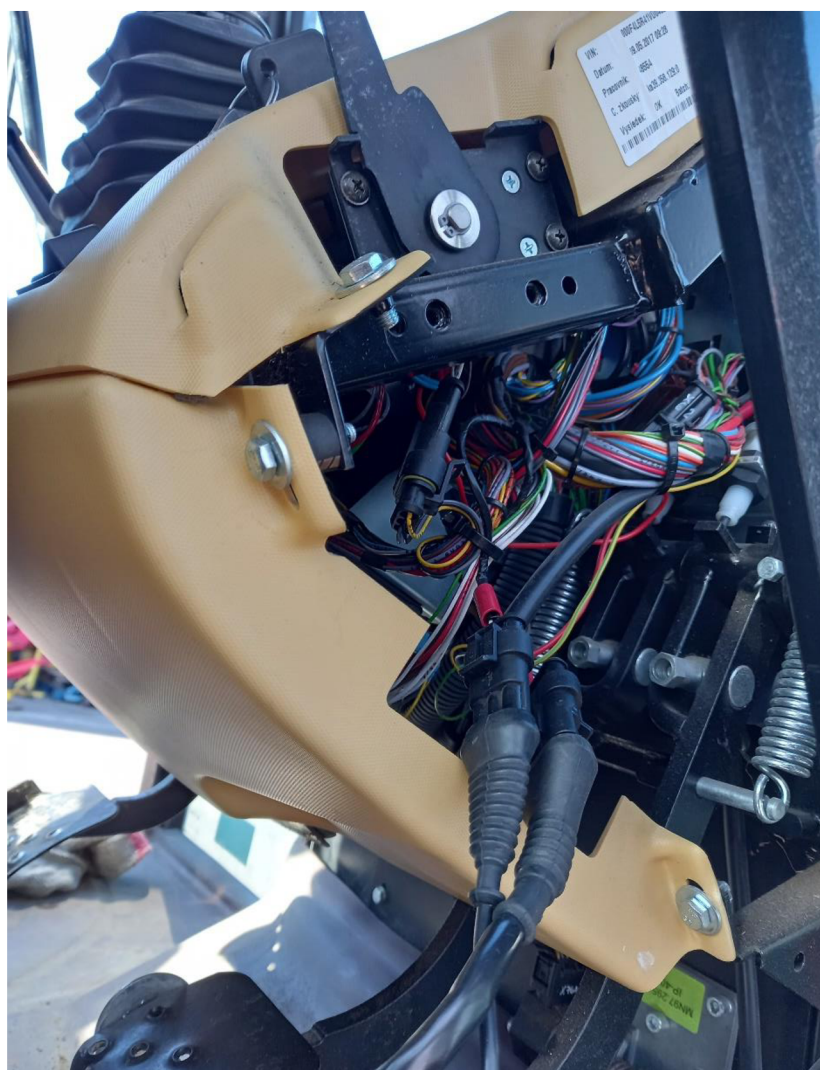
Během vizuální kontroly bude traktor nastartovaný, aby bylo možno odhalit případné netěsnosti na komponentech motoru. Traktor před nucenou regenerací prošel opravou, při které došlo k oddělení motoru od spojkové skříně, do které unikal olej z převodové skříně a dále proběhla údržba, při které se seřizovaly vůle ventilů, proto byl například demontovaný filtr pevných částic a vzduchový filtr, aby bylo možno demontovat víko ventilů. Jedná se především o únik výfukových plynů v celém vedení, únik paliva, hlavně kolem vaporizéru (vstřikovače nafty do filtru pevných částic), který je potřebný pro regeneraci, nebo netěsnost v sacím systému a přívodu vzduchu. Dále bude zkontrolována přístrojová deska, ve které se nachází porty pro připojení propojovacích kabelů k diagnostickému softwaru a displej přístrojové desky. Dále bude subjektivně zkontrolován chod motoru poslechem a čichem výfukové plyny.



Obrázek 3.2: Sací potrubí motoru Zetor

3.2 Metodika sériové diagnostiky

Použitím sériové diagnostiky bude navázáno spojení s řídicí jednotkou traktoru. Spojení bude navázáno pomocí dvou propojovacích kabelů. První propojovací kabel diagnostického systému DEC E4 je určený pro komunikaci s řídicí jednotkou traktoru. Druhý propojovací kabel diagnostického systému DEC E4 je určený pro komunikaci a ovládání regenerace. Propojovací porty se nachází na levé straně přístrojové desky po směru jízdy (viz obrázek 3.3). Po odstranění bočního krytu jsou porty ihned viditelné.

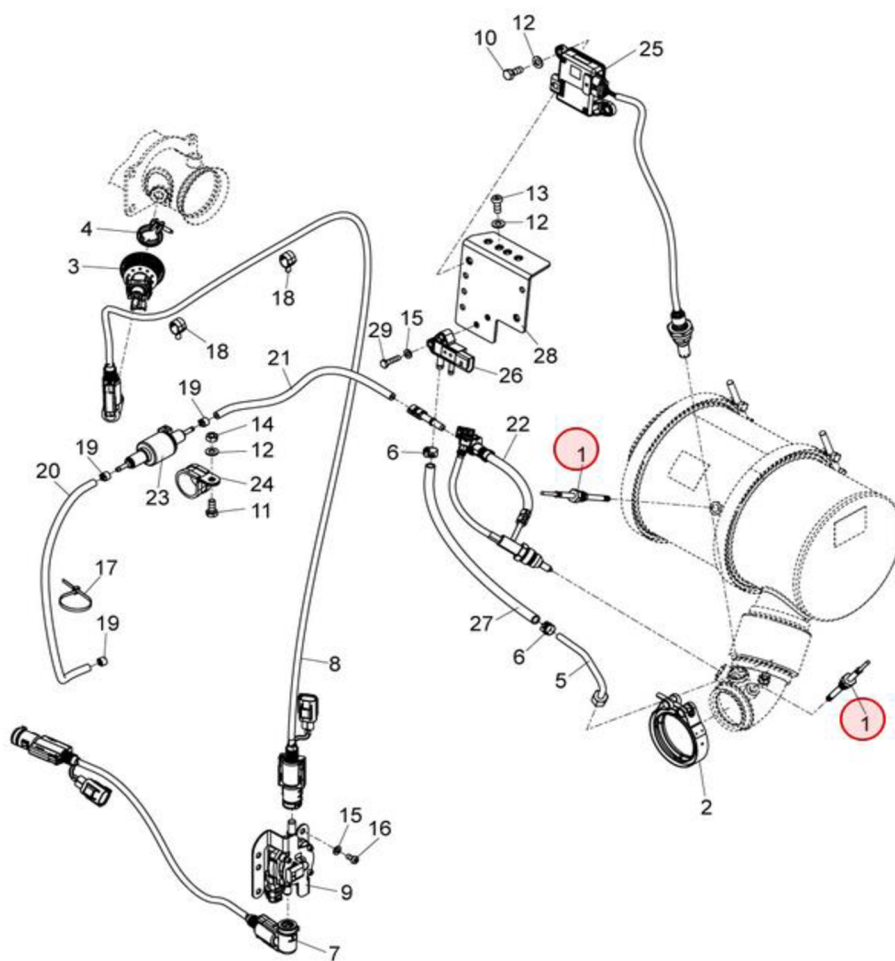


Obrázek 3.3: Přístrojová deska s porty pro připojení diagnostiky

Technik komunikuje s řídicí jednotkou pomocí diagnostického systému De-Tronic a diagnostického systému DEC E4, který byl dodán od výrobce traktoru Zetor. Oba propojovací kabely jsou zasunuty do 3pinového portu. Aby komunikace mezi obsluhou, tedy počítačem a řídicí jednotkou, probíhala bez výpadků a dalších

problémů, musí být akumulátor dostatečně nabitý a v dobré kondici. Napětí akumulátoru by nemělo klesnout pod hodnotu 11,4 V. Hodnotu napětí vydávané akumulátorem zkontrolujeme na palubním počítači, v diagnostickém počítači servisního technika, nebo testovacím zařízením na akumulátory.

Po připojení diagnostického systému k traktoru, traktor nastartujeme. Na diagnostickém počítači se aktivují všechny ukazatele. Před spuštěním regenerace je nutné, aby byla vymazána paměť závad. Paměť chybových kódů se vymaže stisknutím Delete Stored DTC. Aby mohlo dojít k regeneraci filtru pevných částic, musí být zahřátá čtyři teplotní čidla na hodnotu danou výrobcem. Bez dosažení požadovaných teplot na teplotních čidlech se nespustí regenerace. Teplotní čidla se nachází před DOC katalyzátorem (čidlo T1) (viz obrázek 3.4), před (čidlo T2) a za filtrem pevných částic (čidlo T3) a na výfuku (čidlo T4). Čidla před filtrem a na filtru pevných částic jsou na obrázku v červeném kroužku. Jejich hodnoty pro spuštění regenerace se nachází v tabulce 3.2.



Obrázek 3.4: Rozkres náhradních dílů DPF filtru

Tabulka 3.2 Hodnoty teplotních čidel pro spuštění regenerace ve °C (Zetor Tractors, 2021)

Čidlo T1	255
Čidlo T2	245
Čidlo T3	180
Čidlo T4	50

3.2.1 Navázání komunikace s řídicí jednotkou traktoru

Nezbytné podmínky pro kontrolu a regeneraci:

- a) Traktor zajištěný proti pohybu,
- b) Napětí akumulátoru nesmí být pod hranicí 11,4 V,
- c) Požadované zahřátí určitých částí výfukového vedení.

Diagnostické nástroje:

- a) Přenosný počítač Acer TravelMate 5744,
- b) De-Tronic,
- c) Kabeláž DEC E4.

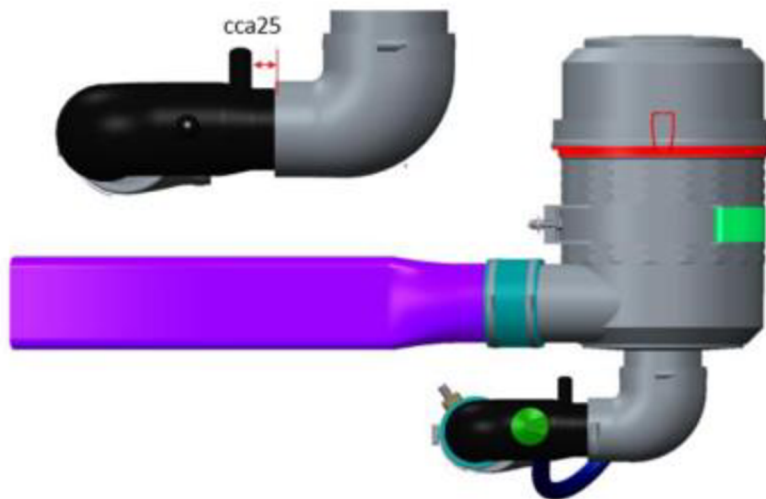
3.2.2 Postup regenerace

- a) Připojení diagnostiky De-Tronic, kontrola emisního systému, jestli se jedná o zanesení, netěsnost anebo nízkou účinnost,
- b) Vyčtení aktivních a neaktivních závad, odstranění příčin,
- c) Důkladná vnější vizuální prohlídka emisního systému, odstranění případných netěsností (netěsnosti mohou být indikovány znečištěním šroubů spon sazemi),
- d) Pokud se u traktoru vyskytnou chybová hlášení týkající se emisního systému, provedeme následující diagnostiku emisního systému, detailně popsanou v manuálu s názvem Technická příručka, která je zavěšená na servisním portálu Zetor, v záložce dílenské příručky:
 - kontrola elektrického odporu vaporizéru,
 - test funkce vaporizéru,
 - test množství nafty, dodávané vaporizérem (viz obrázek 3.8),
 - kontrola šroubení a hadičky k tlakovému snímači P1, zda nejsou ucpané,
 - ověření funkce teplotních čidel.



