

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2017**

**ONDŘEJ VOZDECKÝ**



**Snižování pevných částic ve výfukových plynech**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. Adam Polcar, Ph.D.

*Vypracoval:*  
Ondřej Vozdecký



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Snižování pevných částic ve výfukových plynech** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....  
podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Adamu Polcarovi, Ph.D. za čas a odborné rady, které mi věnoval během konzultací. Dále chci poděkovat rodině za podporu během celého studia.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na snižování pevných částic ve výfukových plynech. Je rozdělena do několika částí. První část se zabývá dopadem pevných částic na životní prostředí a jejich vlivem na lidský organismus. Druhá část se zaměřuje na normy a emise spalovacích motorů. Třetí část se zabývá systémem filtru pevných částic jeho konstrukce a způsoby regenerace. V další části je práce zaměřena na životnost filtru pevných částic, jeho renovaci a čištění. Dále jsou v práci uvedeni výrobci filtrů pevných částic a jejich produkty. V poslední části je poukazováno na vývoj filtrů pevných částic u zážehových motorů.

**Klíčová slova:** Filtr pevných částic, DPF, FAP, emise.

## **ABSTRACT**

Bachelor work is focused on reducing particulate matter in exhaust gases. The work is divided into several parts. The first part deals with an impact of solid particles on the environment and their effect on human body. The second part deals with standards and emissions of internal combustion engines. The third part deals with a particle filter system, its composition and methods of regeneration. In another part of the work is focused on life of particulate filters, the renovation and cleaning. The work identified producers of solid particles and their products. The last part deals with the evolution of the particle filter for petrol engines.

**Key words:** Diesel Particulate Filter, DPF, FAP, emission.

## **OBSAH**

1	ÚVOD.....	8
2	CÍLE PRÁCE.....	9
3	DOPRAVA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	10
3.1	Spaliny a škodlivé látky .....	10
3.2	Pevné částice .....	11
3.3	Vliv na zdraví člověka .....	12
3.4	Vliv na životní prostředí.....	13
4	EURO – NORMY A NORMY – TIER.....	13
4.1	Norma euro.....	14
4.2	NORMA TIER / STAGE.....	15
5	ZAŘÍZENÍ PRO ÚPRAVU VÝFUKOVÝCH PLYNŮ .....	17
5.1	Recirkulace výfukových plynů .....	18
5.2	Oxidační katalyzátory .....	19
5.3	Selektivní katalytická redukce .....	19
6	FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC .....	20
6.1	Konstrukce filtru DPF .....	21
6.2	Součásti systému DPF.....	22
6.3	Regenerace DPf.....	23
6.4	Filtry s aditivem a bez aditiva .....	24
6.4.1	Filtry pevných částic s aditivou .....	24
6.4.2	Filtry pevných částic bez aditiva .....	25
6.5	Životnost DPF .....	25
6.6	Čištění filtrů pevných částic.....	25
6.7	Dodatečná montáž DPF.....	26
6.8	Demontáž filtrů DPF .....	27
6.9	Výrobci filtrů pevných částic.....	28
6.9.1	HJS.....	29
6.9.2	HUSS .....	30
6.10	PIRELLIFEELPURE DPF .....	33
6.10.1	Filtry s pasivní regenerací .....	33
6.10.2	Filtry s aktivní regenerací.....	33
7	FILTRY PEVNÝCH ČÁSTIC PRO ZÁŽEHOVÉ MOTORY .....	34
8	ZÁVĚR .....	36
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	37
10	SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	40
11	SEZNAM OBRÁZKU A TABULEK.....	41

## 1 ÚVOD

Technika se jako každé odvětví stále rozvíjí. Když Rudolf Diesel vynalezl první vznětový motor, nebral vůbec ohled na spotřebu paliva nebo znečišťování životního prostředí emisemi, které motor produkoval. Dnes ovšem víme, že záleží na různých parametrech, aby motor splňoval normy, které člověk v průběhu let vytvořil, nebo byl v určitých směrech přelomový. Jedním z mnoha parametrů je množství sazí a pevných částic ve výfukových plynech. Používání fosilních paliv vzniká velké množství škodlivých emisí, které mají špatný vliv na životní prostředí. V silniční dopravě je produkováno mnoho škodlivých látek, které mají negativní vliv jak na lidský organismus, tak i na celkové klimatické podmínky na Zemi. Při spalování ropných produktů dochází k tvorbě sazí. S narůstajícím počtem automobilů postupem času zjistíme, že snižování produkce pevných částic je velmi důležitým prvkem pro budoucnost lidského přežití na planetě Zemi. Proto bychom měli této problematice zvyšovat pozornost. Práce se zaměřuje na pevné částice, jaké emisní normy se dnes dodržují při provozu vozidel, jakým způsobem je možné pevné částice snižovat a jaké systémy snižování pevných částic dnešní trh nabízí.



## **2 CÍLE PRÁCE**

Cíle bakalářské práce lze rozdělit do několika bodů. V prvním bodu se práce zaměřuje na ochranu životního prostředí a vliv pevných částic na zdraví člověka. Hlavní cílem bakalářské práce jsou filtry pevných částic, jejich konstrukce a způsoby regenerace. V další části je cílem ukázat způsoby renovace a čištění filtrů. Práce je také zaměřena na výrobce systémů pro snížení pevných částic ve výfukových plynech. Cílem poslední části bakalářské práce je poukázání na budoucnost filtru pevných částic u zážehových motorů.

### 3 DOPRAVA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Doprava je významným faktorem, který ovlivňuje životní prostředí a to zejména v produkci škodlivých látek, hluku a vibrací. Jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňující životní prostředí je znečišťování ovzduší emisemi ze spalovacích motorů.[6]

#### 3.1 Spaliny a škodlivé látky

Při vstřikování paliva do spalovacího prostoru dojde k mírnému zpoždění nebo předstihu, proto se ve spalovacím prostoru začnou vytvářet i jiné složky, než vodní páry a oxidy uhličitý. Ve skutečném případě se vytvoří dusík ( $N_2$ ), vodní pár ( $H_2O$ ), oxid uhličitý ( $CO_2$ ). Kvůli nedokonalému spalování dochází k tvorbě oxidu uhelnatého (CO), nespáleného uhlovodíku (HC), oxidu dusíku ( $NO_x$ ), oxidu siřičitého ( $SO_2$ ) a pevných částic (PM). U zážehových motorů jsou všechny tyto látky ve výfukových plynech obsaženy pouze jedním procentem, i tak jsou velkým problémem pro životní prostředí. Podobný problém vzniká u vznětových motorů, jejich nedokonalým spalováním vznikají pevné částice. Počet těchto částic stále kolísá, protože je závislí na zátěži motoru.

Spaliny jsou nevyužitelné, plynné odpadní produkty vznikající v procesu spalování. Spaliny motoru obsahují neškodné produkty jako vodní páry, oxid uhličitý a dusík a také ale obsahují pro člověka, nebo pro životní prostředí škodlivé složky jako oxid uhelnatý (CO), uhlovodíky (HC), oxidy dusíku ( $NO_x$ ) a pevné částice.

Škodlivé látky představují relativně malý podíl v celkových emisích moderních motorů. Pouze 1,1 % u zážehových motorů a 0,2 % u vznětových motorů. Největší část spalin sestává z dusíku, vody a oxidu uhličitého.[6]

#### **Oxid uhelnatý CO**

Oxid uhelnatý je velmi nebezpečný a toxický plyn, který vzniká výhradně při spalovacích procesech za nízké teploty a nedostatku kyslíku ve spalovacím prostoru. Je produkován především motorovými vozidly, které ve městech tvoří až 95 % emisí oxidu uhelnatého. Jeho produkce je v současné době snížena používáním katalyzátorů a filtrů pevných částic. Nejvíce se tvoří při volnoběžných otáčkách motoru a v zimním období. Plyn je bezbarvý, bez chuti a zápachu, je těžko identifikovatelný a znamená tak nebezpečí pro člověka. 70 – 100 ppm (parts per milion- počet částic (CO) na milion

částic vzduchu) ve vzduchu indikuje symptomy podobné nachlazení. 150-300 ppm vede k nevolnostem, zvracení a závratím. 400ppm může vést k bezvědomí a trvalému poškození mozku. Koncentrace 1,28 % ve vzduchu, který člověk dýchá, je smrtelná. Dojde k otravě během 1 až 2 minut.[6]

### **Uhlovodíky (HC)**

Uhlovodíky jsou chemické sloučeniny uhlíku (C) a vodíku (H). Vyskytují se v zemním plynu, ropě a uhlí. Většina sloučenin uhlovodíku jsou rakovinotvorné látky. Reagují s kombinací slunečního svitu a oxidy dusíku, tak vzniká ozón. Od roku 1995 je ozón řazen mezi látky způsobující rakovinu. [6]

### **Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>)**

Oxidy dusíku vznikají při spalovacích procesech. Až 55 % oxidu dusíku pochází z motorových vozidel. Index na konci představuje několik chemických sloučenin. Oxidy dusíku se vyskytují také s různým počtem atomů. Tvoří různé kombinace N<sub>2</sub>O, NO, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, atd. Sloučení NO<sub>x</sub> s vodou vede ke vzniku kyselin, které dráždí sliznici a může poškodit i plíce.

