



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

SYSTÉMY DPF A SCR

THE DPF AND SCR SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Novodomský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

BRNO 2018



Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Tomáš Novodomský**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Radim Dundálek, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Systemy DPF a SCR

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení základních pojmů zadané problematiky. Zamyšlení nad perspektivou budoucího vývoje snižování škodlivin ve výfukových plynech.

Cíle bakalářské práce:

Uvedení přehledu komponentů systému, popis jejich funkce. Výhody a nevýhody s ohledem na plnění emisních limitů. Specifické součásti výfukového systému. Příklady řešení snižování emisí ve výfukových plynech u konkrétních pohonných jednotek.

Seznam doporučené literatury:

STONE, Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.

HEISLER, Heinz. Advanced Engine Technology. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. ISBN 1-56091-734-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 30. 10. 2017



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Predložená bakalárska práca sa zaoberá systémami pre znižovanie emisii z výfukových plynov vznetových motorov. Prvá časť práce je venovaná zloženiu výfukových plynov a emisným normám. Práca rozoberá vznik pevných častíc, ich regulovanie systémom DPF a jeho rôzne varianty. Ďalej je tu uvedený princíp znižovania obsahu oxidov dusíka vo výfukových plynach systémom selektívnej katalytickej redukcie. V záverečnej časti sa nachádza zamyslenie nad budúcnosťou systémov pre znižovanie emisii, emisných noriem a alternatívnych pohonov.

KLÍČOVÉ SLOVÁ

Výfukové plyny, emisné normy, pevné častice, DPF, oxidy dusíka, SCR.

ABSTRACT

The presented bachelor thesis deals with exhaust emission reducing systems for diesel engines. The first part is devoted to the composition of exhaust gases and emission standards. The thesis analyses the formation of solid particles, their regulation by the DPF system and its various variants. Further the principle of reducing the nitrogen oxide content in the exhaust gases by the selective catalytic reduction system is described. In the final part, there is a reflection on the future of emission reduction systems, emission standards and alternative drives.

KEYWORDS

Exhaust gases, emission standards, particulate matter, DPF, nitrogen oxide, SCR.

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

NOVODOMSKÝ, T. *Systémy DPF a SCR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 43 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D..

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojim pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením Ing. Radima Dundálka, Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 25. mája 2018

.....

Tomáš Novodomský

POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce Ing. Radimovi Dundálkovi, Ph.D. za všetky cenné rady a pripomienky. Rovnako ďakujem svojim rodičom za morálnu a finančnú podporu počas štúdia.

OBSAH

Úvod	11
1 Výfukové plyny a emisné normy.....	13
1.1 Emisná norma EHK	14
1.2 Emisná norma euro	14
1.3 Norma STAGE	15
2 DPF.....	18
2.1 Princíp.....	18
2.2 Pevné častice a ich vplyv na človeka a životné prostredie	19
2.3 História.....	20
2.4 Komponenty a ich využitie	21
2.5 Regenerácia.....	21
2.5.1 Pasívna regenerácia (CRT-DPF)	21
2.5.2 Aktívna regenerácia	22
2.5.3 Vstrekovanie paliva priamo do výfukového potrubia	22
2.5.4 Aditívny systém	23
2.6 Životnosť a údržba filtra	23
2.7 Plnenie emisných noriem	24
2.8 Aplikácia v automobiloch.....	24
2.8.1 BMW	24
2.8.2 Audi	25
2.8.3 Škoda	26
2.8.4 PSA.....	27
3 SCR.....	28
3.1 Princíp.....	28
3.2 Oxidy dusíka a ich vplyv na človeka a životné prostredie.....	28
3.3 História.....	28
3.4 AdBlue	29
3.5 Proces redukcie NO _x	29
3.6 Údržba.....	31
3.7 Plnenie emisných noriem	31
3.8 Aplikácie v automobiloch.....	31
3.8.1 Mercedes-Benz	31
3.8.2 Audi	32
3.8.3 BMW	33
3.8.4 Volkswagen.....	33

3.8.5	PSA	34
3.8.6	Opel.....	34
4	Smerovanie do budúcnosti	35
4.1	Norma EURO 7	35
4.2	Elektromobilita.....	35
4.3	Palivové články	36
	Záver	37
	Zoznam použitých obrázkov	42
	Zoznam použitých tabuliek a grafov	43

ÚVOD

So stále stúpajúcimi nárokmi na ochranu životného prostredia a zdravie človeka je upriamovaná stále väčšia pozornosť na dopravu. Rastúca premávka motorových vozidiel výrazne prispieva k znečisťovaniu prostredia v ktorom žijeme. Badateľné zmeny nastávajú hlavne v husto obývaných mestských oblastiach, kde je znečistenie ovzdušia doslova viditeľné „voľným okom“. Preto bolo nevyhnutné zaviesť emisné normy, určujúce limitný podiel rôznych škodlivín vo výfukových plynch.

Pre zníženie škodlivín z výfukových plynov a splnenie stále prísnejších emisných noriem bolo nutné vynájsť technológie, ktoré by to umožnili. Jednou z nich je systém DPF, výrazne znižujúci podiel pevných častíc vo výfukových plynch. Ďalšou podobnou technológiou, ktorou sa táto práca zaoberá je systém SCR. Tento systém zreteľne znižuje množstvo škodlivých oxidov dusíka.

1 VÝFUKOVÉ PLYNY A EMISNÉ NORMY

Spaľovací motor funguje na princípe spaľovania zmesi paliva a vzduchu. Počas horenia reagujú jednotlivé zložky za vysokých teplôt a tlakov pričom uvoľňujú tepelnú a tlakovú energiu. Produktom dokonalého spaľovania uhl'ovodíkových palív sú oxid uhličitý (CO_2) a vodná para (H_2O). Reálny proces spaľovania samozrejme dokonalý nie je a vznikajú pri ňom aj produkty nedokonalého spaľovania, predovšetkým oxid uhoľnatý (CO), nespálené uhl'ovodíky (HC), oxidy dusíka (NO_x), oxidy síry (SO_x) a pevné častice (PM). [5][17]

PEVNÉ ČASTICE (PM)

Pevné častice vznikajú nedokonalou oxidáciou uhlíka. Môže sa jednať o častice v pevnom alebo kvapalnom stave, ako napríklad sadze, karbón, popol, zvyšky nespáleného motorového oleja alebo paliva, častice z oteru a podobne.

OXIDY DUSÍKA (NO_x)

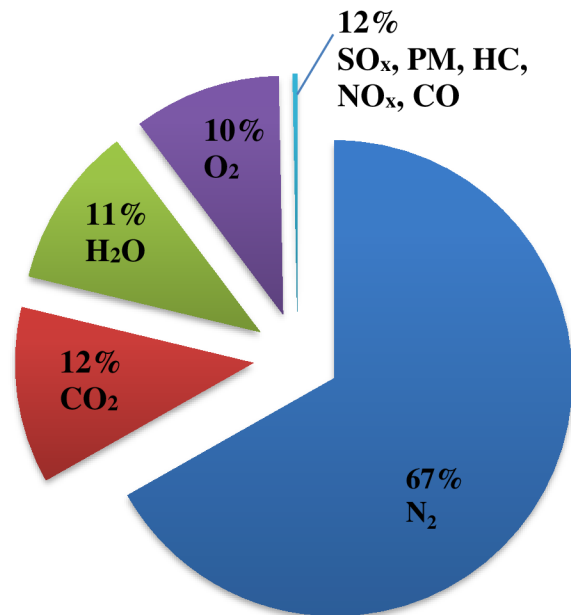
Oxidy dusíka zahŕňajú niekoľko chemických zlúčenín dusíka, ktoré vznikajú oxidáciou dusíka v spaľovacom priestore. Vznikajú pri vysokých teplotách a tlakoch, preto je ich vznik závislý na bohatosti zmesi a obsahu kyslíka v spaľovacom priestore

UHL'OVODÍKY (HC)

Nespálené uhl'ovodíky vznikajú pri nepriaznivých oxidačných podmienkach. Môžu vznikáť z paliva ako príčina predčasne ukončených reakcií alebo ako výsledok horenia pri nízkych teplotách. V kombinácii so slnečným žiarením a oxidmi dusíka reagujú a vzniká ozón. Prízemný ozón sa udržuje tesne nad zemským povrchom a na ľudský organizmus pôsobí veľmi nepriaznivo. Spôsobuje choroby dýchacích ciest, dráždi oči alebo zvyšuje riziko vzniku astmatických záchvatov.

OXID UHOĽNATÝ (CO)

Oxid uhoľnatý vzniká pri spaľovaní za nedostatku kyslíka v spaľovacej zmesi alebo za lokálneho nedostatku kyslíka v spaľovacom priestore. Jedná sa o veľmi jedovatý plyn, bez chuti a zápachu. Po vdýchnutí sa viaže na červené krvinky a vytlačovaním kyslíka zabraňuje jeho dopraveniu do častí tela. [5][1]



Graf 1 Zloženie výfukových plynov [5]

So stále rastúcou cestnou premávkou, rastie aj podiel škodlivín vo vzduchu, ktoré vozidlá produkujú. Z tohto dôvodu bolo nevyhnutné zaviesť emisné limity, ktoré regulujú množstvo škodlivín vo výfukových plynách motorových vozidiel. Prvé emisné limity boli zavedené v roku 1968 v Kalifornii. V Európe vznikla prvá norma až v roku 1971 – EHK 15. Neskôr, v roku 1992 boli pre Európsku úniu zavedené normy EURO. Ďalšou dôležitou normou je norma STAGE. Tá platí pre stroje nepohybujúce sa po cestných komunikáciách ako napríklad stavebné stroje alebo stacionárne motory. [6][8]

1.1 EMISNÁ NORMA EHK

Norma EHK 15 bola prvá Európska norma stanovujúca limity pre emisie výfukových plynov, ktorá nadobudla platnosť v roku 1971. Norma sa počas rokov menila a doplňovala. Po viacerých prepracovaniach bola koncom 90. rokov nahradená normou EHK 83. Táto norma sa stala základom pre dnes platnú normu pre Európsku úniu EURO, ktorá bola zavedená v roku 1992. [8]

1.2 EMISNÁ NORMA EURO

Emisná norma euro je záväzná norma Európskej únie, ktorá stanovuje limitné hodnoty škodlivín vo výfukových plynách vznetrových a zážihových motorov pre motorové vozidlá v závislosti hmotnosti škodliviny na prejdenej vzdialenosti. Norma stanovuje limity oxidu uhoľnatého (CO), uhl'ovodíkov (HC), oxidov dusíka (NO_x) a pevných častíc (PM). Norma je postupne sprísňovaná a jednotlivé verzie sú číslované. Norma pre osobné automobily a ľahké úžitkové automobily je číslovaná arabskými číslicami. Norma pre ťažké nákladné vozidlá a autobusy je číslovaná rímskymi číslicami. Každé nové vozidlo uvedené na trh musí spĺňať limity aktuálnej emisnej normy. [8][5]

Tab. 1 Limitné hodnoty normy EURO pre osobné vozidlá [8]

Emisné limity EURO pre osobné vozidlá						
Norma	Platnosť od	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
		[g/km]				
Vznetové motory						
EURO 1	1992	2,72	-	0,97	-	0,14
EURO 2	1996	1	-	0,7	-	0,08
EURO 3	2000	0,66	-	0,56	0,5	0,05
EURO 4	2005	0,5	-	0,3	0,25	0,025
EURO 5	2011	0,5	-	0,23	0,18	0,005
EURO 6	2014	0,5	-	0,17	0,08	0,005
Zážihové motory						
EURO 1	1992	2,72	-	0,97	-	-
EURO 2	1996	2,2	-	0,5	-	-
EURO 3	2000	2,3	0,2	-	0,15	-
EURO 4	2005	1	0,1	-	0,08	-
EURO 5	2009	1	0,1	-	0,06	0,005
EURO 6	2014	1	0,1	-	0,06	0,005