Obrázek 3.5: Naměřené množství nafty při testu vaporizéru

- e) Dále provedeme vizuální kontroly:
- kontrola správného natočení MAF senzoru,
 - nutno nastavit MAF tak aby konektor směřoval ke kabině,
 - nesmí kolidovat s hadicí,
 - těsnost spon na sacím potrubí, musí být použity spony TORRO s pružinou uvnitř.
- f) Kontrola správnosti montáže kolena sacího potrubí:
- Pokud je koleno zasunuto do kolena příliš hluboko, dochází k chybě měření senzoru MAF (viz obrázek 3.6),
 - Dále je otočen senzor MAF směrem k chladiči, pro docílení vyšší hodnoty.



Obrázek 3.6: Vzduchový filtr a sací potrubí (Zetor Tractors, 2021)

g) Kontrola kouřivosti pomocí diagnostiky De-Tronic (od verze 2.0.3, SW A3), popřípadě Zetor diagnoseru:

- motor zahřát na provozní teplotu, kouřivost lze orientačně zjistit pomocí zbytkového kyslíku na čidle NOX 1, hladina kyslíku nesmí klesnout pod 4 % při akceleraci, pokud je u motoru podezření na vyšší kouřivost, pokračujte následujícími kroky:
 - Kontrola čistoty palivových filtrů,
 - Pokud jsou filtry zaneseny, je nutno je vyměnit (a to jak hlavní palivový filtr, tak plastový in-line filtr), spolu s výměnou oleje, tj. každých 500 motohodin
 - Kontrola čistoty vzduchového filtru,
 - Kontrola čistoty sacího potrubí,
 - Kontrola podložek a šroubů upevňujících komoru sání k hlavě válců,
 - Kontrola podložek pod upevňovacími šrouby plnicí komory,
 - Kontrola šroubů upevňující plnicí komoru k hlavě válců, šrouby s vyšší pevnostní třídy 10.9,
 - Kontrola utahovacího momentu šroubů plnicí komory – utahovací moment = 28 – 30 Nm.

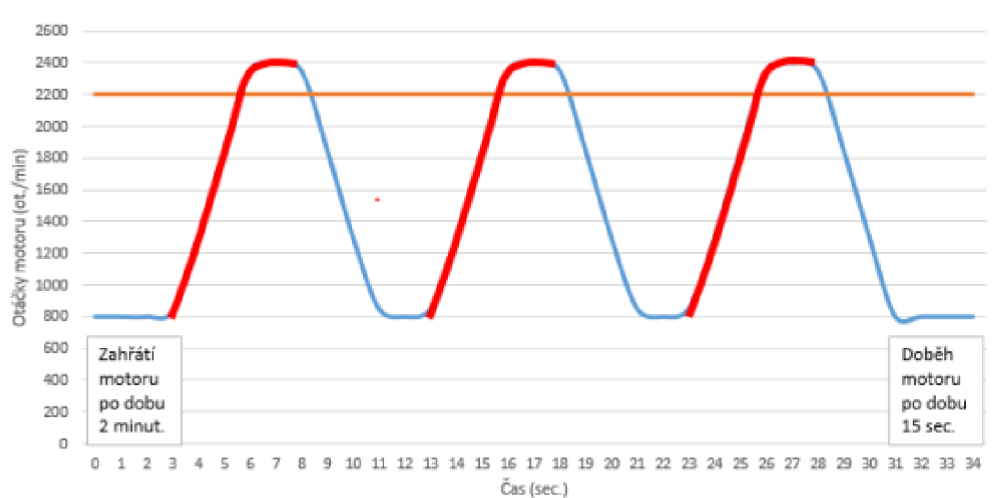
h) Provedeme nucenou regeneraci

- Pro nucenou regeneraci je nutné motor dostatečně zatížit tak, aby teploty výfukového systému dosáhly aktivačních hodnot pro spuštění regenerace,
- Motor můžeme zatížit tak, že spustíme libovolný hydraulický okruh, čímž spustíme hydraulické čerpadlo. Dále spustíme všechny elektricky ovládané přepínače na palubové desce, čímž zatížíme alternátor,
- Teploty musí bez problémů narůstat až k limitům nutným pro regeneraci,
- Během regenerace by teplota na čidle T2 měla být v rozmezí 475°C–600°C, snížená účinnost katalyzátoru je indikována nižší teplotou na snímači T2 během aktivní regenerace, pokud je teplota nižší než 450°C, může to znamenat nižší účinnost DOC katalyzátoru.

i) Pokud regenerace není efektivní (tzn., že nedochází k výraznému snížení sazí v DPF), případně se teploty na T2 drží kolem 475°C, je nutno na motoru dále zkontrolovat:

- systém odvětrání motoru
 - Musí být provedena kontrola správnosti vedení hadic do odlučovače a ven z odlučovače oleje, odstranit případné zalomení nebo poškození,
 - Kontrola vnitřní čistoty hadic odlučovače -> v případě zanesení hadic olejem hadice vyčistit průplachem, pomocí odmašťovadla.
- Provedeme akcelerační zkoušku
 - Před hadicí vedoucí z víka motoru vložte čistý bílý papír (papír podložte pevným kartonem, aby nedocházelo k jeho ohýbání), třikrát za sebou uveďte motor prudce z volnoběžných do maximálních otáček (viz obrázek 3.7), z potrubí nesmí být vynášen motorový olej v kapalném skupenství, pouze olejová mlhovina,
 - Pokud se na výstupu z hadice objeví olej, proveďte výměnu předního víka motoru,

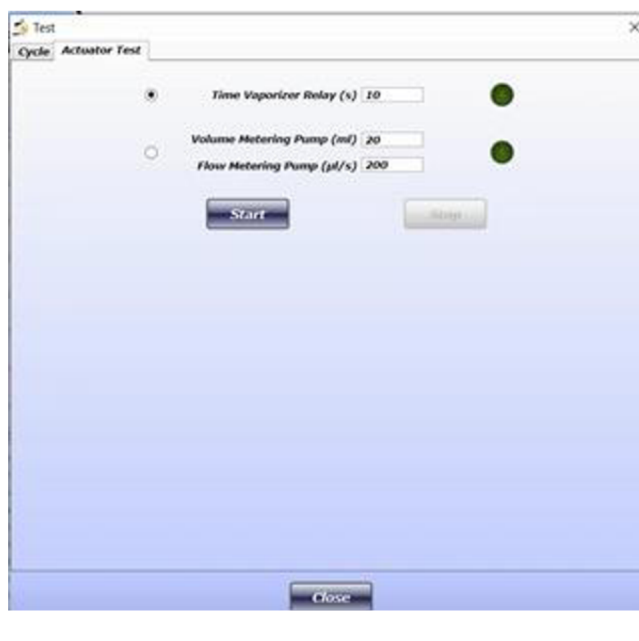
➤ Průběh zkoušky:



Obrázek 3.7: Průběh akcelerační zkoušky (Zetor Tractors, 2021)

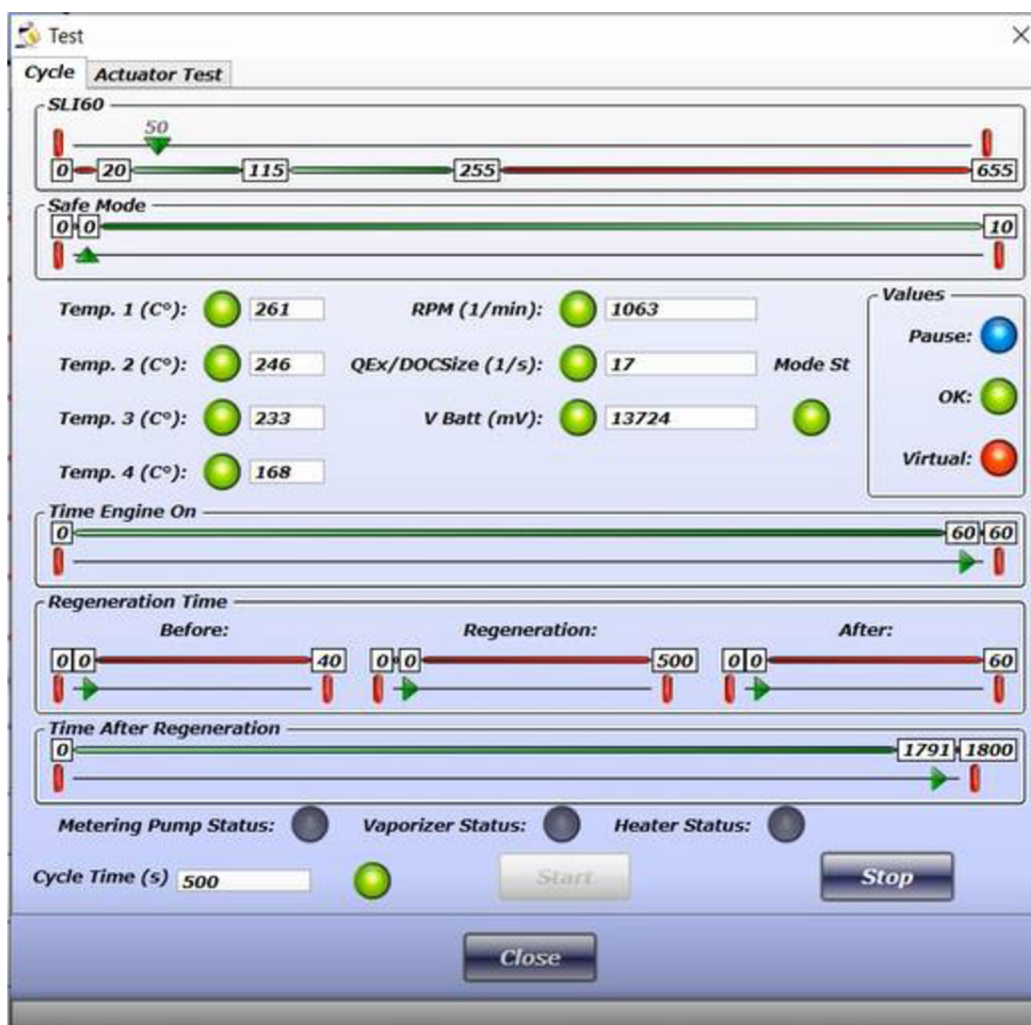
3.3 Metodika regenerace

Samotná regenerace začíná nastavením času cyklu. Tuto hodnotu nastavíme v kolonce pod názvem Cycle Time na 500 sekund. Dále v ikoně Actuator Time (viz obrázek 3.8) nastavíme, jakou dobu bude vaporizér dávkovat palivo pro test. Tato hodnota bude nastavena v kolonce Time Vaporizer Relay. Hodnota bude nastavena, aby vaporizér dávkoval po dobu deseti sekund. Hodnotu Volume Metering Pump, která udává dávku vstřikované nafty, necháme na 20 ml. Po 6 minutách a 12 sekundách od nastartování motoru, začne snímat NO_x čidlo své hodnoty. Dokud se čidlo neaktivuje, není možno spustit regeneraci.