Tyto látky nejsou jediné, které provozem automobilu vznikají. Vznětové motory mimo jiné produkují i oxid uhličitý, který ovlivňuje globální oteplování. Normy ho však neřeší. Dále vznikají sirné sloučeniny, které mohou přispívat k tvoření kyselých dešťů.

V dnešní době prakticky není možné zkonstruovat motor, který by splňoval emisní normy bez použití filtru pevných částic. Při maximálním využití výkonu motoru vzniká malé množství pevných částic. Hodnota NO<sub>x</sub> je ale příliš vysoká. Hodnota NO<sub>x</sub> se sníží cirkulací výfukových plynů zpět do spalovacího prostoru, avšak hodnota pevných částic zase vzroste. Proto je důležité dělat určitý kompromis a správně navrhnout systém pro regulaci spalin. [6]

## **3.2 Pevné částice**

Jedná se o malé částice různých látek, které jsou velmi lehké. Trvá velmi dlouhou dobu, než se usadí na povrchu. Díky této vlastnosti se pevné částice nazývají také jako polétavý prach. Značí se jako PM. Rozlišují se kategorie PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1,0</sub>, podle velikosti částic. Např. PM<sub>10</sub> jsou částice do 10 mikrometrů (tj. tisícín milimetru). Čím je menší průměr částice má, tím déle zůstává v ovzduší. Částice PM<sub>10</sub> „poletují“ ve vzduchu několik hodin, PM<sub>1,0</sub> i několik týdnů, dokud se neusadí na zem díky dešťům.

Poléťavý prach je tvořen sírany, amonnými soli, uhlíky, některými kovy, dusičnany, případně i těkavými organickými látkami nebo polyaromatickými uhlovodíky a také sazemi z výfukových plynů. [10]

### **Vznik poléťavého prachu**

Poléťavý prach vzniká v menším množství v přírodě, například při sopečných erupcích nebo lesních požárech. V dnešní době však poléťavý prach vzniká hlavně současné produkcí lidské činnosti. K jeho nadměrnému vzniku dochází především různými spalovacími procesy. Jako jsou např. :

- nárůst automobilové dopravy,
- domácí vytápění nekvalitními tuhými palivy,
- spalování odpadů,
- tepelné elektrárny,
- těžební činnost,
- tavení rud a kovů,
- odnos částic půdy větrem z ploch bez vegetačního pokrytí. [10]

### **3.3 Vliv na zdraví člověka**

Dlouhá doba přítomnosti pevných částic v ovzduší zvyšuje míru vdechování těchto částic. Nebezpečí pevných částic v souvislosti se zdravím člověka závisí na zdroji a složení těchto částic.

Částice větší, než 10 mikrometrů, se většinou zachytí už na nosní sliznici, menší částice, o velikosti  $PM_{10}$ , které nosní sliznice nezachytí, se usazují dále v průduškách. Při hlubším nádechu částice putují dále do vzdálenějších částí dýchacího ústrojí. Menší částice,  $PM_{2,5}$  a  $PM_{1,0}$ , mohou někdy putovat přímo až do plicních sklípků a jsou proto nejnebezpečnější. U nás se zatím koncentrace částic  $PM_{2,5}$  ani odděleně neměří a nevyhodnocují, i když to doporučuje Světová zdravotnická organizace.

Dlouhodobé vystavování vysokých koncentracím poléťavého prachu poškozují dýchací a srdeční ústrojí, zkracuje délku života a zvyšuje kojeneckou úmrtnost. [10]

### **Dopady nadměrného vdechování polévatvého prachu:**

- astma,
- plicní choroby,
- rakovina plic,
- poškození nenarozených dětí již v prvním měsíci těhotenství,
- častější onemocnění dýchacích cest u dětí,
- ve vyšším věku zvyšuje počet onemocnění cukrovkou, vysokým krevním tlakem a různými srdečními onemocněními. [10]

### **3.4 Vliv na životní prostředí**

Pevné částice mohou ovlivňovat organismy mechanicky zaprášením. Zaprášením listů rostlin se snižuje jejich aktivní plocha a ovlivňuje tím fotosyntézu. U živočichu se prach dostává do dýchacích cest. Dalším problémem je toxické působení látek obsažených v aerosolu. Pevné částice také ovlivňují energetickou bilanci Země. Díky částicím poletujícím ve vzduchu je sluneční záření rozptylováno do prostoru. Dále je znatelně ovlivněna tvorba mraků a s nimi spojené srážky, neboť z velké části pevné částice ovlivňují vznik kapek. Vliv na klima se však projevuje spíše v regionálním měřítku. [10]

## **4 EURO – NORMY A NORMY – TIER**

Normy Euro a Tier nám udávají maximální emisní hodnoty škodlivých látek u nových osobních a užitkových vozidel, stavebních, zemědělských a nákladních strojů. Pro evropskou unii byla zavedena norma Stage kdežto Tier je americká norma.

V technickém průkazu vozidla je zaznamenáno číslo, které udává informace o tom do které třídy škodlivých látek vozidlo patří. S postupem času se normy neustále mění a nároky na snižování škodlivých plynů ve výfukovém systému se neustále zvyšují.

Např. Evropský parlament přijal 1.září 2009 v platnost normu Euro 5. V současnosti době platí norma Euro 6, která přišla v platnost 1. září 2014. Dále se chystá norma Euro 7. [5]

#### 4.1 Norma euro

Norma Euro sleduje množství škodlivých látek ve výfukových plynech u osobních a užitkových automobilů v Evropské unii. Norma začala platit v roce 2003, kdy Česká republika vstoupila do Evropské unie. V technickém průkazu vozidla jsou informace o emisích vozidla. Norma v něm zapsaná není. Jedená se o jinou normu EHK (např. Euro 3 = EHK 83.05). První emisní norma začala platit v Kalifornii roku 1968 a v Evropě byla první norma EHK. Norma Euro začala platit až v roce 1992, od té doby se přibližně každé 4 roky mění a zpřísňuje. Měří se v gramech na ujetý kilometr, jak je patrné v tab. 1 hodnoty se od první normy Euro1 výrazně snížily. Problémem jsou však automobily vyrobené před zavedením normy, jejich motory mají vysoké emisní hodnoty.[5]

Tab. 1 Emisní limity Euro pro nová vozidla se vznětovým a zážehovým motorem [20]

Rok/norma		CO		NO <sub>x</sub>		HC + NO <sub>x</sub>		HC	PČ
		[g/km]		[g/km]		[g/km]		[g/km]	[g/km]
1992	I	3,16	3,16	–	–	1,13	1,13	–	0,18
1996	II	2,20	1,00	–	–	0,50	0,70*	–	0,08**
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	–	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	–	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	–	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	–	0,17	0,10	0,005

#### ZÁŽEHOVÉ MOTORY, VZNĚTOVÉ MOTORY

\* 0,90 pro motory s přímým vstřikováním paliva

\*\* 0,10 pro motory s přímým vstřikováním paliv

Podle emisní normy se určuje ekologická daň vozidla. Ekologickou daní se rozumí poplatek, který se platí při registraci motorového vozidla. Tato zákonná povinnost vznikla v roce 2009. V tab. 2 můžeme vidět ekologickou daň vozidel podle stáří automobilu. [25]

Tab. 2 Tabulka ekologických daní vozidel [25]

Emisní norma	Rok výroby	Daň
Euro 0	1993 a starší	10 000 Kč
Euro 1	1993-1995	5 000 Kč
Euro 2	1996-1999	3 000 Kč
Euro 3	2000 - 2006	0Kč

#### 4.2 NORMA TIER / STAGE

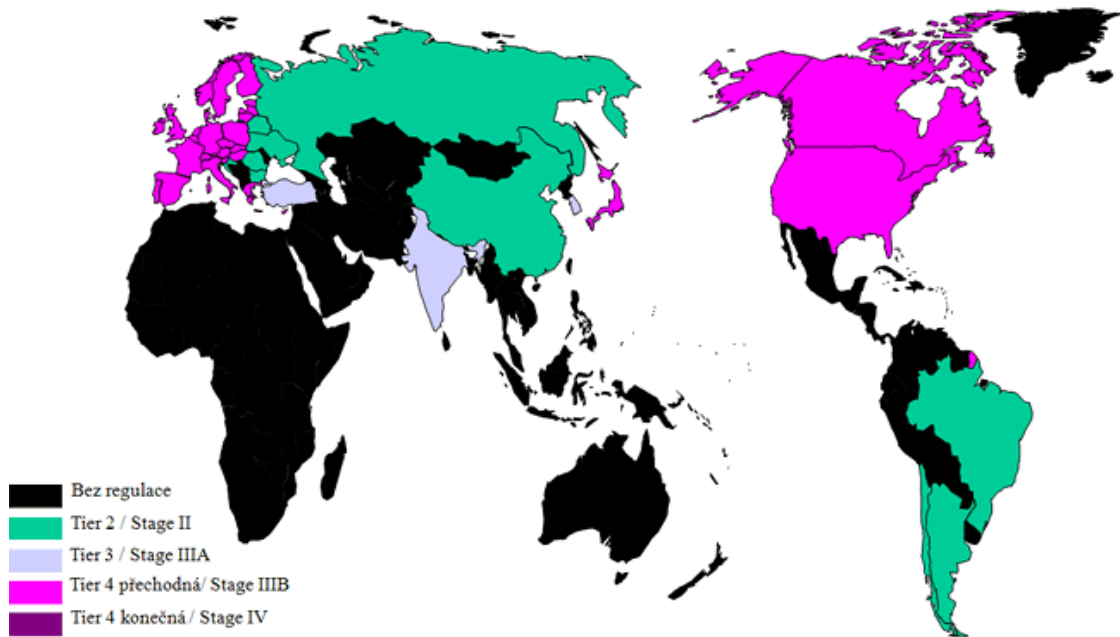
Norma Tier je americkou normou regulující množství emisí a pevných částic ve výfukových plynech u nákladních, stavebních a zemědělských strojů. V Evropě však norma Tier neplatí a místo ní byla zavedena podobná norma Stage (tab. 3).