Tab. 2 Limitné hodnoty normy EURO pre nákladné vozidlá a autobusy [8]

Emisné limity EURO pre nákladné vozidlá a autobusy						
Norma	Platnosť od	CO	HC	NO _x	PM	Dymivosť
		[g/km]				[m ⁻¹]
Euro I	1992 < 85kW	4,5	1,1	8	0,612	-
	1992 > 85kW	4,5	1,1	8	0,36	-
Euro II	1996	4	1,1	7	0,25	-
Euro III	2000	2,1	0,66	5	0,1	0,8
Euro IV	2005	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Euro V	2008	1,5	0,46	2	0,02	0,5
Euro VI	2013	1,5	0,13	0,4	0,01	-

1.3 NORMA STAGE

Norma STAGE je norma platná pre mimocestné vozidlá., ktorá udáva limity pre rovnaké látky vo výfukových plynoch ako norma EURO. Pojem mimocestné vozidlá zahŕňa poľnohospodárske vozidlá, traktory, stavebnú techniku alebo lokomotívy. Normy STAGE sú spracované a rozdelené do emisných kategórií podľa výkonu. Postupom času boli vyvíjané novšie generácie noriem, ktoré boli ale stále prísnejšie. [23]

Tab. 3 Limitné hodnoty normy STAGE I [23]

Emisné limity STAGE I					
Výkon P	Platnosť od	CO	HC	NO _x	PM
[kW]		[g/kWh]			
130 ≤ P ≤ 560	1999	5	1,3	9,2	0,54
75 ≤ P < 130	1999	5	1,3	9,2	0,7
37 ≤ P < 75	1999	6,5	1,3	9,2	0,85

Tab. 4 Limitné hodnoty normy STAGE II [23]

Emisné limity STAGE II					
Výkon P	Platnosť od	CO	HC	NO _x	PM
[kW]		[g/kWh]			
130 ≤ P ≤ 560	2002	3,5	1	6	0,2
75 ≤ P < 130	2003	5	1	6	0,3
37 ≤ P < 75	2004	5	1,3	7	0,4
18 ≤ P < 37	2001	5,5	1,3	8	0,8

Tab. 5 Limitné hodnoty normy STAGE III [23]

Emisné limity STAGE III						
Výkon P	Platnosť od	CO	HC	HC + NO _x	NO _x	PM
[kW]		[g/kWh]				
STAGE III A						
130 ≤ P ≤ 560	2006	3,5	-	4	-	0,2
75 ≤ P < 130	2007	5	-	4	-	0,3
37 ≤ P < 75	2008	5	-	4,7	-	0,4
19 ≤ P < 37	2007	5,5	-	7,5	-	0,6
STAGE III B						
130 ≤ P ≤ 560	2011	3,5	0,19	-	2	0,025
75 ≤ P < 130	2012	5	0,19	-	3,3	0,025
56 ≤ P < 75	2012	5	0,19	-	3,3	0,025
37 ≤ P < 56	2013	5	-	4,7	-	0,025

Tab. 6 Limitné hodnoty normy STAGE IV [23]

Emisné limity STAGE IV					
Výkon P	Platnosť od	CO	HC	NO _x	PM
[kW]		[g/kWh]			
130 ≤ P ≤ 560	2014	3,5	0,19	0,4	0,025
56 ≤ P < 130	2014	5	0,19	0,4	0,025

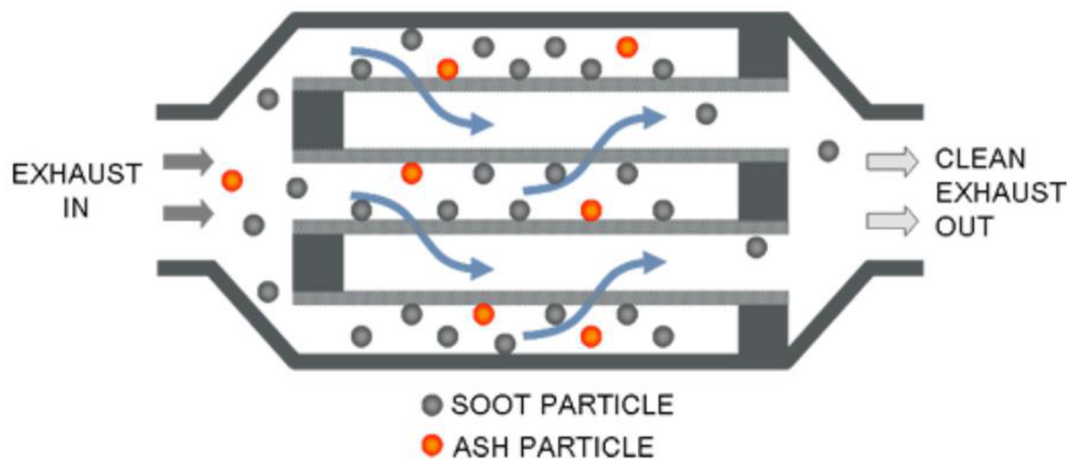
Tab. 7 Limitné hodnoty normy STAGE V [23]

Emisné limity STAGE V						
Výkon P	Platnosť od	CO	HC	HC + NO _x	NO _x	PM
[kW]		[g/kWh]				
P < 8	2019	8	-	7,5	-	0,4
8 ≤ P < 19	2019	6,6	-	7,5	-	0,4
19 ≤ P < 37	2019	5	-	4,7	-	0,015
37 ≤ P < 56	2019	5	-	4,7	-	0,015
56 ≤ P < 130	2020	5	0,19	-	0,4	0,015
130 ≤ P ≤ 560	2019	3,5	0,19	-	0,4	0,015
P > 560	2019	3,5	0,19	-	3,5	0,045

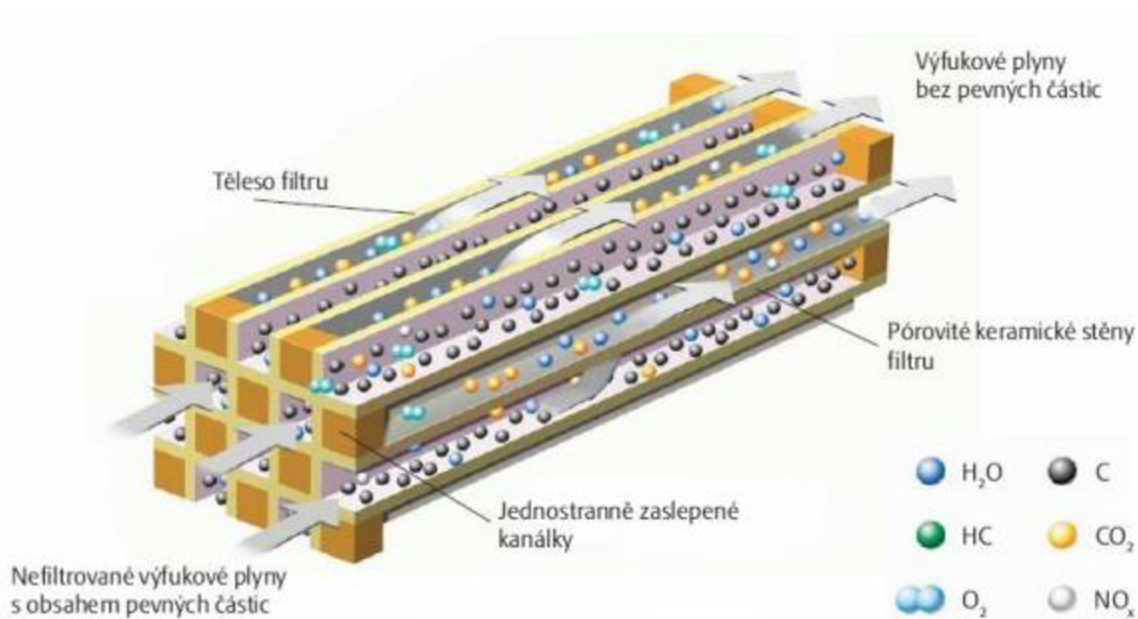
2 DPF

2.1 PRINCÍP

Filter pevných častíc je zariadenie navrhnuté pre zachytávanie pevných častíc z výfukových plynov vznetového motora. Systém funguje na princípe zachytávania sadzí na poréznom materiáli s vysokou teplotnou odolnosťou.



Obr. 1 Princíp činnosti DPF;
 Exhaust in – vstup spalín; Clean exhaust out – výstup spalín; Soot particle – sadze; Ash particle – prachové častice [7]



Obr. 2 Schéma DPF [9]

2.2 PEVNÉ ČASTICE A ICH VPLYV NA ČLOVEKA A ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

Pevné častice sú mikroskopicky malé častice pevného skupenstva rozptýlené vo vzduchu. Zdrojom pevných častíc môže byť prírodný proces, napr. výbuch sopky alebo lesný požiar ale rovnako aj ľudská činnosť, napr. spaľovanie uhlia, dreva alebo odpadov. Významným zdrojom pevných častíc sú aj automobily, najmä tie so vznetovými motormi. Vo vznetovom motore vznikajú pevné častice nedokonalým spaľovaním nafty za nedostatku kyslíka. Z časti paliva, ktoré nemá dostatok kyslíka pre horenie, zoxiduje len vodík a keďže uhlík nemá možnosť zhorieť premieňa sa do pevného skupenstva čiže sadzí. Pevné častice samozrejme nie sú vždy rovnako veľké a preto ich rozdeľujeme do kategórii podľa veľkosti.