Obrázek 3.8: Testové okno vaporizéru

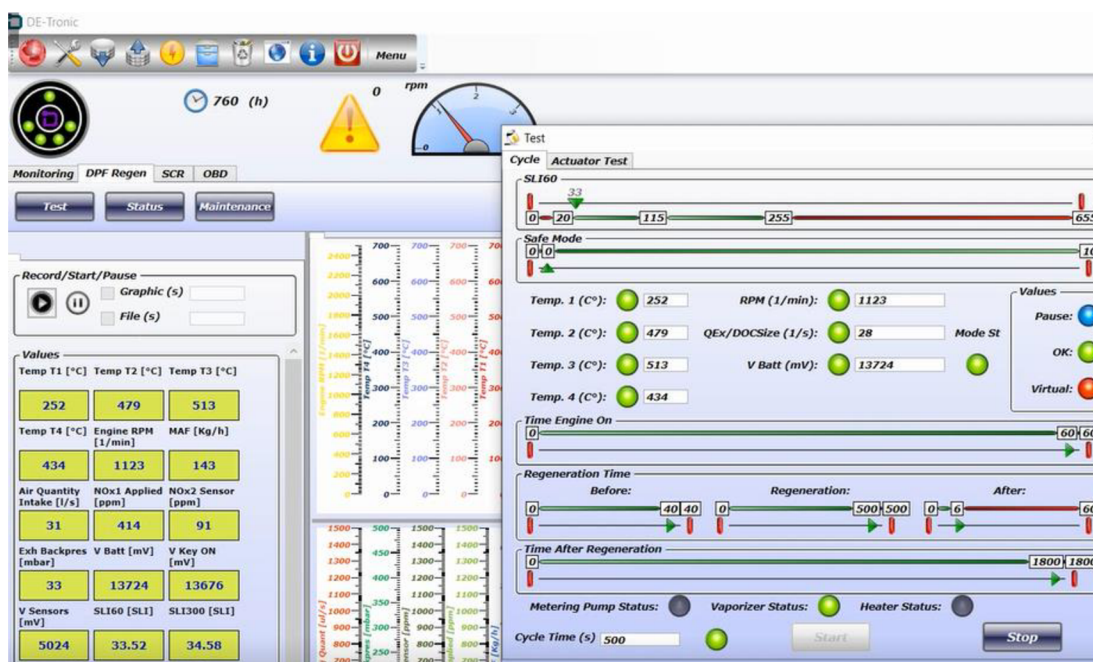
Hodnota zanešení filtru pevných částic SLI60 je na čísle 50 (viz obrázek 3.9). Maximální hodnota zanešení je 655. Pokud se filtr zaneše až na tuto hodnotu, většinou se nepodaří filtr zregenerovat a musí dojít k výměně celé vložky.



Obrázek 3.9: Testové okno regenerace

Nyní je vše připraveno, bude se čekat, až teplotní čidla dosáhnou požadovaných teplot pro spuštění regenerace. Teplotnímu čidlu T2 se při 1 065 ot. min⁻¹ nedaří dosáhnout požadované teploty 245°C. Použijeme tedy plynový pedál a šestkrát sešlápneme pedál, kterým zvýšíme na malý moment otáčky motoru až na 2 100 ot. min⁻¹, čímž dojde k dostatečnému zahřátí teplotního čidla T2. U všech čtyř čidel bude svítit zelené kolečko.

V tomto okamžiku bude spuštěn start regenerace. Otáčky motoru se zvýší na 1 065 ot. min⁻¹. Před spuštěním regenerace běží motor na volnoběh, což znamená že běží na 825 ot. min⁻¹. Samotná regenerace se skládá ze tří částí. Po stisknutí tlačítka start bude spuštěna před regenerace, na počítači pod názvem „Before“. Tato část je přípravná a trvá 40 sekund. Po uplynutí 40 sekund bude samovolně spuštěna přímá regenerace. Dobu přímé regenerace na začátku stanovíme na 500 sekund. Během tohoto kroku dochází k vypálení filtru pevných částic. Výrazně bude stoupat teplota na teplotním čidle T2 až na 479°C. Během regenerace také budeme sledovat hodnotu váhy vzduchu MAF. Tato hodnota by měla být během regenerace vyšší než 120 kg.h⁻¹. Teplota teplotního čidla T3, které se nachází za filtrem pevných částic výrazně stoupne, až na hodnotu 513°C. Po uplynutí 500 sekund bude proces regenerace pokračovat konečnou fází, která je nazvaná jako „After“ (viz obrázek 3.10). Teploty čidel budou pomalu klesat a motor se vrátí do volnoběhu. Tímto bude regenerace dokončena. Také bude klesat hodnota váhy vzduchu MAF. Celková doba průběhu regenerace se všemi potřebnými kroky od spuštění diagnostického počítače a nastartování motoru bude trvat 23 minut.



Obrázek 3.10: Diagnostické hodnoty

4 Výsledky

4.1 Subjektivní diagnostika

Při subjektivní kontrole traktoru nebyly nalezeny žádné závady, které by mohly ovlivnit průběh nucené regenerace. Během provozní kontroly, kdy byl traktor uveden do provozu a byla provedena zkušební jízda, nebyla odhalena žádná závada. Filtr pevných částic je pevně zajištěn v držáku. Vstupní i výstupní víko filtru je naprosto těsné a nedocházelo k úniku výfukových plynů. Snímače, čidla a vaporizér na výfukovém vedení jsou těsná a opět nedocházelo k žádnému úniku.

Sací potrubí, které bylo také ovlivněno nuceným seřizováním ventilů, bylo zpět namontováno správně a dle vizuální kontroly byly všechny spoje těsně upevněny. Váha vzduchu MAF byla ve správné pozici směrem ke kabině traktoru a koleno potrubí u vzduchového filtru zasunuto tak, jak je předepsáno.

Po odstranění levého bočního krytu přístrojové desky, byly zkontrolovány porty pro připojení. Místo kde se porty nachází bylo zprvu očištěno vzduchem od prachu, který se zde hromadí během provozu. Na displeji přístrojové desky bylo zkontrolováno, jestli akumulátor produkuje správné napětí. Napětí akumulátoru udávalo hodnotu 14,1 V, při nastartovaném motoru, což je naprosto vyhovující.

Dále byl zkontrolován chod motoru poslechem, kdy nebyly zjištěny žádné zvuky, které by signalizovaly poruchu, nebo jakoukoli vůli na samotném motoru nebo jeho komponentech. Vizuální kontrola výfukových plynů byla také v pořádku, s čímž souvisí i čichová kontrola, která byla rovněž v pořádku.

4.2 Sériová diagnostika

Výsledky sériové diagnostiky byly získané pomocí diagnostického softwaru DeTronic a propojovacích kabelů DEC E4, kterými se spojí obsluha s řídicí jednotkou traktoru. Připojení proběhlo bez jakýchkoliv problémů na první pokus.

4.2.1 Vymazání paměti závad

Po připojení diagnostického softwaru a navázání komunikace, byl proveden první krok, kterým byla vymazána paměť chybového hlášení. V seznamu chybových hlášení bylo zapsáno osm chybových kódů (viz obrázek 4.1). Sedm chybových kódů souvisí se systémy hlídající emisní limity traktoru. Osmý chybový kód hlásil ztrátu signálu. Všechny chybové kódy jsou „sporadické závady“, které naskakují během provozu traktoru. Po vymazání paměti závad se chybové kódy **znovu nezobrazily**, proto bylo možno pokračovat k regeneraci.

Number	Description	Error Code	OC	SPN	FMI
56	NOX EMISSION LEVEL ABOVE LIMIT 1	257	4	3226	0
60	TEMP T3 REGENERATION SAFETY	276	21	3245	0
61	TEMP T4 REGENERATION SAFETY	277	1	4363	0
78	OBD WARNING	289	29	50000	14
87	SCR SLAVE ECU DISCONNECTION	298	79	50013	5
94	NOX1 DISCONNECTION	305	5	3216	5
95	NOX2 DISCONNECTION	306	4	3226	5
164	NO CAN SIGNAL	352	7	190	2

Obrázek 4.1: Seznam chybových hlášení

4.2.2 Popis chybových kódů

NOX emission level above limit 1

- Nadlimitní úroveň emisí na NOx čidle. Kontrola kabeláže a druhého NOx čidla. Restart řídicí jednotky

Temp T3 regeneration safety

- Hlášení o bezpečné regeneraci na teplotním čidle T3. Pokud je stav čidla v pořádku, vymazat chybu.

Temp T4 regeneration safety

- Hlášení o bezpečné regeneraci na teplotním čidle T4. Pokud je stav čidla v pořádku, vymazat chybu.

OBD warning

- Aktivace čítače chybových hlášení. Příčinná chyba aktivuje čítač, který po deseti nahlášených aktivacích oznámí tímto chybovým hlášením opakující se poruchu.

SCR slave ECU disconnection

- ECU (řídicí jednotka) pumpy močoviny odpojena. Při opravě těsnosti spojkové skříně došlo k odpojení pumpy močoviny, proto se objevila tato chyba.