Mezi nejznámější limity pro pracovní stroje, jako jsou traktory, samojízdné stroje a další, patří Evropské limity STAGE I – IV, které byly vyhlášeny v roce 1997 a následně postupně zaváděny až do roku 2014, kdy začala platit poslední emisní norma STAGE IV. Nejrozšířenějšími používanými normami v Americe jsou normy Tier, které začaly platit v roce 1996 jako Tier I a jejichž poslední modifikací je Tier 4B (Tier 4 Final). Lze říci, že Tier 4B je podobnou variantou emisního limitu EURO 6. Hlavním cílem těchto norem je snížení oxidů dusíku NO<sub>x</sub> a pevných částic PM, jež vznikají při spalování. Mezi další škodlivé prvky, které jsou emisními normami upravovány, patří oxid uhličitý CO, nespálené uhlovodíky HC a u posledních norem také emise vypouštěného amoniaku NH<sub>3</sub>.

Existuje snaha vyvinout co nejefektivnější motor. Pro snižování emisí se používají filtry pevných částic DPF. Pro větší techniku jsou tyto filtry součástí celku SRC (Selektivní katalytická redukce), což je systém, který eliminuje vzniklé emise přidáním speciální kapaliny AdBlue do výfuku a maximalizuje výkon motoru. Existuje i řada dalších systémů eliminujících emise výfukových plynů. [12]

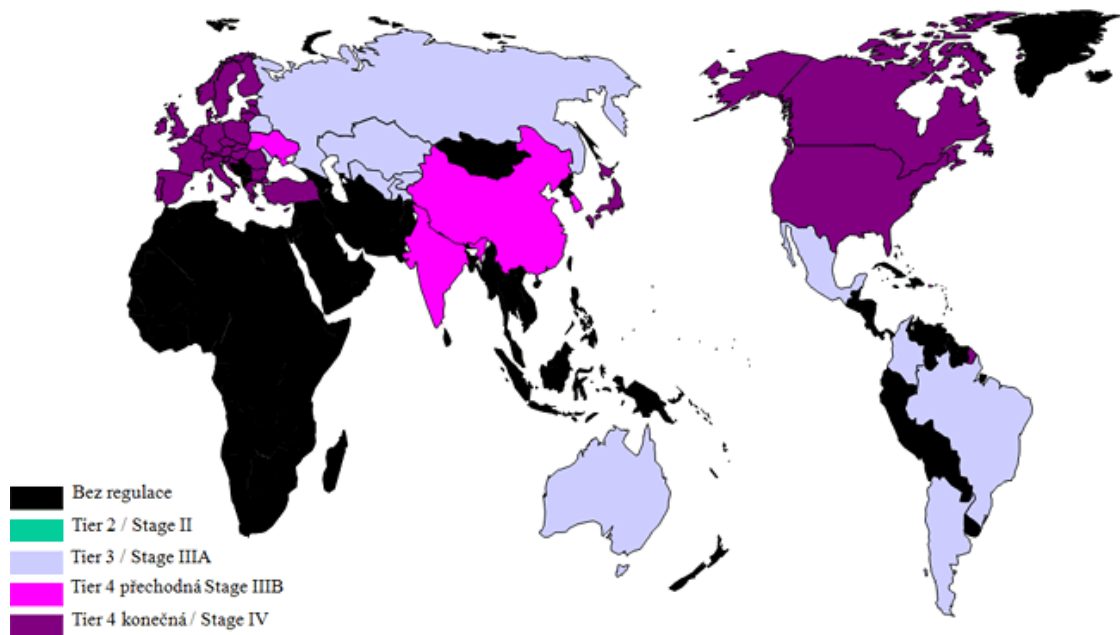
Tab. 3 Tabulka Evropských emisních limitů pro pracovní stroje [7]

kW	hp	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0-7	0-10	V EU nepodléhá emisním limitům														
8-18	11-24	V EU nepodléhá emisním limitům														
19-36	25-49	V EU nepodléhá emisním limitům														
37-55	50-74	V EU nepodléhá emisním limitům														
56-74	75-99	V EU nepodléhá emisním limitům														
75-129	100-174	V EU nepodléhá emisním limitům														
130-559	175-749	V EU nepodléhá emisním limitům														
≥ 560	≥ 750	V EU nepodléhá emisním limitům														



Obr. 1 Celosvětová regulace emisí od roku 2011 [1]





*Obr. 2 Celosvětová regulace emisí od roku 2016 [1]*

Na obr. 1 a obr. 2 můžeme vidět srovnání celkové emisní regulace v letech 2011 a 2016.

## 5 ZAŘÍZENÍ PRO ÚPRAVU VÝFUKOVÝCH PLYNŮ

V dnešní době se používá řešení, která vycházejí z konstrukce spalovacího prostoru a jeho precizního řízení (zvýšení vstřikovacího tlaku, vícenásobný vstřík paliva, plnicí tlak a rotace nasávaného vzduchu, regulace předstříku atd.). Dále se redukuje emise mimo spalovací prostor. Ve výfukové soustavě spalovacího motoru.

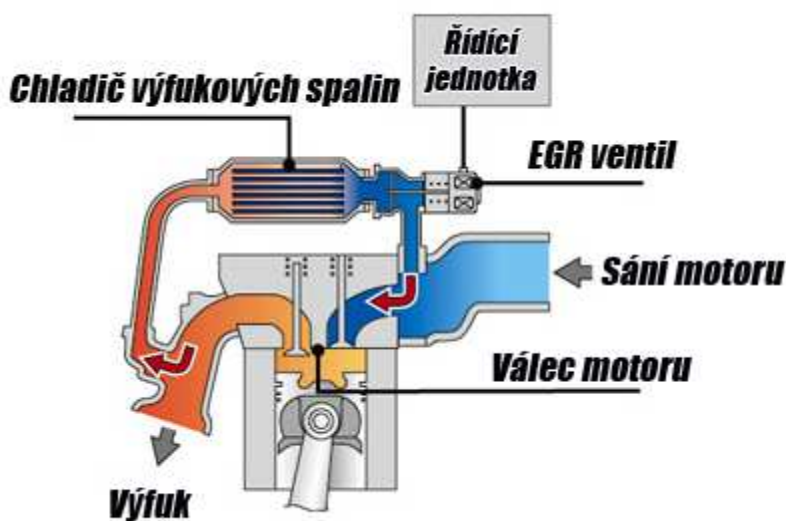
Zařízení na snížení emisí ve výfukových plynech vznětových motorů:

- recirkulace výfukových plynů,
- oxidační katalyzátory,
- selektivní katalytická redukce
- filtry pevných částic,
- Kombinace předešlých řešení. [27]

## 5.1 Recirkulace výfukových plynů

Systém recirkulace spalín (EGR, z angl. *Exhaust Gas Recirculation*) se používá u vznětových motorů ke snížení emisí oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ), které není schopen zlikvidovat katalyzátor. EGR ventil přepouští 15–25 % výfukových plynů zpět do spalovacího prostoru motoru. Přimícháním výfukových plynů do směsi paliva a kyslíku se sníží množství kyslíku ve válci a sníží se tak teplota spalování i množství produkovaných  $\text{NO}_x$ . To totiž vzniká při spalování za vysokých teplot. Problém je, že při snížení teploty spalování roste produkce pevných částic, protože dochází k nedokonalému spalování paliva. Tento problém se řeší přidáním filtru pevných částic do výfukového systému.

Nevýhodou EGR je mírný pokles výkonu motoru, způsobený tím, že horké spaliny, přepouštěné do válce, mají velký objem, snižují tak množství nasávaného paliva a kyslíku do válce motoru, čímž vzniká i méně energie při jejich hoření. Dalším problémem je také zanášení sacího systému nečistotami z výfuku. Na obr. 3 můžete vidět princip EGR ventilu. [16]



Obr. 3 Funkce EGR ventilu [22]

Čistý vzduch jde do válce motoru kde je spálen společně s palivem. Většina zplodin odchází výfukem, ale část se opět dostává do sání motoru přes EGR ventil. [22]

## 5.2 Oxidační katalyzátory

Oxidační katalyzátory redukuje obsah kyslíčnicku uhelnatého a uhlovodíků ve spalínách a emise škodlivých částic u vozidel se vznětovým motorem. Liší se od třícestného katalyzátoru tím, že nemůže přeměňovat oxidy dusíku na ekologicky výhodnější plynný dusík, z důvodu že k této přeměně dochází při redukční reakci, což je opak oxidace. Proto se vzniklý dusík redukuje už během spalování a to recirkulací výfukových spalín. Oxidační katalyzátor bývá součástí filtru pevných částic. Vytváří podmínky pro reakci limitovaných složek CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> a NO s kyslíkem, to vede k jejich přeměně na méně škodlivé CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O, a NO<sub>2</sub>. [27]

