



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní



Dopad technologických maziv ve výfukovém systému automobilu na emise částic

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství

Studijní obor: FS/2302T010/83

Autor práce: Bc. Petr Franc

Vedoucí práce: doc. Ing. Vojtíšek Michal, Ph.D.

Liberec 2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Franc**
Osobní číslo: **S15000022**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce strojů a zařízení**
Název tématu: **Dopad technologických maziv ve výfukovém systému automobilu na emise částic**
Zadávající katedra: **Katedra vozidel a motorů**

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

Diplomová práce experimentálního charakteru se bude zabývat zkoumáním vlivu technologických maziv používaných při ohýbání trubek výfukového systému spalovacího motoru lehkého silničního vozidla na výfukové emise, s důrazem na celkový počet emitovaných částic. Při výrobě výfuku ulpívají na vnitřních stěnách jednotlivých komponent různá technologická maziva, která pak následkem teploty spalin hoří a nepříznivě se podílí na emise při ujetí prvních stovek kilometrů.

Dílčí cíle práce:

1. Provedení rešerše současného stavu poznání a průmyslové praxe týkající se technologických maziv a konzervačních látek využívaných při výrobě výfukových systémů, přehled typů nejčastěji používaných maziv a jejich dávkování.
2. Výběr reprezentativních kombinací maziv a jejich dávkování, výběr reprezentativního dílu (např. středová trubka).
3. Návrh experimentu, aparatura a postup zkoušky, kterým bude na vybraném automobilovém motoru na motorové zkušebně v laboratořích TUL zjištěn příspěvek technologických maziv na emise částic oproti stabilizovanému stavu (výfukový systém bez maziv).
4. Příprava ve spolupráci s průmyslovým partnerem, exemplářů jednoho vybraného dílu s rozdílnými kombinacemi typu maziva a jeho dávkování.
5. Provedení experimentu pro vybrané kombinace maziv a jejich dávkování.
6. Zpracování, popis a diskuze výsledků.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran + CD**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:


- [1] Martyr J. a Plint M. A. *Engine Testing*, 3. vydání, Elsevier 2007.
- [2] Giechaskiel, B., Maricq, M., Ntziachristos, L., Dardiotis, C., Wang, X., Axmann, H., ... & Schindler, W. (2014). *Review of motor vehicle particulate emissions sampling and measurement: From smoke and filter mass to particle number. Journal of Aerosol Science*, **67**, 48-86.
- [3] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021850213001961>.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Michal Vojtíšek, Ph.D.**
Katedra vozidel a motorů

Datum zadání diplomové práce: **1. března 2017**
Termín odevzdání diplomové práce: **1. června 2018**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Robert Voženílek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. března 2017

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce panu doc. Ing. Michalu Vojtíškoví, Ph.D. za jeho rady, pomoc a čas, který mi věnoval během konzultací. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Martinu Pechoutovi, Ph.D. za jeho ochotu velkou pomoc při měření a zpracování výsledků, Ing. Vítu Beránkovi, Ph.D. za jeho pomoc s instalací měřicího zařízení, panu Ing. Robertu Voženílkovi, Ph.D. za možnost využít měřicí zařízení Power Train. Také bych chtěl poděkovat paní Mgr. Lence Ticháčkové za gramatickou a stylistickou korekci.

Dopad technologických maziv ve výfukovém systému automobilu na emise částic

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá měřením emisí pevných částic technologických maziv použitých při výrobě výfukových systémů. Tato technologická maziva (například při ohýbání trubek) zůstávají ve výfukovém systému a následně se uvolňují v podobě pevných částic při několika prvních jízdách automobilu. Provedené experimenty se zabývají kvalitou a kvantitou maziva ve výfukovém systému a množstvím počtem uvolněných částic, dále jsou zobrazeny a diskutovány jednotlivé výsledky.

Klíčová slova: emise, pevné částice, technologická maziva, výfukový systém, ohýbání trubek

Abstract

The aim of diploma thesis is measuring of particular matter emissions resulting from the use of technological lubricants during the manufacture of the exhaust system. These technological lubricants (for example for tubes bending) are retained in the exhaust systems and result in emissions of particulate matter during initial operation of the vehicle. Results from experiments investigating the effect of quality and quantity of technological lubricants on exhaust emissions of particulate matter, measured as the total number of particles, are presented and discussed.

Key words: emission, particular matter, technological lubricants, exhaust system, tube bending

Obsah

Seznam symbolů a zkratek	9
Úvod	11
1. Emise vozidel	13
1.1. Smog	13
1.2. Emisní normy	16
1.3. Měření emisí	18
1.4. Emise výfukových plynů	19
1.4.1. Pevné částice	21
1.4.2. Měření pevných částic	21
1.4.3. Gravimetrická metoda měření pevných částic	23
1.4.4. PMP (particle measurement program) Program pro měření částic	24
2. Průmyslová maziva pro ohýbání trubek	25
2.1. ALC	26
2.2. ALTO	26
2.3. NIROL	26
2.4. Metform O.F.gel D4237	27
3. Cíle práce	28
4. Zahřívací zkouška maziv	29
4.1. Cíle zkoušky	29
4.2. Metodika zkoušky	29
4.3. Výsledky zkoušky a diskuze	29
5. Spalovací zkouška maziv	33
5.1. Cíle zkoušky	33
5.2. Metodika zkoušky	33
5.3. Výsledky zkoušky a diskuze	33
6. Měření příspěvku maziv k výfukovým emisím pevných částic	39
6.1. Cíle zkoušky	39
6.2. Metodika zkoušky	40
6.2.1. Zařízení použité pro zkoušku	42
6.2.2. Výběr zkoušeného maziva	48

6.2.3.	Výroba a příprava vzorků	49
6.2.4.	Testovací cyklus	52
6.2.5.	Zapojení přístrojů NM3 a EEPS.....	54
6.3.	Výsledky	56
6.3.1.	Referenční měření.....	56
6.3.2.	Zkouška maziva množství 1 – 3 g.....	57
6.3.3.	Zkouška maziva množství 8 - 10 g.....	67
6.3.4.	Zkouška maziva množství 14 – 17 g	71
7.	Závěr a doporučení	76
8.	Seznam použité literatury	84
	Přílohy	87

Seznam symbolů a zkratek

M1	Kategorie motorového vozidla, osobní automobil
EURO 1-6	European emission standard 1-6 (Evropské emisní limity 1 až 6)
NO _x	Oxidy dusíku
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
NO ₂	Oxid dusičitá
UV	Ultraviolet (Ultrafialové záření)
SO ₂	Oxid siřičitý
HC	Uhlovodík
PM	Particular matter (pevné částice)
BA	Benzín automobilový
NM	Nafta motorová
PČ	Pevné částice
DI	Direct injection (přímé vstřikování)
IDI	Indirect injection (nepřímé vstřikování)
NMHC	Non-methan hydrocarbon (Metanové uhlovodíky)
PMP	Particular measure program (Program měření pevných částic)
EHK	Evropská hospodářská komise
OSN	Organizace spojených národů
OBD	On Board Diagnostic (Diagnostika vozidla)
H ₂ O	Voda
H ₂	Vodík
N ₂	Dusík
O ₂	Kyslík
NO	Oxid dusnatý
NO ₂	Oxid dusičitý
λ	Lambda, poměr směsy motoru

SI	Spark ignited (Zažehnutí jiskrou)	
c_m	Koncentrace částic	[g/l]
m_1, m_2	Hmotnost	[g]
V_{vzor}	Celkový objem prosátého množství paliva	[l]
PND	Partical number dilutor (Ředička pevných částic)	
MFC	Mass flow controller (Klapka řídicí průtok)	
CVS	Constant volume sampling (Tunel pro konstantní vzorkování plynů)	
TSI	Twincharged stratified injection (Přepřňované benzínové motory s přímých stříkem paliva)	
DiSC	(Difuzní klasifikátor částic)	
DPF	Diesel particulate filter (Filtr pevných částí dieslových motorů)	
VOC	Volatile Organic Compounds (Volatilní částice)	
EEPS	Engine Exhaust Particle Sizer	
4WD	4 wheel driver (Pohon všechno kol)	
2WD	2 wheel driver (Pohon dvou kol)	
CNC	Computer numeric control (Počítačově řízený system)	
NEDC	New European drive cycle (Nový evropský jízdní cyklus)	
m_{pe}	Měrná spotřeba	[g/kWh]
EEFMOMT	Točivý moment	[Nm]
PC	Personal computer (Osobní počítač)	
NM3	Přístroj NanoMet 3	

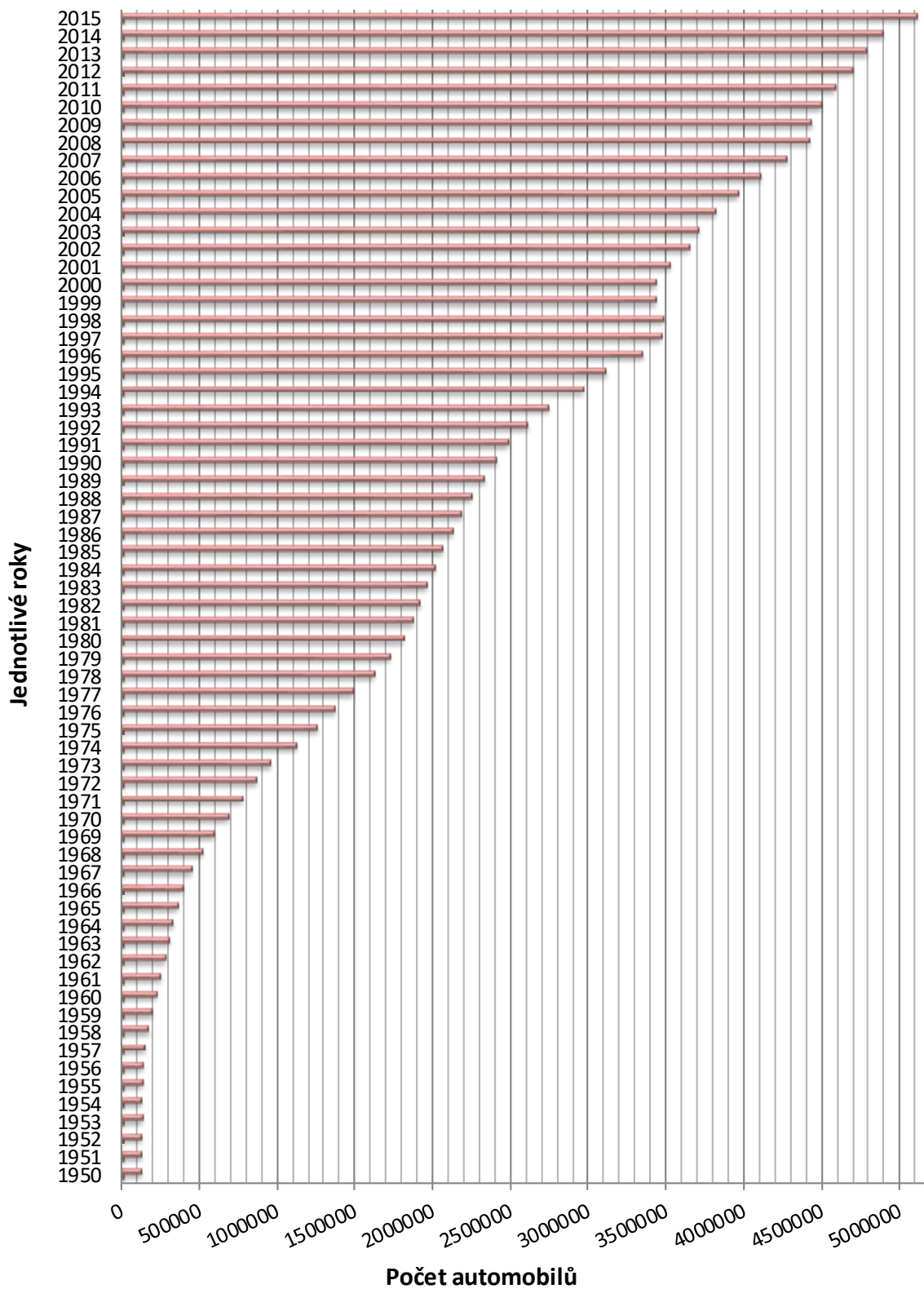
Úvod

Emise vozidel potažmo jejich spalovacích motorů jsou v dnešní době velmi diskutovaným tématem. Vzhledem ke stále se zvyšujícímu počtu vozidel v ČR, které již překročilo hranici 5 miliónů, viz Graf 1 [1] je vhodné se na tuto problematiku zaměřit a stanovit i vhodné limity pro regulaci. Limity jsou stanoveny evropskými směrnici a přesně definují jednotlivá maximální množství škodlivin obsažených ve výfukových plynech. Tyto škodliviny jsou následně v různých frekvencích (v České republice každé dva roky) přezkušovány na příslušných místech. Uvedené kroky jsou nutné pro udržení přijatelného stavu ovzduší zejména v zimě při inverzích nebo v létě, kdy v obou případech dochází k vytváření odlišného smogu. Situace v těchto inkriminovaných obdobích bývají dnes velmi časté nejen ve velkých městech s počty obyvatel nad 100 tisíc, ale i ve městech menších, či lokálně v celých okresech. Především v zimě jsou ohrožena města, v jejichž blízkosti leží zdroj znečištění poletujícími částicemi. Toto znečištění má velký dopad jak na samotnou přírodu, tak na člověka, a to především na děti, seniory a lidi s respiračními onemocněními.

Tato práce se nezabývá dopadem emisí na přírodu a člověka, ani samotným spalovacím motorem jakožto zdrojem těchto škodlivin, ale vlivem vyrobených dílů, v našem případě výfukovým systémem, a jeho možným dopadem na emise výfukových plynů.

Pro výrobu každého jednotlivého výfukového systému se používají různá zařízení méně či více sofistikovaná, různé přípravky pro montáž a svařování a technologická maziva. Tato maziva jsou hlavním cílem této práce. Výfukový systém není, co se týče do výroby a konstrukce, složité zařízení a jeho výroba se za poslední roky téměř nezměnila. Trubky pro výfuková potrubí jsou i v dnešní době stejně ohýbány konvenčně za použití mandrelu, který musí být mazán. Interiér tlumičů je lisován do obálek za použití konvenčních mazadel. Tyto všechny technologické mazací kapaliny a gely zůstávají ve výfukových systémech, při vysokých teplotách se uvolňují, oxidují a vypařují.

Počet registrovaných osobních automobilů M1 v ČR



Graf 1: Počet registrovaných vozidel M1 v ČR [1]

1. Emise vozidel

Analýza složení spalin je významnou součástí experimentální etapy výzkumu, vývoje a provozního sledování vlastností spalovacích motorů. Samotná emise škodlivin je důležitým parametrem motoru, protože vedle motivů, které by se daly označit jako etické (technické dílo by nemělo vyvolávat negativní dopady ve větší míře, než odpovídá jeho přínosům), existují i pragmatické důvody k udržování ekologických parametrů na přiměřené úrovni. Splnění požadavků na hladinu emisí škodlivin je součástí schvalovacího řízení před uvedením zařízení do provozu či do sériové výroby a emisní vlastnosti jsou kontrolovány i v průběhu jeho provozování. Dobré emisní parametry se tak stávají nutnou podmínkou komerční úspěšnosti výrobku. Složení spalin je rovněž dobrým ukazatelem kvality spalovacího procesu a identifikátorem pro něj nastavených podmínek. [2]

1.1. Smog

Smog je závažný problém velkých měst. Je způsoben emisemi velkých výrobních nebo suroviny zpracovávajících podniků, emisemi dopravních prostředků, spalováním paliv jako jsou dřevo nebo uhlí, akumulací vlivem určitých meteorologických změn a podmínek. Označení smog bylo poprvé použito již během padesátých let minulého století, vznikl spojením dvou slov: mlha a kouř. (z anglického smoke and fog, tedy smog) [3]

Jde o znečištění vzduchu, které vzniká v městských oblastech vlivem působení slunečních paprsků na některé složky dopravních exhalací. Jeho součástí jsou převážně vysoké koncentrace přízemního ozónu, díky kterému může být pozorován jako namodralý opar, a směs uhlovodíků, oxidů dusíku (NO_x) a uhlíku (CO , CO_2). Důvodem jeho vzniku je zvýšená koncentrace NO_2 , který se vlivem slunečního UV záření rozpadá na radikály. [4] [5]

Z odborného hlediska rozlišujeme dva hlavní typy smogu. Jsou to redukční smog, též zvaný londýnský nebo zimní. Dále máme oxidační smog, též zvaný kalifornský, losangeleský nebo také letní. Redukční smog je označení pro složeninu městského a průmyslového kouře s mlhou, vyskytující se během roku typicky v zimních podmínkách s výraznými přízemními inverzemi teploty vzduchu. V závislosti na průmyslovém znečištění moderní společnosti je zimní smog složen převážně z oxidů siřičitého SO_2 a některých dalších látek, které snadno podléhají oxidaci. Tyto látky mají často silně redukční účinky na své okolí. [5]

Londýnský smog je nechvalně znám už od římských dob. V roce 1306 Edvard I. zakázal spalovat uhlí, ale tento krok neměl dlouhého trvání. Situace se postupně zhoršovala až do padesátých let 20. století, kdy nastalo v Londýně několik katastrofických smogových situací, při nichž zahynuly tisíce lidí. Dnes je v Londýně hlavním problémem automobilový smog. Smog londýnského typu byl po desetiletí také typický pro průmyslové oblasti na území dnešní České republiky, zejména v pánevní oblasti severních Čech a na Ostravsku. Nejhorší situace byla v 70. a v 80. letech 20. století v důsledku intenzivního rozvoje těžby a spalování uhlí. V 90. letech se situace zlepšila přijetím nového zákona o ovzduší a následné výstavbě odsiřovacích zařízení v elektrárnách a dalších velkých zdrojích znečištění. [6] Ukázkou pražského redukčního (zimního) smogu můžeme vidět na obrázku 1, foto bylo pořízeno v Praze v lednu 2017, pohled z Proseku do centra.

Oxidační smog byl objeven ve 40. letech v kalifornském městě Los Angeles. Tento druh smogu má silné oxidační, agresivní, dráždivé a toxické účinky (na sliznice, dýchací cesty, oči atd.). Patří k nejzávažnějším problémům znečištění ovzduší v Evropě. Koncentracím ozónu, které přesahují prahové hodnoty stanovené EU, je vystaveno asi 30% obyvatel evropských měst. [6]

Letní smog patří mezi škodliviny, které v České republice dlouhodobě ohrožují nejvíc lidí. Velký smog zasáhl Londýn 4. prosince 1952 a trval do března 1953. Tato pohroma způsobila smrt tisíců obyvatel a byla hybnou silou změn k modernímu přístupu k životnímu prostředí. Epidemiologické studie jasně prokazují příčinnou souvislost mezi vysokou koncentrací škodlivin v ovzduší (smog) a zvýšenou hospitalizací v nemocnicích (a úmrtím) pro choroby dýchacích cest a nemoci srdce a cév. Do rizikové skupiny patří děti, lidé nad 65 let a více bývají postiženi muži. Rovněž nepochybné je poškození oční rohovky a povrchových vrstev kůže. U dětí bylo zjištěno zpomalení zrání kostry (o 5-8 měsíců), snížení hladin protilátek (imunoglobulinů), nízká porodní hmotnost, vyšší výskyt nezralých dětí, zvýšený počet alergií a průduškového astmatu v postižených oblastech. Existuje nebezpečí poškození zárodečných buněk a vzniku genetických defektů, které se projevují výskytem vrozených vývojových vad. Teratogenní (plod poškozující) účinky jsou pravděpodobné. U dospělých se obáváme karcinogenních účinků, tj. schopnosti vyvolat zhoubné (rakovinné) bujení, zvláště rakoviny průdušek. Nicméně v těchto případech je výskyt výrazně ovlivněn a zkreslen kouřením. Popsány byly poruchy chování (nadměrná živost

a nesoustředěnost) u dětí při smogových situacích a existují i teorie o souvislosti mezi heterocyklickými aminy (nacházejí se v cigaretovém kouři a benzínových výparech) a schizofrenií. [5]

Výfukové emise ze spalovacích motorů zůstávají, i přes podstatné pokroky v technologii spalovacích motorů, nadále jedním z hlavních negativních dopadů soudobé silniční dopravy. Velmi rozšířené využití spalovacích motorů zejména v silniční dopravě, bezprostřední blízkost vyústění výfukových plynů od obyvatel, velmi malé rozměry a vysoká rizikovitost emitovaných částic jsou hlavními příčinami vedoucími k odhadovaným více než 400 tisícům předčasných úmrtí ročně v EU připisovaným částicím v atmosféře, což je řádově více než úmrtí při dopravních nehodách, asi „jen“ 39 tisíc úmrtí. V ČR lze za prioritní považovat velmi jemné částice a na ně navázané škodliviny, například benzo(a)pyren, a až teprve v druhé řadě oxidy dusíku. Emise oxidu uhelnatého, oxidů síry a olova již byly úspěšně razantně sníženy. Částice převážně o průměru jednotek až desítek nanometrů, které tvoří většinu částic emitovaných spalovacími motory, jsou emitovány v blízkosti lidí v „dýchacelné“ výšce. Při vdechnutí mají tyto částice relativně nejvyšší pravděpodobnost záchytu v plicních sklípcích i vysokou schopnost pronikat buněčnou membránou do krevního oběhu. Na tyto částice jsou navázané rakovinotvorné látky. Měření v několika lokalitách poukazují na to, že koncentrace nanočástic je nejvyšší v blízkosti frekventovaných dopravních tahů, kde jsou o přibližně jeden až (lokálně a špičkově) několik řádů vyšší, než je „městské pozadí“. Se vzrůstající vzdáleností (v řádu sta metrů) tyto koncentrace klesají a tam, kde absentuje výrazný provoz spalovacích motorů, se blíží městskému pozadí, a to i přes předpokládaný provoz lokálních topenišť. Lze se proto domnívat, že spalovací motory, případně další emise související s motorovými vozidly, jsou hlavním zdrojem nanočástic ve městských oblastech. Celkové výfukové emise jsou výsledkem snižujících se emisí jednotlivých vozidel, převážně technologickým pokrokem, který je však brzděn výskytem vozidel s nadměrnými emisemi, a zvyšující se intenzitou silniční dopravy. [7]



Obrázek 1: Zimní smog, foto bylo pořízeno v Praze v lednu 2017, pohled z Proseku do centra

1.2. Emisní normy

EURO normy jsou jednotlivé směrnice Evropské komise stanovující limitní hodnoty výfukových exhalací. Emisní norma EURO omezuje množství oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC), oxidů dusíku (NO_x) a množství pevných částic (PM). Hodnoty se uvádějí v miligramech na ujetý kilometr, viz tabulka 1 Přehled limitů jednotlivých emisních norem EURO kategorie M1. Tyto čtyři látky však nejsou jediné, které automobil do ovzduší vypouští. Je zde např. oxid uhličitý, který je často zmiňován v souvislosti s globálním oteplováním a celkově je to velmi medializovaná látka, norma EURO však množství CO_2 vůbec neřeší (jsou řešeny směrnicí EU 443/2009 a 333/2014). Ve výfukových plynech jsou dále obsaženy rovněž sirné sloučeniny. Zavedení nové generace emisní normy EURO však není jednorázová akce. Nastupující norma se logicky týká nejprve modelů nově představených na evropském trhu (např. pro EURO 6 byl stanoven termín 1. 9. 2014). [8]

První emisní norma zabývající se množstvím výfukových zplodin vznikla v Kalifornii v roce 1968. Na starém kontinentu začala platit první evropská emisní norma až v roce – EHK 15. První emisní norma s označením EURO se objevila až v roce 1992. Od té doby téměř pravidelně, každé čtyři roky, vyjde nová emisní norma EURO. S každou novou generací emisní normy EURO se snižují emisní limity škodlivých látek ve výfukových plynech. Čím vyšší je číslo normy, tím větší je její přísnost (nižší limity). V roce 2014 vstoupila v platnost zatím poslední platná verze – emisní norma EURO 6. [8]