NOx1 disconnection

- Kontrola kabeláže a druhého NOx senzoru, kontrola kvality močoviny. Restart řídicí jednotky

NOx2 disconnection

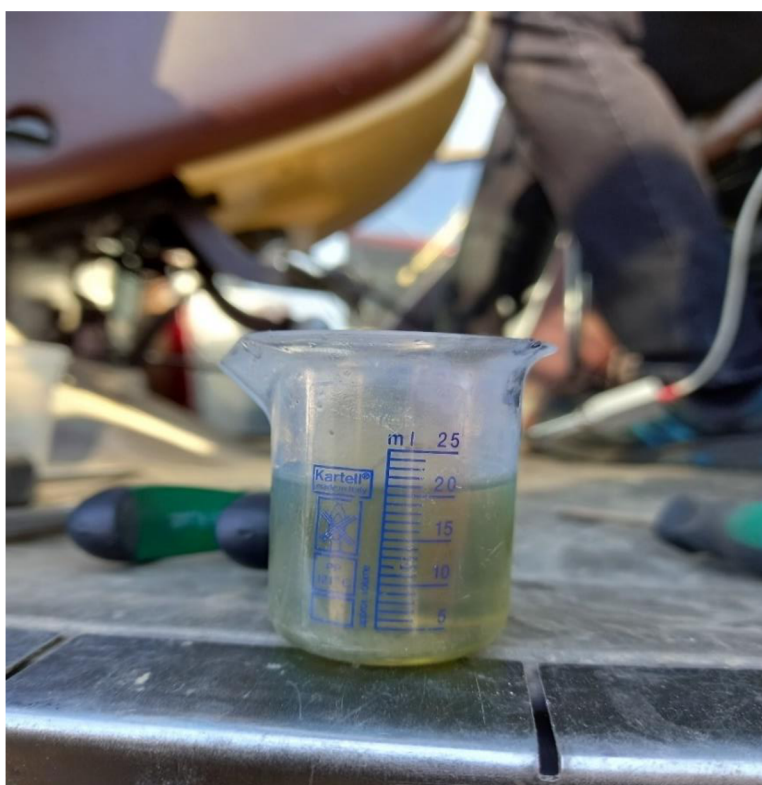
- Kontrola kabeláže a druhého Nox senzoru, kontrola kvality močoviny. Restart řídicí jednotky

No CAN signal

- Přerušení signálu na čidle otáček motoru. Důvodem může být odpojení při opravě nebo špatným kontaktem. Přesný popis od výrobce zní: Data nekonzistentní, nebo příliš vysoká (>5000RPM).

4.2.3 Test vaporizéru

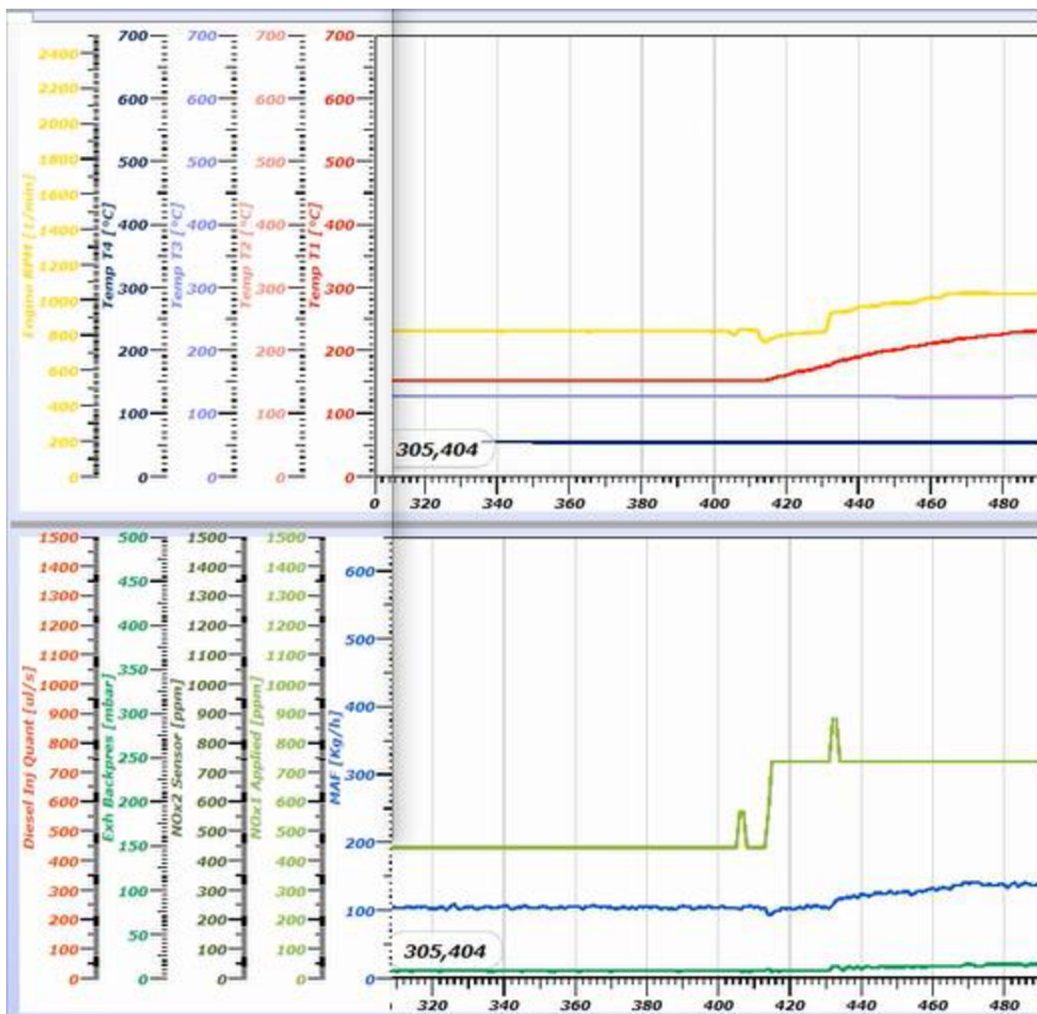
Před spuštěním samotné regenerace doporučuje výrobce zkontrolovat funkčnost vstřikovače nafty do filtru pevných částic. Tento vstřikovač je odborně nazýván jako vaporizér. Zkouška byla provedena pomocí testového okna (viz obrázek 3.10), které je uvedeno v metodice. Test vaporizéru **proběhl úspěšně**. V testovém okně byly nastaveny hodnoty, při kterých měl vaporizér vyprodukovat 20 ml nafty během 10 cyklů. Z obrázku 4.2 je patrné, jaké množství bylo vyprodukováno. Toto množství se shoduje s množstvím nastaveným v testovém okně.



Obrázek 4.2: Naměřené množství nafty při testu vaporizéru

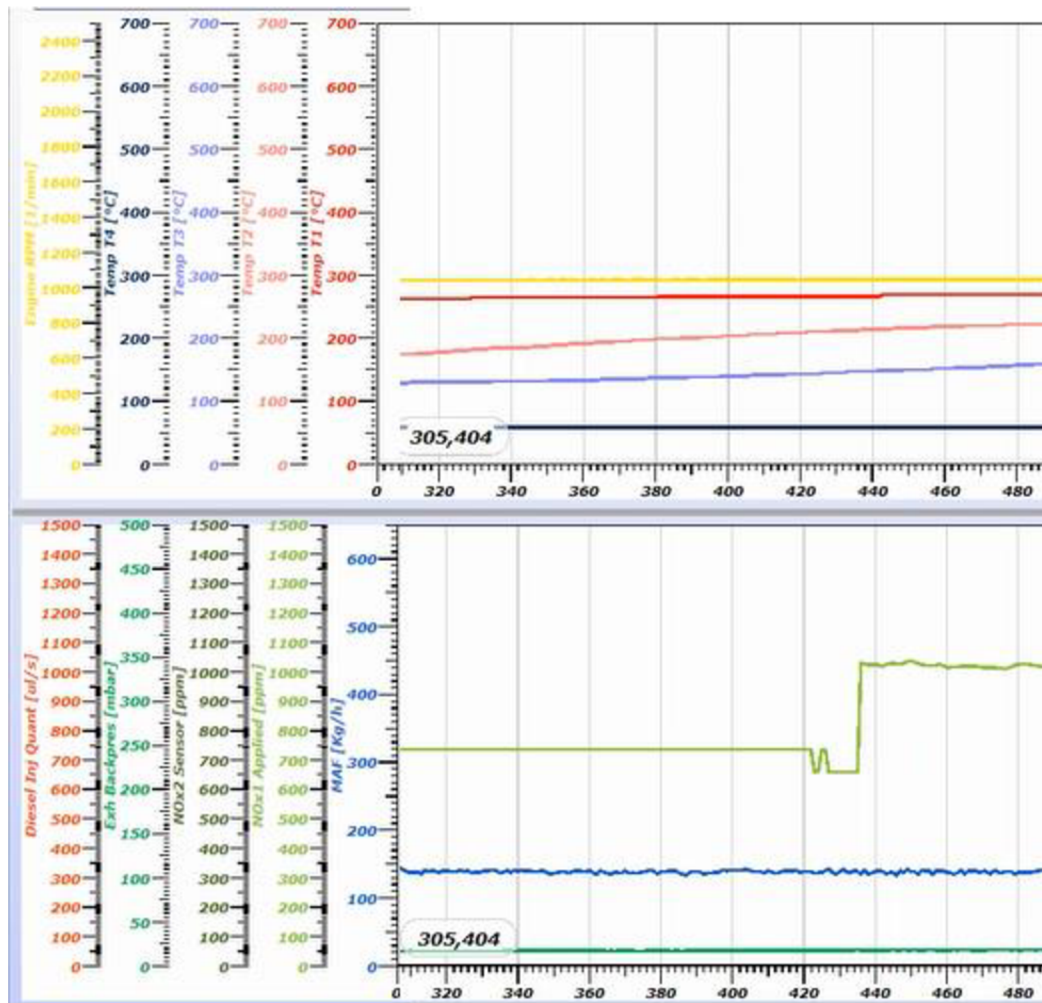
4.2.4 Spuštění NOx 1 čidla a teplotních čidel

Na obrázku 4.3 je graficky znázorněna světle zelenou křivkou aktivace NOx 1 senzoru. Otáčky motoru, znázorněné žlutou křivkou, se aktivací NOx 1 senzoru mírně zvýší z 825 ot. min⁻¹ na 1 065 ot. min⁻¹. Zvýšením otáček motoru začne výrazně stoupat teplota T1, která je znázorněna červenou křivkou. Mírně se zvýší i hodnota MAF, která udává váhu vzduchu a je znázorněna světle modrou křivkou. NOx 1 senzor je aktivovaný po 6 minutách a 12 sekundách od nastartování motoru.