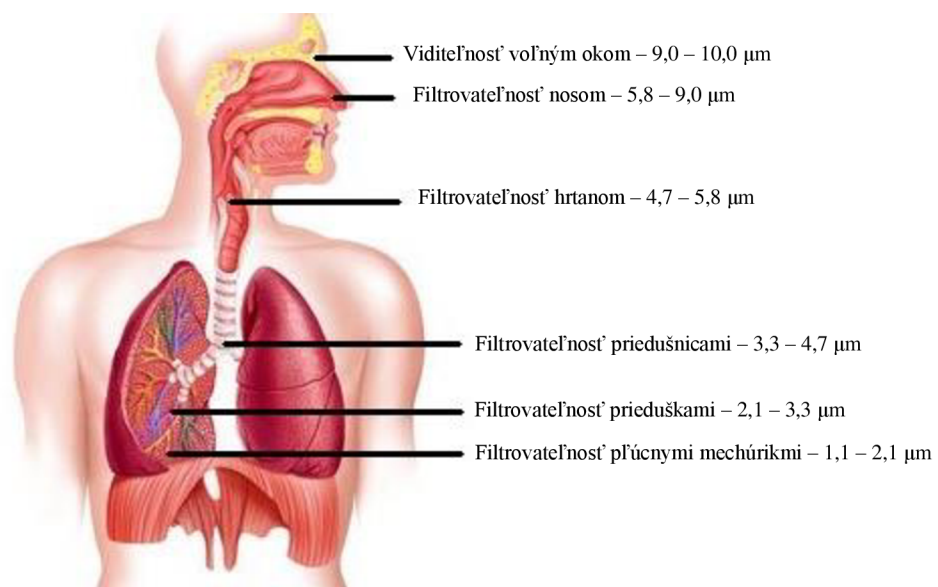
PM₁₀ – častice menšie než 10 μm

PM_{2,5} – častice menšie než 2,5 μm

PM₁ – častice menšie než 1 μm

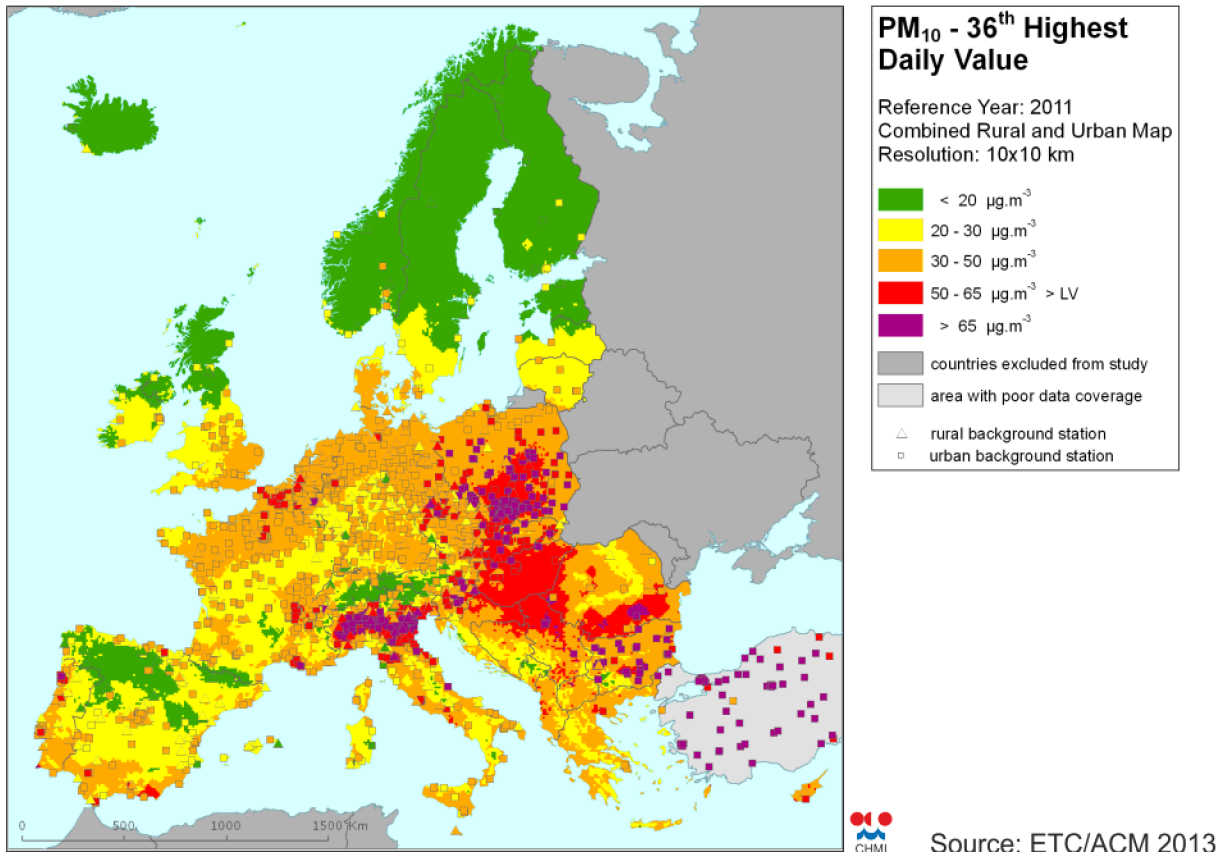
PM_{0,1} – častice menšie než 100 nm

Človek je schopný pri dýchaní zachytiť na chlpkoch v nose len väčšie častice. Častice menšie ako 2 μm nedokáže zachytiť v nose ani v prieduškách. Pri prechode dýchacou sústavou sa síce časť zachytí na slizniciach ale stále väčšina preniká hlboko do pľúc. Vplyv pevných častíc na človeka závisí aj od dĺžky doby pri ktorej je človek časticiam vystavený. Pri krátkodobom pôsobení môže dochádzať k ochoreniam pľúc alebo k nepriaznivým účinkom na kardiovaskulárny systém. Pri dlhodobej expozícii dochádza k zníženiu pľúcnych funkcií, k vyššiemu počtu ochorení dolných dýchacích ciest a zvýšeniu výskytu chronickej obštrukčnej choroby pľúc. V dôsledku toho dochádza tiež k zníženiu predpokladanej dĺžky života. [4][18]



Obr. 3 Filtrovateľnosť častíc pri dýchaní [4]

Pevné častice neprospievajú ani rastlinám. Zanášajú povrch listov a tým znižujú aktívnu plochu využívanú pre fotosyntézu. Častice rozptýlené v atmosfére zase narušujú energetickú bilanciu zeme, pretože slnečné žiarenie je nimi rozptýlené späť do priestoru. Vplyv na klímu majú však skôr len v regionálnom merítku. [15][18]



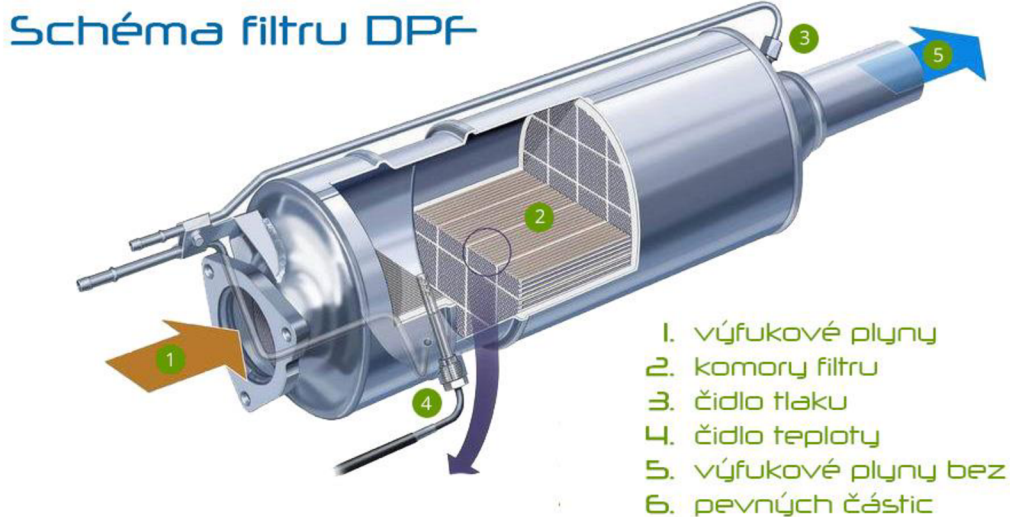
Obr. 4 Mapa koncentrácie pevných častíc v Európe v roku 2011 [32]

2.3 HISTÓRIA

Redukcia pevných častíc z výfukových plynov sa začala prvýkrát zvažovať v sedemdesiatych rokoch minulého storočia v dôsledku ich škodlivosti na ľudské zdravie. V roku 1969 v Daimler-Benz začali vyvíjať prvé filtre pevných častíc, ktoré boli zachytávané na poréznych povrchoch. Od roku 1980 technológiu vyvíjali spolu s Mann & Hummel. Nová technológia spočívala v keramických vláknach namotaných na perforované oceľové trubky. Filtrovaciu jednotku tvorilo niekoľko takýchto paralelných trubiek uložených v oceľovom plášti. Tieto filtre sa prvýkrát reálne začali testovať v roku 1985 kedy sa v meste Esslingen (Nemecko) namontovali do päťnásť mestských autobusov. Krátko na to bolo v Nemecku vybavených 40 vozidiel filtrom pevných častíc za účelom testovania v rôznych aplikáciách a klimatických podmienkach. Ďalší posun vo vývoji nastal v roku 1995 kedy pod iniciatívou Nemeckej federálnej environmentálnej agentúry bolo filtrom vybavených približne 1500 vozidiel od rôznych výrobcov. V roku 2000 koncern PSA ako prvý sériovo zaradil filtre pevných častíc pre automobily vo svojej novej generácii motorov HDi. V súčasnej dobe z dôvodu plnenia najaktuálnejšej emisnej normy obsahuje filter pevných častíc každé nové vozidlo so vznetovým motorom. [10]

2.4 KOMPONENTY A ICH VYUŽITIE

Filter pevných častíc sa skladá zo vstupného a výstupného nátrubku, cez ktorý výfukové plyny do filtra vstupujú respektíve vystupujú. Ďalej zo samotného filtra pevných častíc a vo väčšine prípadov aj katalyzátoru. Materiál, z ktorého sa skladá filtračná zložka je takmer vždy keramický. Všetky tieto časti sú uložené v kovovom tele, ktoré je spravidla nerozoberateľné. Telo je väčšinou vyrobené z nerezavejúcej alebo žiaruvzdornej ocele, aby vydržalo nápor vysokých teplôt. Nakoniec obsahuje filter snímač teploty a diferenčného tlaku výfukových plynov. [9]



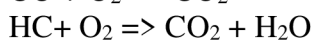
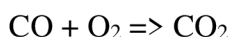
Obr. 5 Komponenty DPF [33]

2.5 REGENERÁCIA

Regenerácia filtra je proces, pri ktorom sa nahromadené sadze odstraňujú vypálením. Spôsobov, akým je sadze možné vypáliť je hneď niekoľko.

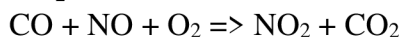
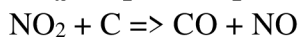
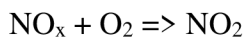
2.5.1 PASÍVNA REGENERÁCIA (CRT-DPF)

Pasívna regenerácia je samovoľný dej, ku ktorému dochádza najmä keď motor pracuje dlhšiu dobu čiastočne zaťaženy, napríklad pri dlhšej plynulej jazde mimo mesta. Hlavnou výhodou pasívnej regenerácie je zvyšovanie intervalov aktívnej regenerácie. Filtre schopné pasívnej regenerácie majú povrch kanálikov pokrytý oxidom hliníka na ktorom je nanesená vrstva, ktorá obsahuje paládium alebo platínu. Táto časť funguje ako oxidačný katalyzátor, kde reaguje oxid uhoľnatý (CO) a nespálené uhľovodíky (HC) s kyslíkom (O₂)



Proces pasívnej regenerácie prebieha len ak filter nie je príliš zaplnený a teplota spalín je približne 300 až 450 °C. To znamená, že CDPF umožňuje regeneráciu pri nižších teplotách než je obvyklá teplota vznietenia pevných častíc. Takáto regenerácia môže prebiehať kontinuálne

(Continuously Regenerating trap). Okrem oxidu uhoľnatého a nespálených uhl'ovodíkov tu reagujú s kyslíkom aj oxidy dusíka (NO_x), ktoré sa transformujú na oxid dusičitý (NO_2).