Emisní norma EURO 3, která vstoupila v platnost koncem roku 2000, byla do jisté míry přelomová. Přinesla totiž kromě pravidelného snížení limitů škodlivých částic také povinnost vybavit nově vyráběné benzínové automobily systémem palubní diagnostiky OBD. Pro naftové motory přišla tato povinnost až s normou EURO 4. Další novinkou normy EURO 3 bylo, že limity pro oxidy dusíku a uhlovodíku, které dosud byly brány dohromady, byly odděleny na samostatné hodnoty. [8]

1.3. Měření emisí

Aby vozidlo splnilo platnou emisní zkoušku EURO, musí se podrobit šesti základním zkouškám. Sedmá zkouška je test funkce OBD. Jednotlivé zkoušky jsou podrobně popsány v předpise č. 83 EHK/OSN. [8]

Zkouška typu I

Jedná se o stěžejní zkoušku, která ověřuje výfukové emise vznikající po studeném startu. Postupy a podmínky zkoušky jsou přesně určeny předpisem č. 83 EHK/OSN. Měření probíhají za laboratorních podmínek na vozidlovém dynamometru. Samotný postup zkoušky emisí je rozdělen do dvou základních cyklů: městský a mimoměstský. První část zkoušky zahrnuje 4 základní městské cykly a trvá 780 sekund. Druhá část zkoušky simuluje mimoměstský provoz a trvá 400 sekund. Během tohoto testu automobil zrychluje z klidu až na doslova chvilkovou rychlost 120 km/h. Průměrná rychlost v tomto testu je 62,4 km/h a ujetá vzdálenost 6,955 km. [8]

Zkouška typu II

Zkouška emisí oxidu uhelnatého a uhličitého při volnoběžných otáčkách. Měření se provádí na zahřátém motoru. [8]

Zkouška typu III

Měření tlaku v klikové skříni, vyhovující vozidlo musí mít za uvedených podmínek tlak v klikové skříni nižší než je atmosférický. [8]

Zkouška typu IV

Měření množství vypařených uhlovodíků z vozidel se zážehovými motory. Zahřáté a zaběhnuté vozidlo (najeto min. 3000 km) se měří 24 hodin v uzavřeném prostoru. [8]

Zkouška typu V

Zkouška životnosti zařízení s ohledem na znečišťování. Při této zkoušce má vozidlo ujetých 160.000 km na zkušební dráze, silnici nebo vozidlovém dynamometru. Způsob opotřebení volí výrobce. Následně se v různých režimech poměru vzduchu a paliva hodnotí emisní způsobilost vozidla. [8]

Zkouška typu VI

Zkouška vyhodnocuje množství emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků po studeném startu za nízké teploty, -7°C . [8]

Zkouška OBD

Zkouška se provádí na základě simulace chybné funkce součásti řídicí jednotky motoru nebo systému regulace emisí na základě cyklu zkoušky typu I. Vozidlo musí být řádně stabilizováno a systém OBD musí reagovat odpovídajícím způsobem na chybnou funkci. [8]

1.4. Emise výfukových plynů

Již ze samotného označení příslušné složky jako škodliviny je zřejmé, že její absolutní a měrná produkce by měla být konstrukcí motoru a způsobem jeho provozování minimalizována. To je ovšem nezřídka spojeno se zhoršením jiných vlastností motoru (například produkce jiných škodlivin), proto je vhodné v otázce emisních parametrů nasadit optimalizační postupy. Pro stanovení priorit nutno posoudit způsob a intenzitu působení jednotlivých složek, celkový antropogenní podíl na přítomnosti příslušné složky v přírodě, podíl provozu motorů na antropogenní zamoření životního prostředí příslušnou složkou, souvislost emisní i klimatické situace v různých lokalitách, důležitost jednotlivých režimů provozu motorů z hlediska globálních ekologických parametrů, vzájemnou interakci a superpozici jednotlivých účinků. Situace je

objektivně komplikována relativně krátkou dobou, po kterou jsou spalovací motory masově používány, a tedy neexistuje dostatek podkladů pro posouzení dlouhodobých účinků. Subjektivním zdrojem komplikací je tendenční interpretace ekologických parametrů, například při snaze prosazení jistého typu alternativního pohonu a podobně. Účinky na lidské jedince navíc závisí na individuálních dispozicích a z pochopitelných důvodů v některých aspektech nelze cíleně experimentovat. [2]

Při spalování uhlovodíkového paliva se vzduchem vzniká dokonalou oxidací uhlíku a vodíku obsaženého v palivu oxid uhličitý (CO_2) a voda (H_2O). Při nedokonalé oxidaci těchto prvků jsou ve spalinách přítomny oxid uhelnatý (CO) a vodík (H_2). Při použití vzduchu jako okysličovadla je vždy nejvýznamnější (co do obsahu) složkou spalin dusík (N_2). Kyslík (O_2) se objevuje ve výfukových plynech, když se celé jeho množství nepoužije k oxidaci paliva, protože byl v čerstvé směsi v přebytku, anebo se nevyužil z jiných důvodů. Ve spalovacím prostoru při vysokých teplotách vznikají oxidací vzdušného dusíku oxidy dusíku (NO_x), které jsou složeny zejména z oxidu dusnatého (NO) a menšího množství oxidu dusičitého (NO_2). Při velmi nepříznivých globálních či lokálních podmínkách pro oxidaci paliva obsahují výfukové plyny nespálené uhlovodíky (HC) různého složení (co do obsahu individuálních uhlovodíků). U motorů s vnější tvorbou směsi přímo se tato složka objevuje jako součást spalin i z důvodu úniku části čerstvé směsi se tato složka objevuje jako součást spalin i z důvodu úniku části čerstvé směsi přímo do výfukového traktu zkratovým vyplachováním. Za totálního nepřístupu vzduchu (uvnitř kapičky kapalného paliva) nastává při teplotě dekompozice molekul uhlovodíků, jejímž výsledkem je přítomnost pevného uhlíku (sazí) ve spalinách. S výfukovými plyny odchází z motoru též jisté (velmi malé) množství dalších pevných částic (vysoko molekulové produkty tepelné degradace mazacího oleje, prach, popel, částičky rzi atd.). Síra obsažená v některých uhlovodíkových palivech vytváří při spalování v motoru oxidy síry, které se následně objevují ve spalinách. Z uvedených komponentů se mezi sledované škodliviny počítají CO , NO_x , HC (u zážehových i vznětových motorů), částice u vznětových motorů normy EURO 4, 5 a 6, (u vznětových motorů je příslušná metodika vyhodnocuje společně se sazemi), částice u zážehových motorů pak u normy EURO 5 a 6. Produkce oxidů síry a sloučeniny olova je sledována nepřímo limitováním obsahu síry, respektive olova v palivu. Základní vybavení pro měření plynných emisí tedy sestává z přístrojů pro určení obsahu CO , NO_x , a HC ve spalinách. Pro stanovení emisních parametrů vznětového motoru se požaduje ještě měření kouřivosti motoru a/nebo koncentrace částic

ve spalínách (obojí souvisí s emisí sazí). Pro účely specifikace podmínek při spalování motoru (mimo jiné pro stanovení průtoku spalín pro další vyhodnocení celkového či měrného emitovaného množství škodlivin) je vhodné měření obsahu CO_2 a O_2 ve spalínách. [2]

1.4.1. Pevné částice

Částice emitované vznětovými motory obsahují zejména pevný uhlík ve formě sazí, proto se též někdy nazývají pevné částice. Tato látka samotná není toxická. Na pevných částicích jsou sorbovány látky s vysokou zdravotní závadností (například polycyklické aromáty). Kontaminované částice se mohou usazovat v plicích sklípcích organismů a umožňovat tak dlouhodobé působení karcinogenů. Funkce nosiče rakovinotvorných látek je hlavním důvodem k výrazně negativnímu hygienickému hodnocení emitovaných částic. Částice jsou také hlavní příčinou výskytu zimního smogu, typického pro stav teplotní inverze. [2]

Uhlíkaté částice vznikají při spalování v motoru vysoko tepelnou dekompozicí uhlovodíkových (palivových) molekul bez přístupu kyslíku. Příčinou vysoké emise pevných částic je tedy zejména významná nehomogenita směsi (až do hodnoty $\lambda=0$ uvnitř kapiček každého paliva, kde není přítomen kyslík vůbec). Emise pevného uhlíku tedy souvisí zejména s kvalitou rozprášení paliva při jeho vstřikování do válce vznětového motoru. Je zřejmé, že přísun kyslíku k částicím paliva se zlepšuje se zvětšováním celkového množství vzduchu, proto se emise částic snižuje s rostoucí hodnotou λ . Vznětové motory pracují tedy i při plné přípustí paliva s hodnotami součinitele přebytku vzduchu, jejichž použití u zážehových motorů by bylo označeno za provoz s extrémně chudou směsí. [2]

Dle experimentu z knihy *New Combustion Systems in SI & Diesel Engines, and Combustion & Emission Formation Processes in Diesel Engines* došli na základě testů k závěru, že ke snížení obsahu sazí pomohl vyšší obsah kyslíku. Úbytek sazí je nejvíce znatelný při vysokém zatížení motoru, kolem 80% jeho možného výkonu. [10]

1.4.2. Měření pevných částic

Postupným vývojem náhledu na jev, který můžeme předběžně pojmenovat jako kouření vznětového motoru, a inovací metodik pro měření pevných částic a legislativní hodnocení, se vytvořila nepřehledná situace, která vyžaduje stručné, věcné a terminologické objasnění. Na rozdíl od plyných škodlivin je kouření vznětového motoru pozorovatelné i bez měřících přístrojů,

a proto se měření pevných částic stalo předmětem všeobecného zájmu jako první ze skupin jevů, kterými spalovací motor působí negativně na okolí. První metoda na zjišťování kouřivosti motoru je založena na zachycení částic kouře na filtračním papírku, přes který se prosaje vzorek výfukových plynů definovaného objemu definovanou rychlostí. Množství zachycených částic se vyhodnocuje opticky podle míry zčernání filtru měřitelného jako množství světla pohlceného kontaminovaným filtrem ve srovnání s pohlcením světla nepoužitým filtrem. Tato měrná veličina se nazývá kouřivost stanovená filtrační metodou. Filtrační metoda je dvoufázová, v definovaném režimu běhu motoru se uskuteční odběr vzorku, který se dodatečně vyhodnotí v optickém vyhodnocovacím zařízení. Sestava odběrného a vyhodnocovacího zařízení (někdy jenom odběrného, v minulosti se stupeň začernění filtračního papírku hodnotil subjektivně) se nazývá kouřoměr. Jednoetapové je přímé zjišťování pohltivosti světla sloupce výfukových plynů definované délky (tj. definovaná je optická dráha). Měřená veličina se nazývá opacita (=pohltivost světla, převratná hodnota je průhlednost neboli transparence) spalin a příslušný měřicí přístroj je opacimeter. Pro tuto veličinu se též používá (v příslušném nadnárodním měřicím předpisu) opisné označení emise viditelného kouře (nebo viditelných znečišťujících látek). Společnou nevýhodou měření kouřivosti filtrační metodou a opacimetrie je nemožnost vztažení naměřených hodnot k výkonovým vlastnostem motoru, tedy absence analogie k vyjádření měrné produkce škodlivin. Pro umožnění způsobu hodnocení se upravila filtrační metoda zavedením vyhodnocováním zachyceného množství částic jako rozdílu hmotnosti kontaminovaného a čistého filtru. Pro zajištění dostatečné citlivosti (dost velké zachycené množství částic) se oproti filtračnímu měření kouřivosti musí zvětšit objem spalin prosátých filtrem a v tomto smyslu se upravila metodika odběru a odpovídající příslušenství. Úsady na filtru sestávají kromě sazí (těch je ovšem výrazně nejvíce) ještě z dalších látek v pevném, případně v kapalném skupenství. Proto se výsledek měření popsanou metodikou nazývá emise částic (PM-particular matter). O další rozřídění částic podle složení se v období tvorby této metody zavedla specifikace částic na rozpustné (soluble) a nerozpustné. Toto rozlišení se prakticky provede vystavením úsady působením konvenčního organického rozpouštědla (dichlormetan, izopropylalkohol). V tomto smyslu se pak používalo označení emise rozpustných (nerozpustných) částic. Toto rozdělování se v novějších publikacích neobjevuje, zřejmě z důvodu malého faktického významu tohoto typu měření. [2]

1.4.3. Gravimetrická metoda měření pevných částic

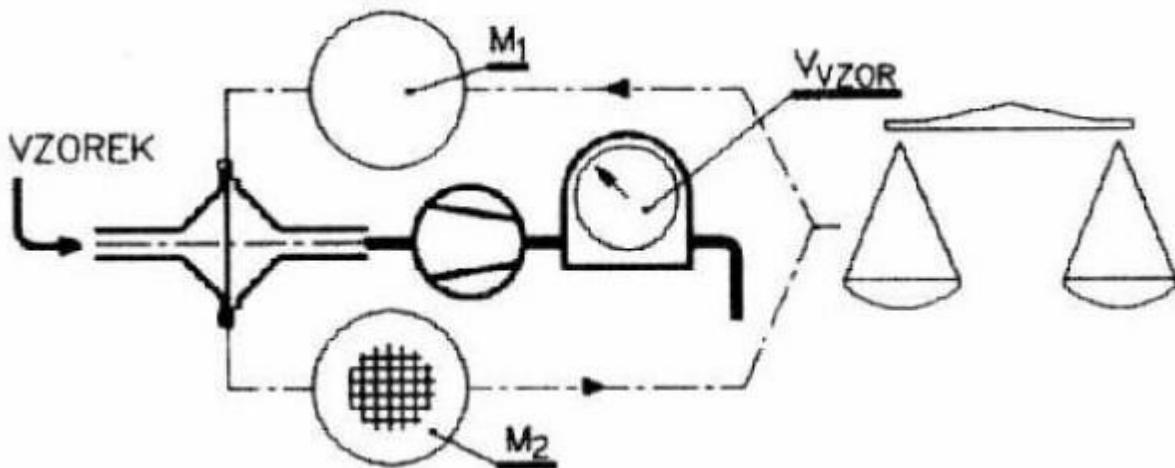
Metoda stanovení množství obsahu pevných částic pomocí gravimetrie je velice jednoduchá. Princip (znázorněný na obrázku 2) spočívá v prosátí množství spalin přes filtrační element ze skleněných vláken potažených teflonem (Pallflex). Čistý nepoužitý filtrační element se nejprve zváží na přesných laboratorních vahách, poté se umístí do speciálního držáku a pumpou se přes něj prosává množství výfukových spalin. Po ukončení měření se filtrační element i se vzorkem spalin vyjme z držáku a opět se zváží na laboratorních vahách. [11]

Výsledná hmotnostní koncentrace pevných částic v měřeném vzorku se stanoví pomocí následující jednoduché rovnice [11]:

$$c_m = (m_2 - m_1) / V_{VZOR}$$

Kde je:

- m_1 hmotnost nového filtru,
- m_2 hmotnost kontaminovaného filtru
- V_{VZOR} objem celkového prosátého množství spalin



Obrázek 2: Stanovení hmotnostní koncentrace pevných částic pomocí gravimetrické metody [11]

1.4.4. PMP (particle measurement program) Program pro měření částic

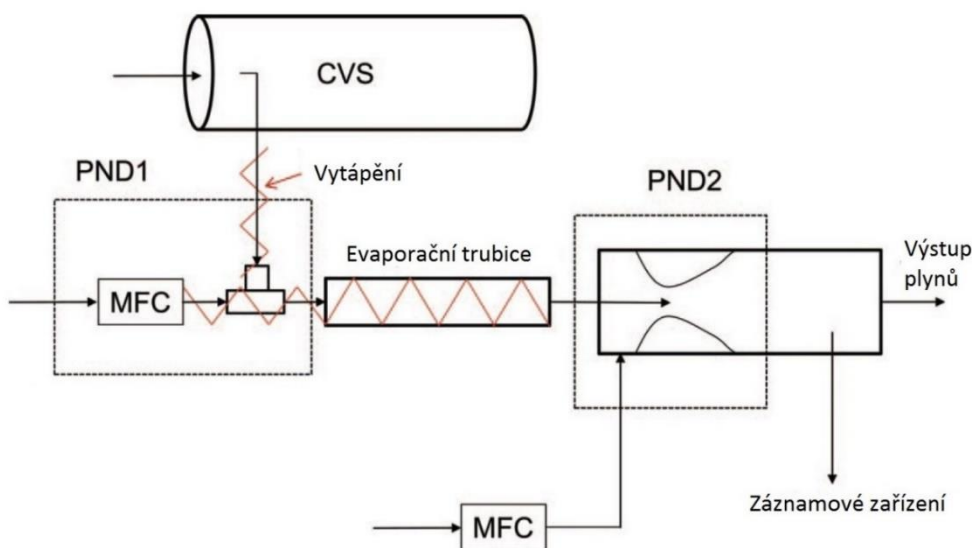
Historie vzniku metody PMP

V roce 2001 francouzská, německá, nizozemská, švédská a britská vláda odsouhlasila společný program zavazující se k vyvinutí metod a postupů k regulaci velmi malých částic. Program měl nahradit dosavadní existující metodu pro měření pevných částic. [12]

Bylo nutné vyvinout novou měřicí techniku a nahradit tak stávající měření pevných částic, které bylo již nedostačující. Technika PMP měla zahrnovat definici a detailní specifikaci zkušební procedury a vybavení k měření osobních a nákladních motorových vozidel. V rámci EU bylo nutné zajistit dobrou opakovatelnost, aby bylo možné tyto výsledky měřit a interpretovat stejně v jakékoli laboratoři. Dalším důvodem bylo shromáždění dat o měřených vozidlech. [12]

Stručný popis metody

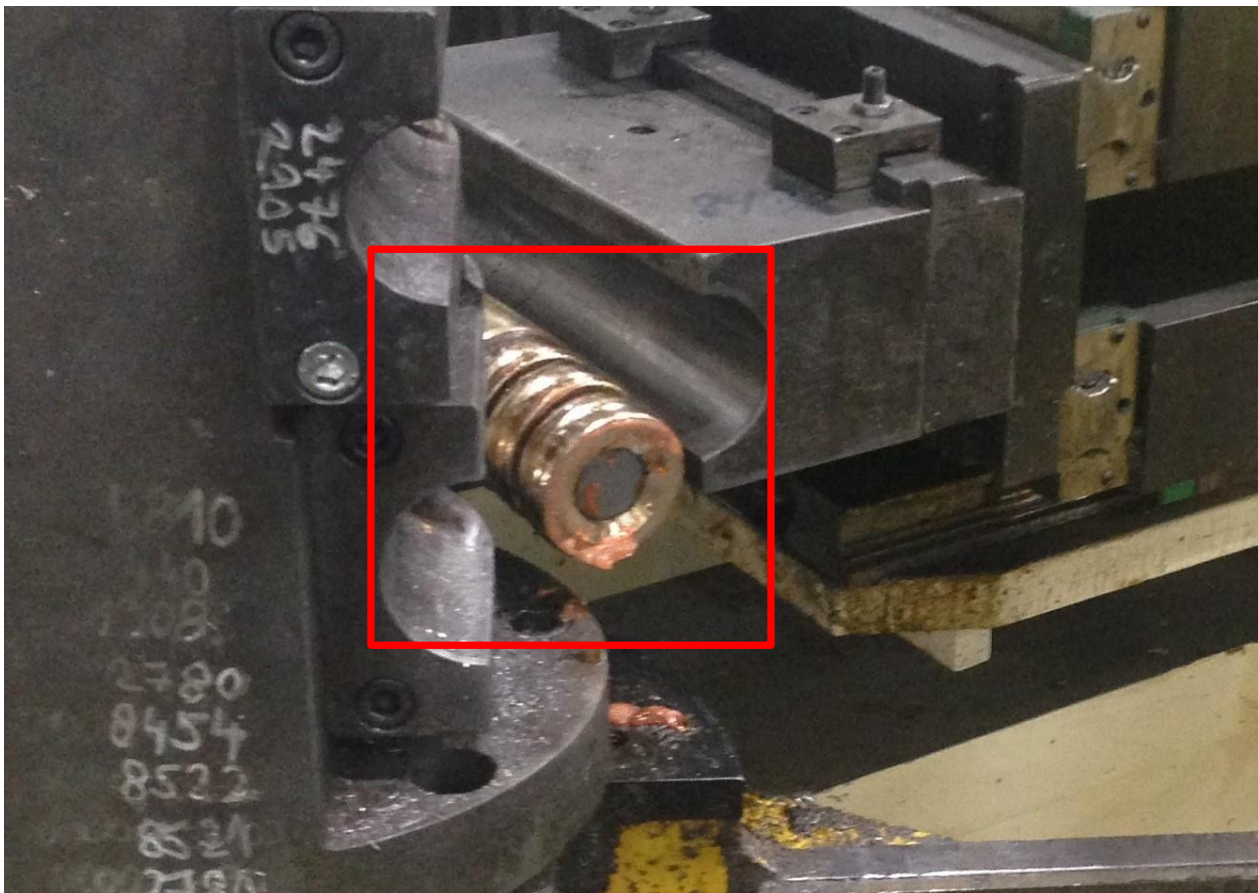
Vzorek plynu se odebere vyhřívanou hadicí do rotační ředičky. Vzorek se zředí, při teplotě nad 350 °C dojde k odpaření semivolatilních látek z částic ve vzorku plynu. Poté se vzorek zředí ještě jednou, aby nedošlo ke zpětné kondenzaci semivolatilních sloučenin. To, co zbyde, jsou nevolatilní částice, jejichž koncentrace (počet částí na cm^3) je měřena kondenzačním čítačem. Schéma zapojení je znázorněno na obrázku 3, kde PND1 je ředička pevných částic 1, PND2 je ředička pevných částic 2, MFC je klapka řídicí průtok a CVS je tunel, ve kterém je udržován konstantní průtok zředěných plynů. [13]



Obrázek 3: Schématické zapojení PMP měřicího systému [13]

2. Průmyslová maziva pro ohýbání trubek

K ohýbání trubek dnes používají již velmi sofistikované číslicově řízené stroje. Pro ohýbání tenkostěnných trubek, trubek velkých průměrů, pokud má ohyb malý rádius, nebo trubek, kdy chceme udělat ohyb pod velkým úhlem, je třeba zabezpečit, aby se nám nezbořila a nepropadla stěna trubky. Toho lze dosáhnout za použití takzvaného mandrelu. Mandrel je soustava bronzových těles (viz. Obrázek 4: Mandrel) s přesně popsanou geometrií, která podpírá trubku stěny zevnitř a tím zabraňuje boření stěny. Pro velmi náročné aplikace je například tento mandrel tlačěn nebo z trubky vytahován. Dochází tak k velkému tření mezi mandrelem a trubkou. Toto tření se částečně eliminuje za použití vhodného maziva, které má dostatečnou viskozitu a mazací schopnosti. **Práce je zaměřena na technologická maziva používaná při ohýbání, nikoli na samotný ohýbací proces.**



Obrázek 4: Mandrel

2.1. ALC

Syntetická kapalina pro náročné operace. Je možné použít na všechny druhy materiálu – kovových i nekovových (ocel, ocel s hliníkovým povrchem, nerezovou ocel, titan atd.). Bezolejnatý film na materiálu dovoluje také bezproblémové následné operace jako je svařování a manipulaci s výrobky. Snižuje náklady na čistící proces - bez nutnosti použití chemikálií a odmašťovadel, zbytky maziva odstraníme pouze teplou vodou. Nehořlavé, nezanechávají skvrny na materiálu, bez zápachu a bez nežádoucího vlivu na životní prostředí. Dle produktového listu nemají negativní vliv na zdraví pracovníků a je neiritující na pokožku. Kapalina se používá pro formování a ohýbání kovových materiálů (železo, ocel, nerezová ocel, titan). [14]

Technická data: vzhled poloprůsvitná kapalina; pH 8,15; hustota 980 – 1020 kg/m³; specifická hmotnost 0,98 – 1,02; viskozita 300 cSt (300 mPa/s při 25 °C); bod varu ±100 °C; bod tuhnutí 0 °C; residuum jemný film. [14]

2.2. ALTO

Syntetická pasta pro velmi náročné operace. ALTO je stejně jako ALC produktem firmy BBLubricants, takže popis této pasty je stejný jako ALC. ALTO je aplikovatelný pro stejné materiály jako ALC, navíc je vhodný i pro iconel. [15]