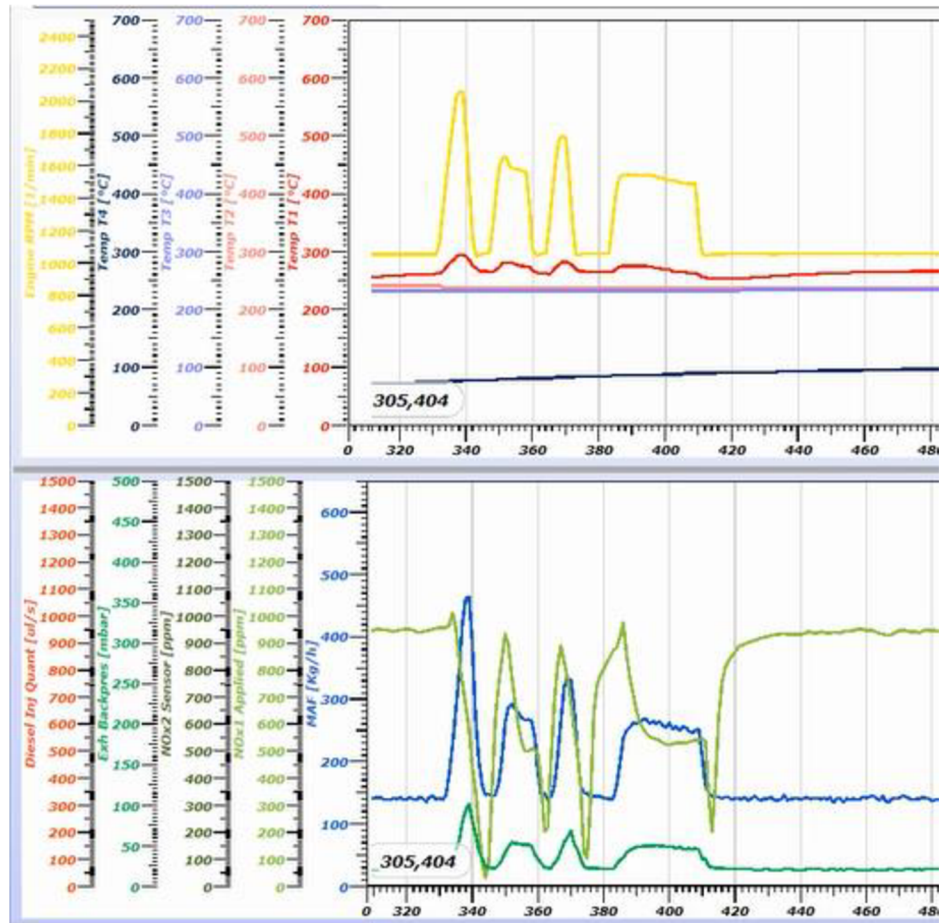
Obrázek 4.3: Vývoj aktivace NOx 1 senzoru

Na obrázku 4.4 je vidět další pohyb křivky NOx 1. Tento pohyb je zapříčiněn vzrůstajícími teplotami T2 a T3. Naopak otáčky motoru a teplotního čidla T1 se ustálily. Všechny hodnoty v této fázi jsou **v pořádku**.



Obrázek 4.4: Vývoj NOx 1 senzoru a teplotních čidel

Obrázek 4.5 znázorňuje zvyšování otáček žlutou křivkou za účelem zvýšení teploty na teplotním čidle T2 na hodnotu 245°C, která je potřebná k zahájení regenerace. Zvýšení teploty T2 je znázorněno růžovou křivkou. V tomto okamžiku, kdy se zvedne hodnota teplotního čidla T2 nad 245°C, zezelená signalizační kolečko (viz obrázek 3.9) a začne probíhat regenerace. Dále na tomto obrázku můžeme vidět, jak se vyvíjí hodnoty MAF a NOx 1, které úměrně stoupají a klesají s křivkou otáček motoru.



Obrázek 4.5: Zvyšování otáček motoru

4.2.5 Teploty při regeneraci

Regenerace začíná částí, která je nazvaná „Before“. Tato část je přípravná a je popsána v metodice. Během této části se žádné hodnoty nezvyšují ani nesnižují. Zvýšení hodnot nastává po skončení přípravné části a začíná samotná regenerace. Výrazně začne stoupat teplota na čidle T2, a to díky spuštění vaporizéru, který začne vstříkovat naftu potřebnou pro vypalování. Během prvních 60 sekund stoupne teplota na čidle T2 o 140°C. Teplota na čidle T3 tak výrazně zatím nestoupá a je na hodnotě 259°C. Stoupla tedy jen o 22°C. Další vývoj teplot je znázorněn v tabulce 4.1.

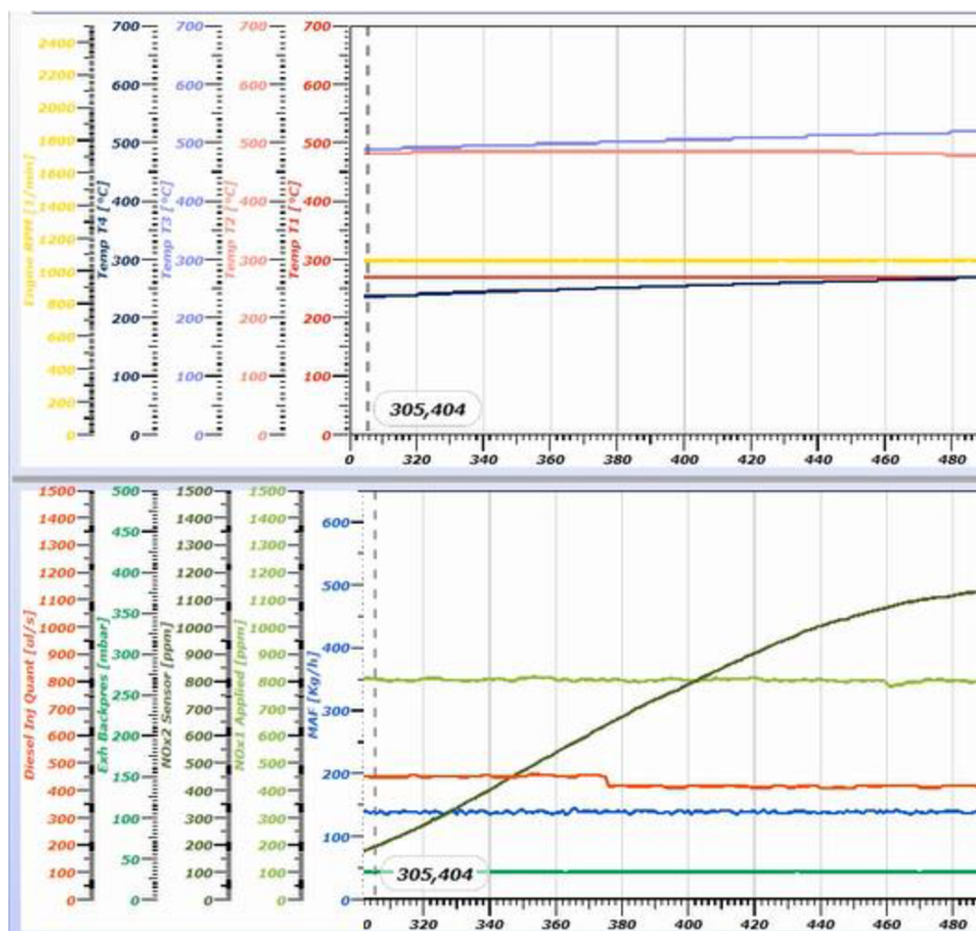
Tabulka 4.1: Vývoj teplot

čidlo	teplota po 60 s	teplota po 250 s	teplota po 500 s
T1	292°C	270°C	265°C
T2	248°C	485°C	479°C
T3	237°C	532°C	513°C
T4	196°C	244°C	434°C

Teplota na čidle T1 se v průběhu regenerace vyvíjí jen minimálně, kdy jeho nejvyšší hodnota je 292°C a nejnižší hodnota 265°C. Vývoj teplotního čidla T2 je naopak velmi různorodý. Po dosažení teploty 245°C a spuštění regenerace tato hodnota začala velmi strmě vzrůstat, až na nejvyšší hodnotu, která činí 485°C. Tuto hodnotu čidlo dosáhlo po 250 sekundách a udrželo si ji až do konce regenerace, z čehož vyplývá kvalitní průběh regenerace. Teplotní čidlo T3, které se nachází za filtrem pevných částic, dosáhlo nejvyšší hodnoty 532°C. Hodnota vzrostla během 190 sekund o 295°C. Hodnota na teplotním čidle T3 je vyšší než na teplotním čidle T2. Z tohoto údaje vyplívá vznícení usazenin ve filtru pevných částic, a tudíž správnému průběhu regenerace. Teplotní čidlo T4 vykazuje stoupající hodnoty, až na hodnotu 434°C. To je zapříčiněno vypalováním usazenin, které částečně vycházejí z filtru pevných částic výfukem ven. Hodnoty všech teplotních čidel jsou **v pořádku**.

4.2.6 Průběh NOx 2 senzoru

Po 213 sekundách se aktivuje i senzor NOx 2. Průběh stoupání senzoru NOx 2 je velmi přímý a je znázorněn na obrázku 4.6.

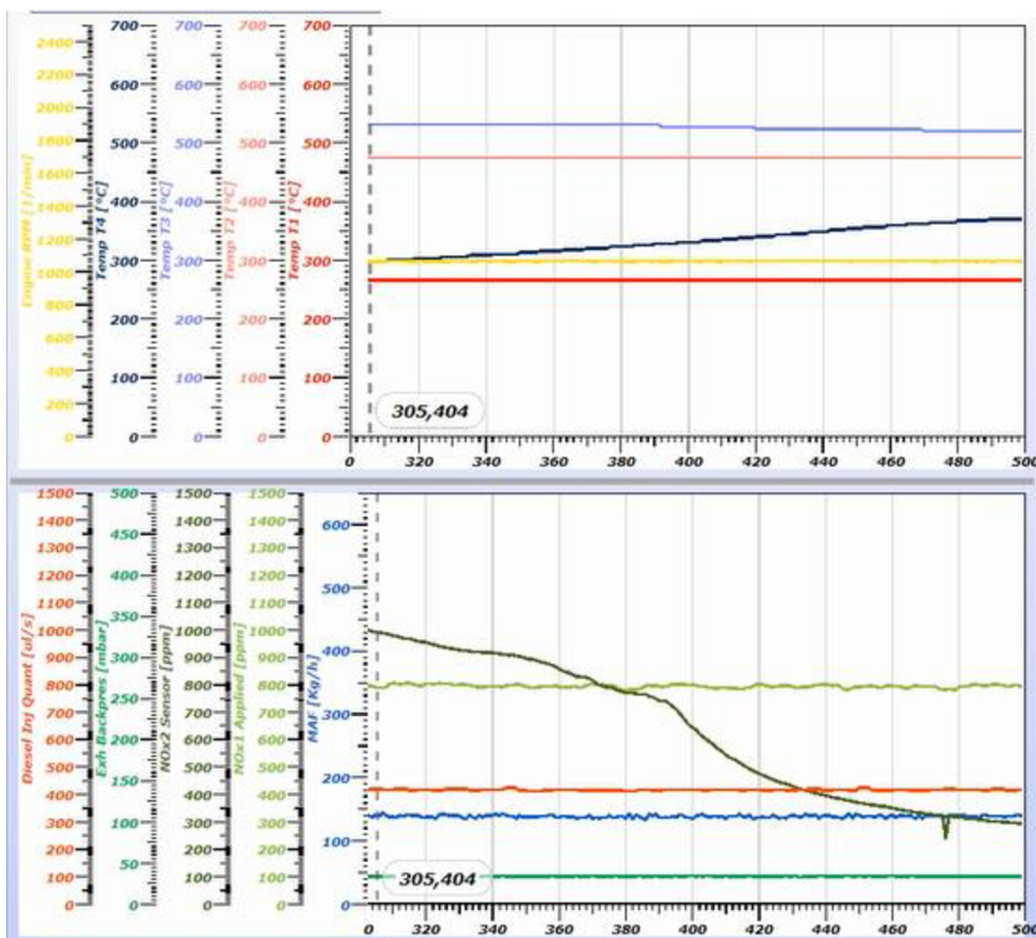


Obrázek 4.6: Vývoj stoupání senzoru NOx 2

Dále je na tomto obrázku červenou křivkou na spodním grafu znázorněn průběh vstřikování vaporizéru. Vaporizér se spustil ve stejný moment jako samotná regenerace a po celou dobu, tedy 500 sekund vstříkoval naftu do filtru pevných částic. Na grafu je vidět malý pokles vstřikovací dávky. Toto vychýlení na křivce se opakovalo během celého průběhu regenerace a nijak to neovlivnilo kvalitu vypalování, tudíž je vše **v pořádku**.