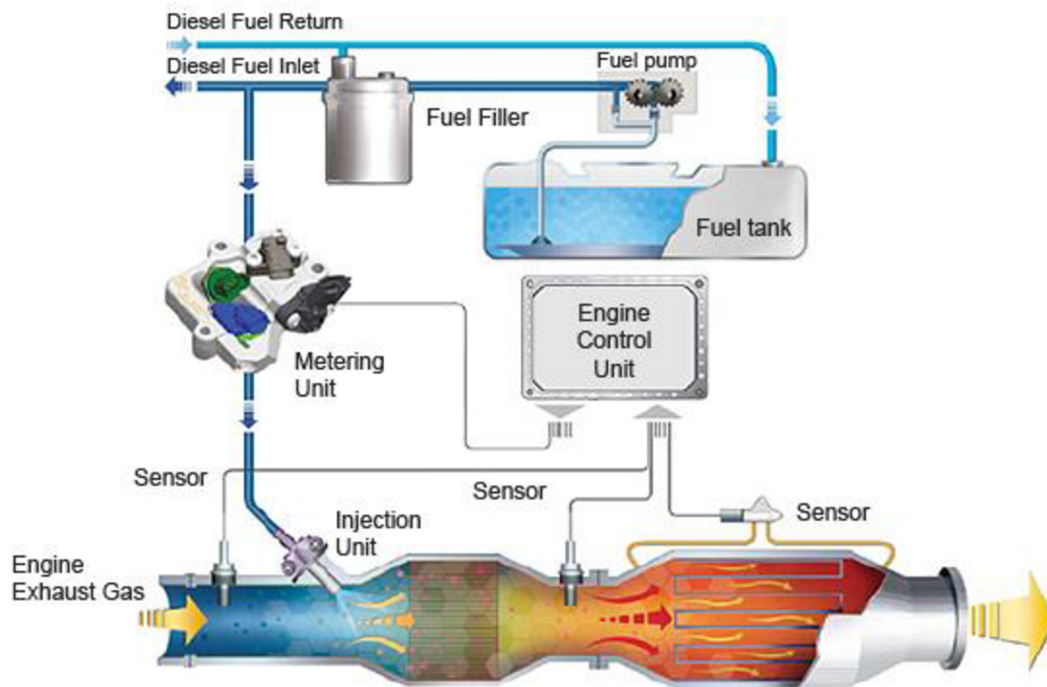
NO_2 pôsobí ako oxidačné činidlo a pevné častice pomáha spaľovať pri nižších teplotách (300-450 °C). Pod teplotou 300 °C prebieha oxidácia pevných častíc už veľmi pomaly a nad teplotou 450 °C už naopak dochádza k rozpadu NO_2 . Vozidlá vybavené CRT-DPF už nepotrebujú oxidačný katalyzátor ako vozidlá s klasickým DPF, v ktorých je nevyhnutný. [7]

2.5.2 AKTÍVNA REGENERÁCIA

Aktívna regenerácia nastáva vtedy, ak sa zaplnenie filtra sadzami dostane cez určitú hranicu. V takomto prípade rozhodne riadiaca jednotka o spustení regenerácie na základe viacerých podnetov. Najdôležitejším z nich je hodnota snímača diferenčného tlaku, ktorý sníma rozdiel tlakov pred filtrom a za ním. Ďalším dôležitým vstupom je teplota spalín. Po spustení procesu regenerácie sa uzatvára ventil recirkulácie výfukových plynov (EGR) a zároveň dochádza k vstreknutiu dodatočnej dávky paliva tesne pred hornou úvrat'ou piestu, tak aby palivo zhorelo vo výfuku. Zároveň je potrebné aby riadiaca jednotka obmedzila prúdenie vzduchu do sacieho traktu motora uzavretím škrtiacej klapky a taktiež nastavila reguláciu tlaku turbodúchadla. Následkom týchto procesov sa teplota výfukových plynov zvýši na cca 600 – 650 °C, čo spôsobí, že usadené častice začnú horieť. [21]

2.5.3 VSTREKOVANIE PALIVA PRIAMO DO VÝFUKOVÉHO POTRUBIA

Automobilky ako Ford (2,0 TDCi), Toyota (2,2 D-4D) alebo Renault (2,0 dCi) používajú odlišný systém. Namiesto vstrekovania paliva do valcov, vstrekujú dávku paliva priamo do výfukového potrubia. Vstrekovalč sa nachádza pred oxidačným katalyzátorom a je v jednom celku spolu so žhaviacou sviečkou. Vstreknuté palivo sa za prítomnosti tepla zo spalín a žhaviacej sviečky odparí a vstupuje spolu s výfukovými plynmi do oxidačného katalyzátora. V katalyzátore dochádza k rýchlej reakcii kyslíka s odpareným palivom a jeho vznieteniu. Vznikuté teplo prechádza do filtra, čo spôsobí vypálenie usadených pevných častíc a tým dochádza k vyčisteniu filtra. Tento spôsob aktívnej regenerácie nepotrebuje takú vysokú teplotu spalín prichádzajúcich do filtra ako pri vstrekaní paliva do valcov, takže môže prebehnúť pri rôznych jazdných režimoch a započat' už pri teplote cca 200 °C. [21][13]



Obr. 6 Systém DPF so vstrekaním paliva do výfukového potrubia;
 Diesel fuel return – vracanie nafty; Diesel fuel inlet – vstup nafty; Fuel filter – palivový filter; Fuel pump – palivové čerpadlo; Fuel tank – palivová nádrž; Engine control unit – riadiaca jednotka motora; Metering unit – dávkovacia jednotka; Injection unit – vstrekovacia jednotka; Engine exhaust gas – výfukové plyny [34]

2.5.4 ADITÍVNY SYSTÉM

Aditívny systém aktívnej regenerácie filtra pevných častíc využíva najmä koncern PSA. Samotný filter a jeho časti nie sú po konštrukčnej stránke nijak odlišné od klasického DPF. Takýto filter ale pracuje so špeciálne aditívaným palivom, ktoré má nižšiu teplotu reakcie (400-500 °C) potrebnú pre zhorenie pevných častíc vo filtri.

Aditívum je pridané do paliva po každom natankovaní a správnu dávku prísady vypočítava podľa množstva natankovaného paliva samotná riadiaca jednotka filtra. Aditívum nesie názov EOLYS 176 alebo DPX 42 a je to kvapalná látka na báze chemického prvku céru. Častice céru vytvárajú väzbu s pevnými časticami a spolu sú zachytávané vo filtri. Pri regenerácii prispievajú k spaľovaniu pevných častíc pri nižších teplotách a zároveň skracujú proces regenerácie približne na polovicu. [21][13]

2.6 ŽIVOTNOSŤ A ÚDRŽBA FILTRA

Aj keby sa dodržiavali všetky zásady pri používaní DPF filtra a zaistili vždy ideálne podmienky pre regeneráciu, filter sa zregeneruje maximálne na 98 %. Vo filtri sa postupom času usádzajú aj nespáliteľné častice, ktoré zväčša tvoria usadeniny z oleja a paliva či kovové mikročastice vznikajúce pri postupnom opotrebení komponentov motora. Životnosť filtra bez chemického alebo mechanického čistenia sa pre staršie typy odhaduje na približne 150 000 – 200 000 km a pre najnovšie typy cca 250 000 – 300 000 km.

Pre čo najdlhšiu životnosť filtra je potrebné vytvoriť čo najvhodnejšie podmienky na prevádzku filtra. Napríklad častá mestská jazda nie je pre DPF filter vôbec vyhovujúca. Pri krátkych vzdialenostiach sa robustný vznetrový motor nestíha zahriať na prevádzkovú teplotu a spaľuje nedokonalejšie, čo vyúsťuje k rýchlejšiemu zaplňovaniu DPF filtra. Navyše v mestskej premávke nie je často možné započať proces regenerácie alebo je už prebiehajúca regenerácia veľakrát prerušená. Ak vodič zistí, že nastal proces regenerácie, mal by motor držať cca medzi 2000 – 3000 otáčkami po dobu približne 15 – 20 minút. Nevhodné je motor podtáčať alebo naopak vytáčať do vysokých otáčok. Vysoké otáčky vyhodnotí riadiaca jednotka ako nebezpečnú situáciu (napríklad potreba predchádzať iné vozidlo) a keďže je pri procese regenerácie výkon mierne obmedzený, regeneráciu okamžite preruší. V prípade častých prerušení zaplňujú filter nespálené zvyšky sadzí. V tomto prípade sa systém snaží regeneráciu spúšťať stále častejšie čo vedie k zvýšenej spotrebe paliva a k zvýšeniu tepelnej záťaže motora. Prerušená regenerácia znižuje aj celkovú životnosť DPF filtra.

Veľmi dôležité je používať tzv. low SAPS alebo low ash motorové oleje, čo v preklade znamená, oleje s nízkou produkciou popola. Na životnosť výrazne vplýva aj kvalita paliva. Pri spaľovaní nekvalitnej nafty dochádza k zvýšeniu produkcie nespálených zvyškov a tým pádom k rýchlejšiemu zanášaniam filtra. [7][13][16]

2.7 PLNENIE EMISNÝCH NORIEM

Aj keď je filter pevných častíc už pomerne stará technológia väčšina výrobcov ho do nedávnej doby vôbec do svojich vozidiel nemontovala. Moderný vznetrový motor vôbec neprodukuje také množstvo pevných častíc ako v minulosti, a veľké množstvo z nich dokázalo bez problémov splniť normu EURO 4. Zmena prišla s príchodom normy EURO 5 odkedy je filter pevných častíc povinnosťou každého výrobcu vozidiel. Normu EURO 5 a rovnako najnovšiu normu EURO 6 už nie je pre vozidlá so vznetrovým motorom bez filtra DPF možné dodržať.

2.8 APLIKÁCIA V AUTOMOBILOCH

Každá automobilka, ktorá ponúka svoje vozidlá so vznetrovým motorom v Európskej únii, musí svoje automobily vybaviť filtrom pevných častíc. Výrobcovia automobilov sa líšia použitým druhom systému DPF a takisto spôsobom jeho regenerácie.

2.8.1 BMW

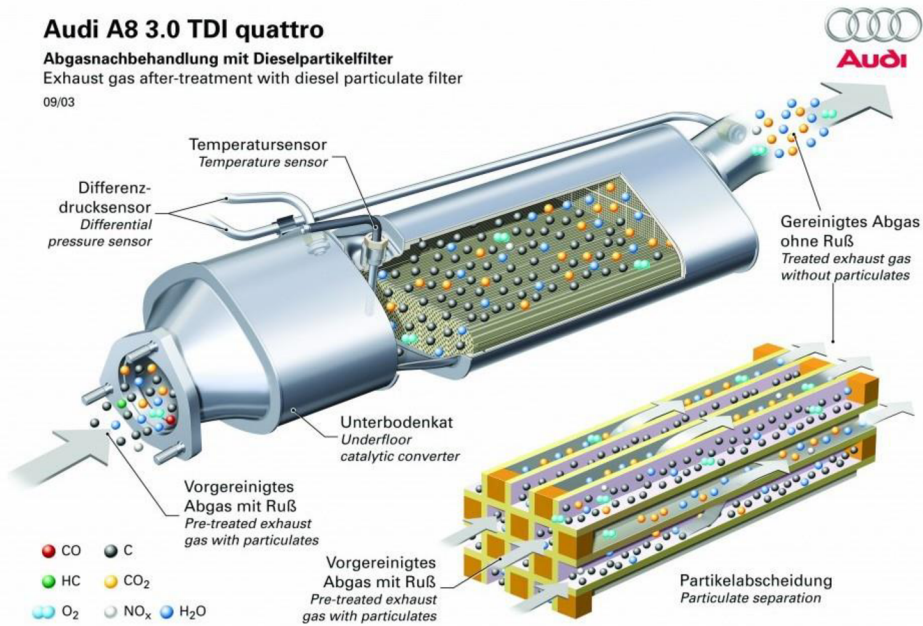
BMW používa vo všetkých svojich vozidlách klasický DPF filter s regeneráciou bez vstrekovania nafty do výfukového potrubia a bez použitia aditív. Aby mohla regenerácia započať je nevyhnutné aby bola teplota motora za jazdy vyššia než 85 °C, aby v nádrži bolo minimálne 10 l nafty a rýchlosť jazdy bola nad 65 km/h. Nezáleží na otáčkach motora, celý proces regenerácie trvá obvykle 12-40 minút a prebieha bez vedomia vodiča. [50][51]



Obr. 7 Umiestnenie DPF filtra pri motore BMW [40]

2.8.2 AUDI

Automobilka Audi má vyvinutý moderný systém katalytického odstraňovania sadzí. Využíva pri tom aktívnu vrstvu vytvorenú zo vzácnych kovov, ktorá umožňuje pasívne regenerovať filter už pri 350 °C. Pasívna regenerácia prebieha pri čiastočnom zaťažení motoru dlhšiu dobu, napríklad pri jazde na diaľnici. Touto cestou však nie je možné zregenerovať celý filter a tak je každých približne 1000-1200 km dochádza k aktívnej regenerácii. Tá prebieha za teploty výfukových plynov cca 600 °C. Audi rovnako ako BMW nepoužíva k regenerácii vstrekovanie paliva do výfukového potrubia a aditíva. [51]



Obr. 8 Schéma DPF u Audi A8 3.0 TDI;

Differential pressure sensor – senzor diferenciálneho tlaku; Temperature sensor – senzor teploty; Pre-treated exhaust gas with particulates – výfukové plyny s pevnými časticami; Catalytic converter – katalyzátor; Treated exhaust gas without particulates – výfukové plyny očistené od pevných častíc [47]