Technická data: vzhled zelená pasta; pH 7,3-8,0; hustota 1040 kg/m³; specifická hmotnost 1,04; viskozita 150 000 cSt (150 000 mPa/s při 25 °C); bod varu ±100 °C; bod tuhnutí 0 °C; residuum jemný film. [15]

2.3. NIROL

Produkty BBLubricants řady NIROL jsou výkonné a ekologicky šetrné alternativy ke konvenčním olejovým mazivům, využitelné v široké oblasti zpracování kovu. Prodlužují životnost nástrojů a zároveň chrání materiál před nepříznivými vnějšími vlivy. Je možné použít na všechny druhy materiálu – kovových i nekovových (ocel, ocel s hliníkovým povrchem, nerezovou ocel). Stejně jako mazivo ALC i mazivo NIROL tvoří bezolejnatý film, na materiálu dovoluje také bezproblémové následné operace jako je svařování a manipulaci s výrobky. Stejně jako ALC, Nirol snižuje náklady na čistící proces - bez nutnosti použití chemikálií a odmašťovadel, zbytky maziva odstraníme pouze teplou vodou. Nehořlavé, nezanechávají skvrny na materiálu, bez zápachu a bez

nežádoucího vlivu na životní prostředí. Dle produktového listu nemají negativní vliv na zdraví pracovníků a je neiritující na pokožku. Mazivo se používá na železo, ocel a nerezovou ocel. [16]

Technická data: poloprůsvitný nažloutlý gel; pH 8,5; hustota 950 – 1020 kg/m³; specifická hmotnost 0,95 – 1,02; viskozita 16 000 cSt (16 000 mPa/s při 25 °C); bod varu ±100 °C; bod tuhnutí 0 °C; residuum jemný film. [16]

2.4. Metform O.F.gel D4237

Syntetické mazivo bez oleje na ohýbání trubek. Orapi Applied Metform O.F.gel je multifunkční minerální syntetický lubrikační gel bez oleje, speciálně vyvinutý pro operace ohýbání trubek s trnem, kde se mazivo normálně aplikuje přes trn. Konzistence gelu Orapi Applied Metform O.F.gel udržuje výrobek tam, kde je to nutné během ohýbacích operací v maximálním výkonu pro zvýšenou jakost komponentů a redukuje opotřebení nástroje. Dosavadní zkušenosti ukazují, že použití konvenčních tekutých maziv při ohýbání trubek vede ke ztrátě výkonu, plýtvání a možným rizikům pro životní prostředí, a to z důvodu neudržení tekutého maziva v trubici při ohýbacích operacích. Orapi Applied Metform O.F.gel obsahuje vysoce efektivní směs tlakových a lubrikačních přísad, které zajišťují lubrikaci při ohýbání železných i neželezných materiálů. Zbytky výrobku se snadno odstraňují s použitím neutrálního nebo středně alkalického vodního čističe. Aplikace je možná na výfukové systémy aut, na výrobu motocyklů, stavbu lodí a trubkový nábytek. [17]

Technická data: neprůhledný gel jantarové barvy; pH 8.5 – 9.5; specifická hmotnost 1.008; nehořlavý, charakteristický mírný zápach. [17]

3. Cíle práce

Diplomová práce experimentálního charakteru se zabývá zkoumáním vlivu technologických maziv používaných při ohýbání trubek výfukového systému spalovacího motoru lehkého silničního vozidla na výfukové emise, s důrazem na celkový počet emitovaných částic. Při výrobě výfuku ulpívají na vnitřních stěnách jednotlivých komponentů různá technologická maziva, která pak následkem teploty spalin hoří a nepříznivě se podílí na emisích při ujetí prvních stovek kilometrů. Dílčí cíle práce:

1. Provedení rešerše současného stavu poznání a průmyslové praxe týkající se technologických maziv a konzervačních látek využívaných při výrobě výfukových systémů, přehled typů nejčastěji používaných maziv a jejich dávkování.
2. Výběr reprezentativních kombinací maziv a jejich dávkování, výběr reprezentativního dílu (např. středová trubka).
3. Návrh experimentu, aparatury a postup zkoušky, kterým bude na vybraném automobilovém motoru na motorové zkušebně v laboratořích TUL zjištěn příspěvek technologických maziv na emise částic oproti stabilizovanému stavu (výfukový systém bez maziv).
4. Příprava exemplářů jednoho vybraného dílu s rozdílnými kombinacemi typu maziva a jeho dávkování, ve spolupráci s průmyslovým partnerem.
5. Provedení experimentu pro vybrané kombinace maziv a jejich dávkování.
6. Zpracování, popis a diskuze výsledků.

4. Zahřívací zkouška maziv

4.1. Cíle zkoušky

Cílem této zahřívací zkoušky bylo sledování změn maziv po jejich stlačení a zahřátí. Během ohýbání, kdy dochází k nárůstu teploty a tlaku mohou totiž jednotlivé chemické složky s kovovými prvky vytvářet sloučeniny, které při opětovném zahřátí způsobují charakteristický odér a kouř.

4.2. Metodika zkoušky

Zkouška probíhala na nerezových trubkách o průměru 38 mm a při síle stěny 1 mm ohnutých na nástrojové sadě Omni-X. Každé z nich bylo zkoušeno na třech jednotlivých trubkách (výjimkou je mazivo ALC, u kterého se nepodařilo zreprodukovat třetí měření a z důvodu opakovatelnosti již další vzorky nebyly připraveny), které byly ohnuty v rádius 1D.

4.3. Výsledky zkoušky a diskuze

Teploty dosahované před a během měření.

Teplota materiálu v klidovém stavu 14 – 17 °C

Teplota v ohybu při zahřívání 240 – 262 °C

Teplota výparů 67 – 80 °C

Zbytková rezidua maziv po ohybu trubek vykazují podobné výsledky. Po zahřátí trubek v místě ohybu se maziva odpařují v bílo šedých odstínech. Pouze u maziva Metform O.F.gel vzniká při zahřívání jiný odér, který je dráždivý. V rámci tohoto testování nebylo u maziva Metform O.F.gel, ani u jiných maziv bráno v úvahu provést chemický rozbor. Neznáme tedy základní bázi ani ztužovací komplex, proto není průkazné, zda je dráždivost škodlivá zdraví či nikoli. Maziva ALTO a NIROL vykazují poměrně stejné množství a rychlost vzniku kouře. Nejslabší odér byl zaznamenán u maziva ALC, naopak toto mazivo při zahřívání generovalo největší objem kouře. Nejnižší objem kouře byl zaznamenán u maziva Metform O.F.gel a ALTO. Faktor objemu kouře ale nemusí a pravděpodobně ani není ukazatelem škodlivosti maziv. To, že mazivo generuje při zahřívání kouř spíše značí, že se z maziva odpařuje jeho vodní základ, jak je vidět na produkovaném kouři, který je sám o sobě neškodlivý a není tak pro okolí zátěží. Toto je ovšem pouze domněnka autora, která nebyla nijak zkoumána, proto nelze s přesností určit, o jakou

odpařovanou látku se jedná. U maziva Metform O.F.gel byl objem kouře výrazně nižší, z čehož lze usuzovat, že obsahuje nejméně vodní báze, a tím bude pravděpodobně při zahřívání generovat nejvyšší množství škodlivin. Nutno doplnit, že všechny uvedené parametry jako barvy kouře, odér a dráždivost nebyly měřeny žádným speciálním zařízením, byly zaznamenány pouze subjektivně. Je tedy možné, že při opakování tohoto testu jinou osobou můžou být výsledné hodnoty odlišné. Na obrázcích 5, 6, 7 a 8 můžeme vidět průběh zahřívací zkoušky jednotlivých maziv. V tabulce 2 pak najdeme popis chování jednotlivých maziv během zkoušky.

Tabulka 2: Charakteristické znaky jednotlivých maziv při zahřívací zkoušce

Vzorek	Mazivo	Kouř	Odér
1	ALC	bílý	Charakteristický, slabý, nedráždivý
2		bílý	Charakteristický, slabý, nedráždivý
1	ALTO	bílo šedý	Charakteristický, slabší odér, nedráždivý
2		bílo šedý	Charakteristický, slabší odér, nedráždivý
3		bílo šedý	Charakteristický, nedráždivý
1	NIROL	bílo šedý	Charakteristický slabší odér, nedráždivý
2		bílo šedý	Charakteristický slabší odér, nedráždivý
3		bílo šedý	Charakteristický slabší odér, nedráždivý
1	Metform O.F.gel	šedý	Charakteristický zápach, dráždivý
2		šedý	Charakteristický zápach, dráždivý
3		šedý	Charakteristický zápach, dráždivý



Obrázek 5: Moment nejvyšší kouřivosti při zahřívání maziva ALC



Obrázek 6: Moment nejvyšší kouřivosti při zahřívání maziva ALTO



Obrázek 7: Moment nejvyšší kouřivosti při zahřívání maziva NIROL



Obrázek 8: Moment nejvyšší kouřivosti při zahřívání maziva Metform O.F.gel

5. Spalovací zkouška maziv

5.1. Cíle zkoušky

Cílem zkoušky je zjistit, jak se budou jednotlivá maziva chovat, pokud je ve větším množství vystavíme působení vyšších teplot a to řádově stovky stupňů. Sledována budou především kouřivost a vzniklý odér. Je nutné podotknout, že oba tyto parametry budou posuzovány zcela subjektivně a to technikem provádějícím zkoušku.

5.2. Metodika zkoušky

Zkouška spalování maziv je zaměřena na změnu stavu při zahřátí maziva v laboratorním skle. Obsah baněk byl lineárně zahříván v topném hnízdu na bod varu. Vzhledem k obtížnému dávkování maziv v pastovitém skupenství (hlavně u maziv ALTO a Metform O.F. gel) se hmotnost jednotlivých vzorků pro spalování pohybovala okolo $40 \text{ g} \pm 5\text{g}$. Výchozí teplota maziva před zahříváním byla běžná pokojová teplota cca $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

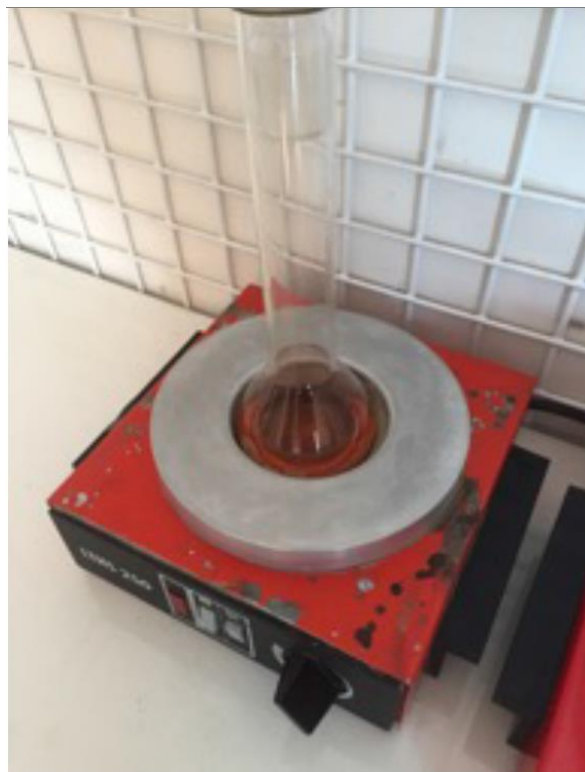
5.3. Výsledky zkoušky a diskuze

Vygenerovaný kouř měl u všech měřených vzorků stejný odstín a to neprůhledný, jemně bílý až mírně šedý. Všechny měřené vzorky vykazovaly při posuzování kouře stejnou úroveň dráždivosti (tedy téměř žádnou) s výjimkou maziva Metform O.F. gelu, kdy vygenerovaný kouř tohoto maziva byl lehce dráždivý. Jak již bylo uvedeno u zahřívací zkoušky, u maziva Metform O.F.gel není známo chemické složení a ztužovací komplex, proto není průkazné, zda je dráždivost zdraví či okolí škodlivá. Teplota, při které jednotlivá maziva začala generovat kouř, se pohybovala v rozmezí 75°C až 105°C . Výjimkou je opět mazivo Metform O.F.gel, které se začalo lehce vypařovat už při nižších teplotách. Nejnižší objem kouře opět generovalo mazivo ALTO a Metform O.F.gel. Maziva ALC, ALTO, NIROL jsou postavena na vodním základu a jako vodní báze byl použit syntetický olej a syntetické estery. Z toho plyne i teplotní bod generování kouře, který byl cca 100°C . Dalším postřehem je, že po zahřátí na bod generování kouře mazivo NIROL změnilo odstín na bílou barvu. Na závěr tohoto testu je nutno doplnit stejně jako u předchozího testu zahřívání maziv, že všechny uvedené parametry jako barvy kouře, odér a dráždivost nebyly měřeny žádným speciálním zařízením, byly zaznamenány pouze subjektivně. Je tedy možné, že při opakování tohoto testu jinou osobou můžou být výsledné hodnoty odlišné. Na obrázcích 9 až 24 je

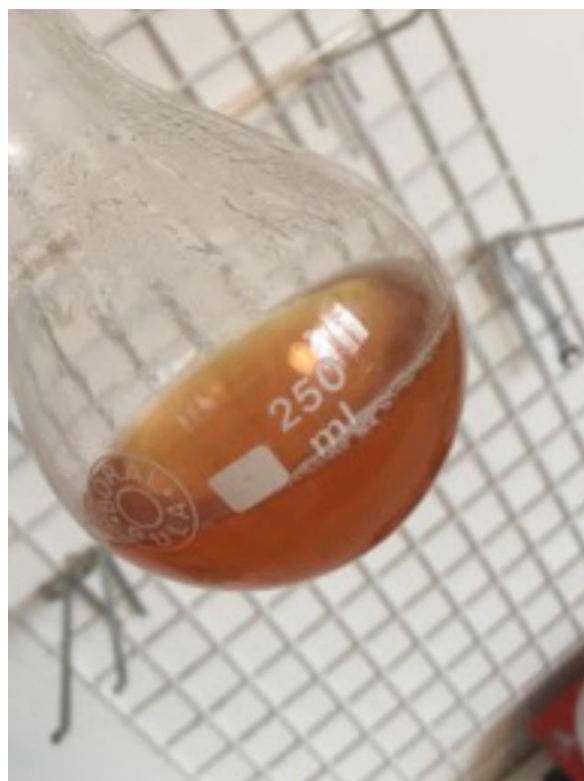
možné vidět průběh spalovací zkoušky jednotlivých maziv, jejich stav a barvu před zahřátím a po zahřátí. Dále v tabulce 3 pak najdeme popis chování jednotlivých maziv během zkoušky.

Tabulka 3: Charakteristické znaky jednotlivých maziv při spalovací zkoušce

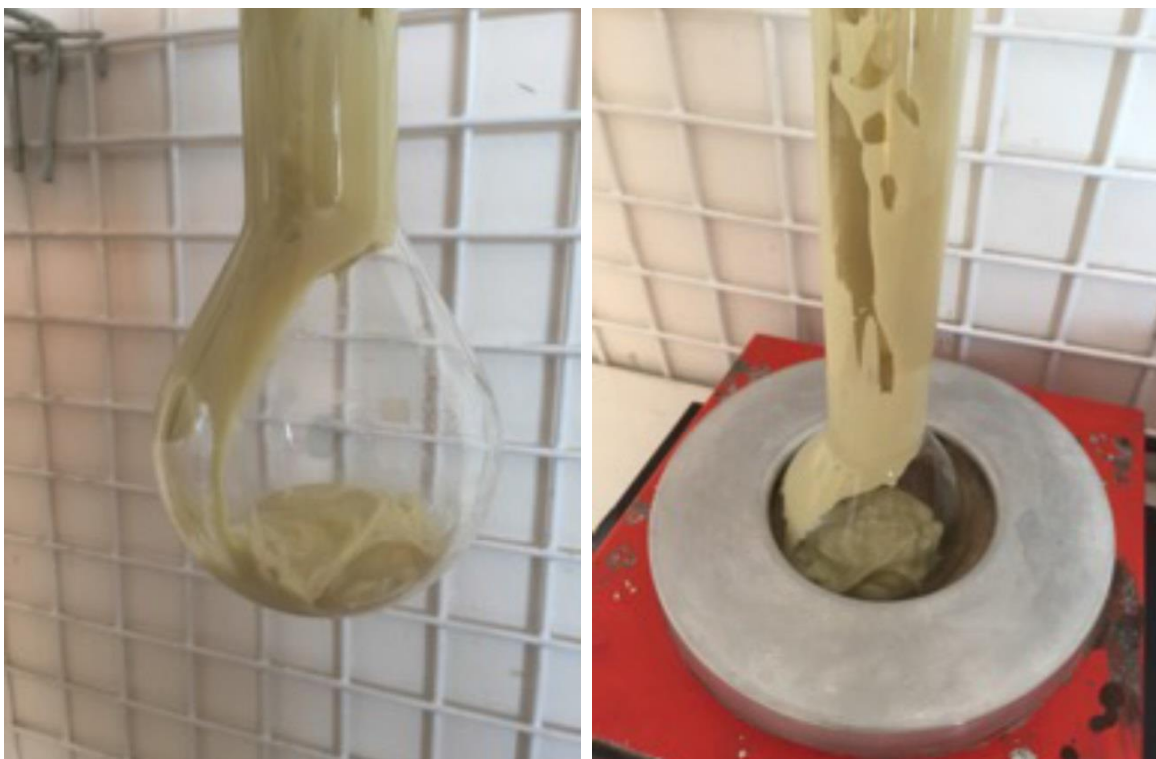
Mazivo	Kouř	Odér	Dráždivost	Teplotní bod generování kouře
ALC	bílý	charakteristický nasládlý	žádná	100 °C
ALTO	bílo šedý	charakteristický, větší pachová stopa než u Metform O.F. gel	žádná	105 °C
NIROL	bílo šedý	charakteristický, větší pachová stopa než u Metform O.F. gel	žádná	89 °C
Metform O.F.	šedý	charakteristický, silný	silná	75 °C



Obrázek 9, 10: Mazivo ALC vstupní stav a zahřívání v topném hnízdu



Obrázek 11, 12: Mazivo ALC během zahřívání a po zahřívání



Obrázek 13, 14: Mazivo ALTO vstupní stav a zahřívání v topném hnízdu



Obrázek 15, 16: Mazivo ALTO během zahřívání a po zahřívání



Obrázek 17, 18: Mazivo NIROL vstupní stav a zahřívání v topném hnízdu



Obrázek 19, 20: Mazivo NIROL během zahřívání a po zahřívání



Obrázek 21, 22: Mazivo Metform O.F.gel vstupní stav a zahřívání v topném hnízdu



Obrázek 23, 24: Mazivo Metform O.F. gel během zahřívání a po zahřívání

6. Měření příspěvku maziv k výfukovým emisím pevných částic

6.1. Cíle zkoušky

Cílem této zkoušky je zjistit, zda technologické mazivo používané pro výrobu ohýbaných trubek má nějaký vliv na následné emise motorového vozidla při jeho prvních kilometrech provozu. Jako další cíl bylo definováno zjištění závislosti aplikovaného množství maziva na následné emise a to konkrétně na množství částic. Důvodem, proč se tato práce zabývá technologickými mazivy a jejich vlivem na emise, jsou reklamace ze stran zákazníků, tedy výrobců automobilů. Tito zákazníci, respektive výrobci automobilů si stěžují, že výfukové systémy generují při nájedzu prvních desítek kilometrů bílý až bílo šedý kouř. Tento jev po ujetí řádově desítek kilometrů zmizí a dále automobil generuje standardní výfukové plyny. Toto chování automobilu během začátku jeho provozu samozřejmě vede k tomu, že vyrobené automobily s tímto chováním nejsou dobrou vizitkou pro samotného výrobce. Zákazník očekává, že při dnešním velkém zájmu o emisní limity, viz kapitola 1.2 Emisní normy, bude jeho automobil tyto limity bez jakýchkoli odchylek splňovat. Dále by pak například mohl vzniknout problém na stanici technické kontroly v případě, že by tato maziva ulpěla ve výfukových systémech ovlivňovala emise motorových vozidel po delší čas. Toto je ale spíše spekulace, která nebude pravdivá vzhledem k tomu, že nový automobil absolvuje dle legislativy České republiky první zkoušku technické kontroly a měření emisí až po čtyřech letech provozu. Za tuto dobu se dá celkem s určitostí říci, že veškerá používaná maziva již budou vypálena nebo jiným způsobem díky provozu odstraněna. Toto potvrzuje i fakt, že sami výrobci automobilů označili problém jako dočasný, který probíhá pouze na začátku provozu automobilu. Na závěr této úvahy je ještě nutné podotknout, že reklamace výrobců aut jsou více méně pochopitelné. Dobré povědomí o své značce, kvalitě, spolehlivosti a dobrém servisu výrobci automobilů budují dlouhé roky a stojí nemalé peníze. Zvýšená kouřivost nového automobilu může i ve velmi krajním případě připravit výrobce automobilů i o několik desetitisíc či statisíc zákazníků.

Dalším důvodem pro provedení této zkoušky je zjištění dopadu množství maziva na výsledné hodnoty emisí. Jak bylo možné vypořadovat z praxe, množství maziva, které je dávkováno během ohýbacího procesu, není nijak monitorováno. Velmi často obsluha ani neví, jaké je správné množství maziva, které se má dávkovat během ohýbání. Tento jev je jistým způsobem pochopitelný, protože ve výrobním závodě se většinou nevyskytují odborníci a vývojoví

pracovníci, například specialisté na ohýbání trubek. Celý stroj a přípravky na ohýbání trubek jsou doručeny do výrobního závodu jako balíček. Stroj je nainstalován, je provedena zkušební výroba případně menší série několika trubek a následně je takto odladěný stroj předán zákazníkovi, tedy výrobnímu závodu. Proto je žádoucí vytvořit přinejmenším vizualizace nebo návodky, které by zobrazovali jak nastavit stroj a požadovanou dávku maziva. Po zkušenostech, které byly získány při výrobě samotných prototypů přímo ve výrobě, by bylo vhodné zanést množství maziva do samotného pracovního návodu. Důvodem je to, že každý pracovník a seřizovač stanoviště má svoje vlastní zkušenosti získané z provozu a tyto zkušenosti implementuje při nastavování stojů nebo při obsluze strojů. Hodnoty maziv obsažených v trubkách se tedy mohou v extrémních případech pohybovat i v rozmezí desítek gramů.

6.2. Metodika zkoušky

Definice zkoušky od samého začátku zněla zjistit vliv množství aplikovaného maziva v trubkách výfukového potrubí. Bylo zapotřebí zvolit vhodný a reprezentativní výfukový systém. Aby bylo možné provést tuto experimentální zkoušku co možná nejvíce reálněji, bylo nutné vybrat vhodný zkušební motor a k němu i vhodný výfukový systém. Možnosti se omezily na vybavení zkušebny v Technické Univerzitě v Liberci. Pro tento experiment byl vybrán jako vhodný zkušební motor benzínový zážehový motor 1.0 TSI, který je umístěn na zařízení zvaném Power Train (je popsáno v odstavci 6.2.1. Zařízení použité pro zkoušku). Na tomto zkušebním stavu je možné měnit nejen různé spektrum otáček, ale i zatížení motoru. Tyto možnosti změny zatížení a otáček napodobují skutečný průběh při zajištění nového automobilu, tedy nejlépe vyhovují této experimentální zkoušce. Dále bylo nutné správně definovat výfukový systém. Díky vybranému motoru byl okruh omezen a to na výfukové systémy pro nízko objemové benzínové motory. Byl vybrán výfuk pro motor o objemu 1,4 litrů (záměrně zde není označena detailně motorizace, výrobce výfukového systému ani automobilový výrobce). Tento výfuk sice neodpovídá objemu zkušebního motoru, ale splňuje požadavky nízkoobjemového zážehového výfukového systému.

Aby bylo možné dostatečně porovnat vliv množství maziva, byly určeny tři hladiny, které budou obsaženy ve vzorcích středových trubek. Pro vytvoření ucelené představy o zkoušeném komponentu je na obrázku 25 zobrazena středová trubka.