Vrchol křivky NOx 2 senzoru nastane po 286 sekundách, kdy začne okamžitě klesat (viz obrázek 4.7). Křivka klesá z počátku strmě, poté se klesání ustálí a pozvolně klesá až do konce regenerace. Je také vidět malý výkyv křivky s rychlým vrácením se zpět. Tento výkyv nelze průkazně odůvodnit, mohlo dojít k výpadku snímání, nebo poklesu napětí. Nijak to regeneraci neovlivnilo, proto je vše **v pořádku**.

Dále je na obrázku 4.7 znázorněna tmavě modrá křivka, která vykresluje vývoj a růst teploty na teplotním čidle T4, především díky zahřátí motoru. Ostatní hodnoty jsou v tomto okamžiku stálé a konzistentní.



Obrázek 4.7: Vývoj klesání NOx 2 senzoru

4.2.7 Výsledky MAF

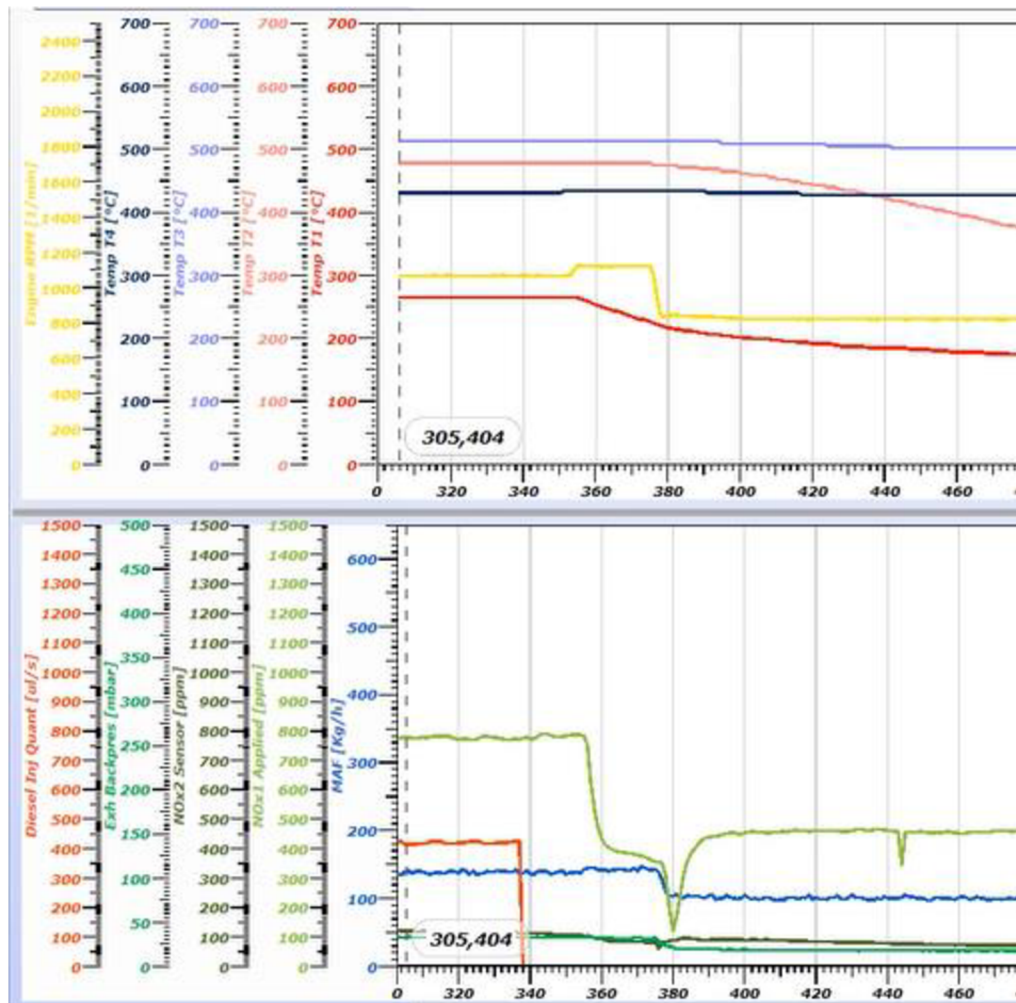
Hodnoty váhy vzduchu MAF, které jsou znázorněné v tabulce 4.2 jsou v celém průběhu testu v pořádku.

Tabulka 4.2: Hodnoty MAF

Fáze regenerace	[kg. h ⁻¹]
Před spuštěním regenerace	104
Aktivace Nox 1 senzoru	143
Přípravná fáze (Before)	139
Regenerace	138
Konečná fáze (After) – snížení hodnoty Nox 1	99

4.2.8 Konec regenerace

Po skončení samotné regenerace, která trvá 500 sekund, nastává konečná fáze nazvaná jako „After“, která je dlouhá 60 sekund. Po uplynutí 500 sekund vypíná vaporizér dávkování. Tento úkon je znázorněný na obrázku 4.8 v dolním grafu červenou křivkou. S koncem dávkování se snižují i hodnoty na NOx 1 senzoru. Křivka NOx 1 senzoru klesá až pod hodnotu 100 ppm (parts per million), poté ihned stoupne na úroveň 461 ppm, kde se nacházela před začátkem regenerace a tuto hodnotu udržuje až do konce testu. Také klesá hodnota váhy vzduchu MAF, která je znázorněna modrou křivkou ve spodním grafu.



Obrázek 4.8: Konec regenerace

V horním obrázku je vidět pozvolný pokles teplotních čidel T1 a T2, což je ovlivněno ukončením dávkování. Klesání křivek se po určité době ustálí a zůstane konzistentní. Tato čidla jsou znázorněna červenou a růžovou křivkou. Dále je na horním obrázku znázornění otáček motoru žlutou křivkou. Otáčky motoru se s koncem regenerace, a tudíž i koncem dávkování na 5 sekund zvýší na $1125 \text{ ot. min}^{-1}$. Tento proces je obvyklý a nastává vždy na konci regenerace. Poté se otáčky sníží na volnoběh, což znamená na 825 ot. min^{-1} . Tímto končí celý proces regenerace. Hodnota zanešení filtru pevných částic SLI60, která byla před začátkem pokusu na hodnotě 50, klesla po průběhu regenerace na hodnotu 23, kdy nejnižší možná hodnota SLI60 je 20. Této hodnoty dosahuje filtr pevných částic před uvedením do provozu. Z testu tedy vyplývá správný průběh regenerace s **výborným výsledkem**.

5 Diskuse

5.1 Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?

Ano. Diagnostický systém De-Tronic a Zetor Diagnoser obsahuje všechny potřebné informace a kroky, které poskytnou kompletní přehled veličin pro přesné stanovení prognózy u traktoru. De-Tronic a Zetor Diagnoser společně s přenosným počítačem tvoří fungující zařízení pro paralelní a sériovou diagnostiku.

Sériová diagnostika De-Tronic a Zetor Diagnoser je dostačující pro ovládání a nastavení regenerace filtru pevných částic, ale i pro nastavení samotného motoru. De-Tronic je v současné době jediný diagnostický systém, kterým lze navázat komunikaci s řídicími jednotkami traktoru Zetor a provádět všechny potřebné diagnostické úkony týkající se správy a regenerace filtru pevných částic. Systém De-Tronic, který je možný stáhnout jedinečně ze servisního portálu Zetoru, ke kterému má přístup jen autorizovaný servis, nelze nahradit jiným diagnostickým systémem, který by dokázal ve stejném rozsahu komunikovat s řídicími jednotkami traktoru.

5.1.1 Prognóza

Získané hodnoty, které byly naměřeny během diagnostického úkonu poskytly informace, především o dobrém stavu vypalovacího systému, ale i o dobrém stavu filtru pevných částic, jehož regenerace proběhla bez problémů s výborným výsledkem. Na traktoru byla nucená regenerace provedena poprvé za 4 roky od prodání stroje cílovému zákazníkovi. Motor traktoru má 760 motohodin provozu a nepředpokládá se opakování nucené regenerace v blízké době, jelikož je traktor využíván především v sezonních pracích, a to konkrétně v kombinaci s lisem válcových balíků, kde je motor traktoru v plném zatížení, tudíž dochází k vypalování filtru pevných částic během provozu. Tato nucená regenerace byla provedena v důsledku servisní prohlídky na přání zákazníka, aby byl traktor plně připraven na sezonní provoz.

Rizikem opakování nucené regenerace jsou práce, při kterých není traktor v plném zatížení a nedochází k průběžnému vypalování filtru pevných částic během provozu, nebo porucha komponentů na výfukovém a vzduchovém potrubí, porucha palivového systému, nebo porucha komponentů systému snižování emisí.

5.2 Vyhodnocení výsledků

Všechny diagnostické úkony byly provedeny na traktoru Zetor Forterra CL 130, který byl uveden do provozu v roce 2017. Za tuto dobu byl traktor v provozu 760 motohodin. Doposud na traktoru nebyl žádný problém s vypalováním filtru pevných

částic. Vypalování probíhalo vždy během provozu a nebylo zapotřebí nucení regenerace. Majitel traktoru si vyžádal při předsezonní údržbě vypalování, aby byl traktor plně připraven.