2.8.3 ŠKODA

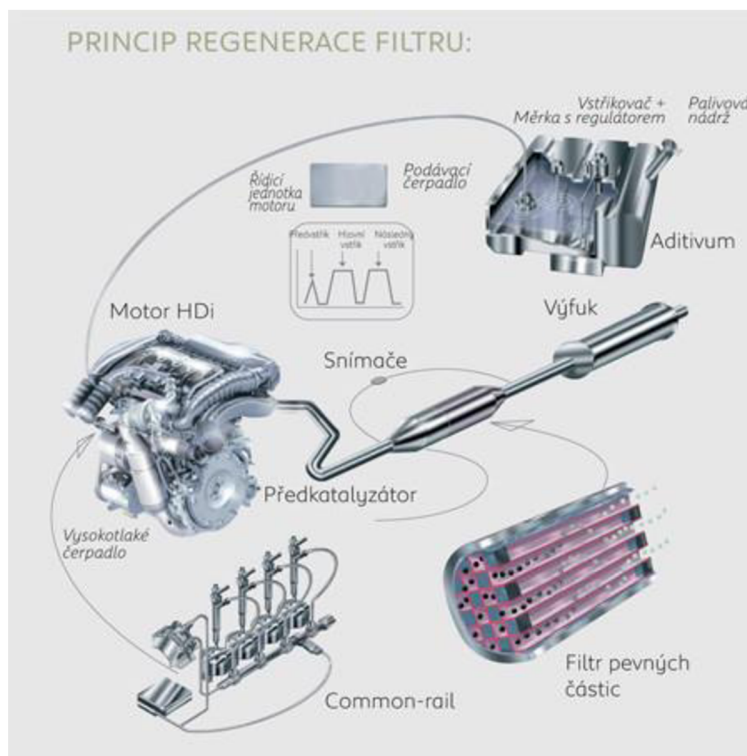
Všetky vozidlá Škoda využívajú filter pevných častíc umiestnený v blízkosti motoru bez nutnosti použitia aditív. Regenerácia prebieha v niekoľkých režimoch. Prvý prípad je bez vedomia vodiča, kedy regeneráciu zaisťuje riadiaca jednotka motoru. Ak však riadiaca jednotka nie je schopná regeneráciu započat' alebo dokončiť kvôli nevhodným podmienkam, je vodič upozornený kontrolkou. V tejto fáze je potrebné jazdiť na 4. prevodom stupni v rozmedzí otáčok 2000-3000 min⁻¹ pokiaľ kontrolka nezhasne. Ak vodič túto výzvu neakceptuje, vozidlo je po prejdení určitej vzdialenosti uvedené do núdzového režimu kedy je nutné navštíviť servis, kde je vykonaná regeneráciu diagnosticky. [51]



Obr. 9 Škoda DPF [48]

2.8.4 PSA

Koncern PSA využíva vo svojich vozidlách výhradne aditívny systém. Aditívum znižuje počiatočnú teplotu horenia častíc na približne 450 °C. Regenerácia prebieha vždy, keď sú vytvorené vhodné podmienky. Ak dlhodobo nie je možné regeneráciu vykonať a systém vyhodnotí filter príliš naplnený, upozorní na to vodiča. v najbližších 100 kilometroch je potom potrebné jazdiť minimálne 3 minúty rýchlosťou vyššou než 50km/h. Interval doplnenia aditíva je určený na 120 000 km. [51]

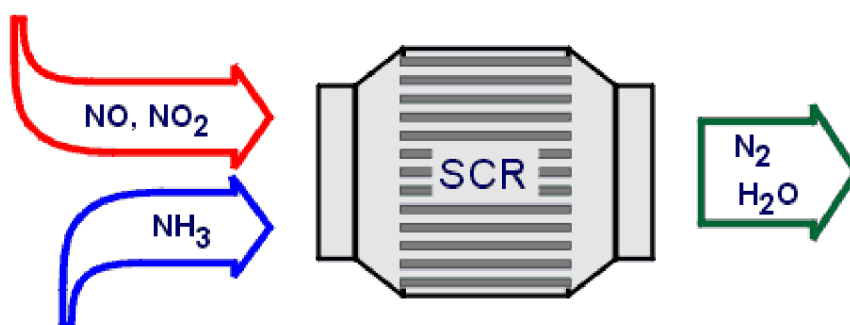


Obr. 10 Princíp regenerácie FAP od koncernu PSA [49]

3 SCR

3.1 PRINCÍP

Selektívna katalytická redukcia je proces pri ktorom je redukovaný obsah NO_x vo výfukových plynoch. Obsah NO_x je znižovaný vstrekaním kvapalnej látky s obchodným názvom AdBlue do výfukového potrubia. Za prítomnosti dostatočného tepla vo výfukovom potrubí sa AdBlue rozloží na amoniak (NH_3) a oxid uhličitý (CO_2). Amoniak ďalej pokračuje do katalyzátora kde reaguje s oxidmi dusíka (NO_x) a premieňa ich na neškodný dusík (N_2) a vodnú paru (H_2O). [19]



Obr. 11 Princíp činnosti SCR [13]

3.2 OXIDY DUSÍKA A ICH VPLYV NA ČLOVEKA A ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

Oxidy dusíka alebo ich označenie NO_x je komplexné označenie pre všetky oxidy dusíka. Radíme medzi ne oxid dusný (N_2O), oxid dusnatý (NO), oxid dusitý (N_2O_3), oxid dusičitý (NO_2) a oxid dusičný (N_2O_5). Vznikajú pri vysokých teplotách spaľovania kedy sa vzdušný dusík mení na oxidy dusíka. Množstvo oxidov dusíka závisí na teplote spaľovania, čím je teplota vyššia, tým väčšie množstvo ich vzniká. Väčšinu pri tvorbe oxidov dusíka tvorí oxid dusný, ktorý je bez zápachu. Tento plyn však vo vzduchu rýchlo reaguje so vzdušným kyslíkom a vytvára oxid dusičitý s kyslastým štipľavým zápachom. V spojení so vzdušnou vlhkosťou sa oxid dusičitý mení na kyselinu dusičnú, čo napomáha vzniku kyslých dažďov. Tieto emisie majú negatívny vplyv na ozónovú vrstvu a patria tiež medzi tzv. skleníkové plyny, ktoré ovplyvňujú klimatické zmeny. Na človeka majú rovnako negatívny vplyv. Pri vdýchnutí menšieho množstva oxidov dusíka dráždia sliznicu a oslabujú imunitu. Pri väčších množstvách a dlhodobejšom pôsobení môžu spôsobiť zápal priedušiek alebo pľúc a iné zdravotné komplikácie. [20][5]

3.3 HISTÓRIA

Technológia selektívnej katalytickej redukcie využívajúca amoniak ako redukčné činidlo bola patentovaná v USA firmou Engelhard Corporation v roku 1957. Vývoj technológie pokračoval v USA a v Japonsku v skorých sedemdesiatych rokoch a hlavne sa sústredil na lacnejšie a odolnejšie katalytické činidlá. Vo väčšom meradle začala inštalovať systémy SCR Japonská firma

IHI Corporation v roku 1978. Odvtedy sa systém používa v priemysle, v priemyselných závodoch, lodiach, vlakoch a niektoré automobilky zaradili systém SCR už aj do niekoľkých osobných vozidiel. [19]

3.4 AdBlue

AdBlue je v Európe a v krajinách, ktoré prijímajú európske emisné limity obchodný názov pre kvapalnú látku využívanú technológiou SCR. Jedná sa o chemicky vysoko čistý roztok syntetickej močoviny a demineralizovanej vody. Obsah močoviny je 32,5 % a obsah demineralizovanej vody je 67,5 %. V USA sa od zavedenia emisných noriem EPA/CARB 2010 používa zložením rovnaká látka pod obchodným názvom DEF (Diesel Exhaust Fluid) [2]

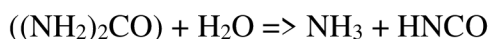


Obr. 12 BMW nádrž pre AdBlue [35]

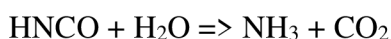
3.5 PROCES REDUKCIE NO_x

Pri vstupe výfukových plynov do SCR systému je v nich obsiahnutý podiel NO_x kontrolovaný senzorom. Výfukové plyny pokračujú k dávkovaciemu ventilu redukčného činidla AdBlue, ktorého riadiaca jednotka dávku určuje podľa obsahu NO_x.

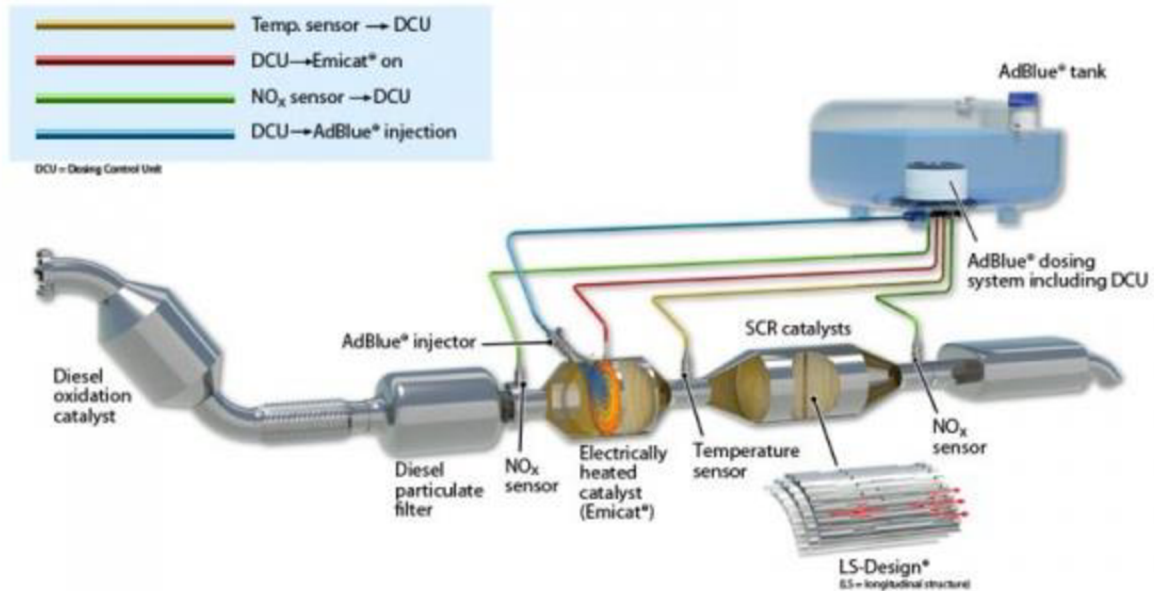
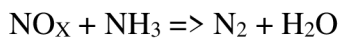
Ďalej nastáva proces termolýzy, pri ktorom sa zahriatím zmes vody (H₂O) a močoviny ((NH₂)₂CO) štiepi na amoniak (NH₃) a kyselinu izokyanátovú (HNCO).