- Hladina 1-3 gramy (chudé mazání)
- Hladina 8-10 gramů (optimální mazání)
- Hladina 14-17 gramů (bohaté mazání)

Tyto jednotlivé hladiny vypovídají reálné situaci přimazávání při ohýbání trubek. Hladina s obsahem tuku 1-3 gramy odpovídá spíše chudému mazání, kdy hrozí poškození mandrelu, utrnutí mandrelu, který se zadře v trubce při ohýbání, nebo poškození samotné trubky. Takové poškození nemusí být na první pohled zřejmé. Může dojít k tvorbě mikrotrhlin, které se projeví prasklinou až v průběhu několika let. Časový horizont vzniku trhliny pak může převýšit dobu 2 roky, kdy platí záruka. Ve velmi krajním případě může být koncový zákazník takovou událostí velmi nepříjemně zaskočen a při koupi příštího automobilu může zvolit automobil konkurenční značky. Zkoumání vzniku mikrotrhlin a trhlin nejsou cílem této práce, jsou pouze konstatováním zkušeností a dosavadních získaných poznatků autora této práce.

Druhá hladina 8-10 gramů odpovídá kalkulované hmotnosti potřebné pro ohýbání a je nejvíce běžná pro tento typ trubky. Vycházíme především z toho, že pro optimální kalkulaci množství maziva byl osloven specialista ze společnosti vyrábějící maziva pro tyto druhy aplikací. Velmi záleží na rádiu ohybu, tloušťce stěny a úhlu ohybu. Pro tuto konkrétní středovou trubku byla výrobcem maziva dodána informace, že teoretická spotřeba maziva je 10,4 g. Tato hodnota odpovídá rozmezí středního optimálního mazání.

Poslední hladina a její obsah tuku 14-17 gramů byla vytvořena spíše proto, aby bylo možné zjistit, jestli má vyšší množství maziva skutečný dopad na emise pevných částic. Takové množství tuku není nebo by aspoň nemělo být používáno ve výrobě. Výrobce by byl v takové případě sám proti sobě, protože by aplikoval vyšší množství tuku a tím i ztrácel zisk.



Obrázek 25: Středová trubka

6.2.1. Zařízení použité pro zkoušku

Pro měření emisí byl použit přístroj NanoMet3 (viz obrázek 26). Tento přístroj je určen pro měření pevných částic. Nanomet3 je přenosné zařízení určené k měření částic výfukových plynů diesellových motorů, benzínových motorů s přímým vstřikováním, motorů spalujících lehké topné oleje nebo pro měření zařízení spalujících dřevo a uhlí, případně na měření emisí komínů. Může být ale použito pro měření plynů nebo aerosolů, které vznikají při jiných procesech. Nanomet3 se skládá ze samostatné měřicí sondy kontrolní jednotky, díky tomu dokáže efektivně měřit různé typy vzorků (například měření v koncovkách výfukových potrubí, tunely atd.). Součástí Nanomet3 je difuzní klasifikátor částic (DiSC, viz obrázek 27), nástroj pro měření koncentrace nebo rozměru pevných částic v řádech nanometrů a to v rozmezí od 10 do 300 nm. [18]

Princip měření NanoMet3 [18]:

1. Zředění vzorku
2. Odstranění volatilních částic
3. Měření vzorku



Obrázek 26: Přístroj pro měření emisí NanoMet 3 [18]

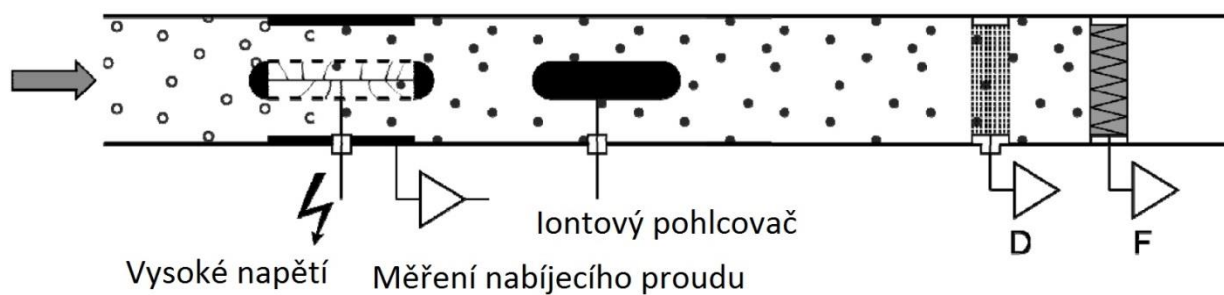
Pro představu univerzálnosti a širokého spektra využití přístroje NanoMet3 je zde výpis jeho nejčastějšího využití [18]:

- Měření pevných částic dieselových a benzínových motorů v reálném prostředí
- Měření pevných částic dieselových a benzínových motorů v reálném čase (myšleno přímo za provozu)
- Kalibrace dieselových a benzínových motorů
- Měření ustáleného a přechodného stavu emisí motorů
- Měření částic u DPF filtrů
- Výzkumné měření pro optimalizaci regenerace filtrů DPF
- Charakteristické měření účinnosti pohlcovačů pevných částic a DPF
- Měření emisí při použití různých typů paliv, maziv a různých přísad
- Měření pevných částic speciálních například terénních automobilů, lodí, lokomotiv
- Měření emisí různých jiných paliv jako jsou dřevo, olej, zemní plyn, propan nebo uhlí
- Měření například elektrických generátorů spalujících palivo, biomasu atd.

Princip měření je v nabíjení pevných částic. Difuzní klasifikátor částic nabíjí aerosol v unipolárním difuzním tunelu. Po tomto nabití jsou nabitě ionty pochyťány do iontových

pohlcovačů. Nabitý aerosol projde dál. V difuzních stanicích, kde jsou uloženy zachycené částice, jsou tyto částice měřeny a výsledkem tohoto měření je elektrický proud. Zbývající částice (aerosol), které projdou přes tuto první iontovou past, jsou také měřeny, a to na poslední filtrační stanici, výstupem měření je opět elektrický proud. Toto měření se porovnává s kalibračním měřením, díky kterému se dozvíme průměrnou velikost pevných částic. Jakmile toto známe, je dále dopočítáván počet pevných částic na základě proudu a velikosti procházejícího proudu plynů v tunelu. [18]

Volatilní částice VOC (Volatile Organic Compounds) jsou těkavé organické látky, organické sloučeniny s vysokým tlakem nasycených par a nízkou teplotou varu pod 250 °C = aldehydy, ketony, uhlovodíky a jejich deriváty (např. formaldehyd, aceton, toluen, tetrachloroetylen...). Těkavé organické látky podporují vznik přízemního ozónu, který poškozuje vegetaci i lidské zdraví, dráždí sliznici (oči, dýchací a zažívací ústrojí), mají narkotický účinek, obsahují toxické, karcinogenní a teratogenní látky. [19]



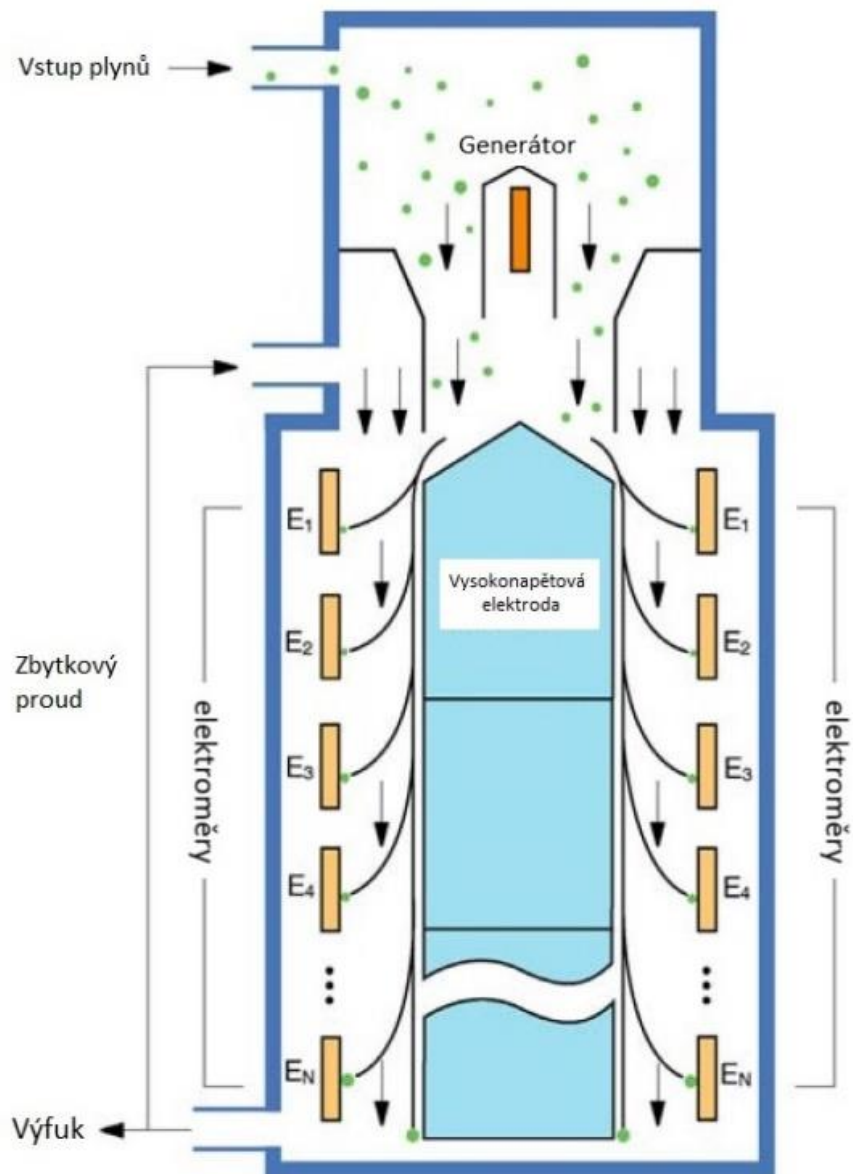
Obrázek 27: Uspořádání sensoru DiSC [18]

Při měření bylo dále použito zařízení EEPS model 3090 (Engine Exhaust Particle Sizer), v překladu klasifikátor částic, který je zobrazený na obrázku 28. [20]



Obrázek 28: Klasifikátor částic model 3090 [20]

Princip klasifikátoru částic je založen na vstupu výfukových plynů do cyklonu, kde jsou částice větší jak $1\ \mu\text{m}$ odfiltrovány. Dále pokračuje proud výfukových plynů do elektrického difuzoru. Schéma vnitřního uspořádání EEPS můžeme vidět na obrázku 29 Schéma spektrometru EEPS model 3090. [20]

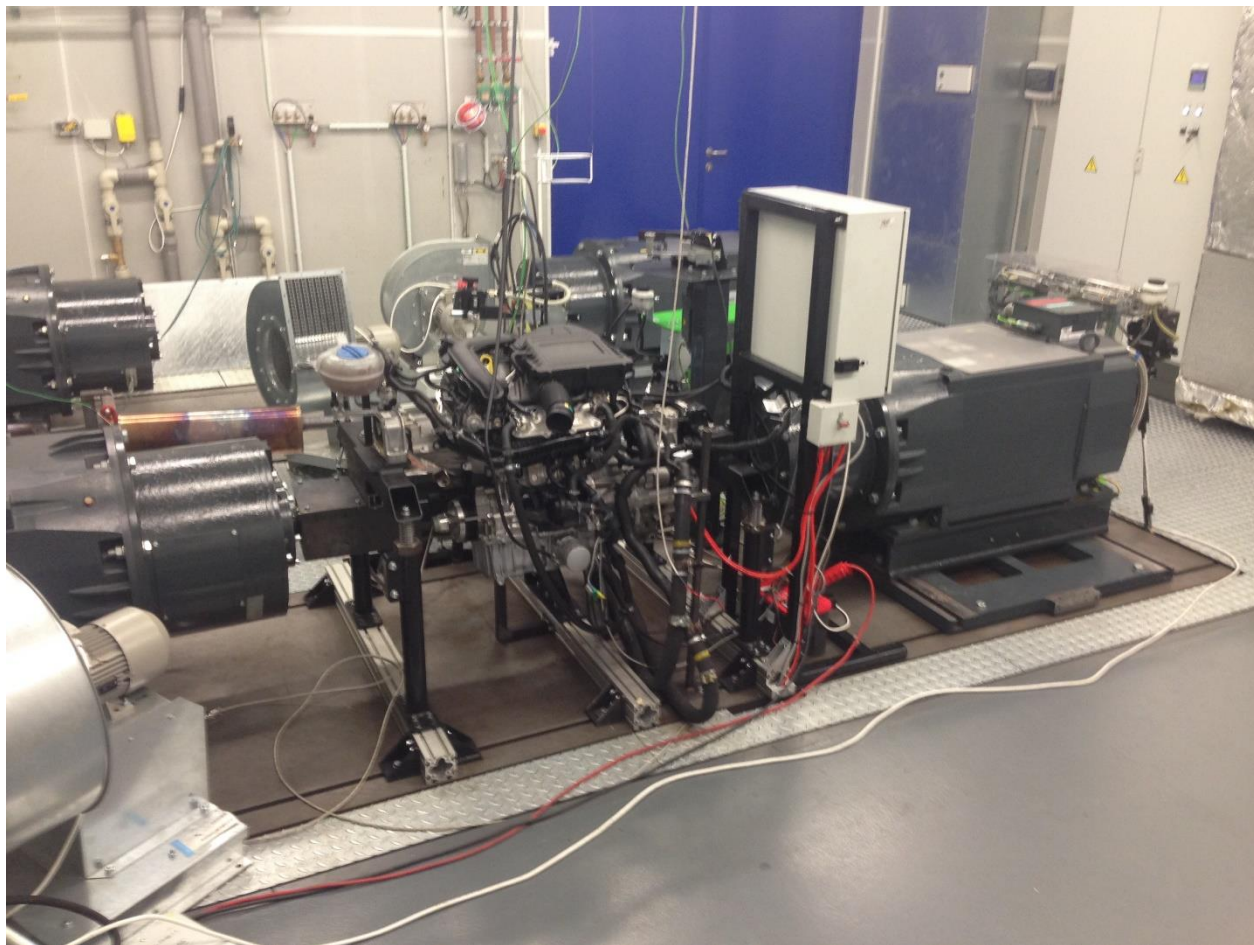


Obrázek 29: Schéma spektrometru EEPS model 3090 [20]

Generátor elektrického náboje je umístěn v horní části. Shodně s proudem výfukových plynů částice poté vstupují do komory kruhovým otvorem a směšují se zbytkovým vzduchem vracejícím se obtokem. Dále pokračuje tento proud do prostoru mezi dva soustředné válce. Vnější válec je vyplněn snímacími elektrodami ve tvaru prstenců. Elektrody jsou odizolovány jedna od druhé. Každá tato elektroda je připojena na velmi citlivý zesilovač, takzvaný elektrometr. Vnitřní válec je připojen na vysokonapětovou elektrodu. Takto elektroda vytváří elektrické pole mezi těmito dvěma válci. Proud, který je takto pozitivně nabit, vstupuje z horní části směrem dolů a je odpuzován vysoce napětovou elektrodou směrem k elektrodám. Částice, které dopadnou na měřicí

elektrody, jim předají svůj náboj, čímž vzniká velmi malý elektrický proud. Ten vygenerovaný proud je zesílený a měřený na elektrometru. Na základě proudů jsou vypočteny koncentrace v celkem 32 velikostních kategoriích. Data jsou zpracována v reálném čase v množství 10 vzorků za sekundu. [20]

Dalším zařízením použitým při zkoušce byla motorová zkušebna Power Train, kterou můžeme vidět na obrázku 30: Zkušebna Power Train s motorem 1.0 TSI. Zkušebna je určena pro zkoušení hnacích ústrojí vozidel jako celku (spalovací motor, spojka, převodovka s rozvodovkou). Zkušebna je osazena 4 asynchronními dynamometry. Dynamometry jsou rozděleny do párů – pro zkoušení přední a zadní osy vozidla. Způsob ovládání je následující: pro každý dynamometr je možnost samostatného ovládání pro simulaci jízdy vozidla např. zatáčkou. Na zkušebním zařízení mohou být prováděny zkoušky hnacího ústrojí 4WD a nebo 2WD, je umožněno využití obou párů dynamometrů samostatně, jeden pár dynamometrů pro zkoušení hnacích ústrojí s vyššími točivými momenty, dva páry dynamometrů pro zkoušení hnacích ústrojí s nižšími točivými momenty. Jedna osa je osazena párem dynamometrů Siemens 136 ADG 288WP (každý má 136kW / 500 min⁻¹ / 2598Nm; 120kW / 2600 min⁻¹ / 440Nm; max. otáčky 3000 min⁻¹). Druhá osa je osazena párem dynamometrů Siemens 111 ADG 286WP (každý má 111kW / 500 min⁻¹ / 2120Nm; 80kW / 2600 min⁻¹ / 294 Nm; max. otáčky 3000 min⁻¹). Řídicí systém je tvořen PLC Simatic S7-300. Nadřazený systém měření a řízení využívá programové prostředí LabView a platformu CompactRIO od National Instruments, kde je možnost doplňovat zařízení o potřebné měřicí moduly. Zkušební box je klimatizovaný a vlastní spalovací motor je možno temperovat na předepsanou teplotu pomocí externího chladicího okruhu. [21]



Obrázek 30: Zkušebna Power Train s motorem 1.0 TSI

6.2.2. Výběr zkoušeného maziva

Vzhledem k finanční a časové náročnosti celého testu bylo nutné rozhodnout se pouze pro jedno mazivo. Výběr tohoto maziva byl již na začátku této práce omezen pouze na čtyři výše popsané, tedy ALC, ALTO, NIROL a Metform O.F.gel. Důraz byl kladen na to, aby toto mazivo nejvíce odpovídalo reálné situaci při výrobě trubek pro výfuková potrubí. Byl brán zřetel na tyto faktory:

- Jednotlivá složení maziv
- Teplota začátku generování kouře
- Celkové chování a průběh tuku při zahřívání a spalování
- Využití v sériové výrobě

Vzhledem k výše uvedeným faktorům bylo vybráno mazivo Metform O.F.gel. Toto mazivo má nejnižší teplotní bod, kdy začíná generovat kouř. Proto se dá očekávat, že bude reagovat při relativně nízkých provozních zatíženích. Dále je pak mazivo Metform O.F.gel velmi rozšířeno v sériové výrobě. Na proces ohýbání trubek se v tento moment používá výhradně tento typ maziva.

6.2.3. Výroba a příprava vzorků

Trubky byly ohnuty na CNC ohýbačce Addison, která je zobrazena na obrázku 31: Ohýbačka Addison při ohýbání středové trubky. Jedná se o standardní číslicově řízený stroj hojně využívaný v sériové výrobě pro ohýbání trubek, proto se zde jeho detailním popisem nebudeme zabývat.



Obrázek 31: Ohýbačka Addison při ohýbání středové trubky

Vzhledem k požadavku mít tři různé hladiny maziva ve středové trubce, byla pro tyto potřeby zapůjčena kalibrovaná váha z Technické Univerzity v Liberci. Tato váha váží s přesností na gramy. Vážení rovné trubky bylo bez problémů, problém nastal při vážení trubky ohnuté, kdy trubku

vzhledem k poloze těžiště nebylo možné položit na plochu váhy. Proto byl pro upevnění použit svěrák, který by zajistil trubku v pozici pro měření, viz obrázek 32: Sestava váhy a svěráku pro měření hmotnosti. Následně pak byla každá jednotlivá trubka zvážena před a po ohnutí a množství maziva v gramech bylo zaznamenáno přímo na trubku, viz obrázek 33: Měření hmotnosti maziva ohnuté trubky. Nejistota měření pro tuto konkrétní váhu $\pm 2\text{g}$. Pro díly, kde bylo naměřeno 1-3 gramy tuku, může celková hmotnost maziva jiná, než bylo zaznamenáno. Na druhou stranu díl je relativně těžký a prostorově členitý, a proto přesné odvážení bylo velmi komplikované. Vzhledem k dílu, jeho velikosti, podmínkám výroby a charakteru zkoušky bych toto měření považoval za dostatečné.



Obrázek 32: Sestava váhy a svěráku pro měření hmotnosti



Obrázek 33: Měření hmotnosti maziva ohnuté trubky

Požadavek na zkoušku byl provést minimálně pět měření pro danou hladinu tuku. Vzhledem k objemu zkoušky a ceně jednotlivých dílů byl zvolen způsob, který výrazně zredukoval cenu celé zkoušky a to z hlediska materiálů a celé pracnosti. Bylo vyrobeno celkem 22 kusů trubek (7x testovací trubka + jedna referenční), přední a zadní box, vstupní trubka, 2x koncovka. Celý tento systém je zavěšen na rámu, který byl vytvořen pro tuto aplikaci, viz obrázek 34: Sestavení zkušebního výfuku. Důmyslnost celé konstrukce spočívá v možnosti měnit jenom středové trubky, které jsou uchyceny plynotěsnými sponami.

Abychom dosáhli co nejkvalitnějších vzorků, zajistili opakovatelnost a celkově co nejmenší přínos z jiných maziv, byl celý výfukový systém po sestavení boxů vypláchnut na vysokotlaké čističce za použití speciálního průmyslového odmašťovačla Pick-up.