Průběh regenerace byl úspěšný. Všechny naměřené hodnoty byly v toleranci s hodnotami stanovenými výrobcem. Teploty na všech teplotních čidlech dosáhly požadovaných hodnot pro spuštění samotné regenerace. Váha vzduchu MAF byla dostatečně vysoká pro dosažení maximálních teplot vypalování. Také zkouška vaporizéru proběhla v pořádku a bylo dosaženo stanovené množství při zkoušce. Během regenerace bylo zřejmé správné dávkování z grafu. NOx čidla spínala ve správný moment a vykazovala hodnoty stanovené výrobcem, tudíž nenarušovala průběh regenerace. Před spuštěním regenerace bylo zanešení filtru pevných částic SLI60 na hodnotě 50. Po dokončení regenerace bylo SLI60 na hodnotě 23, z čehož vyplývá dobrý průběh regenerace s výborným výsledkem. Nejnižší možná hodnota SLI 60 je 20.

5.3 Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?

Ano. Diagnostický systém Zetor Diagnoser a DEC (De-Tronic) je z ekonomického pohledu vhodný. Cena nových dílů, které by případně měly být vyměněny z důvodu poškození zanesením nebo propálením jsou vyšší než pořizovací cena kompletního diagnostického systému. Všechny ceny jsou uvedeny bez DPH.

V tabulce 5.1 jsou znázorněny pořizovací ceny diagnostických hardwarů pro traktory Zetor, které získá jen autorizovaný servis. Tato investice je počáteční, poté se hradí jen roční licence hardwaru.

Tabulka 5.1: Pořizovací ceny hardwarů (Zetor Tractors, 2021)

Produkt	Pořizovací cena [Kč]
Zetor Diagnoser HW	28 890
DEC HW (De-Tronic)	14 250
DEC – kabel	11 150

V tabulce 5.2 jsou znázorněny pořizovací ceny diagnostických hardwarů s ročními licencemi. Tyto produkty se nejčastěji prodávají společně při počáteční investici.

Tabulka 5.2: Pořizovací ceny s licencemi (Zetor Tractors, 2021)

Produkt	Pořizovací cena [Kč]
Zetor Diagnoser + licence	43 140
DEC + licence	16 250

V tabulce 5.3 jsou znázorněny ceny ročních poplatků za licenci pro daný diagnostický hardware.

Tabulka 5.3: Roční poplatek za licence (Zetor Tractors, 2021)

Licence	Roční poplatek [Kč]
Zetor Diagnoser	14 250
DEC	2 000

Cena nového DOC katalyzátoru a DPF filtru je znázorněna v tabulce 5.4. Pokud by došlo k zanesení DPF filtru, které by regenerace nedokázala vypálit, nebo k poškození DOC katalyzátoru zanesením nebo propálením, musí dojít k výměně DPF filtru nebo DOC katalyzátoru.

Tabulka 5.4: Cena nového DOC katalyzátoru a DPF filtru (Zetor Tractors, 2021)

Díl	Cena [Kč]
DOC katalyzátor	78 500
DPF filtr	66 000

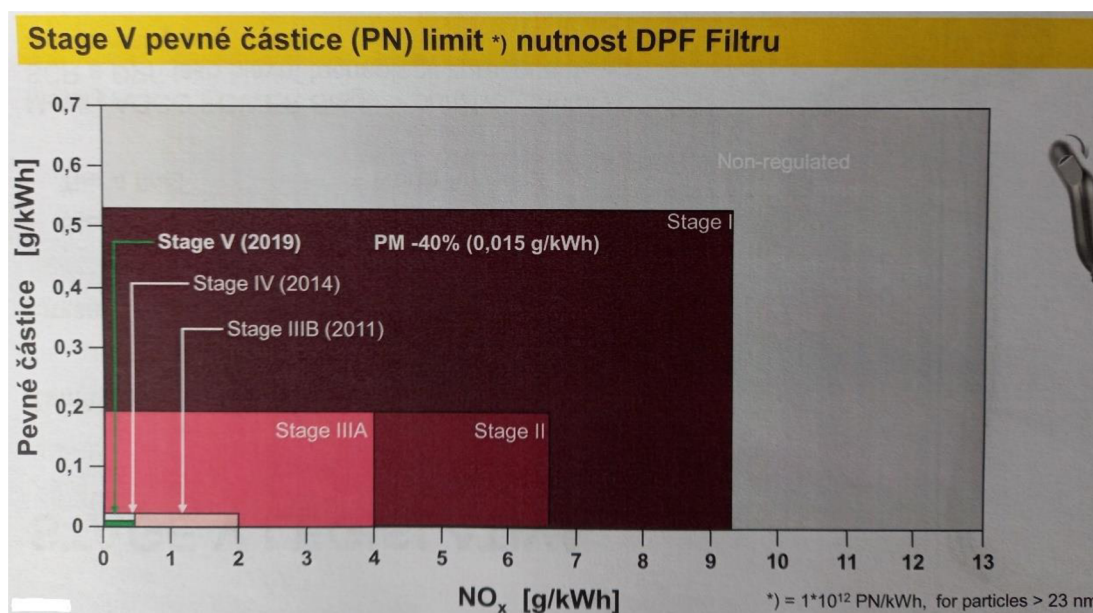
V tabulce 5.5 jsou porovnány ceny diagnostických hardwarů a licencí s cenami DOC katalyzátoru a DPF filtru. Z tabulky je patrná nižší cena kompletního diagnostického hardwaru s licencemi, než cena nového DOC katalyzátoru nebo nového DPF filtru.

Tabulka 5.5: Porovnání pořizovacích cen produktů (Zetor Tractors, 2021)

Produkt	Cena [Kč]
Zetor Diagnoser + licence	43 140
DEC + licence	16 250
celkem	59 390
Nový DOC katalyzátor	78 500
Nový DPF filtr	66 000

5.4 Rozdíl mezi Stage IV a Stage V u taktorů Zetor

Nově se v emisní normě Stage V sleduje PN (viz obrázek 5.1), což je Particulate number (počet pevných částic). Jakákoliv částice vycházející z motoru v pevném nebo kapalném skupenství se nazývá pevná částice a musí být zachycena. Jde o nano částice, které mohou projít přes filtr pevných částic a norma stanoví jejich povolený počet (laboratorně měřeno). Norma stanoví, kolik pevných částic může uniknout do ovzduší, v normě Stage V je to 1×10^{12} kWh. Filtr pevných částic dokáže zachytit 99 % částic, ale jen větších (v řádu mikrometrů). Účinnost nového DPF je o něco nižší, než je u zajetého traktoru (filtr je zčásti zaplněn a lépe filtruje).



Obrázek 5.1: Vývoj emisních limitů Stage (firemní literatura)

Zetor Tractors (2021) ve svém servisním bulletinu uvádí, jaké změny nastaly s příchodem Stage V. Hardwarově nejsou momentálně na traktorech žádné technické změny oproti Stage IV, komponenty emisního systému zůstávají stejné. Konstrukční změny přišly až se zahájením montáže škrťací klapky do sání motoru. Dále byl změněn materiál SCR katalyzátoru (copper – zeolit), který umožní dosažení vyšších teplot 620°C – 630°C pro vypalování DPF, bude mít vyšší účinnost, výrazněji zredukuje množství Nox ve výfukových plynech. Výrobce katalyzátoru již původní SCR katalyzátor s vanadem nevyrábí. Copper – zeolit materiál je v současné době velmi výhodným řešením pro katalyzátor kvůli jeho vyšší účinnosti. Na traktory budou dány nové snímače Nox, půjde o snímače nové generace, s menšími rozměry a jiným závitem. Škrťací klapka v sání motoru umožňuje navýšit teplotu motoru pro regeneraci emisního systému. Bude sloužit výhradně ke stacionární regeneraci (spínání z palubní

desky), v běžném provozu bude vždy otevřena. Stacionární regenerace = traktor musí být ve stacionárním režimu (nulová rychlost, zatažena ruční brzda, PTO vypnuto, volnoběh).

5.4.1 Hlavní změny Stage IV proti Stage V u traktorů Zetor

Hlavní změny u Stage V se týkají pouze softwaru. A jsou to:

- Nová verze firmwaru (ZT.A1.A0.CRI)
- Nová verze kalibračních map (A1.A0_SgV_V_V00.mpp)
- Nová verze diagnostického softwaru DE-Tronic 2.1.1.0 (modernější grafika, přidání modulů týkající se legislativy Stage V)
- Nová počítačidla pro výskyt chybových kódů DTC a inducementů, neboli omezení (stejně nebo výhodnější oproti Stage IV)
- Změna názvu některých chybových hlášení – DTC (vyžadováno legislativou)
- Nové DTC související se Stage V

5.5 Porovnání regenerace u traktoru Zetor a Valtra

Stejně jako u filtrů pevných částic na traktorech Zetor, jsou dvě varianty regenerace i na filtrech pevných částic u traktorů Valtra, které využívají pohonnou jednotku od výrobce AGCO Power. Tento motor je také zdrojem pohonu u traktorů Fendt a Massey Ferguson.

U traktorů Valtra probíhá provozní regenerace stejně jako u traktorů Zetor během každodenního provozu. Provozní teplota katalyzátoru je u obou systémů úpravy spalin stejná a to 250°C a více. Řídicí jednotka ECU motoru AGCO Power využívá škrťací ventil a elektronický wastegate (zařízení v turbodmychadle, které reguluje tlak, při kterém výfukové plyny procházejí do turbíny, otevíráním nebo zavíráním průchodu směrem ven) ke zvýšení teploty výfukových plynů. Oproti tomu motory na traktorech Zetor, které splňují normu Stage V, jsou vybaveny jen škrťací klapkou.

Nucená regenerace na traktorech Valtra probíhá u malé řady A stisknutím tlačítka, které se nachází v pravém bočním panelu s pojistkami. Po stisknutí tlačítka obsluha čeká, dokud regenerace neskončí. Řídicí jednotka ECU provede regeneraci sama. U vyšších řad G, N, T a S je nutné provést regeneraci připojením diagnostického systému stejně jako u traktorů Zetor. Nucená regenerace u traktorů Valtra potřebuje daleko vyšší teploty než traktory Zetor. Na traktorech Valtra je teplota vypalování vyšší než 550°C, oproti tomu při nucené regeneraci na traktorech Zetor stačí teplota nad 500°C.

Rovněž jako u traktorů Zetor má regenerace u traktorů Valtra tři fáze průběhu. V první fázi dochází ke zvýšení otáček na 1 800 za minutu. U Zetoru jen na 1 065 ot. min⁻¹. V této fázi dochází k ohřevu motoru. Na traktorech Valtra není třeba zvýšení otáček pro dosažení optimální teploty, u traktorů Zetor je někdy potřeba otáčky na malý okamžik zvýšit manuálně pro dosažení optimálních teplot. Druhá fáze je samotná regenerace za klidu traktoru. Tato fáze se u traktorů Valtra a Zetor liší jen v době. U traktorů Valtra probíhá samotná regenerace buď 30 minut nebo 50 minut, to se odvíjí od úrovně zanešení filtru pevných částic. Při větším zanešení je doba regenerace 50 minut. U traktorů Zetor si dobu regenerace stanoví servisní technik sám podle jeho vlastního usouzení a zkušeností. Během pokusu k této práci byla doba regenerace 500 sekund. Třetí fáze ochlazení je rozdílná v době i ve výši otáček. U traktorů Valtra je doba ochlazení 2 minuty při 1 500 ot. min⁻¹. Na rozdíl u traktorů Zetor je tato doba 1 minutu při otáčkách na volnoběh. U Valtry se otáčky na volnoběh dostanou po uplynutí 2 minut ochlazování.