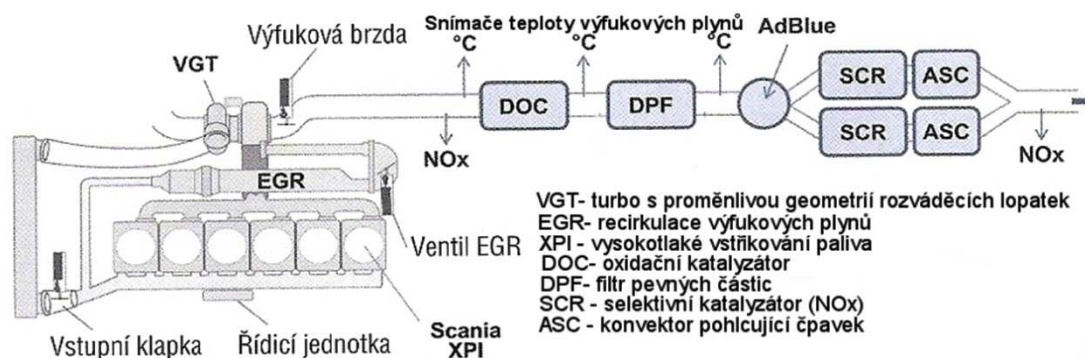


Obr. 4 Kombinace oxidačního katalyzátoru a filtru pevných částic. [27]

## 5.3 Selektivní katalytická redukce

SCR katalyzátor (Selective Catalytic Reduction) je zařízení určené ke snižování NO<sub>x</sub> ve výfukových plynech. V SCR katalyzátoru dochází pomocí amoniaku NH<sub>3</sub> k reakci s oxidy dusíku a jejich přeměně na dusík N<sub>2</sub> a vodní páru H<sub>2</sub>O. Amoniak je toxická látka a z toho důvodu se získává až po vstříknutí kapaliny AdBlue do výfukového potrubí. SCR katalyzátor se používá např. v kombinaci s oxidačním katalyzátorem, nebo oxidačním katalyzátorem s filtrem na pevné částice. Pokud je vstříkováno větší množství AdBlue a vytvoří se tak nadbytečné množství amoniaku, který se nevyužije na reakci s oxidy dusíku, dochází k jeho únikům za SCR katalyzátor a je nežádoucí vzhledem k jeho toxicitě. S tohoto důvodu je součástí SCR katalyzátoru

oxidační zóna ve které se rozkládá amoniak při reakci s kyslíkem na dusík  $N_2$  a vodu  $H_2O$ . [27]



Obr. 5 Schéma umístění filtru DPF ve výfukovém systému [11]

Na obr. 5 můžeme vidět umístění filtru DPF v kombinaci s SCR katalyzátorem.

## 6 FILTR PEVNÝCH ČÁSTIC

Filtry pevných částic (často DPF - Diesel particulatefilter nebo francouzsky FAP – filtre a particules) slouží ke snižování pevných částic spalovacích motorů. Mají za úkol zachytit pevné částice z výfukových plynů. Umisťují se do výfukových systémů, často ve společném tělese s katalyzátorem. Životnost filtru bývá okolo 150 000 – 240 000 km, podle stylu jízdy. [27]

Na druhou stranu také mají určitá omezení a nevýhody jak pro uživatele, tak pro motor vozidla. Nehodí do městského provozu, protože v městském provozu při nízkých rychlostech se filtr rychle zaplňuje. Také funguje jako překážka ve výfuku, která může snižovat výkon motoru. Filtr pevných částic je zpravidla umístěn ve výfukovém potrubí, nejčastěji hned za turbodmychadlem. Jedná se o pasivní zařízení s keramickým sítem, přes které proudí spaliny výfukových plynů. Přes filtr, při jeho správné funkci by neměly projít žádné nečistoty a koncovka výfuku by měla být čistá.

Výfukové plyny však keramikou neprochází přímo. Filtr pevných částic je složený z mnoha dlouhých úzkých komůrek, které jsou střídavě vždy z jedné strany zaslepeny. Výfukové plyny prochází přes stěny jednotlivých komůrek, které propouští jen samotnou páru a prachové částice (černé saze) zadržují a nepropustí je ven. Pevné částice se postupně zachycují na konci výstupní komory, která se postupně zaplňuje. Tím se zajistí, že ven z výfuku se propustí jen pára. [19]

## 6.1 Konstrukce filtru DPF

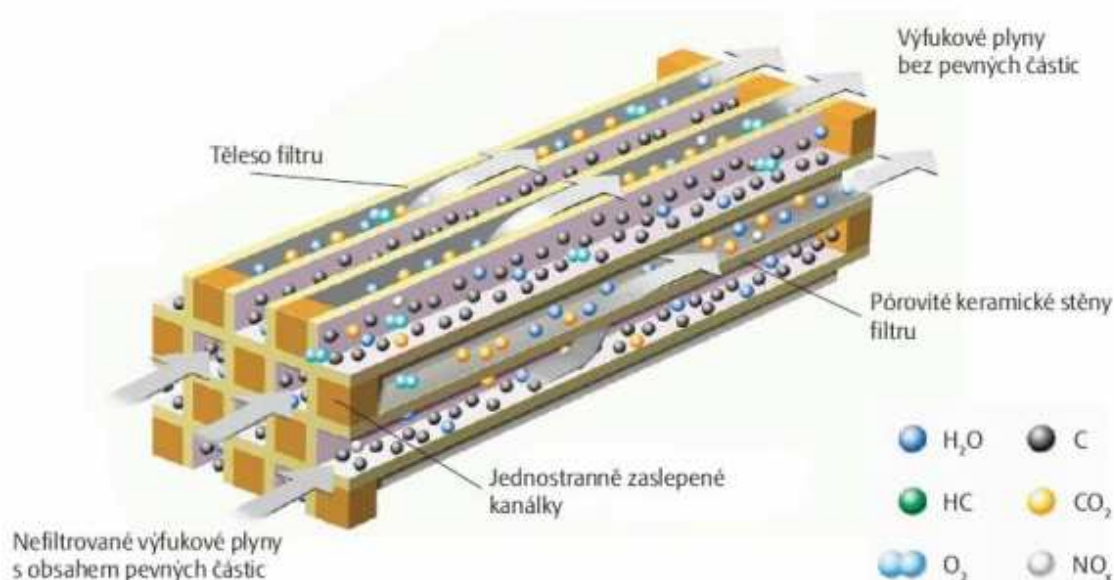
Filtr má voštinovou nebo vláknovou podobu a je vyroben např. ze silikátů, dotovaných hliníkem, spékaných kovů atd.

Výfukové plyny se na výstupu rozdělují do mnoha komor, které jsou mezi sebou rozděleny porézními stěnami o tloušťce 300 – 400  $\mu\text{m}$ . Jimi musí plyn procházet dál, aby se dostal z filtru ven. Při průchodu pevných částic dochází k zachycení uvnitř filtru DPF. [27]

### Uzavřený systém

Tento druh filtru saze téměř nepropouští. Kanálky filtru mají zaslepené dno. Výfukové plyny se musí protlačit přes porézní stěnu filtru a tím se odlučují od plynných složek.

Na obr. 6 vidíme zachycení pevných částic uvnitř filtru a jejich odlučování od výfukových plynů.



Obr. 6 Princi průchodu spalín přes voštinovou strukturu [21]

## Otevřený systém

Proudící plyn nemusí překonávat žádné překážky, čímž se snižuje odpor proudění.

Proud plynu se rozděluje pomocí tvarovaných výstupků, které ho usměřují na povrch ze spékaných materiálů, na které se pevné částice zachycují.

Zachytáváním částic dochází k jeho postupnému zaplňování, což vyžaduje buď jeho výměnu, nebo regeneraci systému. [27]

### 6.2 Součásti systému DPF

- **snímač diferenciálního tlaku před a za filtrem** - snímač má za úkol kontrolovat propustnost filtru a zda nevyžaduje regeneraci. Jakmile na filtru stoupne rozdílový tlak na danou mez, řídicí jednotka motoru spustí aktivní regeneraci filtru, tím se spálí nahromaděné saze.
- **snímače teploty výfuku** - mají za úkol kontrolovat regeneraci filtru, nebo dává řídicí jednotce najevo, že vozidlo jede dostatečně rychle, aby proběhla tzv. pasivní regenerace.
- **žhavicí svíčky** – jsou také součástí systému DPF, pomáhají zvyšovat teplotu ve výfukovém potrubí. Rychlé zanášení filtru pevných částic může být také tím že jsou vadné žhavicí svíčky. (např. u vozů BMW)
- **aditiva pro DPF** - některé vozidla mají přídatnou nádrž na aditiva. Ta napomáhá snížit teplotu hoření sazí, díky tomu se zlepší regenerační proces filtru.
- **víko nádrže** – nejčastěji u značek Citroen a Peugeot je součástí systému DPF i víčko nádrže. Ve víčku se nachází magnet, díky kterému se rozpozná, zda je víčko otevřené a zda se dotankuje palivo. Poté se spustí čerpadlo aditiv, vstříkne aditiva do natankované nafty.
- **snímač kvality oleje** - ten je nutnou součástí systému DPF. Kontroluje, jestli není olej příliš znehodnocen naftou.
- **pátý vstřík** – některé modely používají pro regeneraci filtru speciální vstřikovač, který je umístěn před filtrem DPF. Regenerace pak neprobíhá po vstřiku nafty do válce, ale přímým vstřikem do DPF. [19]