Pick-up je aktivní pěna, zásaditý čisticí prostředek obsahující neiontové povrchově aktivní látky s nízkým dopadem na životní prostředí. Čištěné plochy zanechává ošetřené. Tato kapalina se používá jako čisticí prostředek pro intenzivní znečištění, obsahuje hydroxid sodný, je vysoce žíravý a při kontaktu s pokožkou způsobuje těžké poleptání. [22]



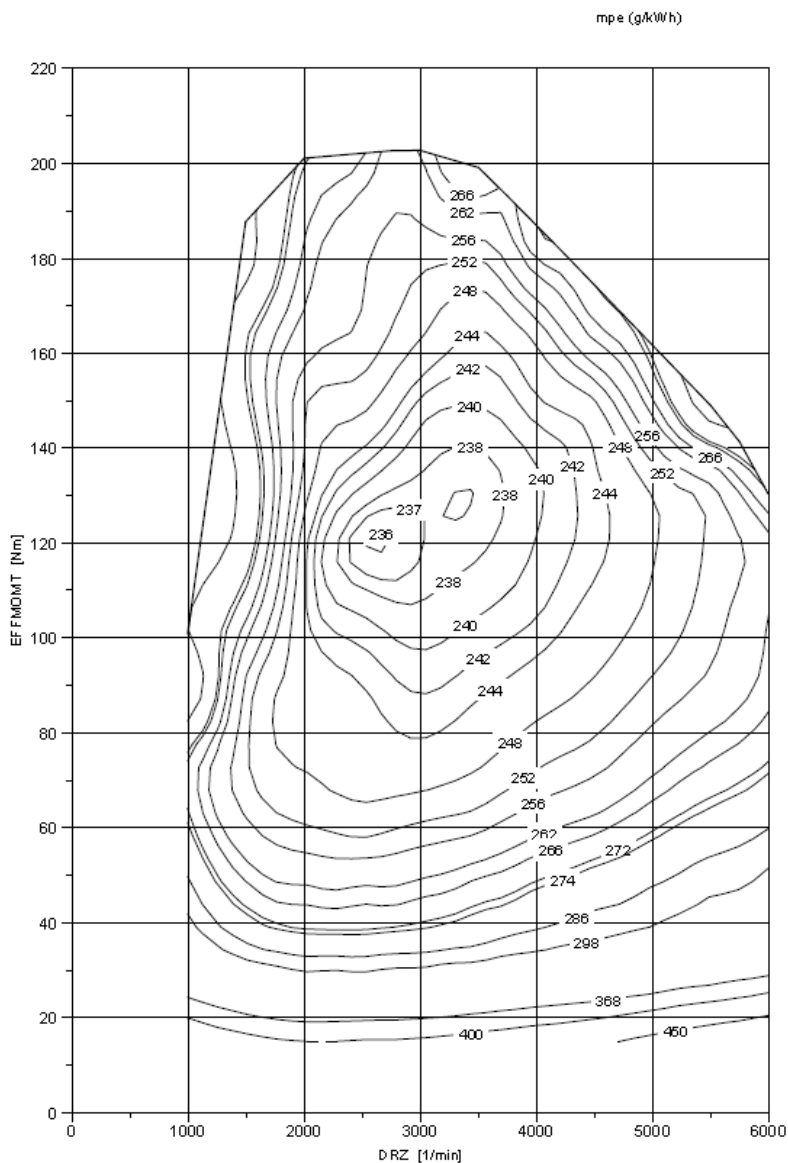
Obrázek 34: Sestavení zkušebního výfuku

6.2.4. Testovací cyklus

Pro úspěšné provedení zkoušky bylo nutné zvolit i vhodný testovací cyklus. Ten musel nejvíce odpovídat podmínkám provozu vozidla, abychom docílili stejných parametrů jako při běžném provozu. Nejvíce v úvahu by přicházel evropsky jízdní cyklus NEDC nebo cyklus dynamický, který plynule reguluje výkon a otáčky motoru. Bohužel motorová zkušebna Power train neumožňuje nebo jen velmi limitně dovoluje vytvářet cykly dynamické, proto byl vytvořen cyklus, který je sice statický, ale definuje různé jízdní režimy. Pro každý z těchto režimů byl stanoven čas 3 minuty. Tyto režimy jsou:

- Volnoběh
- Motor v režimu odpovídající rychlosti vozidla 50 km/h (městský provoz)
- Motor v režimu odpovídající rychlosti vozidla 90 km/h (mimoměstský provoz)
- Motor v režimu odpovídající rychlosti vozidla 130 km/h (dálniční provoz)
- Motor v režimu odpovídající rychlosti vozidla 130 km/h zvýšený (dálniční provoz stoupání)

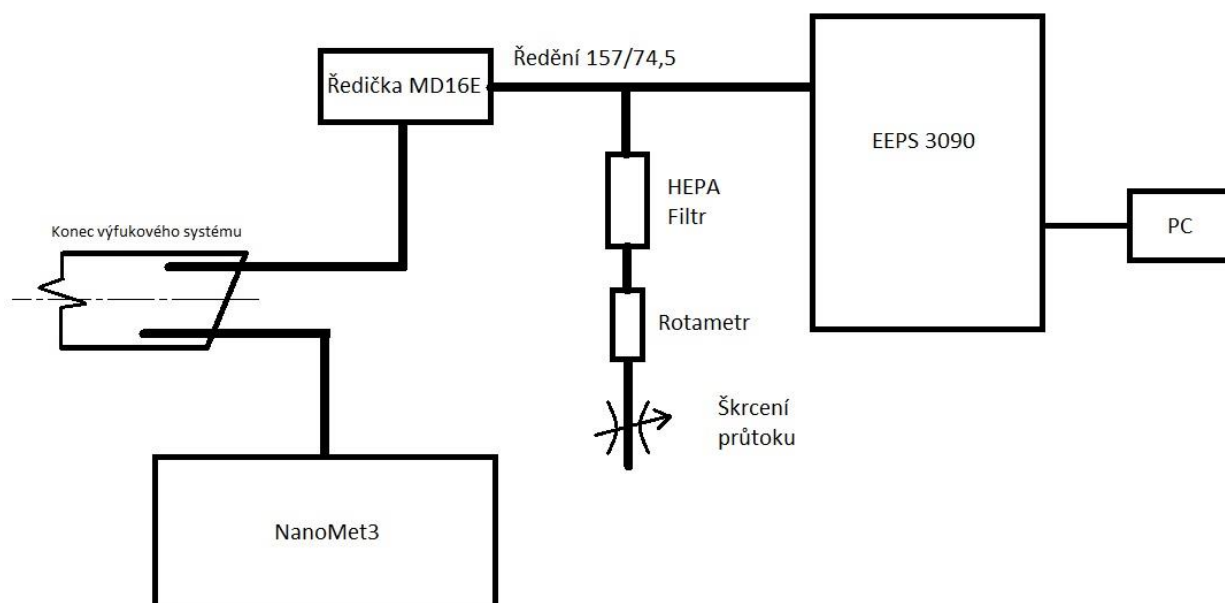
Protože se jednalo o měření množství pevných částic a i samotný motor emitoval pevné částice, bylo nutné definovat limitní oblast, kde už není vhodné motor provozovat, aby nedocházelo ke zbytečně velké produkci pevných částic. Hranice byla stanovena na maximální zatížení motoru 150 Nm. Před samotným měřením nebylo známo, jaký bude příspěvek počtu pevných částic z maziva. Proto bylo nutné stanovit limit zatížení motoru, aby přínos množství pevných částic emitovaný motorem nebyl řádově větší než přínos počtu pevných částic z maziva. Výběr vhodné hranice byl rozhodnut na základě mapy měrné spotřeby motoru, viz obrázek 35: Mapa měrné spotřeby motoru 1.0 TSI. Mapa měrné spotřeby byla změřena na TUL pro vlastní potřebu univerzity.



Obrázek 35: Mapa měrné spotřeby motoru 1.0 TSI

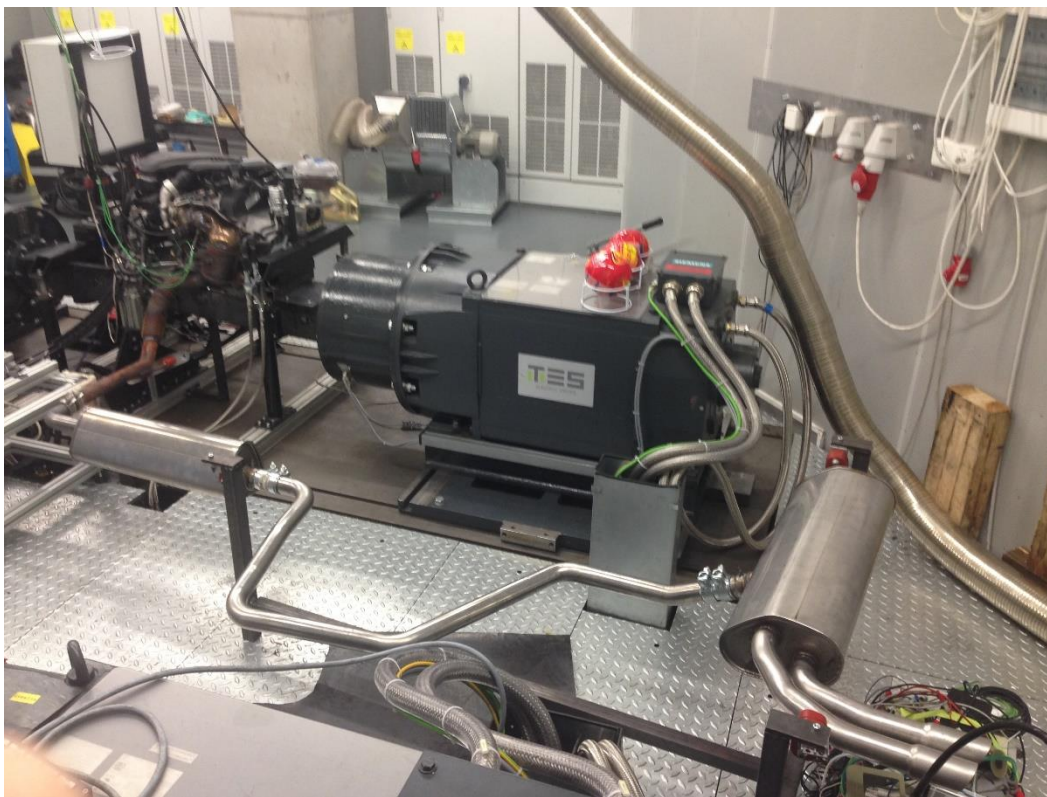
6.2.5. Zapojení přístrojů NM3 a EEPS

Pro toto měření byly použity dva přístroje pro měření pevných částic a to NanoMet 3 a EEPS 3090. Jejich funkce a vlastnosti byly popsány výše. Oba přístroje byly použity proto, že NanoMet 3 měří pouze nevolatilní částice, zatímco klasifikátor EEPS měří částice bez odpaření volatilní složky. Celé schéma zapojení přístrojů je znázorněno na obrázku 36: Schéma zapojení přístrojů NanoMet3 a EEPS 3090. Na obrázcích 37 a 38 je možné vidět, jak byl výfukový systém a měřicí zařízení instalovány.

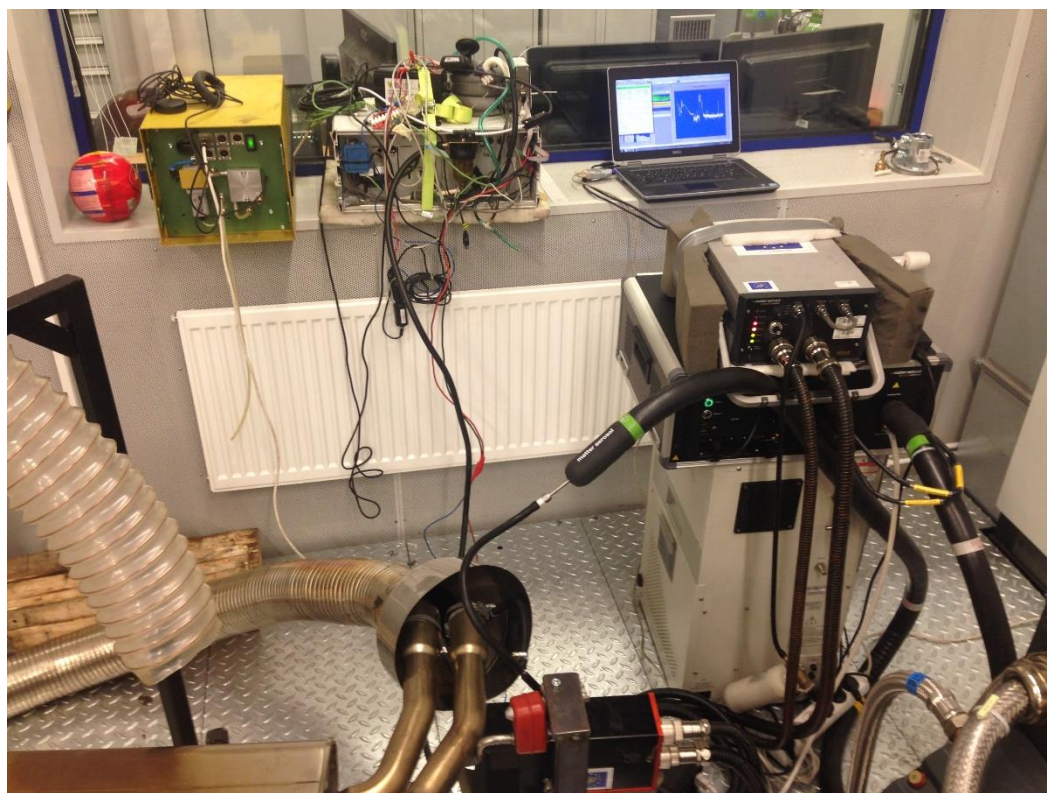


Obrázek 36: Schéma zapojení přístrojů NanoMet3 a EEPS 3090

Dále je nutné poznamenat, že kvůli doředování bylo nutné použít ředičku, v našem případě MD16E. Důvodem použití ředičky je naředění odebíraného vzorku spalin a to proto, aby nedošlo k saturaci. Byly použity dva ředící koeficienty. Vždy pro první cyklus nové trubky koeficient 157, pro další následující cykly už byl ředící faktor 74,5.



Obrázek 37: Instalace výfukového systému na zařízení Power Train



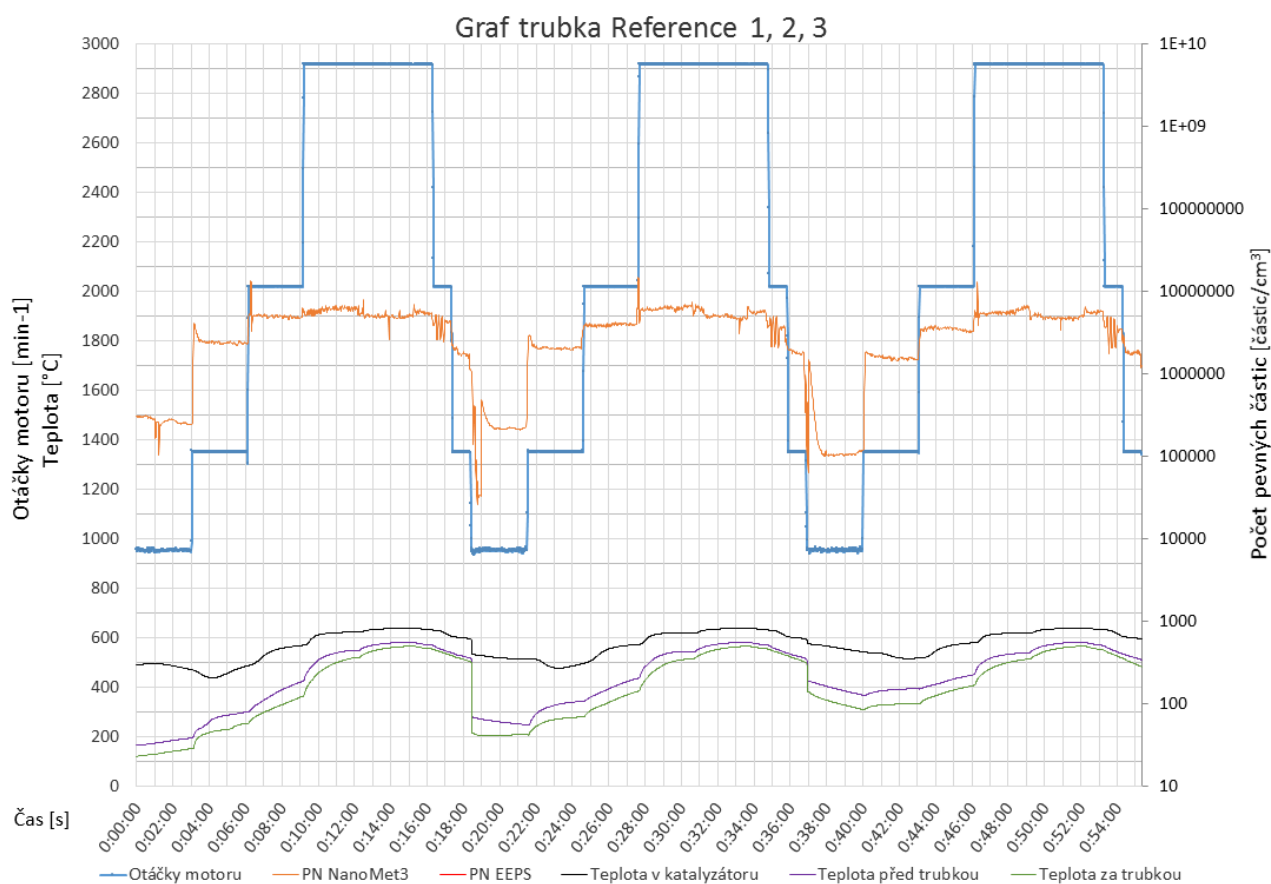
Obrázek 38: Instalované zařízení pro měření

6.3. Výsledky

6.3.1. Referenční měření

Po namontování výfukového systému a osazení měřících přístrojů bylo provedeno několik zkušebních měření. Bylo to ze dvou důvodů. Prvním důvodem bylo vypálení zbylých maziv, které by ve výfukovém systému mohly ulpět. Druhým důvodem bylo stanovení hladiny pevných částic, které emituje samotný motor. Tato hladina je velmi důležitá, protože nám řekla, kdy už byl veškerý tuk odpálený. Bohužel při referenčních zkouškách došlo k selhání techniky a pevné částice byly zaznamenány pouze přístrojem NanoMet 3. Při tomto referenčním měření byly naměřeny tyto hodnoty:

- Graf 2: Cyklus jízdního režimu 1, 2, 3; referenční měření



Graf 2: Cyklus jízdního režimu 1, 2, 3; referenční měření

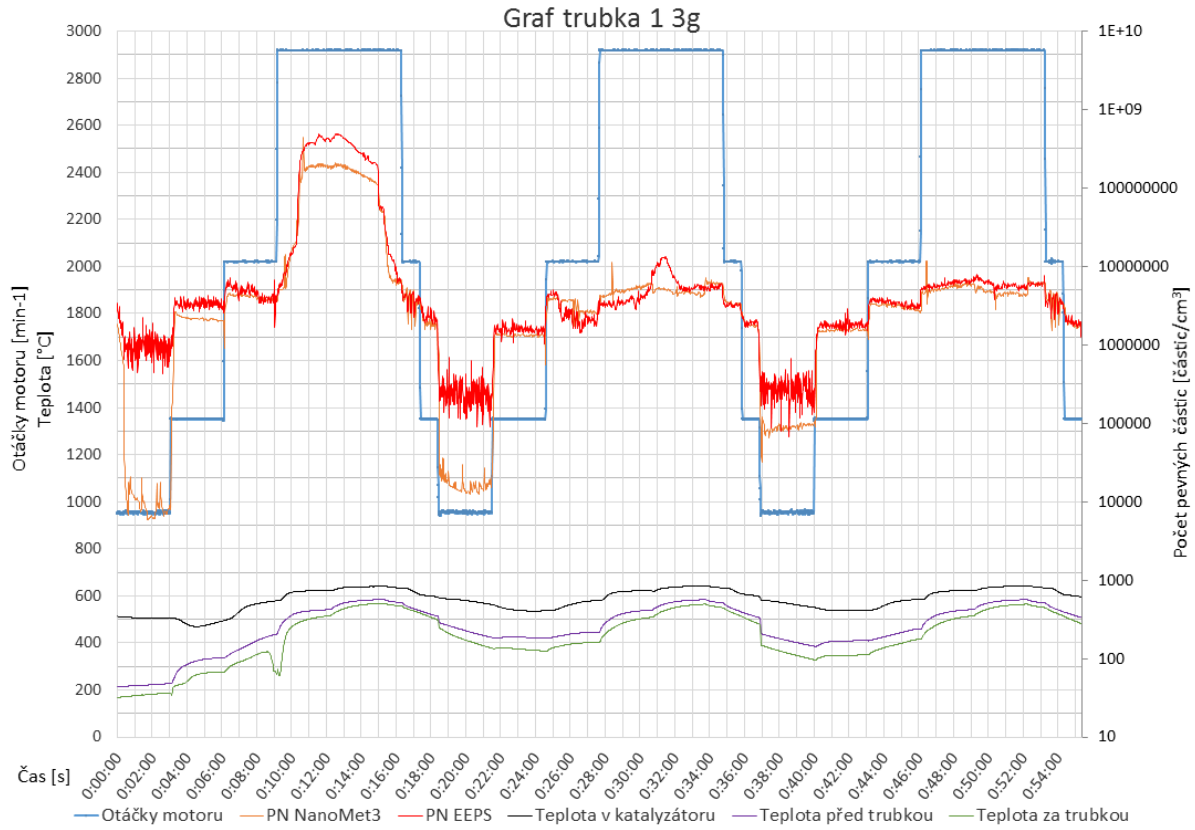
6.3.2. Zkouška maziva množství 1 – 3 g

Trubka 1 množství maziva 3g

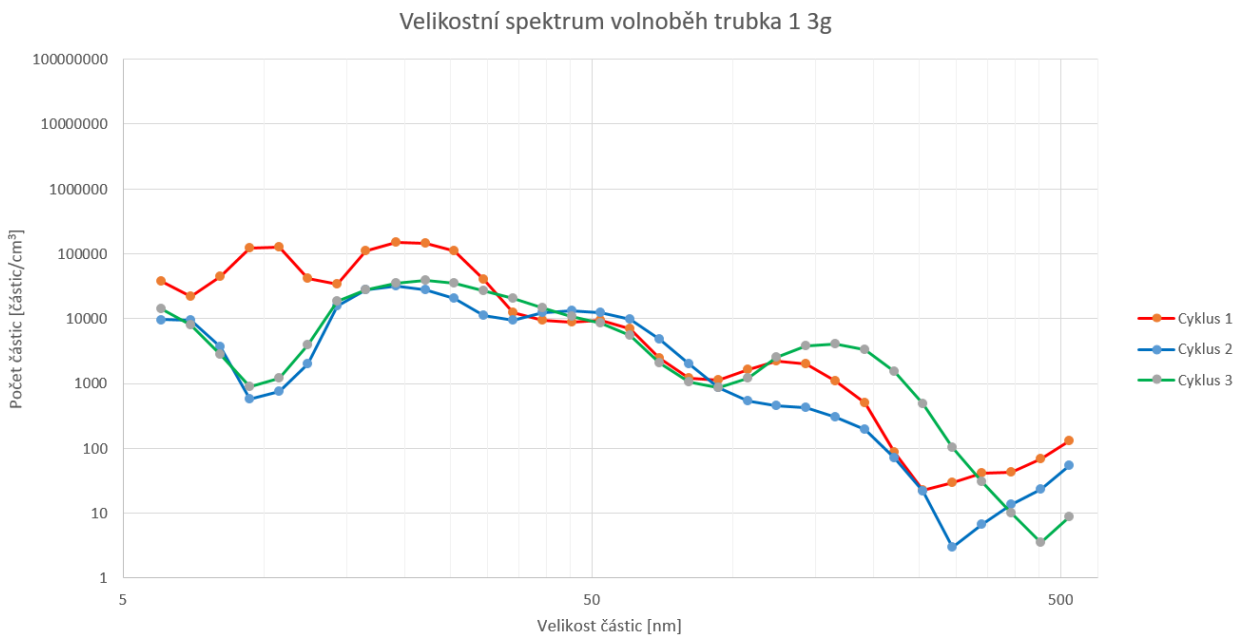
První v pořadí měření byla trubka s hmotností maziva 3 gramy. Aby bylo vidět komplexitu měření, jsou zde pro tuto trubku zobrazeny tyto grafy:

- Graf 3: Cykly měření trubky 1 3g
- Graf 4: Velikostní spektrum volnoběh trubka 1 3g
- Graf 5: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 1 3g
- Graf 6: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 1 3g
- Graf 7: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 1 3g
- Graf 8: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 1 3g
- Graf 9: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 1 3g

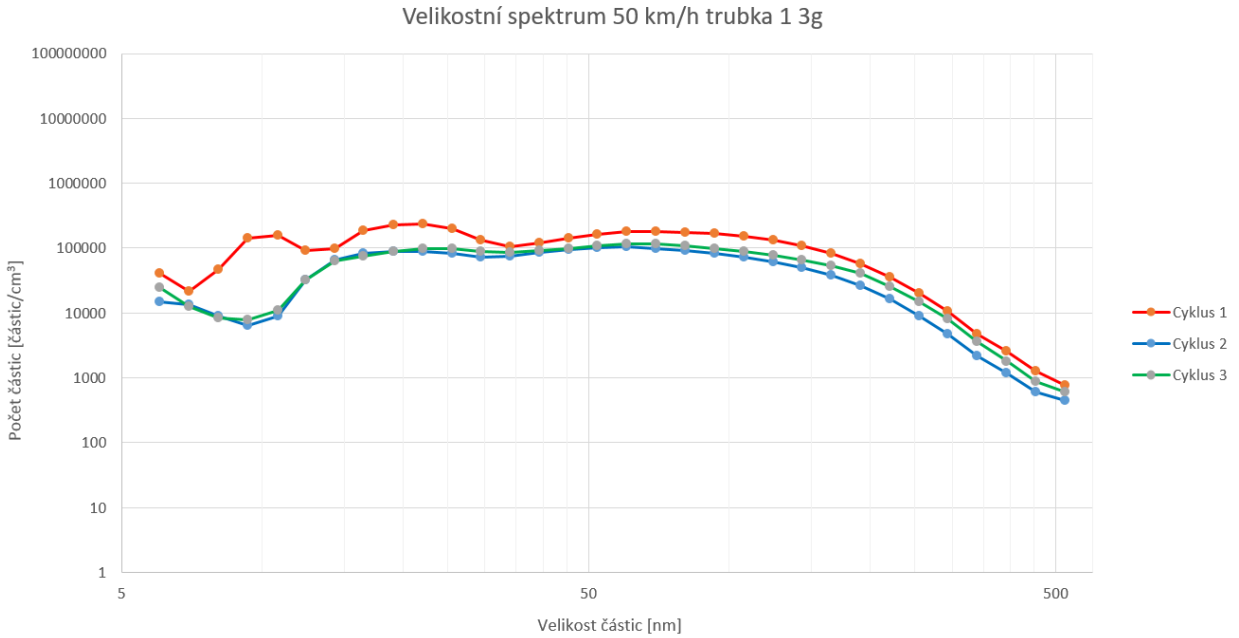
V každém jednotlivém grafu je možno vidět různá zaznamenaná data, například otáčky motoru, teploty, časy a dále pak data z přístrojů NanoMet 3 a EEPS. Grafy velikostních spekter pevných částic a graf celkových počtů vyprodukovaných částic jsou zde vloženy pro ukázkou. U dalších měřených trubek bude vložena pouze grafy cyklů měření trubky. Vzhledem k velkému množství opakujících se grafů budou ostatní grafy vloženy do přílohy této zprávy. Výsledky velikostního spektra však budou řádně diskutovány a interpretovány v závěru a doporučení práce.