Závěr

Diplomová práce se zabývá diagnostikou a regenerací filtru pevných částic na traktoru Zetor Forterra CL 130.

Literární rešerše posloužila k podrobnému popisu problematiky, týkající se pevných částic, které jsou produkovány do ovzduší. Tato část byla doplněna o rozdělení a velikost pevných částic ve srovnání s ostatními částicemi, které se pohybují v ovzduší, ale také o jejich vliv na životní prostředí, a hlavně zdraví člověka. Dále literární rešerše obsahuje popis problematiky filtru pevných částic, jejich složení, účel použití filtrů, a především jejich pasivní a aktivní regeneraci, bez které se provoz stroje neobejde. Poslední část rešerše je zaměřena na problematiku diagnostiky. V této části je podrobně popsán každý způsob diagnostikování závad na strojích, které byly použity při získání výsledků pro tuto práci.

Po stanovení cílů práce byla sestavena metodika diagnostických postupů, podle kterých byly získány výsledky. Na samém začátku je popsán diagnostický postup subjektivní metodou, na který navazuje diagnostický postup objektivní metodou při využití sériové diagnostiky. V této části metodiky byl popsán postup navázání komunikace řídicí jednotky s diagnostickým zařízením. Po tomto kroku byla sestavena metodika operací, které se provádí před spuštěním samotné regenerace, a nakonec byla sestavena metodika pro samotný postup při regeneraci. Pro lepší orientaci a představu je tato část doplněna o obrázky diagnostického systému.

Ve výsledcích byly popsány a představeny výsledky získané během servisního úkonu. Tyto výsledky byly porovnány s hodnotami stanovenými výrobcem. Zdrojem hodnot pro kontrolu výsledků byl diagnostický software De-Tronic a servisní bulletin vydaný výrobcem traktorů Zetor, Zetor Tractors.

V diskusi byly zodpovězeny otázky stanovené v cíli práce doplněné o srovnání nové emisní normy, která vyšla v platnost s rokem 2022 a srovnání regenerace filtru pevných částic u traktorů Valtra. Stanoveny byly dvě hlavní otázky. Na obě otázky bylo odpovězeno kladně. První otázka zněla, zda je diagnostický systém dostačující pro stanovení prognózy, kdy je z výsledků jasné že ano. Druhá otázka zněla, zda je diagnostický systém vhodný z ekonomického hlediska. Na tuto otázku bylo zodpovězeno v diskusi. Z odpovědi je patrný ekonomický prospěch, z výsledků pak důležitost diagnostického systému.

Přínosem této diplomové práce je seznámit čtenáře s diagnostikou a regenerací filtrů pevných částic a s použitými diagnostickými metodami. Vývoj v oblasti pohonných jednotek traktorů jde neustále kupředu, ale momentálně není jiný způsob, jak docílit mírnějšího přístupu k životnímu prostředí. Proto budou traktory i nadále osazovány filtry pevných částic, a proto bude mít diagnostický systém pro regeneraci DPF filtrů své využití.

Přínosem této práce pro praxi je získání aktuálních dat o traktoru, který je využíván v malém soukromém zemědělství, které se zabývá rostlinnou i živočišnou výrobou. Výsledkem této práce je stanovení prognózy, jaký by mohl být další vývoj zanášení DPF filtru a návrh doporučení pro zajištění dlouhodobé provozuschopnosti.

Seznam použité literatury

Adler, J. a Petasch, U. (2013). *Diesel Particulate Filters*. Elsevier Inc Chapters, Oxford. ISBN 978-0-12-385470-4.

autodiagnostik.cz (2020). *Úvod do diagnostik*, [online], [cit. 01. 02. 2022]. Dostupné z: <https://www.autodiagnostik.cz/blog/uvod-do-autodiagnostiky/>

boschaftermarket.com (2020). *FSA 740 | Bosch Automotive aftermarket*, [online], [cit. 01. 02. 2022]. Dostupné z: <https://www.boschaftermarket.com/cz/cs/diagnostika/diagnostika-motoru/analyzatory-system%C5%AF-vozidla/fsa-740-s-kts-560/>

Čupera, J. a Štěrbá P. (2007). *Automobily*. Avid. Brno. ISBN 978-80-903671-9-7.

Čupera J. a Štěrbá P. (2010). *Automobily VIII – Diagnostika motorových vozidel I.* 2.vyd. Avid, Brno. ISBN 978-80-87143-17-9.

dpf.corahb.net (2022). *Čištění filtrů pevných částic (DPF/FAP) a katalyzátorů* [online], [cit. 31. 01. 2022]. Dostupné z: <https://dpf.corahb.net/dotazy.html>

DPFholice.cz (2020). *Význam zkratek - DPF, SCR, GPF, FAP, CAT*, [online] [cit. 24. 01. 2022]. Dostupné z: <https://www.dpfholice.cz/vyznam-zkratek-dpf-scr-gpf-pm10-fap-cat/>

emise.unas.cz (2022). *Pevné částice – Emise*, [online], [cit. 20. 01. 2022]. Dostupné z: <http://emise.unas.cz/pevne--astice.html>

Haratek, M. (2019). *Filtr pevných částic pro vznětové pohonné jednotky*. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.

chiptuning.cz (2022). *Co je DPF-filtr pevných částic*, [online], [cit. 20. 01. 2022]. Dostupné z: <https://www.chiptuning.cz/clanek/seznam-clanku/technika/co-je-dpf-filtr-pevnych-castic>

Karlík, T. (2011). Smog, který zabíjel. Ten, co trápí Česko, je jen slabý čajíček-National Geographic. [online], national-geographic.cz [cit. 01. 02. 2022]. Dostupné z: <https://www.national-geographic.cz/clanky/smog-ktery-zabiji-ten-co-trapi-cesko-je-jen-slaby-cajicek.html>

Lakshminarayanan, P. A. a Agarwal, A. K. (2020). *Design and Development of Heavy Duty Diesel Engines*. Singapore: Springer Singapore, Energy, Environment, and Sustainability. ISBN 978-981-15-0969-8.

Mokříš, J. (2021). Co je to filtr a jaká je jeho životnost. [online], portalridice.cz [cit. 20. 01. 2022]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/co-je-dpf-filtr-a-jaka-je-jeho-zivotnost>

Pošta, J. (2002). *Oprávenství a diagnostika II: pro 2. ročník UO Automechanik*. Praha: Informatorium. ISBN 80-86073-88-2.

Šmerda, T. et al. (2013). *Vznětové motory vozidel: biopaliva, emise, traktory*. Brno: CPress. Auto-moto-profi (CPress). ISBN 978-80-264-0160-5.

regeneracedpf.cz (2022). *Čištění filtru pevných částic*, [online], [cit. 31. 01. 2022]. Dostupné z: <http://www.regeneracedpf.cz/>

Vlk, F. (2006). *Diagnostika motorových vozidel: diagnostické testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky*. Brno. ISBN 80-239-7064-X.

Wright, G. (2022). *Fundamentals of medium/heavy duty diesel engines*. Second edition. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning. ISBN 9781284150919

Zetor Tractors (2021). *Emisní systém motorů Zetor Stage V*. vyd. 06. 2021

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Grafické znázornění složení pevné částice vznětového motoru (Šmerda, 2013)	8
Obrázek 1.2: Znázornění velikosti pevných částic (DPFholice.cz, 2020)	10
Obrázek 1.3: Znečištění ovzduší smogem (Karlík, 2011).....	11
Obrázek 1.4: Schéma uzavřeného systému zachycení pevných částic (Dpf.corahb.net, 2022)	13
Obrázek 1.5: DPF filtr s keramickou vložkou (Chiptuning.cz, 2022)	13
Obrázek 1.6: Odpad sazí z DPF filtru (regeneratedpf.cz, 2022)	14
Obrázek 1.7: Kontrolky signalizující vypalování a zanesení DPF filtru u traktoru Zetor (firemní literatura, 2017).....	15
Obrázek 1.8: Pasivní regenerace DPF filtru (dpf.corahb.net, 2022).....	16
Obrázek 1.9: Měřicí systém FSA 740 s KTS od firmy Bosch (boschaftermarket.com, 2020)	18
Obrázek 3.1: Zetor Forterra CL 130	22
Obrázek 3.2: Sací potrubí motoru Zetor	24
Obrázek 3.3: Přístrojová deska s porty pro připojení diagnostiky	25
Obrázek 3.4: Rozkres náhradních dílů DPF filtru.....	26
Obrázek 3.5: Naměřené množství nafty při testu vaporizéru.....	28
Obrázek 3.6: Vzduchový filtr a sací potrubí (Zetor Tractors, 2021)	29
Obrázek 3.7: Průběh akcelerační zkoušky (Zetor Tractors, 2021)	31
Obrázek 3.8: Testové okno vaporizéru	31
Obrázek 3.9: Testové okno regenerace	32
Obrázek 3.10: Diagnostické hodnoty	33
Obrázek 4.1: Seznam chybových hlášení.....	35
Obrázek 4.2: Naměřené množství nafty při testu vaporizéru.....	36
Obrázek 4.3: Vývoj aktivace NOx 1 senzoru.....	37
Obrázek 4.4: Vývoj NOx 1 senzoru a teplotních čidel	38
Obrázek 4.5: Zvyšování otáček motoru	39
Obrázek 4.6: Vývoj stoupání senzoru NOx 2	40
Obrázek 4.7: Vývoj klesání NOx 2 senzoru.....	41
Obrázek 4.8: Konec regenerace	43
Obrázek 5.1: Vývoj emisních limitů Stage (firemní literatura)	47

Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Základní parametry traktoru Zetor Forterra CL 130.....	23
Tabulka 3.2 Hodnoty teplotních čidel pro spuštění regenerace ve °C (Zetor Tractors, 2021)	27
Tabulka 4.1: Vývoj teplot	39
Tabulka 4.2: Hodnoty MAF.....	42
Tabulka 5.1: Pořizovací ceny hardwarů (Zetor Tractors, 2021)	45
Tabulka 5.2: Pořizovací ceny s licencemi (Zetor Tractors, 2021)	46
Tabulka 5.3: Roční poplatek za licence (Zetor Tractors, 2021).....	46
Tabulka 5.4: Cena nového DOC katalyzátoru a DPF filtru (Zetor Tractors, 2021)...	46
Tabulka 5.5: Porovnání pořizovacích cen produktů (Zetor Tractors, 2021).....	46