### **6.3 Regenerace DPF**

Aby docházelo ke splavování (vypalování) sazí musí se teplota výfukových plynů zvýšit na mez zápalnosti tzn. 600 °C. Protože tak vysoká teplota je v praxi těžko dosažitelná během provozu, musí se její velikost uměle navýšit. Systém regenerace lze rozdělit na aktivní a pasivní. [27]

#### **Pasivní regenerace**

Pasivní regenerace je samovolná činnost během jízdy, když je motor delší dobu v konstantní zátěži a vyšších otáčkách například při jízdě po dálnici. Při takovéto jízdě přirozeně vzniká v DPF konstantní teplota 300–500 °C, při které dochází ke spalování uložených sazí. Výhodou tohoto systému je, že jednotka v tomto režimu nijak nemění strategii vstřikování. To však může být problém pro vozidla pohybující se výhradně v městském provozu. Jsou to například vozidla městské hromadné dopravy. U těchto vozidel motor nedosáhne konstantní zátěže a nedokáže vyvinout takovou teplotu na samovolné shoření sazí. Proto se u těchto vozidel používá aktivní regenerace. Při hoření sazí dochází k tzv. katalytickému spalování, díky kterému se pevné částice přemění na  $CO_2$ . [27]

#### **Aktivní regenerace**

Aktivní regenerace probíhá po ujetí 300 – 1000 km, pokud nenastala pasivní regenerace (tj. např. v městském provozu) a filtr se blíží ke svému naplnění. Teplota výfukových plynů se pomocí diagnostického zařízení uměle zvýší přibližně na teplotu 600 °C – používá se k tomu změna časování vstřikovačů motoru v kombinaci s vyšším množstvím paliva, nebo speciální dávkovací zařízení paliva po dobu regenerace do výfuku před filtr. Dalším způsobem je přidání topné spirály přímo do filtru. Tato alternativa se používá především u vozidel městské hromadné dopravy. U této metody není potřeba, aby byl nastartovaný motor. [27]

## 6.4 Filtry s aditivem a bez aditiva

Dalším druhem jsou filtry s aditivem a bez aditiva. U těchto filtrů je nutno dodávat látku, která mění vlastnosti spalin. Může být použita metoda redukce sazí pomocí jiné technologie, nezávisle na dodávaném médiu.

### 6.4.1 Filtry pevných částic s aditivem

Některé vozidla (zejména Citroën a Peugeot, VW) využívají systému dodatečného přimíchávání aditiv do nádrže s naftou. Tato aditiva jsou zvlášť v separátní nádrži. Přimíchání aditiv do nafty se řídí pomocí snímače otevření víčka nádrže a snímače hladiny paliva v nádrži. Díky těmto snímačům řídicí jednotka zjistí, kolik bylo do nádrže natankováno paliva. Po zavření víčka nádrže řídicí jednotka nadávkuje aditivum do nafty, nebo přímo do filtru pevných částic. Díky aditivu se sníží zápalná teplota sazí až na 450°C. Díky tomu se saze spálí i při nižší teplotě. Důvodem použití aditiv může být například to, že se DPF z konstrukčních důvodů nachází dále od motoru a vyvolání regenerace bez aditiv (zvýšení teploty v DPF) by bylo velmi obtížné a neefektivní. Doplnění aditiv není časté. Aditivum se doplňuje podle režimu jízdy vozidla asi každých 20 000 – 120 000 km.

U vozidla, které nemají dlouhodobě doplněna aditiva, regenerace neproběhne správně a je neúčinná, nebo neproběhne vůbec. Po určité době se pak filtr zanesení sazí a dojde k jeho ucpání. U většiny modernějších filtrů pevných částic je ale častější druhé řešení – tzn. bez použití aditiv. Jako první tento způsob použila automobilka Peugeot. Pro správnou funkci filtru je potřeba používat kvalitní oleje, paliva a aditiva homologovaná výrobcem. Aditiva není možné mezi sebou mísit. Možnou příměsí může být i močovina, která se rozkládá na amoniak a  $\text{CO}_2$ . Tímto amoniak reaguje s  $\text{NO}_x$  a vzniká  $\text{H}_2\text{O}$  a  $\text{N}_2$ . Doplnění aditiva v servisu zabere asi hodinu práce a částka včetně aditiva nepřesáhne 4000 Kč. [27,23]



#### **6.4.2 Filtry pevných částic bez aditiva**

U modernějších Filtrů pevných částic se častěji používá řešení bez aditiv. Filtr pevných částic, který nemá aditiva, které snižují teplotu pro hoření sazí, musí pro regeneraci vyvinout daleko vyšší teplotu než u systému s aditivem. Teplota hoření sazí je asi 600 °C. Zde dochází k aktivní regeneraci pouze několika dostřiky nafty. Zápalná teplota sazí je u filtru docílena díky speciálnímu nánosu materiálu na jádru filtru. Tento materiálem je podobně jako u katalyzátorů platina, která je ale drahá. [27]

#### **6.5 Životnost DPF**

První DPF filtry, které se začaly vyrábět před více než 10 lety, dosahovaly životnosti pouze kolem 60 – 80 tisíc kilometrů. Povědomí o jejich funkci však nebylo velké. Po zanesení filtru se za jeho výměnu po zanesení platily velké částky.

S odstupem času se technologie filtru pevných částic výrazně zlepšila a nájezdová vzdálenost se výrazně prodloužila. V dnešní době se filtry navíc nemusí měnit, ale dají se i vyčistit. U osobních vozidel při dodržení jízdních režimů a stylu jízdy je možné najet 150 – 200 tisíc km. Průměrné vozidlo to najede asi za 10 let

Dodávky a užitková vozidla do 3,5 tuny zpravidla najedou ještě více kilometrů, řádově 200 – 300 tisíc. Je to hlavně díky jízdě na delší trasy po dálnicích a mimo města.[22]

#### **6.6 Čištění filtrů pevných částic**

Zanesený filtr DPF snižuje výkon vozidla a zvyšuje spotřebu. Filtry se kromě neoblíbené výměny celého filtru dají i čistit. Nejpokrokovější metoda čištění je známá jako Advanpure. Je zapotřebí ale filtr demontovat.

Metoda funguje tak, že před filtrem je výkonný agregát s netlumeným rázem do výfuku za předpokladu správné teploty. Jsou to důležité parametry čištění a jsou sledovány čidly, aby se roztáhly keramické póry na maximum, ovšem za předpokladu aby nebyl ohrožen plastický bod hroucení cordieritu nebo karbidu křemíku. To jsou materiály, ze kterých se vyrábí těleso filtru

Filtr se váží suchý, do ničeho se nenamáčí. Také se měří jeho průchodnost před a po vyčištění. Metoda Advanpure je v Evropě tou nejšetrnější k filtrům pevných částic.[4,28]

Tab. 4 Tabulka cen nových dílů pro vybrané vozy [28]

Příklady cen originálních filtrů pevných částic	
BMW	50 747 Kč
Ford Mondeo	13 256 Kč
Honda Accord	48 417 Kč
Renault Mégane	26 543 Kč
Škoda Octavia	37 389 Kč
Volkswagen	27 329 Kč

## 6.7 Dodatečná montáž DPF

V České republice není zvykem, aby se na starší vozidla, která splňují normu Euro4 montovala dodatečně filtry pevných částic. Takové dodatečné filtry nabízí řada firem. Jelikož použitím filtru pevných částic vzrůstá spotřeba vozidla, má toto zařízení hodně odpůrců. Proto dodatečná instalace DPF není obvyklá. Výjimka platí ale pro autobusy u kterých je dodatečná instalace DPF velmi častá. Kvůli zavedení nízkoemisních zón musí řada společností řešit snížení emisí u svých vozidel. Některé společnosti nemají dostatek peněz na nákup nových vozidel, tak řeší variantu s dodatečným montováním DPF.

U starších vznětových vozů, které mají kouřivost vysokou při všech jízdách stavech, není toto tak zásadní. Ze zdravotního hlediska je to také samozřejmě problém. Velikost pevných částic, které jsou viditelné i okem, jsou natolik velké, že jsou zachycené v horních částech cest dýchacích. Navíc tyto starší vozy přirozeně ze silnic ubývají.

Filtr se umísťuje co nejbližší motoru, kvůli tomu aby do něj proudily spaliny s co nejvyšší teplotou. Pokud jde o systém s přídatným aditivem je zde umístěna navíc nádoba s tímto médiem. Pro správnou funkci systému je potřeba nahrát do řídicí

jednotky patřičný software a nastavit dávkování aditiva. Frekvence dávkování pak bude záležet na režimu jízdy vozidla. [2]



*Obr. 7 Dodatečná montáž DPF u autobusu [3]*

## **6.8 Demontáž filtrů DPF**

Demontáž filtru je přestupná činnost. Mnoho uživatelů nechá filtr demontovat, než aby platily desetitisíce za nový filtr. Když se filtr ucpe a není už možnost ho vyčistit regenerací, rozsvítí se na palubní desce chybové hlášení DPF,(FAP). Hlášení může také znamenat, že je vadné tlakové čidlo nebo nedostatek aditiva. Pokud zanedbáme toto chybové hlášení, filtr se ucpe sazemi a pravděpodobně sníží výkon motoru. Automobil nebude akcelarovat a přepne se do nouzového režimu. Potom už je další možnost filtr nechat zrenovovat, nebo odstranit. Odstranění filtru je mnohdy levnější záležitostí a nabízí jej spousta firem. Cena za odstranění se pohybuje okolo 7 000 Kč. Filtr se jednoduše odstraní a nahradí tzv. emulátorem. Softwarové přehrání řídicí jednotky se dělá několika způsoby. [19]

- **Pomocí switche** v datech motor managementu, se vyskytuje tzv. vypínač, který přepnutím bitu z 1 na 0 vyřadí veškeré algoritmy a funkce spojené s DPF.
- **Úpravou dat** a vytvořením tzv. emulace, dojde k překalibrování snímače rozdílového tlaku, aby jednotka rozdílů tlaku před a za DPF vyhodnocovala jako správné.
- **Zakázáním chybových hodnot** souvisejících s DPF filtrem a eliminací jakékoli regenerace.