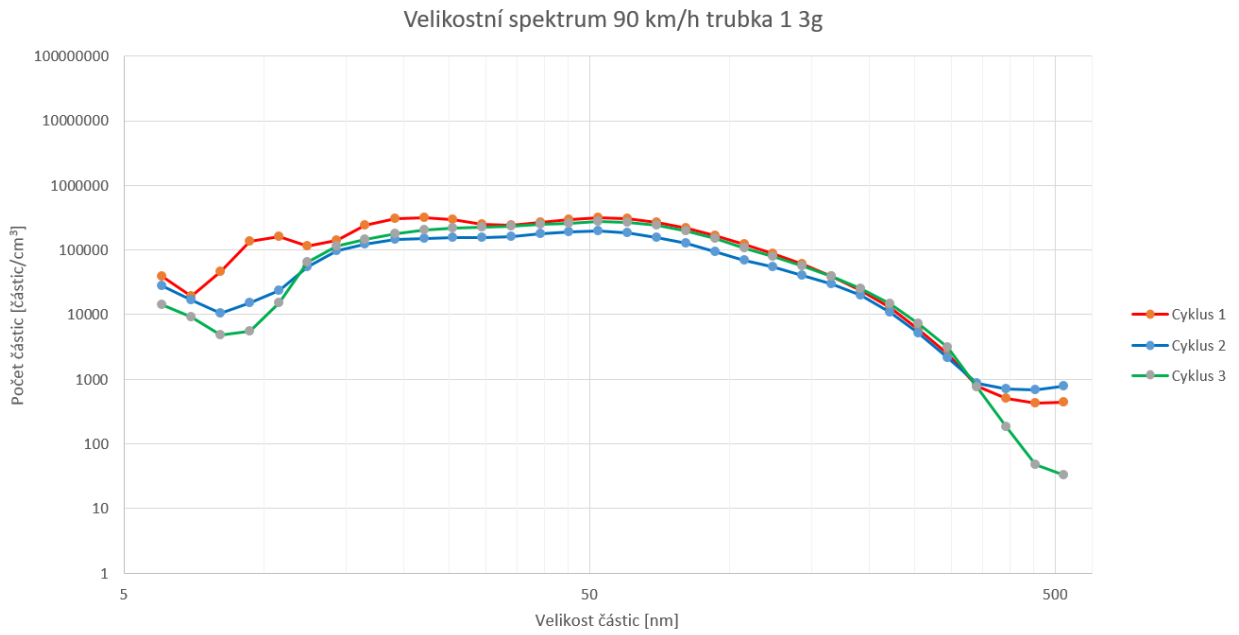
Graf 3: Cykly měření trubky 1 3g



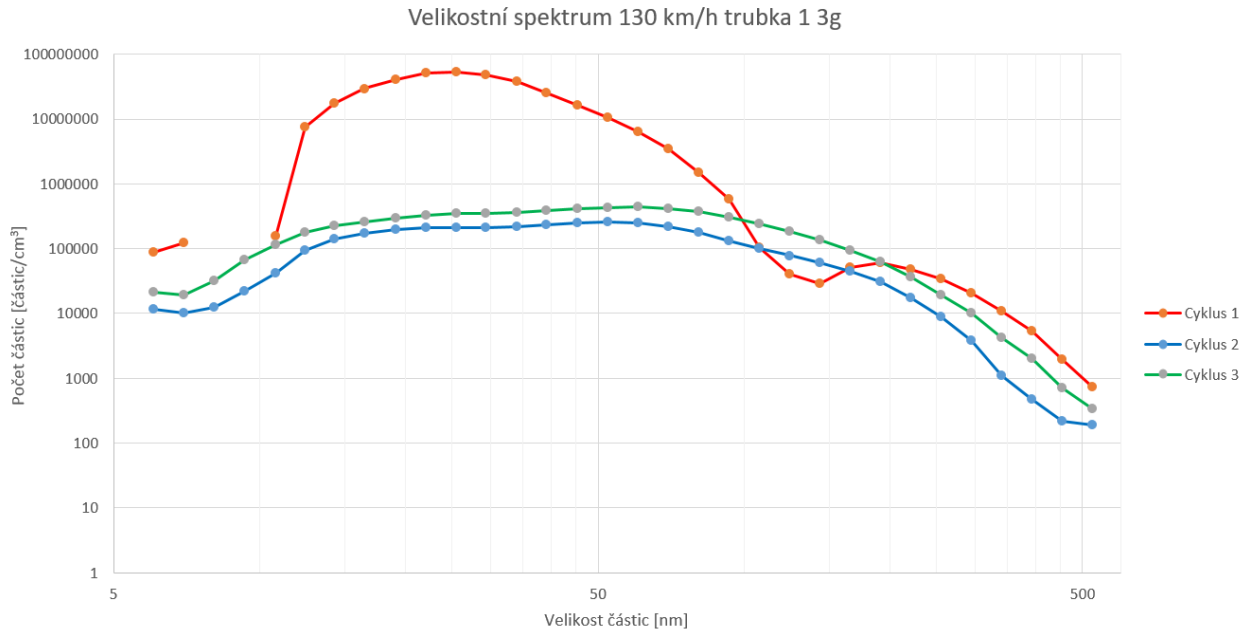
Graf 4: Velikostní spektrum volnoběh trubka 1 3g



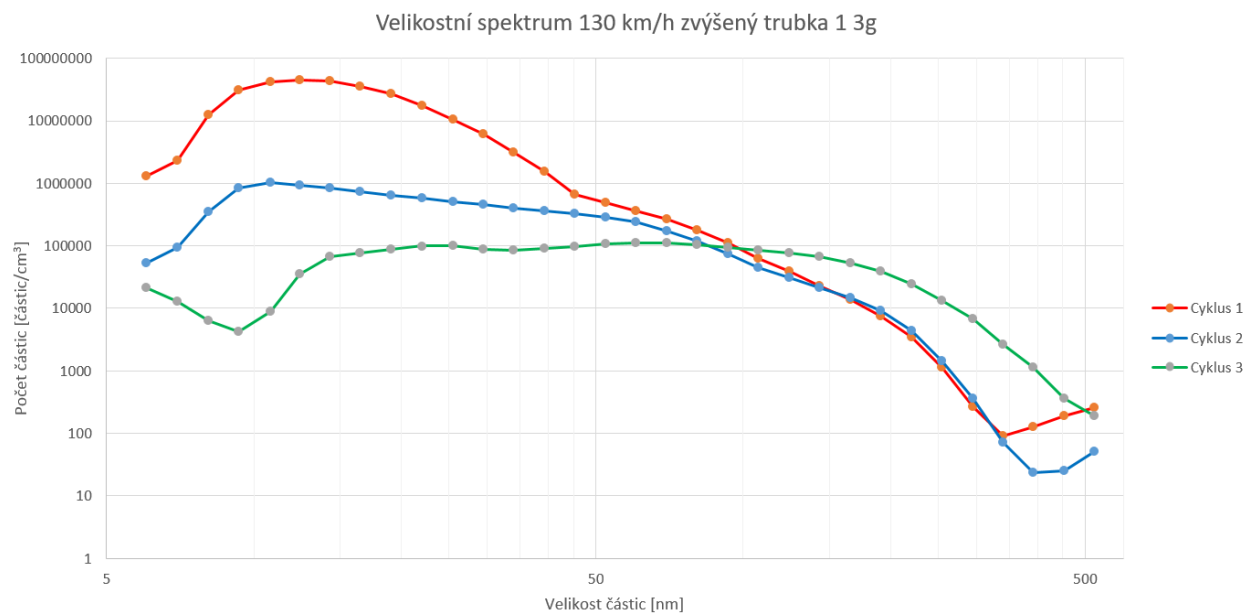
Graf 5: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 1 3g



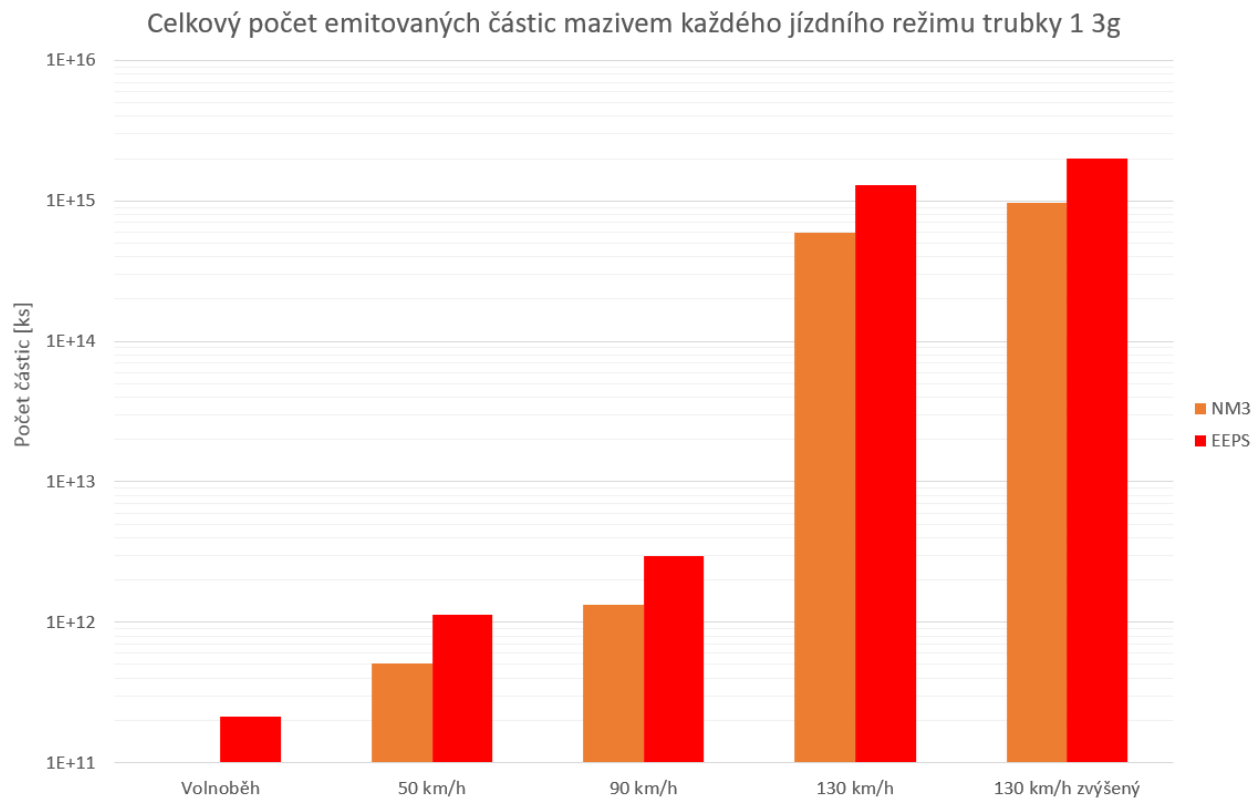
Graf 6: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 1 3g



Graf 7: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 1 3g



Graf 8: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 1 3g



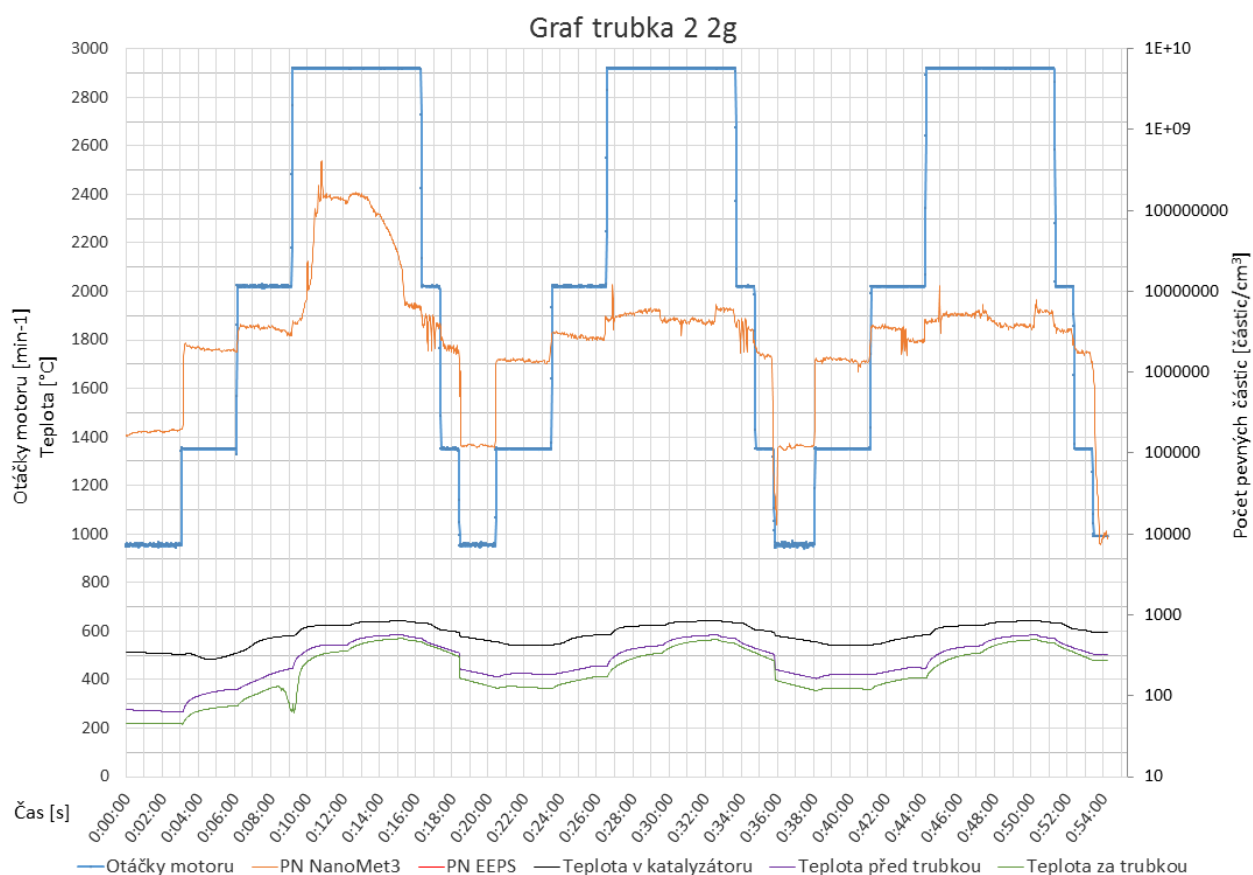
Graf 9: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 1 3g

Trubka 2 množství maziva 2 g

U druhé měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 10: Cykly měření trubky 2 2g
- Graf 11: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 2 2g (viz příloha)

Bohužel při měření trubky 2 přístroj EEPS nezaznamenal žádná data. Důvodem bylo zanesení elektrod. Bohužel celá série byla naměřena s takto nefunkčním zařízením, proto není k dispozici graf s počtem pevných částic v jednotlivých jízdních režimech EEPS. Data z přístroje NanoMet 3 byla zaznamenána korektně.



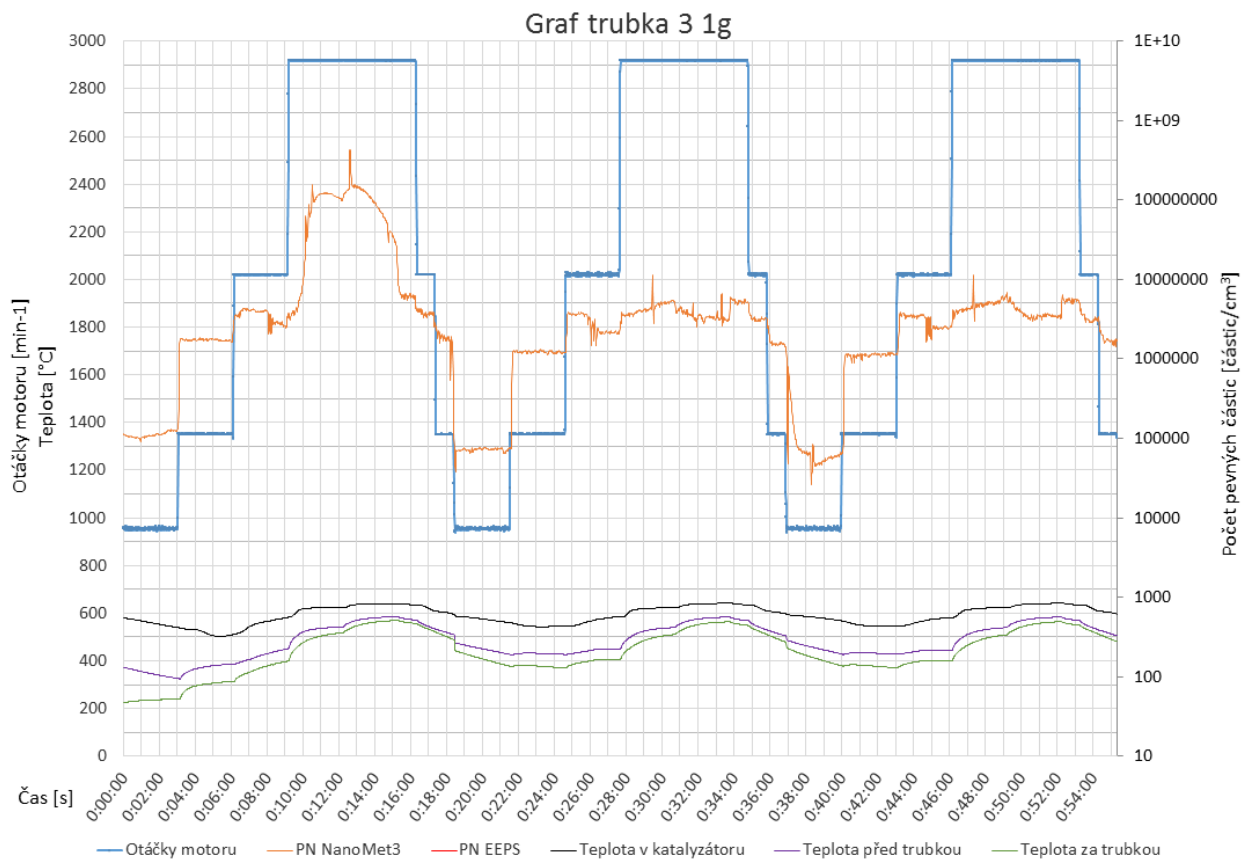
Graf 10: Cykly měření trubky 2 2g

Trubka 3 množství maziva 1 g

U třetí měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 12: Cykly měření trubky 3 1g
- Graf 13: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 3 1g (viz příloha)

Bohužel i u trubky 3 přístroj EEPS neměřil žádná použitelná data ze stejného důvodu jako u trubky 2. Data z přístroje NanoMet 3 byla zaznamenána korektně.



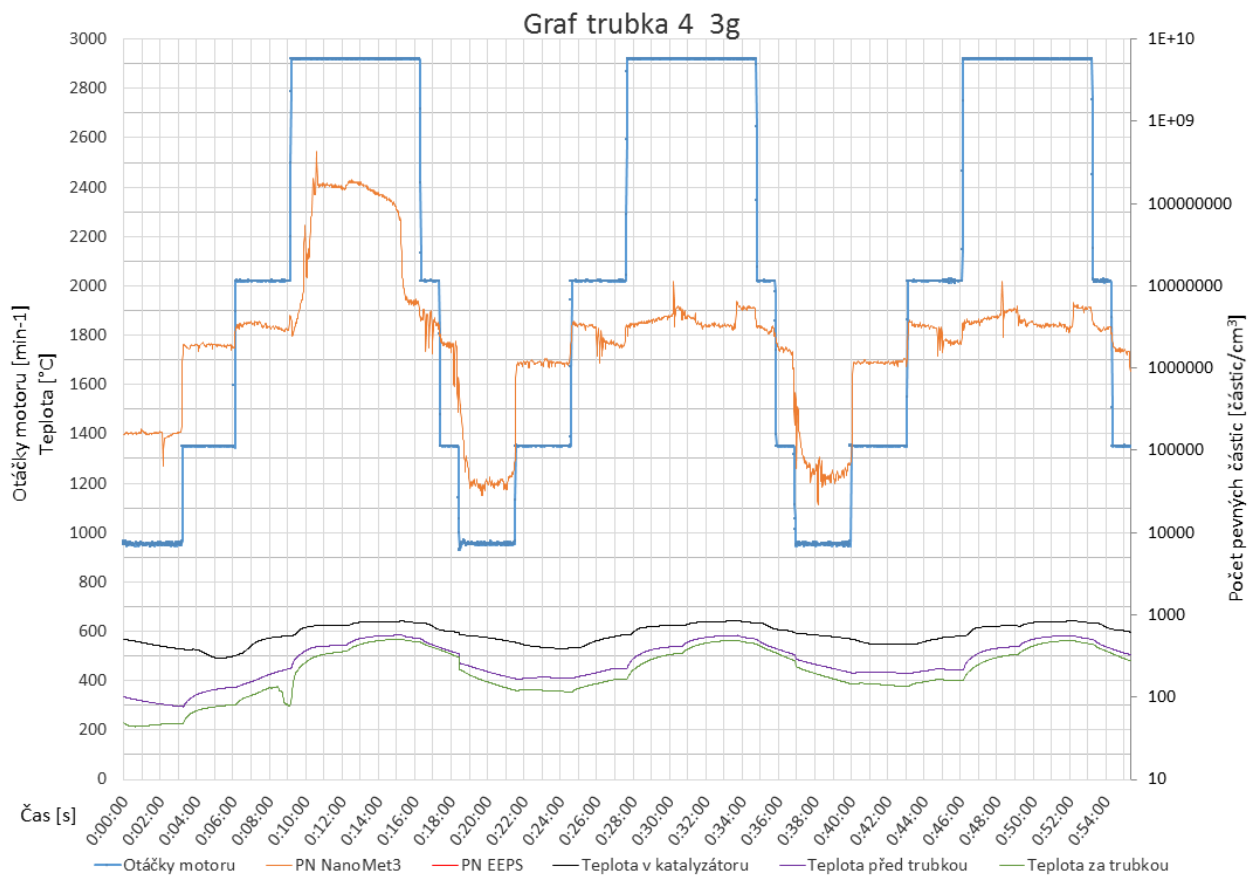
Graf 12: Cykly měření trubky 3 1g

Trubka 4 množství maziva 3 g

U čtvrté měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 14: Cykly měření trubky 4 3g
- Graf 15: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 4 3g (viz příloha)

Bohužel i u trubky 4 přístroj EEPS nenašel žádná použitelná data ze stejného důvodu jako u trubky 2. Data z přístroje NanoMet 3 byla zaznamenána korektně.