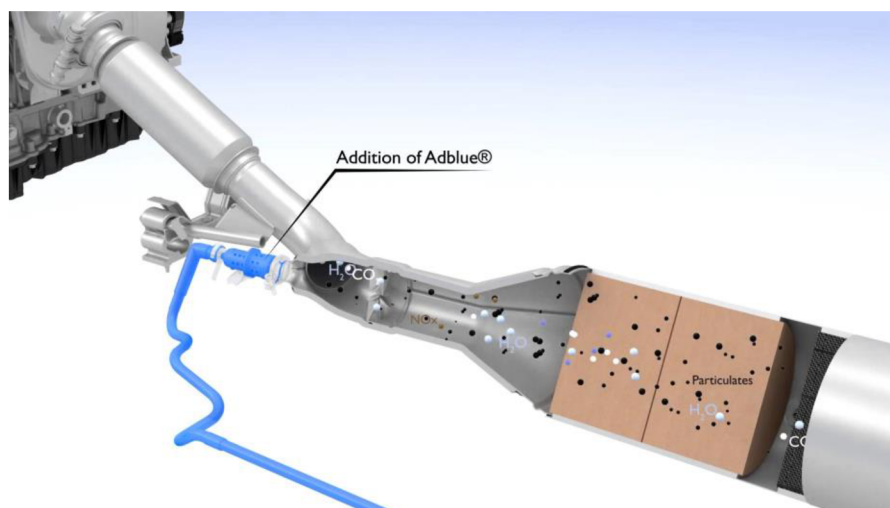
Ďalším dejom je hydrolyza kedy sa kyselina izokyanátová (HNCO) premieňa reakciou s vodou na amoniak (NH₃) a oxid uhličitý (CO₂)



Vzniknuté látky prechádzajú do redukčného katalyzátora, kde sú oxidy dusíku (NO_x) za pomoci amoniaku (NH_3) premieňané na neškodnú vodu (H_2O) a dusík (N_2). [20]



Obr. 13 Komponenty systému SCR [36]



Obr. 14 Vstrekovanie AdBlue pred redukčný katalyzátor [37]

3.6 ÚDRŽBA

Majiteľ vozidla, ktoré je vybavené systémom SCR musí dohliadať na to aby bolo redukčného činidla AdBlue v nádržke vždy dostatok. Výrobcovia vozidiel sa síce snažia systém navrhnuť tak, aby doliatie pokrylo celý servisný interval, no často sa stáva že majiteľ vozidla musí AdBlue doplniť aj medzi servisnými intervalmi. Podľa smernice EHK sú vozidlá nastavené tak, že bez redukčného činidla AdBlue ich nie je možné prevádzkovať. To znamená, že vozidlo bez AdBlue vôbec nenašartuje. Informačný systém vozidla by mal vodiča upozorniť na nedostatok AdBlue približne 2000-2500 km pred úplným vyčerpaním. V tomto štádiu začne riadiaca jednotka postupne obmedzovať maximálny výkon motora aby vodiča prinútila AdBlue doplniť. Pri dopĺňaní AdBlue je väčšinou nutné doliať minimálne 40-50 % objemu nádržky aby sa systém obnovil a vyhodnotil stav nádržky ako dostatočný. Pokiaľ po prečerpaní nie je možné AdBlue doplniť, dokáže systém ešte núdzovo jazdiť cca 1000-1500 km na destilovanú vodu. Jedná sa však len o jednorázovú záležitosť pretože systém pomocou NO_x čidiel rozpozná, že nedochádza k redukcii NO_x a po vypnutí motora opäť zamedzí jeho naštartovaniu. Vtedy je pre obnovenie systému potrebná servisná diagnostika a výmena destilovanej vody za AdBlue. [20] [24]

3.7 PLNENIE EMISNÝCH NORIEM

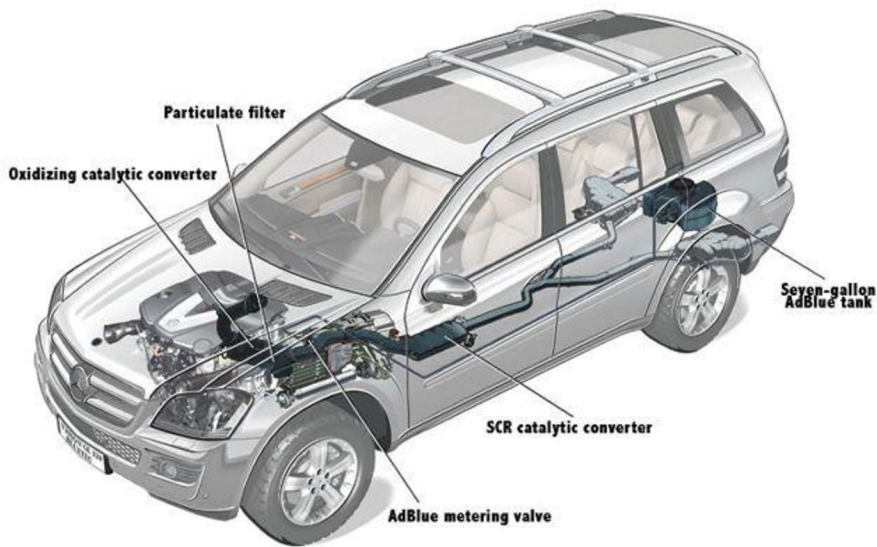
Po príchode emisnej normy EURO IV v roku 2005 kedy bol limit emisii NO_x opäť znížený, bolo mnoho výrobcov nákladných vozidiel prinútených zaradiť systém SCR do svojich vozidiel. S príchodom normy EURO VI v roku 2013 už technológiu musia používať všetci výrobcovia nákladných vozidiel. Pre splnenie tejto normy je väčšina výrobcov nútená použiť ako systém SCR tak aj systém DPF. Výrobca úžitkových vozidiel IVECO však oznámil plnenie emisnej normy EURO VI len systémom SCR, čiže bez použitia filtra pevných častíc. S príchodom normy EURO 6 pre osobné vozidlá zaradili systém SCR do svojich vozidiel aj niektoré automobily.

3.8 APLIKÁCIE V AUTOMOBILOCH

Systém SCR bol v minulosti využívaný len nákladnými a úžitkovými vozidlami. V poslednej dobe sa však s cieľom dodržiavať emisné limity rozrástá počet automobiliek, ktoré systém montujú do svojich osobných vozidiel.

3.8.1 MERCEDES-BENZ

Mercedes-Benz využíva technológiu katalytickej redukcie pod obchodným názvom BlueTec. Základom tejto technológie je systém Denoxtronic od firmy BOSCH. Technológiu BlueTec momentálne využíva v modeloch V, X, S, E, GLE, GLS, GLC, G, E, C, CLS a GLA, čiže takmer vo všetkých. [27][45]

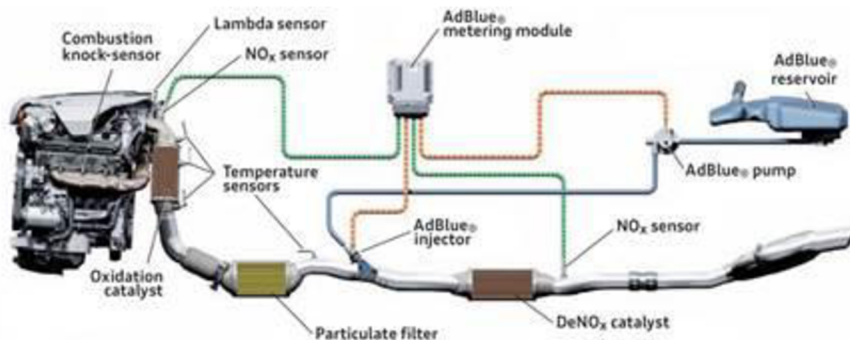


Obr. 15 Rozloženie systému BlueTec;

Oxidizing catalytic converter – oxidačný katalyzátor; Particulate filter- filter pevných častíc; AdBlue metering valve – AdBlue dávkovací ventil; SCR catalytic converter – SCR katalyzátor; Seven gallon AdBlue tank – nádrž Adblue s objemom 7 galónov [38]

3.8.2 AUDI

Automobilka Audi začala používať technológiu SCR od firmy BOSCH v roku 2009. Modely dostupné so systémom SCR boli v tom čase A4, Q5 a Q7. Momentálne montuje Audi systém do modelov A4, A5, A6, A7, A8, Q3, Q5 a Q7. [27]

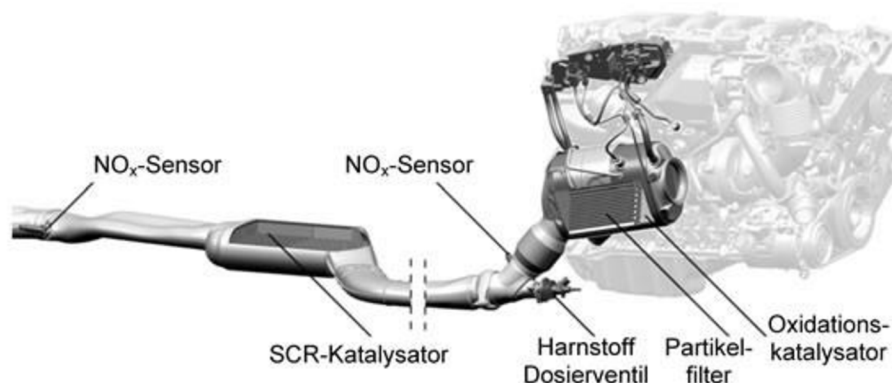


Obr. 16 Systém SCR Audi;

Lambda sensor – lambda sonda; AdBlue metering module – AdBlue dávkovací modul; AdBlue reservoir – nádrž Adblue; Oxidation catalyst – oxidačný katalyzátor; Temperature sensors – Tepelné čidlá; Combustion knock sensor – senzor detonačného spalovania; Particulate filter – filter pevných častíc; AdBlue pump – čerpadlo AdBlue; DeNO_x catalyst – SCR katalyzátor [39]

3.8.3 BMW

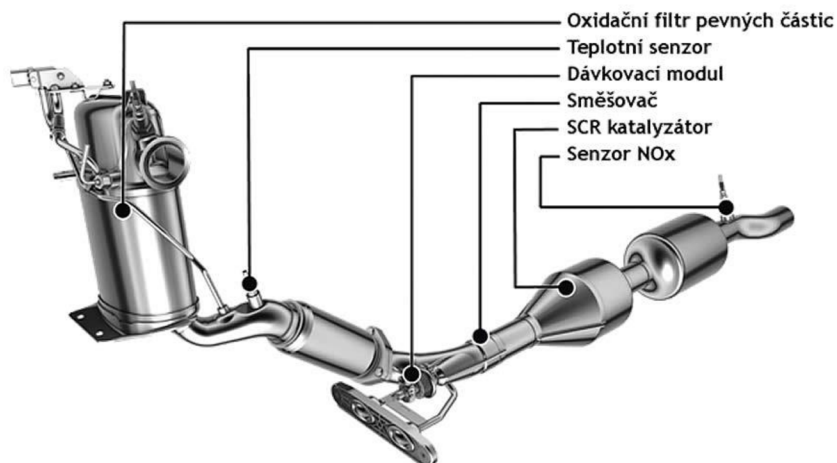
BMW montuje systém SCR do svojich automobilov pod názvom BluePerformace od roku 2013 a jedná sa opäť o systém Denoxtronic od firmy BOSCH. Systém je využívaný v modeloch radu 1, 2, 3, 4, 5, 7 a v modeloch X1, X3, X5 a X6. BMW plánuje do budúcnosti vybaviť systémom SCR všetky modely so vznetovým motorom. [27][31]



Obr. 17 Rozloženie systému SCR v BMW;
Harnstoff Dosierventil – dávkovací ventil močoviny; Partikel filter – filter pevných častíc; Oxidations katalysator – oxidačný katalyzátor [46]