### **Odstranění DPF**

- vozidlo po odstranění částí DPF nebude způsobilé k jízdě po veřejných komunikacích,
- za provoz vozidla s odstraněným DPF hrozí pokuta až 50 000 Kč,
- tyto vozidla nadměrně znečišťují životní prostředí,
- vozidlo s odstraněným DPF bude neprodejně,
- v případě nehody se pojišťovna snaží vyvázat se smlouvou o hrazení pojistné události. [19]

### **6.9 Výrobci filtrů pevných částic**

V práci jsou uvedeny jen firmy, které se zabývají dodatečnou montáží do strojů, které filtry pevných částic nevyžadovali nebo společnosti, které nevlastní svou výrobní linku. Světové koncerny využívají vlastních poznatků pro výzkum a výrobu filtrů pevných částic. Lidé si spojují filtr pevných částic jen s osobními automobily. Filtry však našli také využití zemědělské techniky, stavebních strojů, důlní techniky, generátorů, čerpadel apod.

## 6.9.1 HJS

Firma HJS je Německá firma, která se zabývá redukcí emisí ve výfukových plynech a vývojem produktů pro ochranu životního prostředí. HJS se zabývá kromě systémů pro zážehové motory také systémy pro dieselové motory a to zejména pro snížení sazí a oxidu dusíku.

Díky rozsáhlým patentům DPF a SCRT ( Selective Catalytic Reduction Technology ) nastavuje HJS národní a globální standardy.

### 6.9.1.1 Filtry s pasivní regenerací

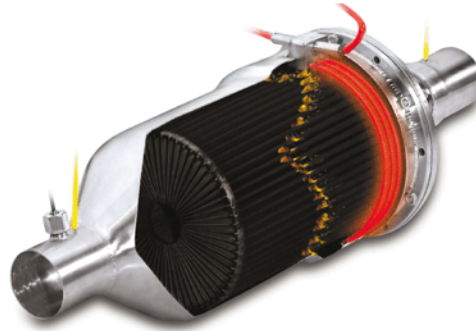
Firma HJS vyrábí filtry jak pro osobní automobily, tak pro nákladní automobily, autobusy, těžkou techniku a stacionární zařízení. Například pro nákladní automobily vyrábí slinutý kovový filtr. Je celý uzavřený a skládá se z několika filtrů, které jsou vzájemně spojené. HJS uvádí snížení emisí až o 99 %. Také zaručuje životnost filtrů bez jakéhokoli čištění více než 200 000 km. Vyrábí také filtry SMF-CRT jenž jsou vhodné pro městskou dopravu autobusů. Rovněž slibuje více jak 99% filtraci pevných částic. [8]

### 6.9.1.2 Filtry s aktivní regenerací

Firma také vyrábí filtr SMF AR slinutého kovu s nezávislou termoelektrickou regenerací (obr. 8,9) Filtr lze regenerovat nezávisle na teplotě téměř v každém jízdním režimu.[8]



Obr. 8 Slinutý kovový filtr pro nákladní automobily a autobusy [9]



*Obr. 9 Filtr SMF AR a aktivní regenerací. [24]*

## **6.9.2 HUSS**

Jedná se o německou firmu, která se zabývá filtrací pevných částic u těžkých zařízeních. Firma je dodavatelem pro známé značky, jako jsou firma Caterpillar, Volvo, MackTrucks, a John Deere. Firma HUSS nabízí celou řadu velikostí filtrů a na webu je možné dohledat v tabulce přesně, jaký filtr budeme potřebovat. Firma se zaměřuje svými produkty především na stroje těžké techniky, zemědělskou výrobu off-road zařízení apod. Tyto stroje mají nestacionární délku pracovního cyklu, tak je doba chodu velmi malá a výfukové plyny mají velmi nízkou teplotu. Proto jsou téměř všechny vozy a stroje vybaveny MK-systémem. Který si poradí s nízkou teplotou spalin. [13]

### **6.9.2.1 Filtry s aktivní regenerací**

#### **MK-Systém**

Díky výkonnému hořáku, který pracuje nezávisle na teplotě spalin, je možné aktivně regenerovat filtr a zároveň odstraňovat škodlivé částice až s účinností 99,9 %. Metoda s hořákem se označuje LPS-SiC, což znamená, že filtr je navíc vybaven i potaženým vnitřkem vložky filmem karbidem křemíku. V závislosti na velikosti filtru může regenerace trvat 5 – 45 minut. Filtr má robustní konstrukci z nerezové oceli a využívá tzv. wall-flow technologii, což představuje voštinovou strukturu a přestup exhalátů skrz stěnu filtru. [14]

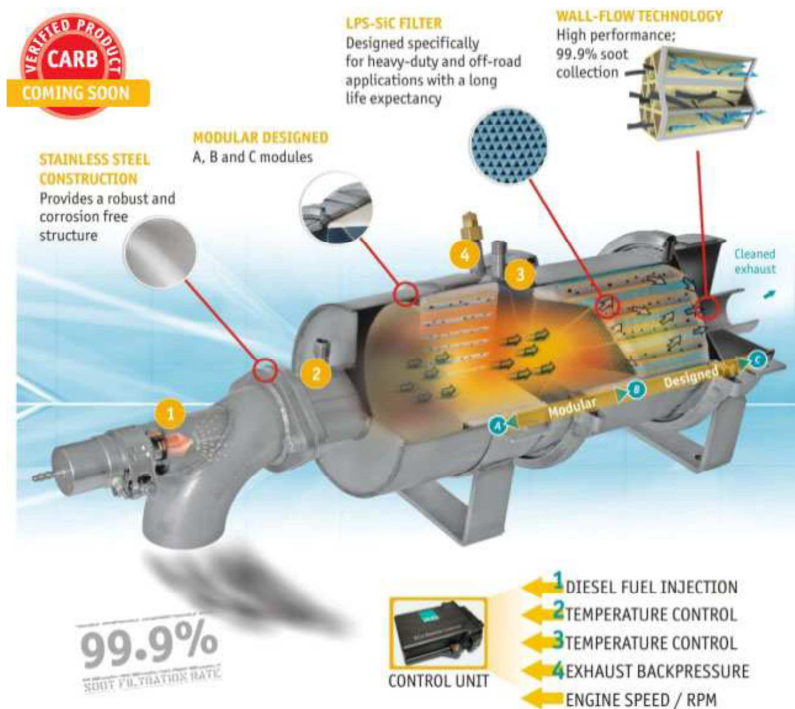


Obr. 10 MK-System: Fuelsupply – přívod paliva, glow plug – žhavicí svíčka, air supply – přívod vzduchu, temperature control – teplotní čidlo; exhaust back pressure - tlak exhalátů.[14]

### MD-System

Při nízkých teplotách výfukových plynů (až 200°C ) se používá filtr s MD systémem. Princip systému je založen na vstřikování paliva do filtru a dodatečném hoření. Filtr kontroluje jednotka ECU (Electronic Control Unit). Vnitřek filtru je rovněž potažen karbidem křemíku. Účinnost při regulaci pevných částic ve výfukových plynech je opět 99,9 %. Filtr využívá wall-flow technologii. [15]

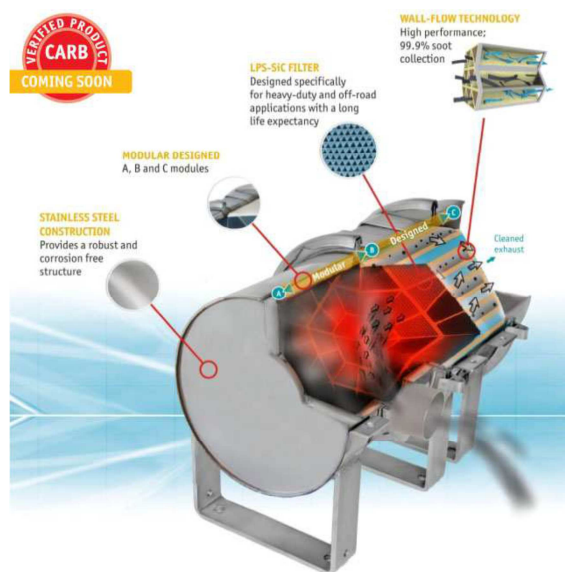




Obr. 11 MD-Systém: Diesel fuel injection – vstřikování nafty, temperature control teplotní čidlo, exhaust back pressur – tlak exhalátů.[15]

### 6.9.2.2 Filtry s pasivní regenerací MC – systém

Firma HUSS uvádí, že filtr je možné použít u zařízení, kde je minimální teplota spalin 270°C. Regenerace se provádí průběžně, díky katalytickému povlaku uvnitř filtru. Účinnost filtru je 99,9 %.[15]