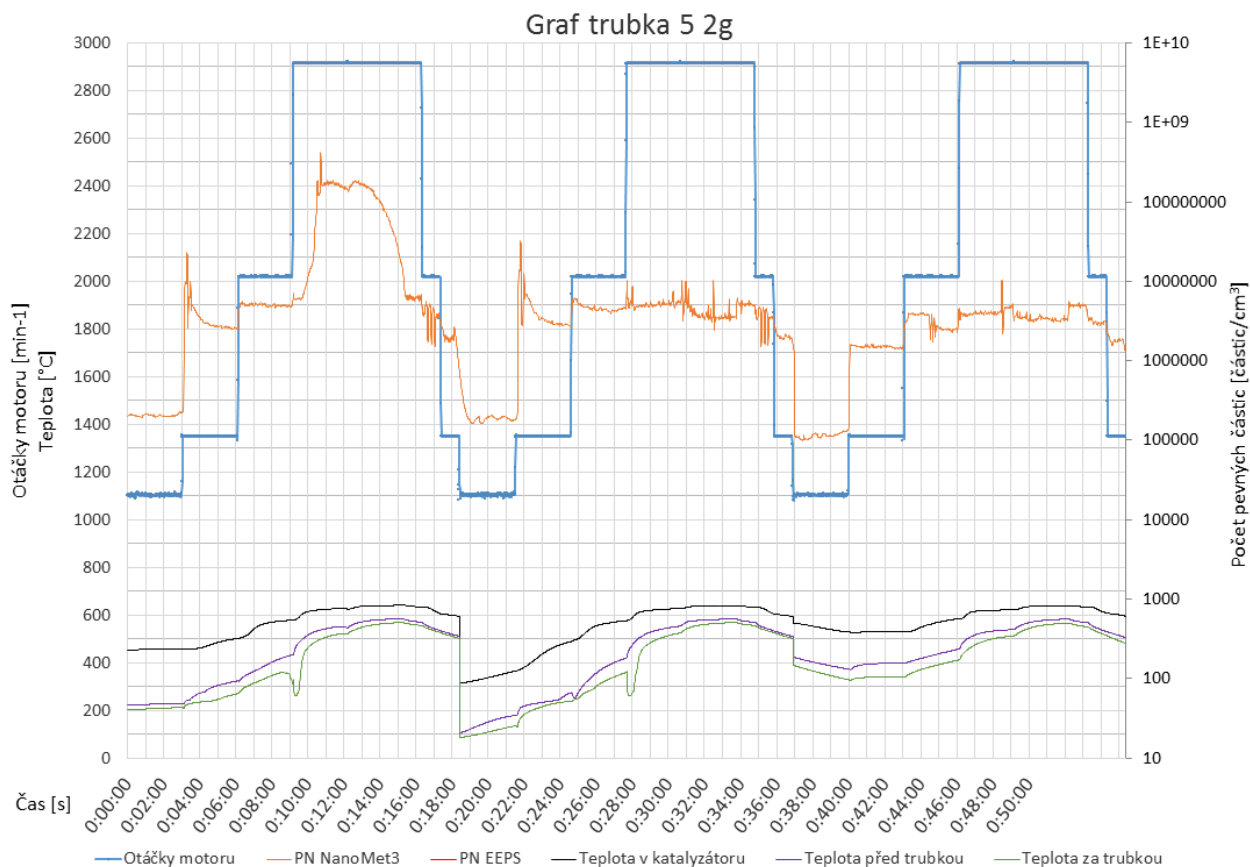
Graf 14: Cykly měření trubky 4 3g

Trubka 5 množství maziva 2 g

U páté měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 16: Cykly měření trubky 5 2g
- Graf 17: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 5 2g (viz příloha)

Bohužel i u trubky 5 přístroj EEPS nenašel žádná použitelná data ze stejného důvodu jako u trubky 2. Data z přístroje NanoMet 3 byla zaznamenána korektně.



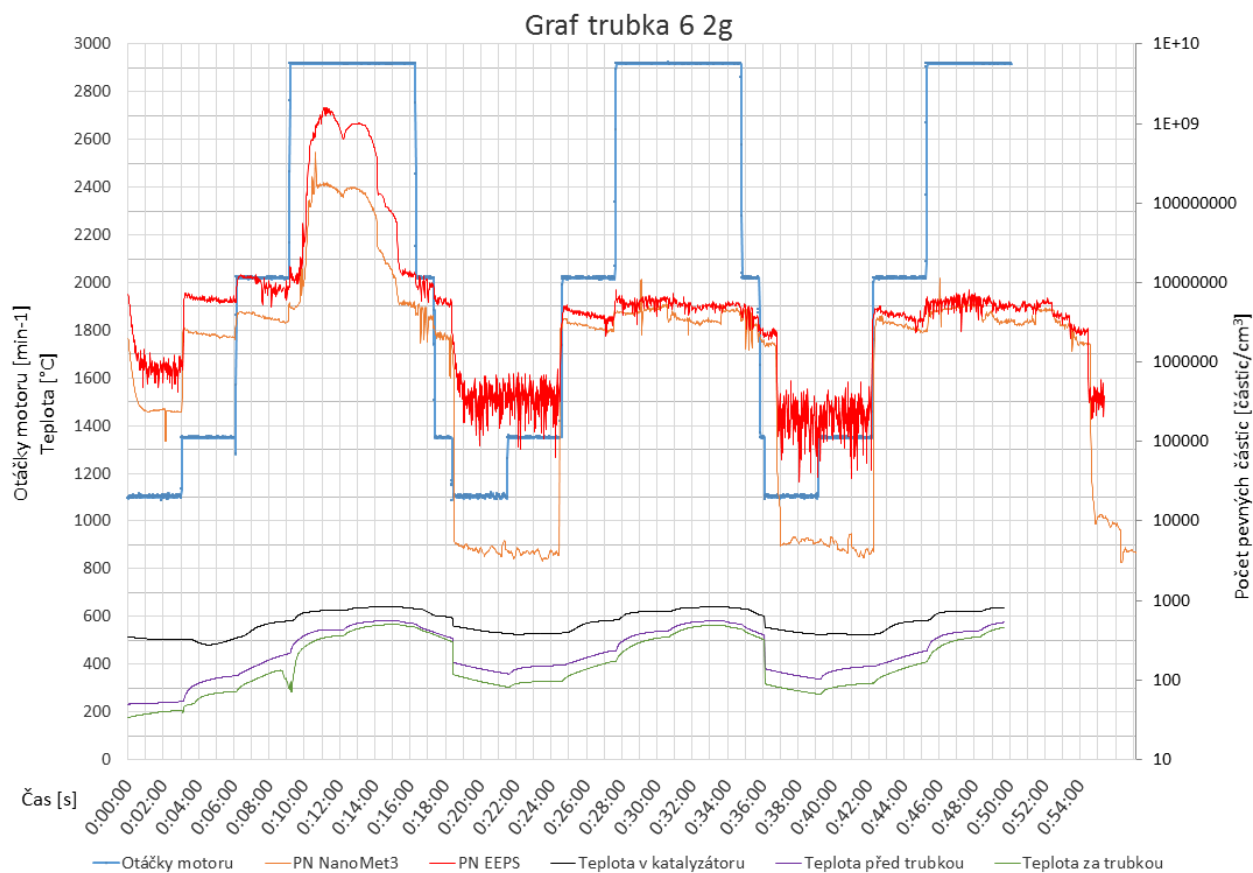
Graf 16: Cykly měření trubky 5 2g

Trubka 6 množství maziva 2 g

U šesté měření trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 18: Cykly měření trubky 6 2g
- Graf 19: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 6 2g (viz příloha)

Bohužel i u trubky 6 přístroj EEPS neměřil žádná použitelná data ze stejného důvodu jako u trubky 2. Data z přístroje NanoMet 3 byla zaznamenána korektně.



Graf 18: Cykly měření trubky 6 2g

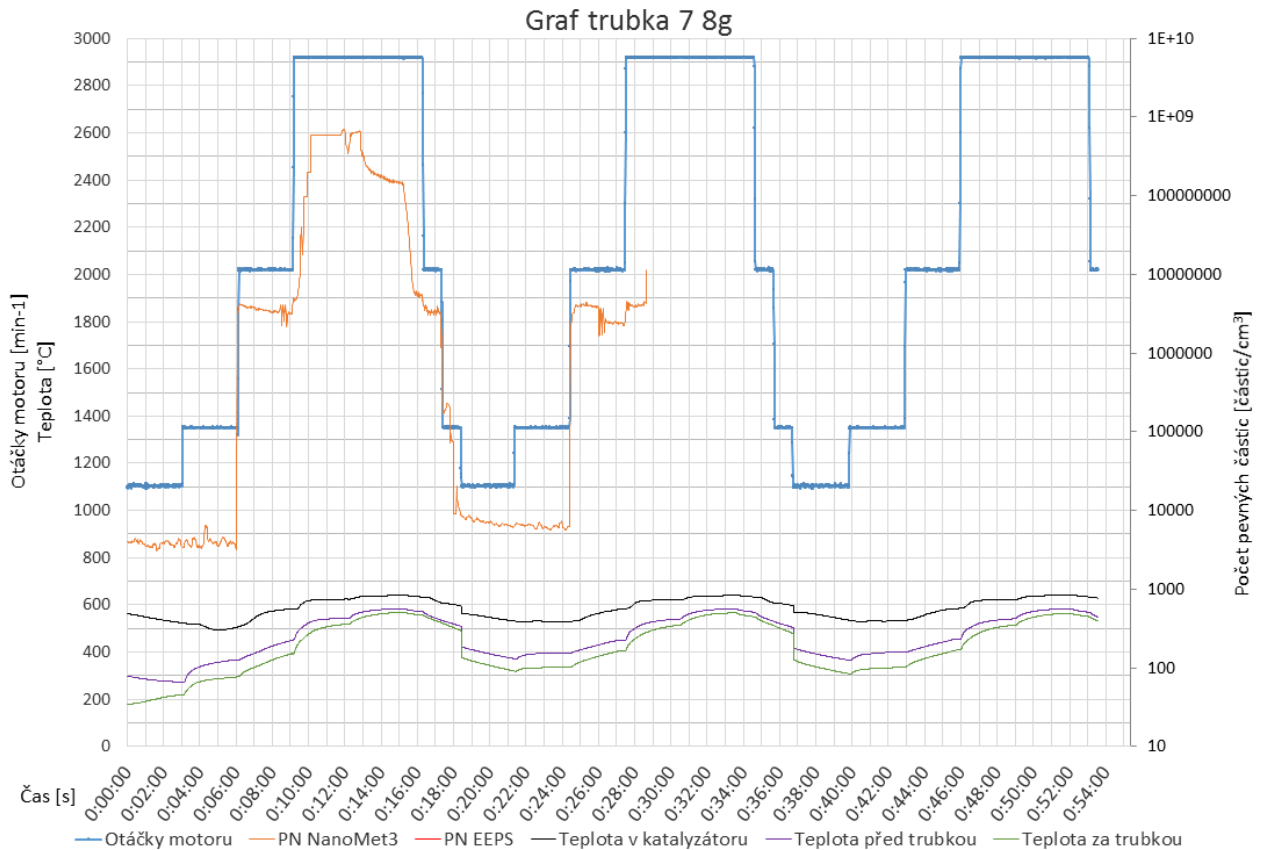
6.3.3. Zkouška maziva množství 8 - 10 g

Trubka 7 množství maziva 8 g

U sedmé měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 20: Cykly měření trubky 7 8g
- Graf 21: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 7 8g (viz příloha)

Bohužel i u trubky 7 přístroj EEPS neměřil žádná použitelná data ze stejného důvodu jako u trubky 2. Data z přístroje NanoMet 3 byla zaznamenána pouze u prvního cyklu, u zbylých dvou cyklů data nebyla zaznamenána. Důvod, proč k výpadku došlo, bohužel není známý. Dále je pravděpodobné, že naměřené koncentrace přesáhly maximální horní limit, které je přístroj Nanomet 3 schopný měřit.



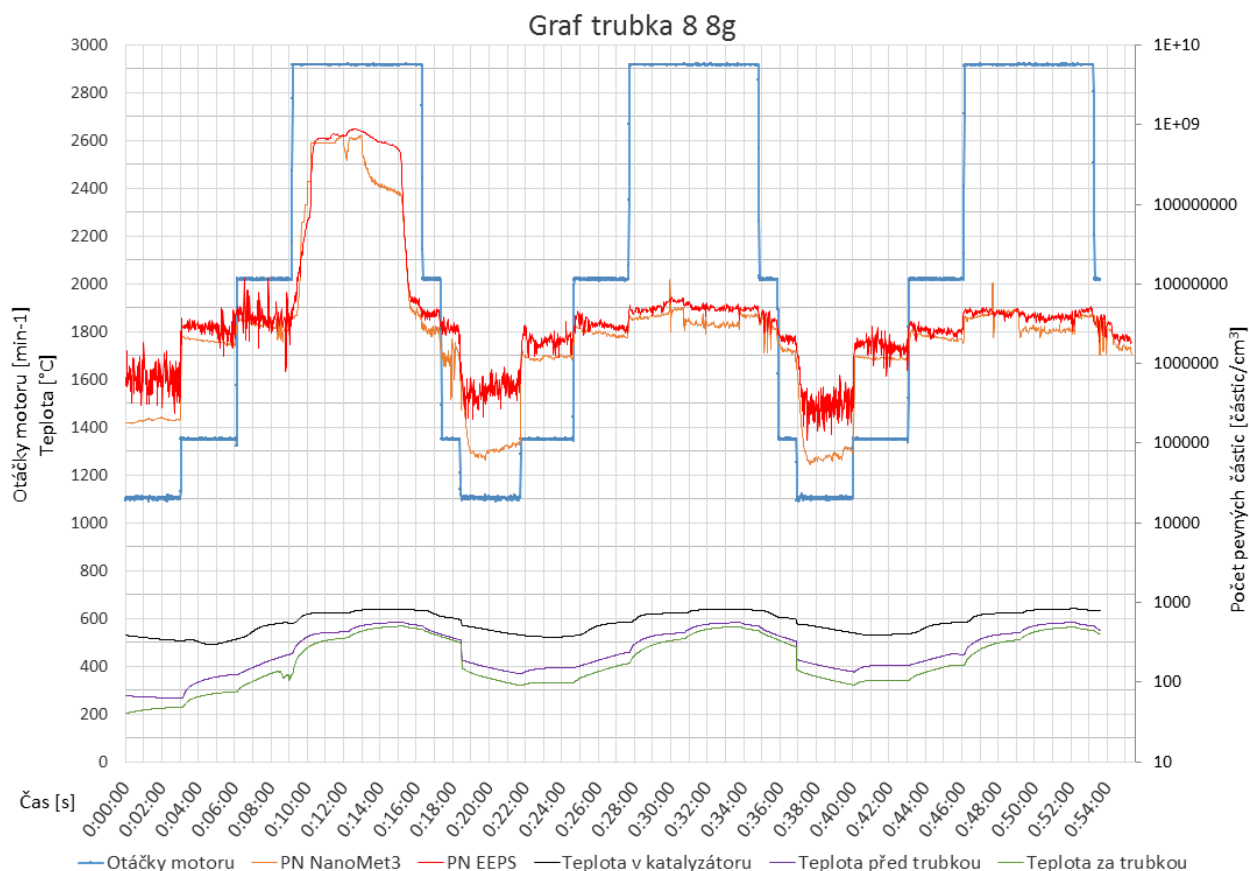
Graf 20: Cykly měření trubky 7 8g

Trubka 8 množství maziva 2 g

U osmé měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 22: Cykly měření trubky 8 2g
- Graf 23: Velikostní spektrum volnoběh trubka 8 2g (viz příloha)
- Graf 24: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 8 2g (viz příloha)
- Graf 25: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 8 2g (viz příloha)
- Graf 26: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 8 2g (viz příloha)
- Graf 27: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 8 2g (viz příloha)
- Graf 28: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 8 2g (viz příloha)

Je pravděpodobné, že naměřené koncentrace přesáhly maximální horní limit, které je přístroj Nanomet 3 schopný měřit.



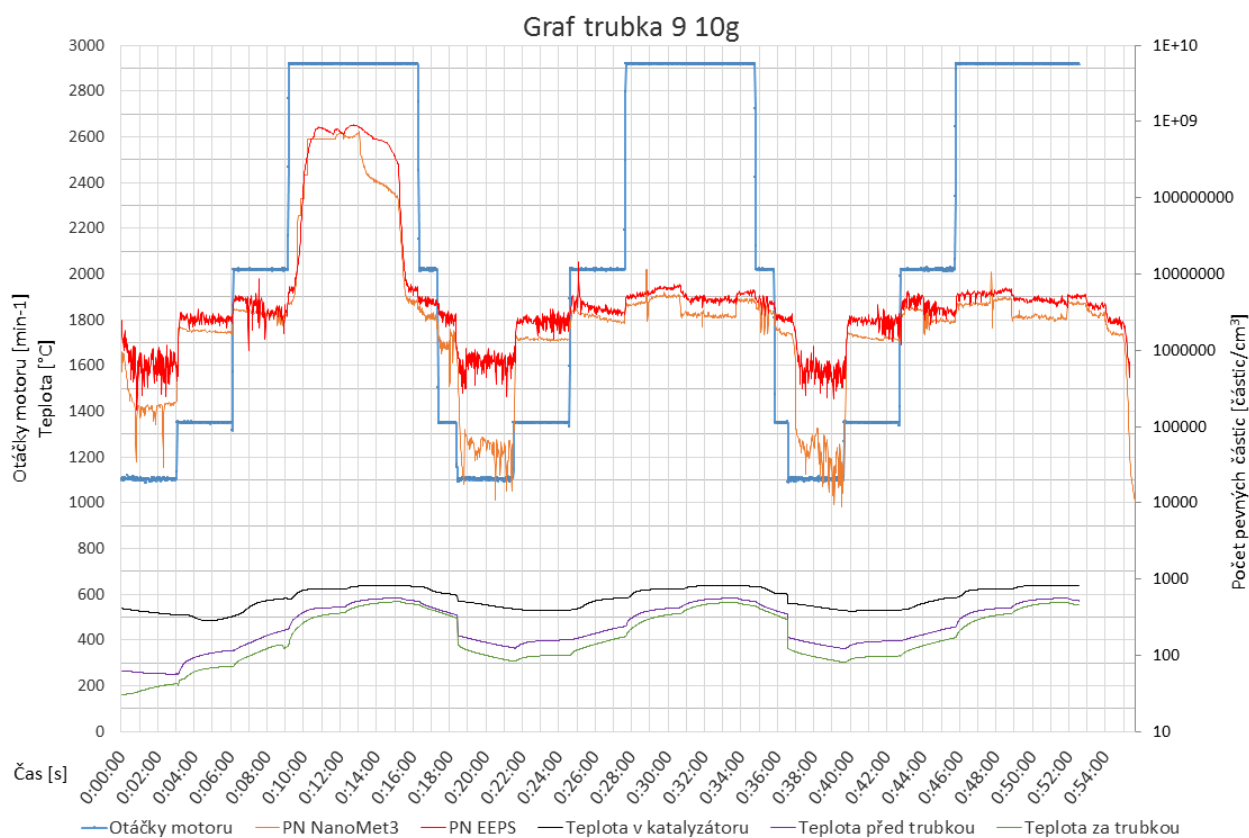
Graf 22: Cykly měření trubky 8 2g

Trubka 9 množství maziva 10 g

U deváté měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 29: Cykly měření trubky 9 10g
- Graf 30: Velikostní spektrum volnoběh trubka 9 10g (viz příloha)
- Graf 31: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 9 10g (viz příloha)
- Graf 32: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 9 10g (viz příloha)
- Graf 33: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 9 10g (viz příloha)
- Graf 34: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 9 10g (viz příloha)
- Graf 35: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 9 10g (viz příloha)

Je pravděpodobné, že naměřené koncentrace přesáhly maximální horní limit, které je přístroj Nanomet 3 schopný měřit.



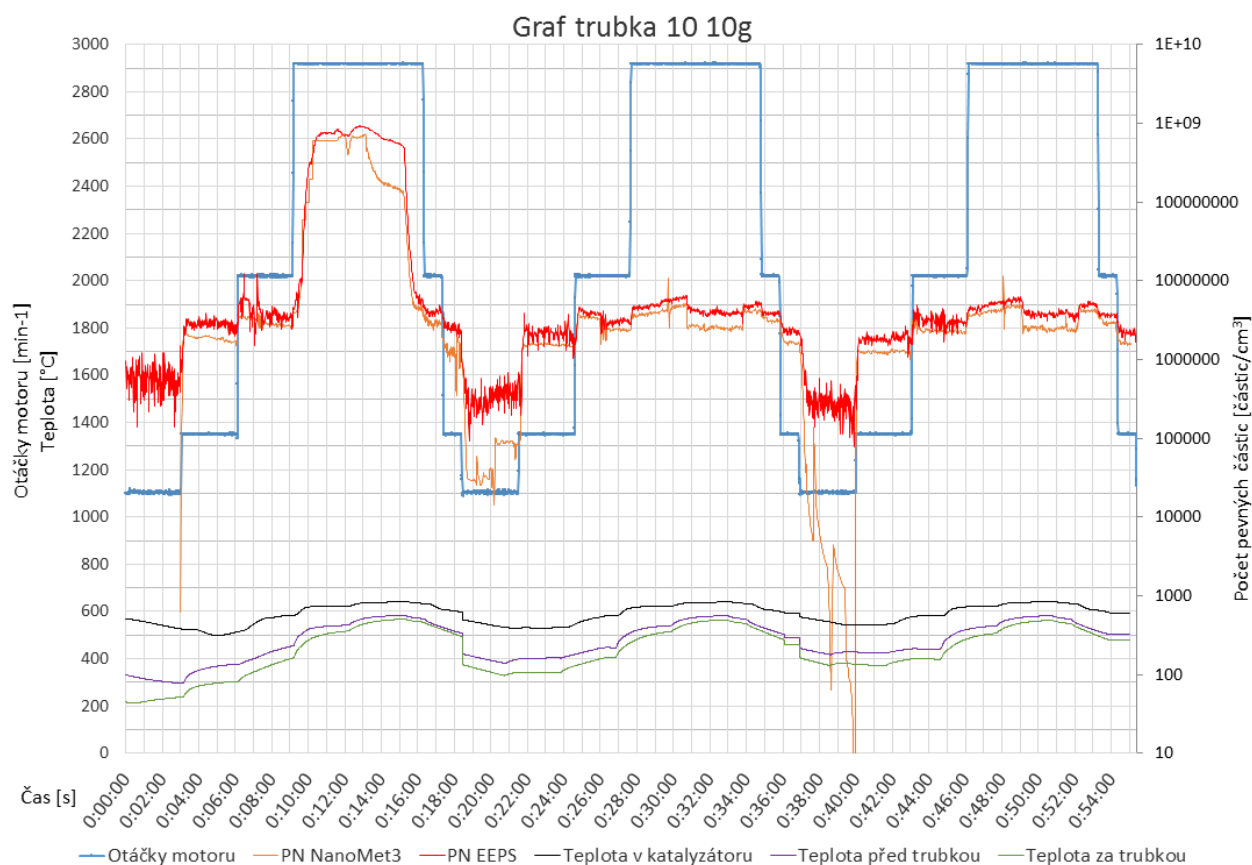
Graf 29: Cykly měření trubky 9 10g

Trubka 10 množství maziva 10 g

U desáté měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 36: Cykly měření trubky 10 10g
- Graf 37: Velikostní spektrum volnoběh trubka 10 10g (viz příloha)
- Graf 38: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 10 10g (viz příloha)
- Graf 39: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 10 10g (viz příloha)
- Graf 40: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 10 10g (viz příloha)
- Graf 41: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 10 10g (viz příloha)
- Graf 42: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 10 10g (viz příloha)

Je pravděpodobné, že naměřené koncentrace přesáhly maximální horní limit, které je přístroj Nanomet 3 schopný měřit.