3.8.4 VOLKSWAGEN

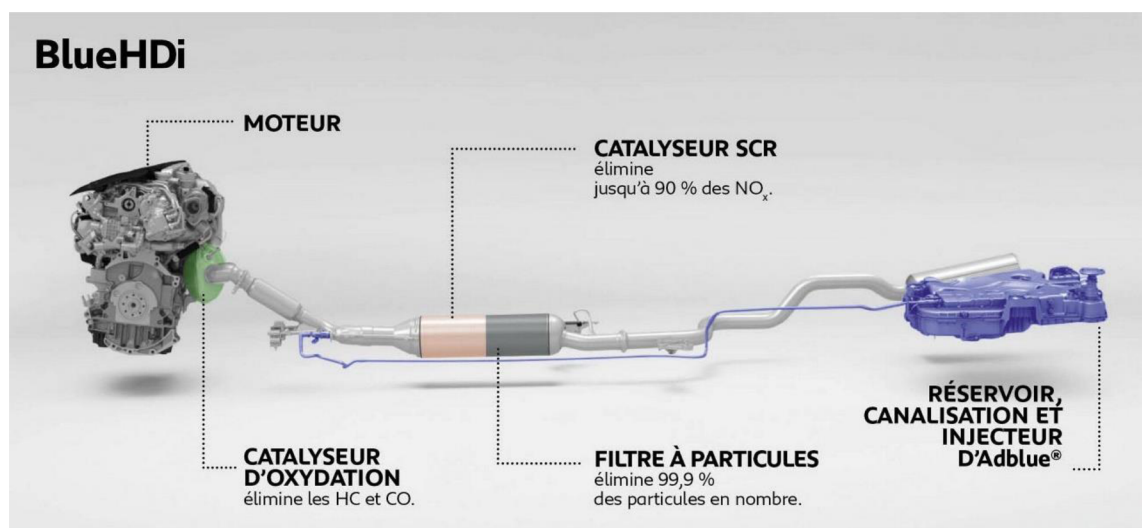
Rovnako ako predošlí výrobcovia využíva systém SCR od firmy BOSCH aj automobilka Volkswagen. Vozidlá využívajúce tento systém označujú ako BlueTDI. Technológia je využívaná v modeloch Passat, Tiguan, Touran, Sharan a Touareg. [27][28]



Obr. 18 Systém SCR Volkswagen [41]

3.8.5 PSA

Koncern PSA zaradil systém SCR do výroby svojich automobilov v roku 2013. Automobily vybavené týmto systémom sú označené ako BlueHDi a platí to rovnako pre značku Citroën a Peugeot. Automobilka Citroën používa technológiu v modeloch C3, Berlingo Multispace, C4, C4 SpaceTourer a Grand C4 SpaceTourer a Peugeot v modeloch 208, 2008 a 308. [26][27][29]



Obr. 19 Systém BlueHDi v Peugeot 308;

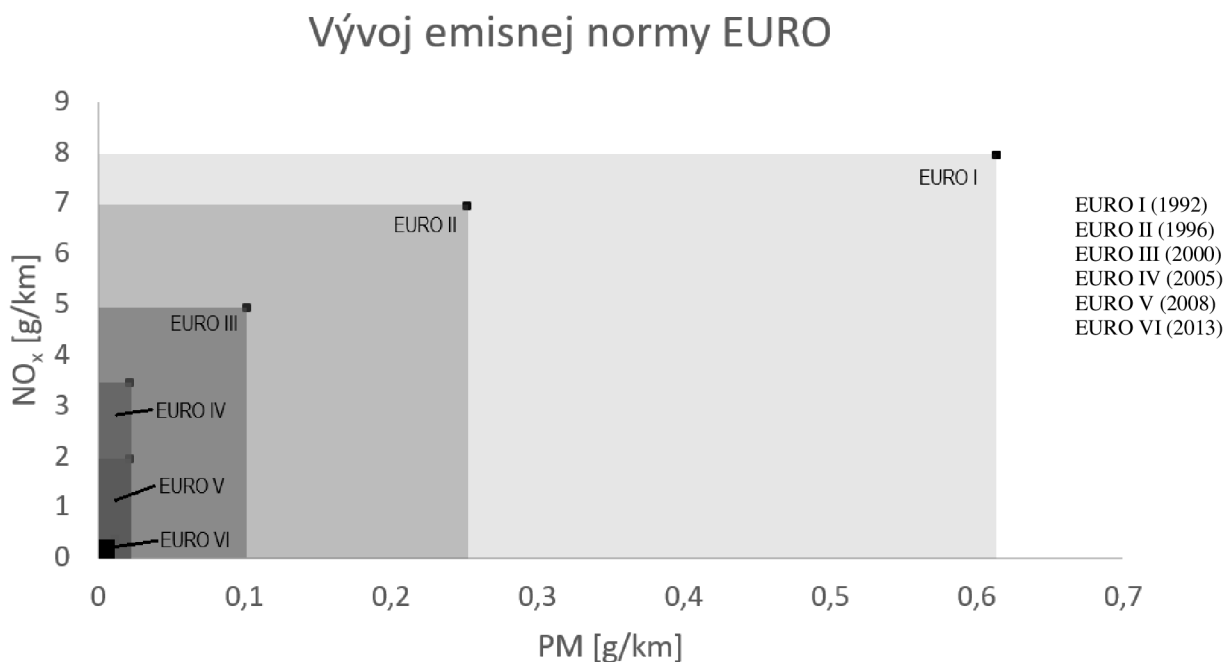
Moteur – Motor; Catalyseur d'oxydation – oxidačný katalyzátor; Catalyseur SCR – SCR katalyzátor; Filtre à particules – FAP; Réservoir canalisation et injecteur d'AdBlue – AdBlue nádrž [42]

3.8.6 OPEL

Technológiu selektívnej katalytickej redukcie začala používať aj automobilka Opel. Vozidlá s touto technológiou označuje ako BlueInjection a montuje ju do modelov Zafira, Cascada a Insignia. Rovnako ako BMW plánuje Opel vybaviť v budúcnosti všetky automobily so vznetrovým motorom technológiou SCR. [27][30]

4 SMEROVANIE DO BUDÚCNOSTI

Budúcnosť smerovania emisných noriem a s nimi spojené systémy pre znižovanie škodlivín vo výfukových plynoch je otáznou. Čo prinesie po aktuálnej norme EURO 6 nasledujúca norma? Budú sa limity emisných noriem znižovať do nekonečna alebo začnú niekedy v budúcnosti platiť nulové limitné hodnoty?



Graf 2 Vývoj emisnej normy EURO

4.1 NORMA EURO 7

Na rok 2020 je pripravované vydanie normy EURO 7. Bude sa jednať o normu, ktorá obmedzuje produkciu CO₂ na hodnotu 95 g/km. Túto normu nie je mnoho súčasných pohonov schopných dodržať. V priemere zodpovedá tejto hodnote CO₂ spotreba 3,5 l nafty alebo 4 l benzínu na 100 km. Je teda zrejme, že automobilky budú musieť investovať nemalé peniaze do vývoja nových pohonných jednotiek, prípadne začať vo vývoji nových alternatívnych riešení. Takéto pohonné jednotky budú opäť komplikovanejšie a drahšie a odrazí sa to aj na cene vozidla a jeho údržbe. Je teda otázne kedy spaľovacie motory úplne nahradia alternatívne pohony. [25]

4.2 ELEKTROMOBILITA

Elektromobilita je veľmi aktuálnou témou keďže ponúka náhradu za vozidlá poháňané spaľovacím motorom. Pri svojej činnosti neprodukujú škodlivé emisie a stávajú sa veľmi lákavou alternatívou. Moderné elektromobily dokonca na jedno nabitie dojazdom pomaly konkurujú

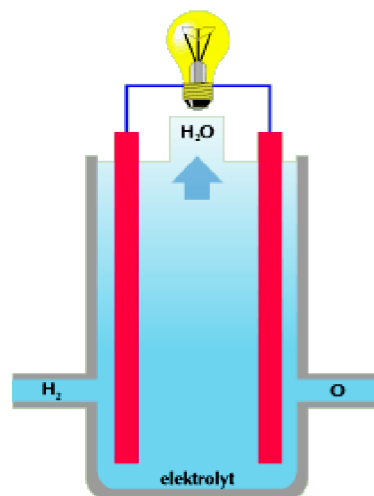
spaľovacím motorom na jedno natankovanie, čím ich popularita výrazne narástla. Pre užívateľov je rovnako výhodná prevádzka popri stále zvyšujúcich sa cenách palív.

Elektromobil sa zdá byť ako perfektná ekologická alternatíva, ale má aj svoje nevýhody, pre ktoré existuje aj rada odporcov. Niektorí sú názoru, že v konečnom dôsledku výroba a prevádzka elektromobilu znečistí životné prostredie viac ako vozidlo so spaľovacím motorom. Výroba akumulátorov, ktoré elektromobily poháňajú je veľmi diskutabilnou záležitosťou, či sa nejedná o menej ekologický proces ako prevádzkovanie spaľovacieho pohonu. Akumulátory elektromobilov obsahujú lítium, ktorého ťažba určite nie je ekologicky priaznivá. Pri dnešnom stave techniky sú akumulátory navyše veľmi objemné, príliš ťažké a majú malú životnosť.

Ďalším rozoberaným problémom tejto technológie je zdroj elektrickej energie, ktorý ju poháňa. Prevažná časť tejto elektrickej energie je stále vyrábaná fosílnym spaľovaním či z jadrových elektrární, ktoré ekologické rozhodne nie sú. Ekologicky prívetivejšie elektrárne na obnoviteľné zdroje tvoria len malú časť zdrojov elektrickej energie. Je však isté, že prevádzka elektromobilov je takmer úplne bez emisií a mestské oblasti by mohli byť vďaka nim výrazne čistejšie. Preto aktuálne takmer každý výrobca automobilov pripravuje zaradenie elektromobilov do svojej ponuky.

4.3 PALIVOVÉ ČLÁNKY

Ďalšou variantou by mohli byť vozidlá poháňané palivovými článkami. Jedná sa o technológiu, pri ktorej je chemická energia paliva menená na elektrickú. Palivový článok je galvanický článok s elektródami kde je privádzané palivo a oksyľičovadlom je vzdušný kyslík a vzniká tak elektrické napätie na elektródach. Najčastejším palivom je vodík, no môže byť použitý aj zemný plyn alebo metanol. Palivové články nevytvárajú škodlivé emisie a odpadom ich činnosti je len vodná para. Vodík je možné vyrábať elektrolyzou vody no jeho výroba je v dnešnej dobe dosť finančne náročná. Jeho skladovanie v nádržiach vozidiel je rovnako v neustálom vývoji, pretože je v zmesi so vzduchom vysoko výbušný. Do budúcnosti sa to však javí ako veľmi sľubný alternatívny zdroj pohonu. [5]



Obr. 20 Schéma Palivového článku [44]

ZÁVER

Systémy DPF a SCR sú veľmi diskutabilnými zariadeniami. Stojí za nimi mnoho zástancov a ochrancov životného prostredia ale bežný užívateľ vozidla s nimi často stotožnený nie je. Množstvo odporcov kritizuje vysokú cenu týchto zariadení a s nimi spojenú pravidelnú údržbu. Tieto systémy majú za úlohu znižovať emisie, ktoré motorové vozidlá produkujú a dodržať tým určené emisné limity. Skeptici však zastávajú názor, že tieto systémy buď s týmto problémom vôbec nepomáhajú, ba naopak stav ešte zhoršujú. Je otázne či vývoj, výroba, recyklácia alebo likvidácia týchto zariadení je v konečnom dôsledku ekologicky viac šetrná a tieto zariadenia tak naozaj prispievajú k čistejšiemu životnému prostrediu.

Nízke emisie by privítal asi každý, no nie každý už je ochotný doplatiť za tieto vymoženosti nemalé peniaze. Existujú teórie, že keď sú vozidlá vybavené týmito systémami nákladnejšie pri zaobstarávaní a rovnako aj pri údržbe, môže si ich dovoliť menej ľudí. V dôsledku toho ostáva v obehú viac starších vozidiel, ktoré produkujú viac škodlivín ako moderné vozidlá bez týchto systémov.

Ostáva len dúfať, že všetky emisné normy a systémy vyvinuté pre ich plnenie nie sú neopodstatnené a skutočne prispievajú k čistejšiemu prostrediu. Určite sa však dá bezpochyby povedať, že sa dnešné spaľovacie motory stávajú čistejšími a produkujú výrazne menej škodlivín ako tomu bolo v minulosti.

POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] HROMÁDKO, Jan. Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [2] CLARK, Toby. AdBlue for dummies. *Commercial Motor* [online]. Stratford-Upon-Avon: Road Transport Media, 2013, 219(5541), 42-43 [cit. 2018-05-18]. ISSN 00103063.
- [3] ŽDÁNSKÝ, Bronislav, Jiří ČUPERA a Zdeněk JAN. *Automobily 4 - Příslušenství*. 5. vydání. Brno: Avid spol, 2007. ISBN 978-80-903671-8-0.
- [4] ŠUTA, Miroslav. *Účinky výfukových plynů z automobilů na lidské zdraví*. 3., dopl. vyd. Brno: ZO ČSOP Veronica, c2010. ISBN 978-80-87308-01-1.
- [5] MORAVČÍK, Ľubomír. *Smerovanie emisných predpisov cestných motorových vozidiel* [online]. 11-2014 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/36_2014/Moravcik.pdf
- [6] SAJDL, Jan. *Emisní norma EURO* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>
- [7] JANCO, Marcel. *Filter pevných častíc (DPF/FAP) - ako funguje, problémy, životnosť, regenerácia, deaktivácia a čistenie* [online]. 28.2.2016 [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/filter-pevnych-castic-dpffap-ako-funguje-problemy-zivotnost-regeneracia-deaktivacia-a-cistenie/>
- [8] MORAVČÍK, Ľubomír. *Sprísňovanie emisných limitov cestných motorových vozidiel* [online]. 15.12.2013 [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <http://www.svetdopravy.sk/sprisnovanie-emisnych-limitov-cestnych-motorovych-vozidiel/>
- [9] SAJDL, Jan. *DPF (Diesel Particulate Filter)* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/dpf-diesel-particulate-filter/>
- [10] DITTLER, Achim. *Development history and system integration aspects of exhaust gas aftertreatment applying diesel particulate filters in commercial vehicles* [online]. 2009 [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/267211287_Development_history_and_system_integration_aspects_of_exhaust_gas_aftertreatment_applying_diesel_particulate_filters_in_commercial_vehicles
- [11] SCHÄFFNER, Guido. *How does a Diesel Particulate Filter work?* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: https://www.mtu-report.com/DesktopModules/MTU_Report_Content/Print.aspx?pid=0&tid=592&cc=en-US&v=1
- [12] KR, Michael. *Filter pevných častíc, DPF či FAP filter a jeho funkcia* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <https://autoride.sk/filter-pevnych-castic-dpf-fap-filter-jeho-funkcia/>
- [13] VELECKÝ, Martin. *Filtry pevných častíc aneb DPF (1/4): Druhy DPF, jejich plusy a minusy* [online]. 17.6.2014 [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/filtry-pevnych-castic-aneb-dpf-1/4-druhy-dpf-jejich-plusy-a-minusy>

- [14] VELECKÝ, Martin. *Filtry pevných částic aneb DPF (2/4): Spolehlivost filtrů* [online]. 24.6.2014 [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/filtry-pevnych-castic-aneb-dpf-2/4-spolehlivost-filtru>
- [15] VELECKÝ, Martin. *Filtry pevných částic aneb DPF (3/4): 7 rad, jak předcházet problémům* [online]. 1.7.2014 [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/filtry-pevnych-castic-aneb-dpf-3/4-7-rad-jak-predchazet-problemum>
- [16] LICHTENBERG, Petr. *Filtr pevných částic: noční můra majitelů dieselů* [online]. 12.10.2016 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://auto.idnes.cz/fap-dpf-filtr-pevnych-castic-diesel-duk-/auto_ojetiny.aspx?c=A160916_104200_auto_ojetiny_fdv
- [17] EURÓPSKA ENVIRONMENTÁLNA AGENTÚRA. *Znečišťovanie ovzdušia* [online]. 9.10.2017 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/sk/themes/air/intro>
- [18] INTEGROVANÝ REGISTR ZNEČIŠŤOVÁNÍ. *Polétavý prach (PM10)* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.irz.cz/repository/latky/poletavy_prach.pdf
- [19] MAJEWSKI, Addy. *Selective Catalytic Reduction* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.dieselnets.com/tech/cat_scr.php
- [20] JANCO, Marcel. *Močovina, SCR s AdBlue, oxidy dusíka NOx, LNT katalyzátor* [online]. 16.6.2016 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/clanky/mocovina-scr-s-adblue-oxidy-dusika-nox-lnt-katalyzator/>
- [21] DUSIL, Tomáš. *Regenerace filtrů pevných částic: Jak jezdit, abychom neničili drahý filtr?* [online]. 13.2.2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.auto.cz/regenerace-filtru-pevnych-castic-jak-jezdit-abychom-nenicili-drahy-filtr-113369?utm_source=facebook&utm_medium=dave
- [22] MAJEWSKI, Addy. *Diesel Particulate Filters* [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://courses.washington.edu/cive494/DPF.pdf>
- [23] NEVTÍPIL, Jakub. *Emisní limity* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2013 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/26346>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Radim Dundálek.
- [24] BLAŽEK, Honza. *AdBlue a selektivní katalytická redukce (SCR): vše, co potřebujete vědet* [online]. 5.6.2017 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.autoblogger.cz/poradna/adblue-selektivni-katalyticka-reakce-scr-vse-potrebuje-vedet/>
- [25] PROCHÁZKA, Martin. *Unie chystá tvrdší emisní normy. Auta zřejmě podraží* [online]. 24.6.2016 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/ekonomika/409813-unie-chysta-tvrdsi-emisni-normy-auta-zrejme-podrazi.html>
- [26] CITROEN. *BlueHDi engines* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.citroen.co.uk/about-citroen/environment/bluehdi-engines>
- [27] BUYACAR TEAM. *What is AdBlue?* [online]. 16.3.2018 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.buyacar.co.uk/cars/diesel-cars/398/what-is-adblue>

- [28] VOLKSWAGEN. *AdBlue: Selective Catalytic Reduction (SCR)*[online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.volkswagen.co.uk/technology/diesel/adblue>
- [29] PEUGEOT. *BlueHDi engines* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.peugeot.co.uk/bluehdi/>
- [30] OPEL. *BlueInjection technology* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.opel.ie/tools/adblue/general-information.html>
- [31] BMW GROUP. *BMW model update measures for the spring of 2018*[online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0277914EN/bmw-model-update-measures-for-the-spring-of-2018?language=en>
- [32] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/graf-roc/13groc/gr13e/png/f08_03.png
- [33] CLEANTAXX. *Funkce DPF* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.dpf-ftg.cz/funkce-dpf>
- [34] QUANTUM, Jay. *DPF Regeneration* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.dpfcentre.com/dpf-regeneration/>
- [35] *DEF/Urea Tank* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.ecstuning.com/b-genuine-bmw-parts/def-urea-tank/16197204623/>
- [36] ROMAIN, Nicolas. *Emitec's E-SCR system for NOx reduction* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.car-engineer.com/emitecs-e-scr-system-for-nox-reduction/>
- [37] MERCALUBRICANTES. *QUE ES EL ADBLUE?* [online]. 4.8.2015 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://mercalubricantes.com/es/blog/que-es-el-adblue-b44.html>
- [38] WILLIAMS, Mark. *GM and Mercedes-Benz: Who Makes the World's Best Diesel?* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.trucktrend.com/news/163-0810-mercedes-benz-and-gm-diesel-engines/>
- [39] AUTO-NEWS. *Umweltoffensive: Sauberer Audi-Diesel startet im Jahr 2008* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: http://www.auto-news.de/tuning/anzeige_Umweltoffensive-Audi-stellt-sauberer-Diesel-und-Hybrid-Prototyp-vor_id_20287
- [40] *DPF off service (Diesel Particle Filter)* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://karreman-engineering.com/chiptuning/dpf-off-service-diesel-particle-filter-2>
- [41] VOLKSWAGEN. *SELEKTIVNÍ KATALYTICKÁ REDUKCE (SCR)* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.volkswagen-liberec.cz/selektivni-katalyticka-redukce-pro-vozy-volkswagen>
- [42] TOPSPEED. *2015 Peugeot 308 GT* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.topspeed.com/cars/peugeot/2015-peugeot-308-gt-ar165298.html>

- [43] OPEL. *Opel Flagship Insignia heads Euro 6d-TEMP Offensive* [online]. 9.5.2018 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://media.opel.com/media/intl/en/opel/home.detail.html/content/Pages/news/intl/en/2018/opel/05-09-euro-6d-temp-offensive.html>
- [44] JAVYS. *Elektrochemický palivový článok* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.javys.sk/sk/informacny-servis/energeticky-slovník/E/elektrochemicky-palivovy-clanok>
- [45] BOSCH. *Denoxtronic-Systemen* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.ipar.nl/media/16983/Bosch-Denox-Brochure-2016.PDF>
- [46] AUTO-UMWELT. *SCR System* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: http://www.auto-umwelt.at/_umweltfr/umweltfr_abg.htm
- [47] ŽÁK, Dalibor. *Filtry pevných částic (DPF) v ojetinách: Kde se vzaly a jaké jsou jejich typy* [online]. 20.3.2018 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/filtry-pevných-castic-dpf-ojetinách-se-vzaly-jake-jsou-typy/>
- [48] ŠKODA. *Škoda economy DPF* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/servis-a-prislusenstvi/originalni-dily-filtry-pevných-castic>
- [49] PEUGEOT. *Filtry pevných částic (FAP)* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.peugeot.cz/sluzby-servis/nahradni-dily/fap.html>
- [50] VOTON. *Regenerace DPF (filtru pevných částic) u BMW* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://voton.cz/informace/uzitecne-informace/odborne-informace-rady-tipy/regenerace-dpf-filtru-pevných-castic-u-bmw>
- [51] ŠIKL, Petr. *Filtry pevných částic jsou časovanou bombou* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/filtry-pevných-castic-jsou-casovanou-bombou.html>

Zoznam použitých obrázkov

Obr. 1 Princíp činnosti DPF [7]	18
Obr. 2 Schéma DPF [9].....	18
Obr. 3 Filtrovateľnosť častíc pri dýchaní [4]	19
Obr. 4 Mapa koncentrácie pevných častíc v Európe v roku 2011 [32].....	20
Obr. 5 Komponenty DPF [33].....	21
Obr. 6 Systém DPF so vstrekaním paliva do výfukového potrubia [34]	23
Obr. 7 Umiestnenie DPF filtra pri motore BMW [40].....	25
Obr. 8 Schéma DPF u Audi A8 3.0 TD [47].....	26
Obr. 9 Škoda DPF [48]	26
Obr. 10 Princíp regenerácie FAP od koncernu PSA [49]	27
Obr. 11 Princíp činnosti SCR [13].....	28
Obr. 12 BMW nádrž pre AdBlue [35]	29
Obr. 13 Komponenty systému SCR [36]	30
Obr. 14 Vstrekovanie AdBlue pred redukčný katalyzátor [37]	30
Obr. 15 Rozloženie systému BlueTec [38]	32
Obr. 16 Systém SCR Audi [39]	32
Obr. 17 Rozloženie systému SCR v BMW [46]	33
Obr. 18 Systém SCR Volkswagen [41]	33
Obr. 19 Systém BlueHDi v Peugeot 308 [42].....	34
Obr. 20 Schéma palivového článku [44].....	36

ZOZNAM POUŽITÝCH TABULIEK A GRAFOV

Tab. 1 Limitné hodnoty normy EURO pre osobné vozidlá [8].....	15
Tab. 2 Limitné hodnoty normy EURO pre nákladné vozidlá a autobusy [8].....	15
Tab. 3 Limitné hodnoty normy STAGE I [23].....	16
Tab. 4 Limitné hodnoty normy STAGE II [23]	16
Tab. 5 Limitné hodnoty normy STAGE III [23]	16
Tab. 6 Limitné hodnoty normy STAGE IV [23].....	17
Tab. 7 Limitné hodnoty normy STAGE V [23]	17
Graf 1 Zloženie výfukových plynov [5]	14
Graf 2 Vývoj emisnej normy EURO	35