Obr. 12 MC-Systém. [15]



## **6.10 PIRELLIFEELPURE DPF**

Firma Pirelli se mimo jiné zabývá i výrobou a vývojem filtrů pevných částic. Nabízí filtry s aktivní nebo pasivní regenerací. Filtry jsou určeny převážně do nákladních automobilů, autobusů, lehkých užitkových vozidel, motorgenerátorů a off-road zařízení. Výrobce slibuje snížení pevných částic o více než 90% a snížení NO<sub>2</sub> o 50%. [17]

### **6.10.1 Filtry s pasivní regenerací**

#### **Feelpure Platinum**

Filtr je vyroben z karbidu křemíku. Je odolný vůči teplotním výkyvům a vyznačuje se dlouhou životností. Vnitřek filtru má voštinovou strukturu potaženou platinou, která funguje jako katalyzátor, zvyšuje oxidační sílu a umožňuje regeneraci. Regenerace probíhá už od teploty 250°C. Výrobce udává snížení pevných částic o více než 95%. Systém je vhodný zejména pro autobusy a nákladní dopravu.[17]

#### **Feelpure FBC**

Jedná se o pasivní systém s přídatným aditivem. Filtr může regenerovat při nízkých teplotách výfukových plynů, a to 280°C. Je vyroben z karbidu křemíku.[17]

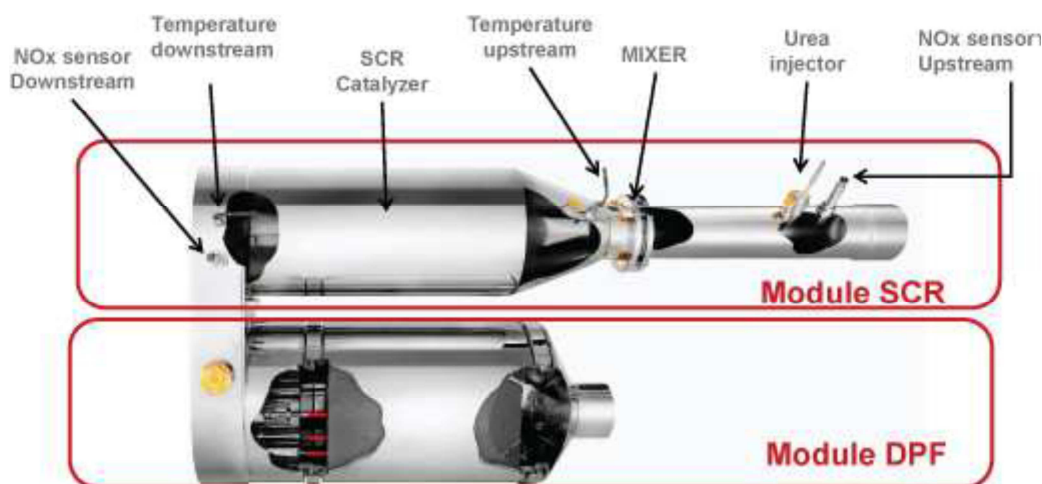
### **6.10.2 Filtry s aktivní regenerací**

#### **Feelpure FBC AR**

Jedná se o stejný typ jako FBC, jen v přední části filtru je přidáno několik žhavicích svíček. Díky nim může regenerace probíhat při extrémně nízkých teplotách, a to 160°C. [17]

#### **Feelpure DOWNOX**

Feelpure DOWNOX je systém, jenž obsahuje klasický filtr pevných částic se žhavicí svíčkou, nebo bez ní. Společně s DPF je k systému připojen SCR modul, který eliminuje oxidy dusíku NO<sub>x</sub>, uhlovodíků a oxidu uhelnatého.[18]



Obr. 13 DOWNOX, NO<sub>x</sub> Sensor upstream / downstream – senzor NO<sub>x</sub> horní/dolní, temperature downstream/upstream – teplotní senzor dolní/horní, SCR catalyzer - SCR modul; urea injector vstříkovač močoviny.[18]

## 7 FILTRY PEVNÝCH ČÁSTIC PRO ZÁŽEHOVÉ MOTORY

Palivo zážehových i vznětových motorů je vyráběno ze sloučenin uhlovodíků. Při dokonalém hoření dojde k vytvoření vodní páry a oxidu uhličitého. Ovšem u reálného motoru ideální cyklus spalování nikdy neproběhne, protože v motoru jsou obsaženy další nečistoty a oleje.

Srovnání vznětových a zážehových motorů je z hlediska ekologičnosti rozdílné. Vznětové motory produkují více skleníkového plynu ( $CO_2$ ).  $CO_2$  je závislé na množství spáleného paliva. Při spálení 1 nafty se vytvoří 2,7 kg  $CO_2$ , u benzínu je to 2,3  $CO_2$ . Vznětové motory sice mají menší spotřebu paliva, ale rozdíl je tak malý, že to neovlivní množství produkovaného  $CO_2$ . Výsledkem je tedy že dieselové motory produkují více  $CO_2$ , než zážehové motory. Naopak v produkci oxidu uhelnatého CO je na tom zážehový motor hůře.

Nejvíce rozšířená je tvorba  $NO_x$ . Saze jsou největší problém vznětových motorů. Bez systémů jako je filtr pevných částic, by vozidla vybavena tímto motorem nemohla jezdit. Díky těmto systémům se dieselová motor tváří jako ekologičtější, ovšem pokud vezmeme složitost samotného systému tak spalovací motor je na tom lépe. Zážehový motor má přesné spalování paliva nezávislé na poměru vzduchu a množství paliva, můžeme tedy zbytek nespáleného paliva a škodlivin snížit pomocí třicestného katalyzátoru.

Vznětové motory potřebují složitější systémy pro snížení škodlivin ve výfukových plynech, kvůli změně škodlivých látek vlivem zatížení motoru. U zážehových motorů také není potřeba tak vysokých tlaků ke spalování paliva, protože směs benzínu je více obohacená o kyslík, tak spalování probíhá téměř bez vzniku sazí. Vznětové motory tvoří pevné částice v závislosti na zátěži, kdežto zážehové motory tvoří částice neproměnlivě a jejich hodnota se ustálí po zahřátí motoru. Nejvíce se u zážehových motorů pevné částice tvoří při startu, kdy dochází k nedokonalému spalování směsi.

Od září roku 2017 budou platit pro zážehové motory s přímým vstřikováním paliva stejné limity pevných částic jak pro motory vznětové. Problém motorů s přímým vstřikováním je ten, že se palivo za určitých provozních podmínek nedokonale spaluje a vznikají tak saze. Je tedy jedno, jestli jde o zážehové či vznětové motory. Ze začátku by povinnost měla platit jen pro nově homologované modely a za rok již pro všechna prodávaná vozidla. [26,29]

## 8 ZÁVĚR

Filtry pevných částic jsou velice diskutabilním zařízením. Mezi jejich nevýhody patří vysoká cena. Otázkou stále zůstává, zda-li náklady pro zavedení těchto nových norem, výrobu filtrů, jejich vývoj a produkce, popřípadě recyklace, čištění a demolice jsou v závěru méně ekologicky nákladné. V současnosti, kdy téměř každý člověk vlastní automobil, jsou nejen filtry opravdu užitečnými pomocníky. Pevné částice ve vzduchu, které dýcháme, se s dobou stále zvyšují a pokud nenalezneme vhodný prostředek pro redukci pevných částic v ovzduší, pravděpodobně se budeme potýkat s velkými zdravotními problémy. Většina společností garantuje téměř 100% účinnost filtrů v redukci pevných částic. Na dnešním trhu je mnoho filtrů pro jakékoliv použití. Pro vozidla, která se pohybují v městském provozu, jsou použity filtry s aditivou a aktivní regenerací. Pro nákladní automobily, které jezdí na delší cesty, se používají jednodušší filtry s pasivní regenerací. Byly vyvinuty i filtry pro stacionární zařízení a důlní techniku. Tyto stroje rovněž přispívají ke zhoršování životního prostředí. Pro každou aplikaci je možné použít filtr přesně „na míru“. Filtry pevných částic jsou velmi užitečným pomocníkem v boji se snížením pevných částic v ovzduší na celém světě, ať už pro jejich kompaktnost, tak i účinnost. Právě tato technologie může zlepšit životní prostředí. Řada uživatelů vozidel patří mezi odpůrce filtrů, neboť pořízení filtru je finančně náročným výdajem. Nicméně životnost filtru pevných částic je určena převážně režimem jízdy vozidla. Aby byla životnost co nejdelší, je nutné dodržovat určité zásady dle pokynu výrobců, jako je pravidelné doplňování aditiv, způsob jízdy během regenerace apod. Na základě vyvíjených směrů, lze předpokládat, že se budou vyvíjet lepší materiály a aditiva. Bude kladen i důraz na cenu a spolehlivost. Ze zákona se musíme řídit dle emisních norem a jen díky filtrům pevných částic mohou nová vozidla vybavena vznětovými motory jezdit po našich cestách. V poslední době se velice často diskutuje o redukci pevných částic u zážehových motorů. Norma už natolik omezuje pevné částice ve výfukových plynech, že úzce hraničí s hodnotami zážehových motorů, a to se zážehové motory pokládaly za motory s téměř zanedbatelnou emisivitou PM.

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1]BEL., s.r.o. Perkins, regulace emisí [online]. Dostupné z: <http://www.bel.cz/perkins/emisni-predpisy.php>
- [2] COPYRIGHT , 2012: Autoklub České Republiky [online]. Dostupné z: <http://www.autoklub.cz/aktualita/1175-euro-6-od-kdy-plati-.html>
- [3] ČERNÝ L., 2013: Dodatečná montáž filtrů, [online].[Vid.29.04.2013]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/dodatecna-montaz-filtru-a-povoleni-k-vjezdu-do-prazskych-zon-padla-kosa-na-kamen-74227>
- [4] DUSIL T., 2016: Filtry pevných částic, čištění filtrů, [online].[Vid. 15.03.2016]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/filtry-pevných-částic-jak-je-spravne-cistit-2-díl-93668>
- [5] EURO normy, 2014: *NGK 2014* [online]. Dostupné z: <http://www.ngk.de/cz/technicke-detaily/lambda-sondy/zakladni-vedomosti-oemisich/euro-normy/>
- [6] GRAŽINA,SIMHA,MARTYNKOVÁ. Nové technické materiály. ISBN 978-80-7204-7
- [7] HÁJEK O., 2011: Emisní norma Tier,[online]. [Vid. 06.10.2011].Dostupné z: [http://bagry.cz/cze/clanky/technika/emisni\\_norma\\_tier\\_4i\\_jak\\_funguji\\_nove\\_motory\\_v\\_zemnich\\_strojich\\_a\\_na\\_co\\_si\\_dat\\_pozor](http://bagry.cz/cze/clanky/technika/emisni_norma_tier_4i_jak_funguji_nove_motory_v_zemnich_strojich_a_na_co_si_dat_pozor)
- [8] HJS., 2006: HJS Emission Technology [online]. Dostupné z:[http://www.hjs.com/en/65/0/seite\\_1/Company/About\\_HJS/about\\_hjs.html](http://www.hjs.com/en/65/0/seite_1/Company/About_HJS/about_hjs.html)
- [9] HJS.,2006., Diesel particulate filters for public transport buses. [online]. Dostupné z: [http://www.hjs.com/en/79/0/seite\\_1/Fahrzeuge\\_&\\_Anwendungen/Busse/Diesel-Partikelfilter/diesel\\_partikelfilter.html](http://www.hjs.com/en/79/0/seite_1/Fahrzeuge_&_Anwendungen/Busse/Diesel-Partikelfilter/diesel_partikelfilter.html)
- [10] HOLOUBEK I., 2005: Troposférická chemie, Masarykova Univerzita, Brno, [online]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/85>
- [11]HORSKÝ O., 2011: Automobil Revue 8.2011; str. 65.[online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/160/16.html>
- [12]HRUŠKA J.,2016: Emise traktorových motorů a jejich odbourávání, [online]. [Vid.24.11.2016].Dostupné z: <http://mechanizaceweb.cz/emise-traktorovych-motoru-a-jejich-odbouravani/>
- [13] HUSS, 2010: DPF for construction machina, *HUSS* [online]. Dostupné z: [http://www.hussgroup.com/huss-umwelt/us/products/dpf\\_construction\\_machine.php](http://www.hussgroup.com/huss-umwelt/us/products/dpf_construction_machine.php)

- [ 14] HUSS, 2010: CARB 3+ verified active particulate filter, *HUSS* [online]. Dostupné z: [http://www.hussgroup.com/huss-umwelt/us/products/diesel\\_burner\\_dpf.php](http://www.hussgroup.com/huss-umwelt/us/products/diesel_burner_dpf.php)
- [15] HUSS, 2010: Diesel Post-injection technology, *HUSS* [online]. Dostupné z: [http://www.hussgroup.com/huss-umwelt/us/products/post-injection\\_dpf.php](http://www.hussgroup.com/huss-umwelt/us/products/post-injection_dpf.php)
- [16] LICHTENBERG P., 2017: EGR ventil, [online].[Vid. 24.1.2017]. Dostupné z: [http://auto.idnes.cz/egr-ventil-umi-potrapit-0sw-/autoservis.aspx?c=A170106\\_170641\\_autoservis\\_fdv](http://auto.idnes.cz/egr-ventil-umi-potrapit-0sw-/autoservis.aspx?c=A170106_170641_autoservis_fdv)
- [17] PIRELLI, 2012: Feelpure platinum, [online].. Dostupné z: <http://www.pirelli.com/environment/en/feelpure/feelpure-filter/retrofit/feelpureplatinum>.
- [18]PIRELLI, 2012:Feelpure DOWNOX, [online]. Dostupné z: <http://www.pirelli.com/environment/en/feelpure/feelpure-filter/retrofit/feelpure-downoxdpf-scr.html>
- [19] POWER TEC®, DPF-filtr pevných částic [online]. Dostupné z: <http://www.chiptuning.cz/clanek/seznam-clanku/technika/co-je-dpf-filtr-pevných-častic>
- [20]SAJDL J.,2014: Emisní norma Euro [online]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>
- [21] SAJDL J., 2014: DPF (Diesel Particulate Filter), [online]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/dpf-diesel-particulate-filter/>
- [22] SEYMON, 2016: EGR ventil, [online].[Vid. 31.8.2016]. Dostupné z: <http://blog.autodilyhulin.cz/egr-ventil/>
- [23] SLOVÁČEK P.,ŘEZÁČ Z., 2010:Pozor, napadeno kutilem!.Svět Motorů. Čís. 19, s. 8-11. ISSN 0039-7016
- [24] SMF®,2006 *HJS Emission Technology* [online].Dostupnéz:[http://www.hjs.com/en/77/0/seite\\_1/Fahrzeuge\\_&\\_Anwendungen/Lkw/Diesel-Partikelfilter/diesel\\_partikelfilter.html](http://www.hjs.com/en/77/0/seite_1/Fahrzeuge_&_Anwendungen/Lkw/Diesel-Partikelfilter/diesel_partikelfilter.html)
- [25] STANÍČEK J., 2014: *Zdanění motorových vozidel*. 2014. PhD Thesis. Masarykova univerzita, Právnická fakulta.
- [26] STÝBLO S., 2010: Je ekologičtější diesel nebo benzínový motor?*TipCars*[online]. Dostupné z: <http://www.tipcars.com/magazin-je-ekologictejsi-dieselnebo-benzinovy-motor-4432.html>
- [27] ŠMERDA T., ČUPERA J., a FAJMAN M., 2013: *Vznětové motory vozidel: biopaliva, emise, traktory*. Brno: CPress, 2013. Auto-moto-profi (CPress). ISBN 978-80-264-0160-5.

[28] VELECKÝ M., 2014: Výměna, čištění, vytloukání DPF, [online].[Vid.10.07.2014]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/filtry-pevnych-castic-aneb-dpf-4/4-vymena-cisteni-vytlokani-dpf>

[29] VLADIMÍR J.,2017: Filtry pevných částic pro benzínové motory, 2017, [online]. Dostupné z: [http://auto.idnes.cz/filtr-pevnych-castic-fap-benzinovy-motor-f1e-/automoto.aspx?c=A170314\\_014134\\_automoto\\_fdv](http://auto.idnes.cz/filtr-pevnych-castic-fap-benzinovy-motor-f1e-/automoto.aspx?c=A170314_014134_automoto_fdv)

## 10 SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

PM	Particulate matter - pevná částice
C	Uhlík
H	Vodík
CO	Oxid uhelnatý
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
HC	Uhlovodíky
H <sub>2</sub> O	Voda nebo vodní pára
NO <sub>x</sub>	Oxidy dusíku
N <sub>2</sub> O	Oxid dusný
NO	Oxid dusnatý
NO <sub>2</sub>	Oxid dusičitý
SO <sub>2</sub>	Oxid siřičitý
SiC	Karbid křemíku
DOC	Diesel oxidation catalyst - dieselový oxidační katalyzátor
DPF	Diesel particulate filter - filtr pevných částic
FAP	Filtre a particules - filtr pevných částic
EGR	Exhaust gas recirculation - Ventil recirkulace výfukových plynů
SCR	Selective catalytic reduction - Selektivní katalytická redukce



## 11 SEZNAM OBRÁZKU A TABULEK

Obr. 1 Celosvětová regulace emisí od roku 2011 [1] .....	16
Obr. 2 Celosvětová regulace emisí od roku 2016 [1] .....	17
Obr. 3 Funkce EGR ventilu [22].....	18
Obr. 4 Kombinace oxidačního katalyzátoru a filtru pevných částic. [27] .....	19
Obr. 5 Schéma umístění filtru DPF ve výfukovém systému [11].....	20
Obr. 6 Princip průchodu spalin přes voštinovou strukturu [21] .....	21
Obr. 7 Dodatečná montáž DPF u autobusu [3].....	27
Obr. 8 Slinutý kovový filtr pro nákladní automobily a autobusy [9] .....	29
Obr. 9 Filtr SMF AR a aktivní regenerací. [24].....	30
Obr. 10 MK-Systém [14] .....	31
Obr. 11 MD-Systém [15].....	32
Obr. 12 MC-Systém [15] .....	32
Obr. 13 DOWNOX [18] .....	34
Tab. 1 Emisní limity Euro pro nová vozidla [20] .....	14
Tab. 2 Tabulka ekologických daní vozidel [25] .....	15
Tab. 3 Tabulka Evropských emisních limitů pro pracovní stroje [7] .....	16
Tab. 4 Tabulka cen nových dílů pro vybrané vozy [28].....	26