Graf 36: Cykly měření trubky 10 10g

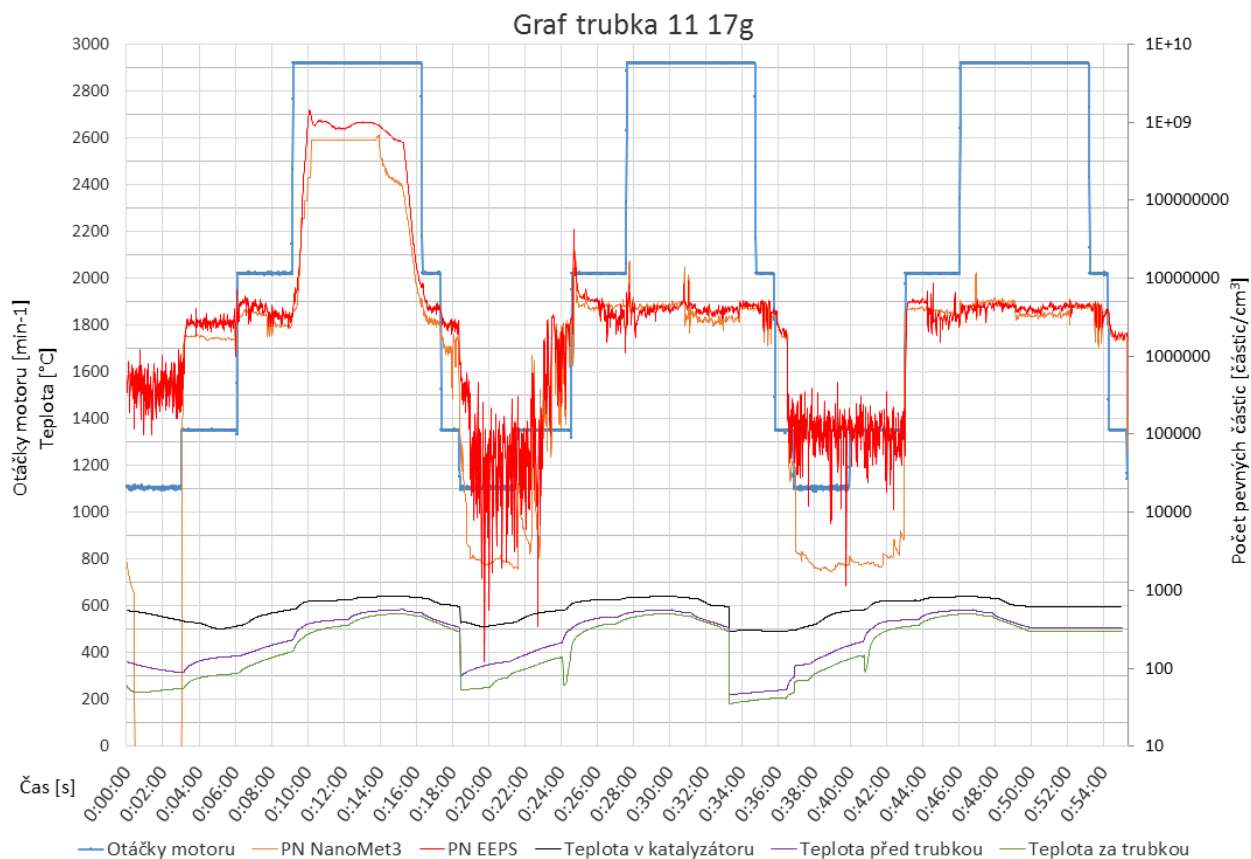
6.3.4. Zkouška maziva množství 14 – 17 g

Trubka 11 množství maziva 17 g

U jedenácté měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 43: Cykly měření trubky 11 17g
- Graf 44: Velikostní spektrum volnoběh trubka 11 17g (viz příloha)
- Graf 45: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 11 17g (viz příloha)
- Graf 46: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 11 17g (viz příloha)
- Graf 47: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 11 17g (viz příloha)
- Graf 48: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 11 17g (viz příloha)
- Graf 49: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 11 17g (viz příloha)

Je pravděpodobné, že naměřené koncentrace přesáhly maximální horní limit, které je přístroj Nanomet 3 schopný měřit.



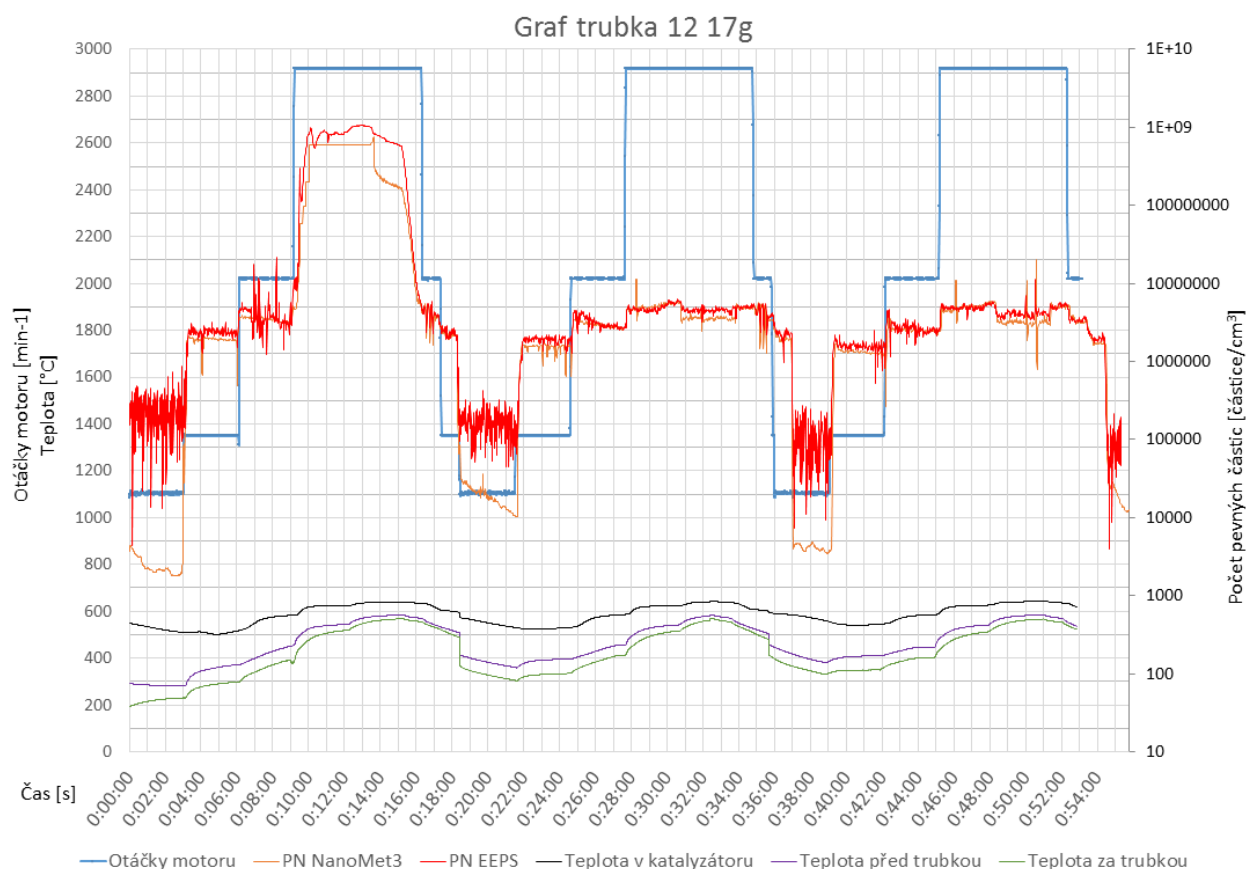
Graf 43: Cykly měření trubky 11 17g

Trubka 12 množství maziva 17 g

U dvanácté měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 50: Cykly měření trubky 12 17g
- Graf 51: Velikostní spektrum volnoběh trubka 12 17g (viz příloha)
- Graf 52: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 12 17g (viz příloha)
- Graf 53: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 12 17g (viz příloha)
- Graf 54: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 12 17g (viz příloha)
- Graf 55: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 12 17g (viz příloha)
- Graf 56: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 12 17g (viz příloha)

Je pravděpodobné, že naměřené koncentrace přesáhly maximální horní limit, které je přístroj Nanomet 3 schopný měřit.



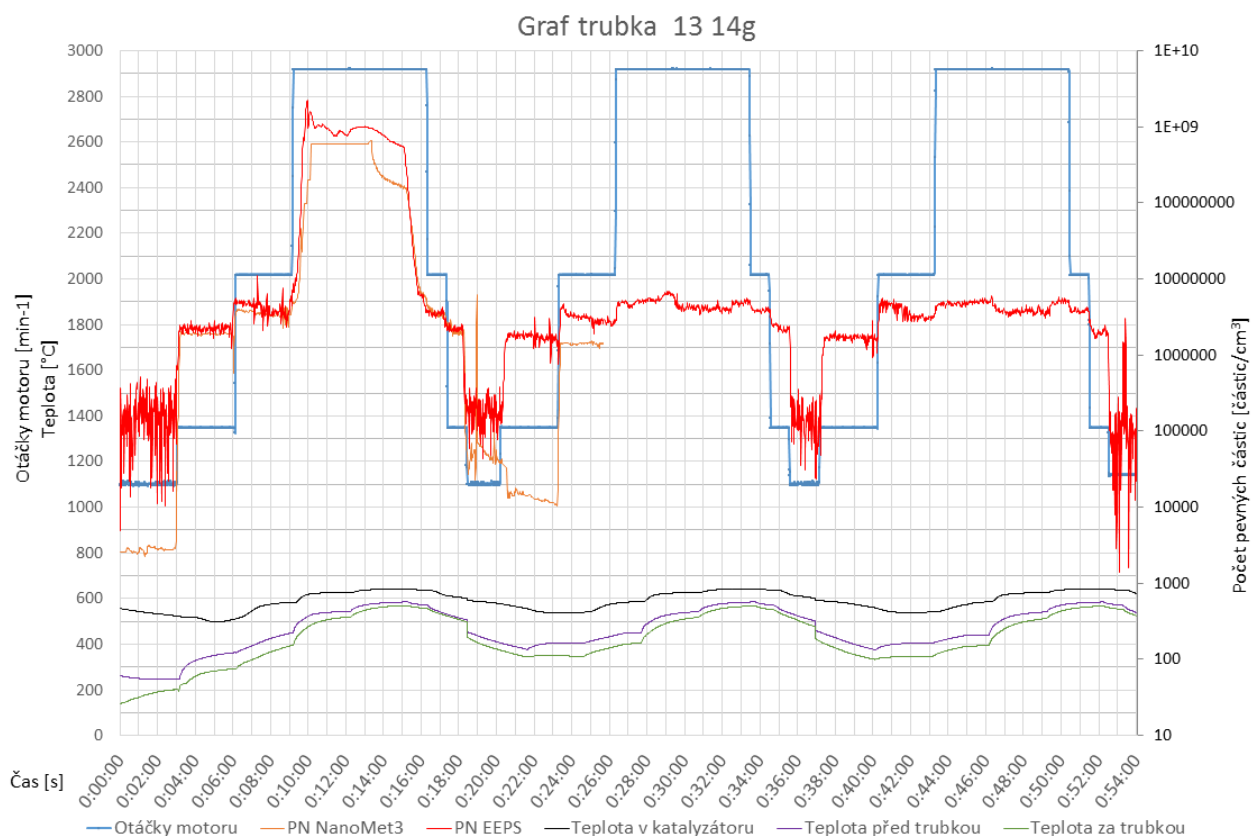
Graf 50: Cykly měření trubky 12 17g

Trubka 13 množství maziva 14 g

U třinácté měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 57: Cykly měření trubky 13 14g
- Graf 58: Velikostní spektrum volnoběh trubka 13 14g (viz příloha)
- Graf 59: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 13 14g (viz příloha)
- Graf 60: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 13 14g (viz příloha)
- Graf 61: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 13 14g (viz příloha)
- Graf 62: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 13 14g (viz příloha)
- Graf 63: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 13 14g (viz příloha)

Je pravděpodobné, že naměřené koncentrace přesáhly maximální horní limit, které je přístroj Nanomet 3 schopný měřit.



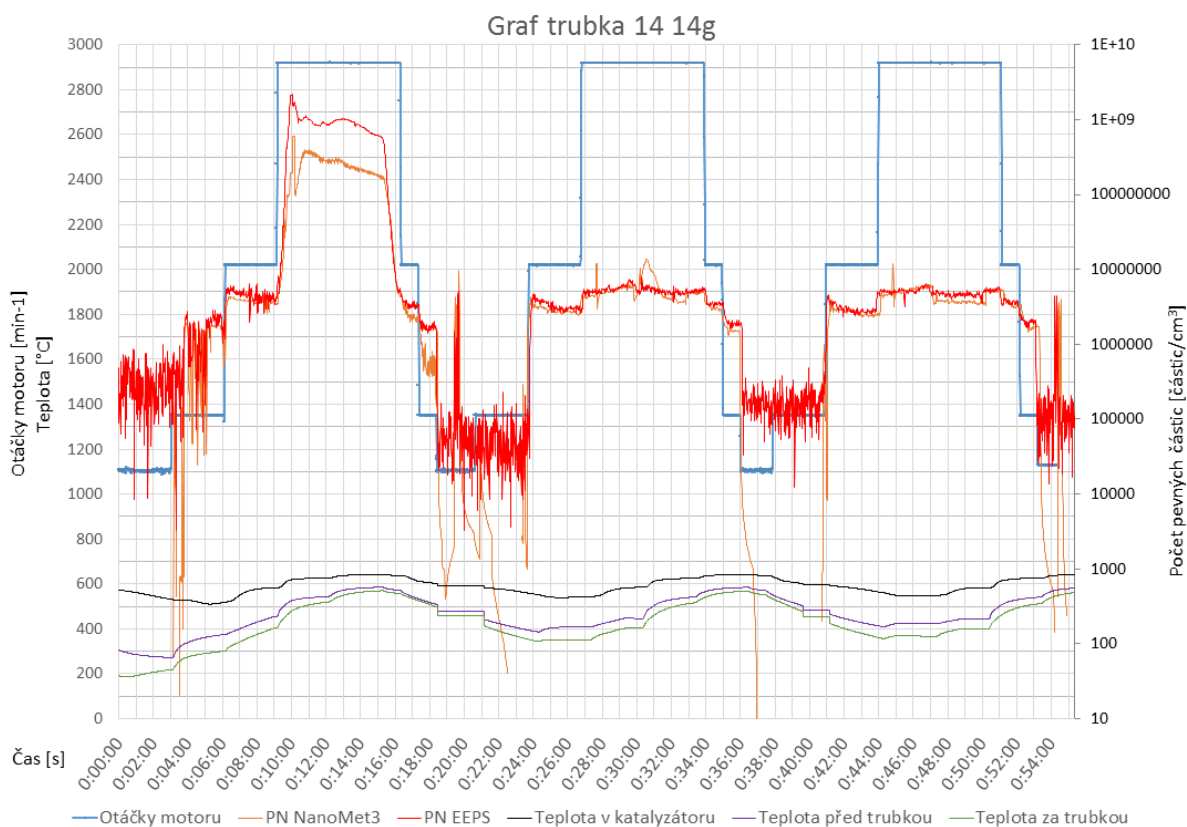
Graf 57: Cykly měření trubky 13 14g

Trubka 14 množství maziva 14 g

U čtrnácté měření trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 64: Cykly měření trubky 14 14g
- Graf 65: Velikostní spektrum volnoběh trubka 14 14g (viz příloha)
- Graf 66: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 14 14g (viz příloha)
- Graf 67: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 14 14g (viz příloha)
- Graf 68: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 14 14g (viz příloha)
- Graf 69: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 14 14g (viz příloha)
- Graf 70: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 14 14g (viz příloha)

Velikostní spektrum trubky 14 nekorresponduje s hodnotami naměřenými u ostatních trubek. Měření trubky 14 nebylo zahrnuto do závěrečného grafu velikostního spektra, pro představu jsou grafy jednotlivých velikostních spekter jízdního cyklu vložena v příloze. Důvod, proč je měření odlišné se nepodařilo zjistit. Dále je pravděpodobné, že naměřené koncentrace přesáhly maximální horní limit, které je přístroj Nanomet 3 schopný měřit.



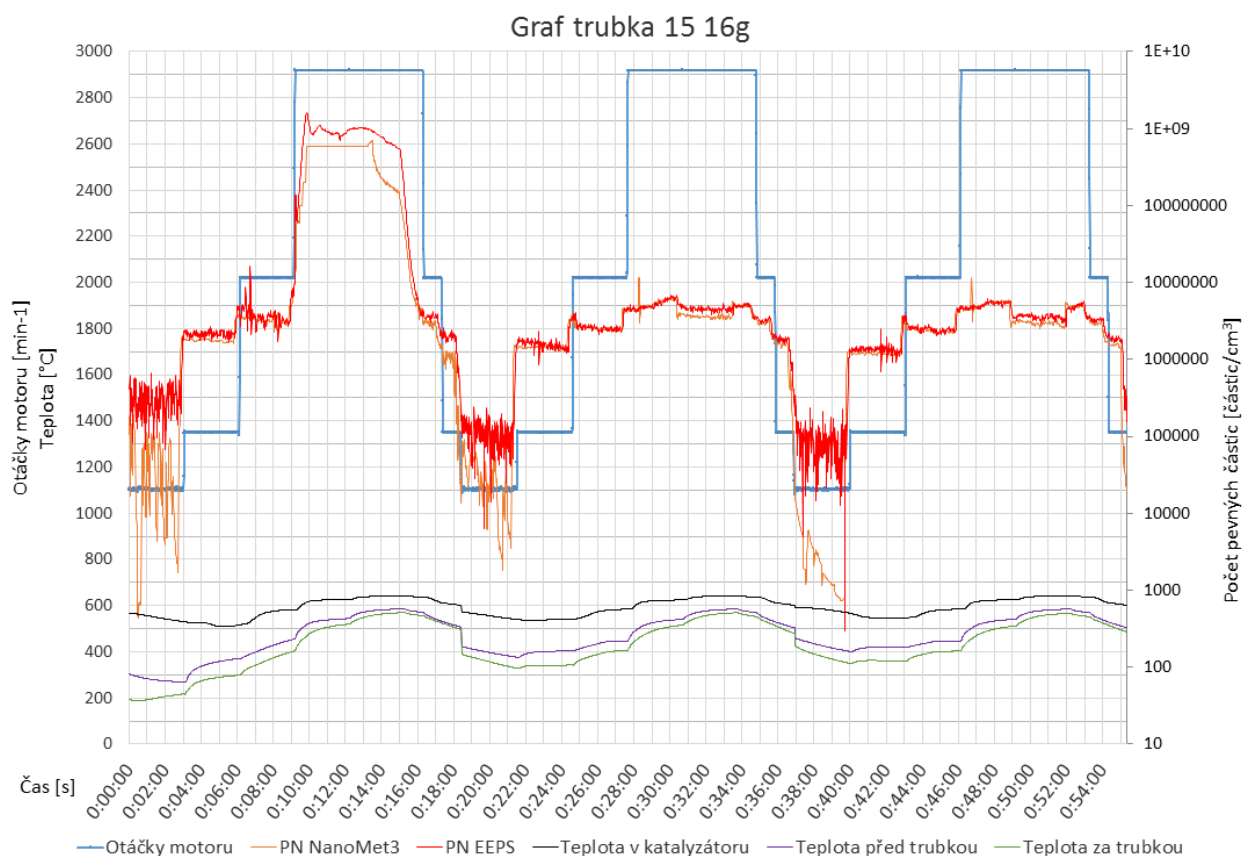
Graf 64: Cykly měření trubky 14 14g

Trubka 15 množství maziva 16 g

U patnácté měřené trubky jsou zobrazeny tyto grafy:

- Graf 71: Cykly měření trubky 15 16g
- Graf 72: Velikostní spektrum volnoběh trubka 15 16g (viz příloha)
- Graf 73: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 15 16g (viz příloha)
- Graf 74: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 15 16g (viz příloha)
- Graf 75: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 15 16g (viz příloha)
- Graf 76: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 15 16g (viz příloha)
- Graf 77: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 15 16g (viz příloha)

Je pravděpodobné, že naměřené koncentrace přesáhly maximální horní limit, které je přístroj Nanomet 3 schopný měřit.



Graf 71: Cykly měření trubky 15 16g

7. Závěr a doporučení

Původní plán byl provést u každé trubky 5 cyklů, aby došlo k dokonalému vypálení. Po provedení zkoušky na první trubce s množstvím maziva 3 gramy se ukázalo, že veškeré mazivo se vypálí při první cyklu. Proto byly u každé trubky provedeny celkově jen tři cykly. Tyto cykly byly provedeny pro jistotu, aby bylo veškeré mazivo dokonale vypáleno. Z grafů měření můžeme vidět, že i v případě trubky s nejvyšším obsahem maziva došlo k odpálení hned v prvním cyklu.

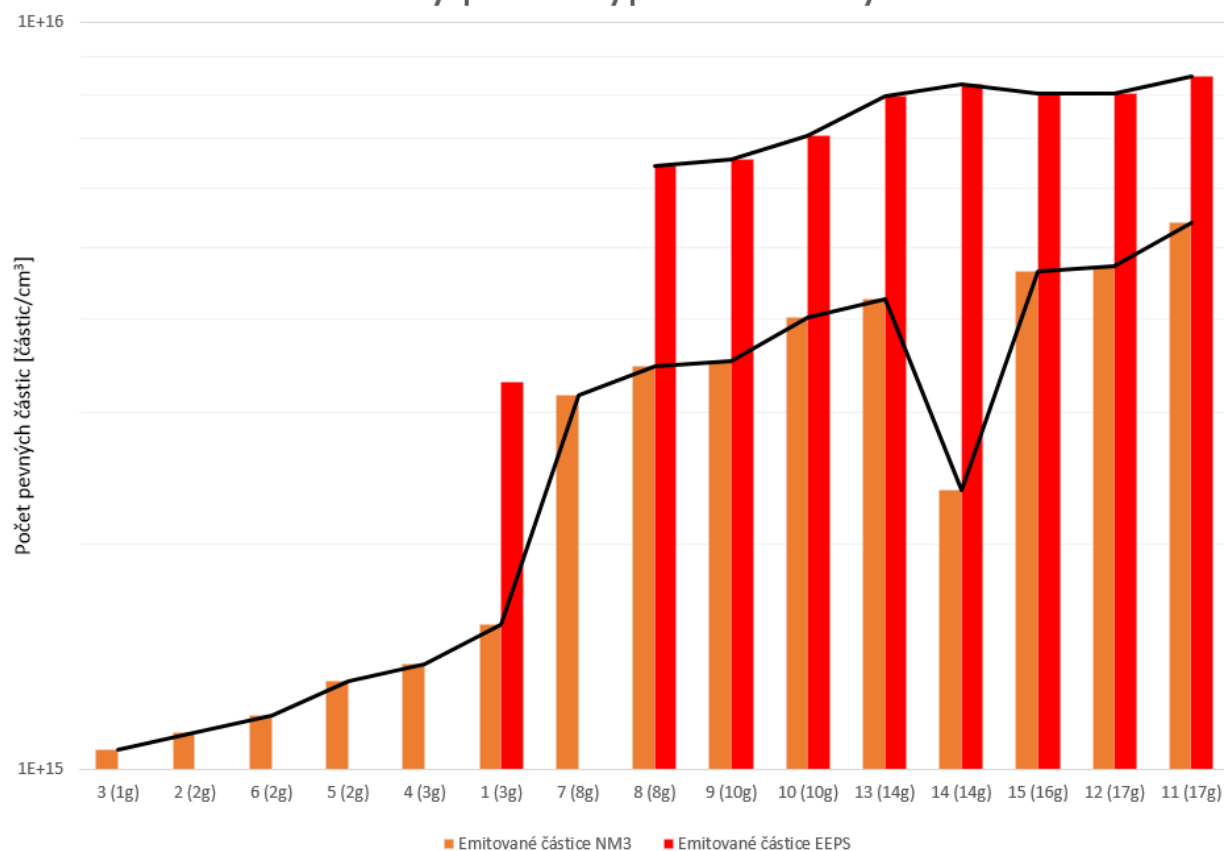
Abychom mohli porovnat jednotlivé množství emitovaných pevných částic, byl sečten počet všech částic emitovaných v prvním cyklu. Tento součet byl pak vložen do sloupcového grafu 78. Hodnoty v grafu jsou seřazeny nikoli podle pořadového čísla trubky, ale podle hodnoty množství maziva v trubce a to od nejmenší po největší. Do grafu byla vložena i křivka pro vizualizaci stoupajícího trendu. Je tedy patrné, že existuje závislost vyprodukovaných pevných částic na množství maziva.

Z grafů přístroje Nanomet 3 je patrné, že i při testu trubky s nejnižším množstvím maziva a to 1 gram bylo vyprodukováno řádově stejné množství pevných částic ($1,1 \times 10^{15}$) jako při testu trubky s nejvyšším množstvím maziva 17 gramů ($5,4 \times 10^{15}$).

V grafech jsou hodnoty u přístroje EEPS lehce vyšší. Jak už bylo řečeno a vysvětleno ve článku 3.6 Zapojení přístrojů NM3 a EEPS, přístroj EEPS na rozdíl od NanoMet 3 měří i volatilní částice. Dalším důvod, proč jsou hodnoty přístroje EEPS lehce vyšší, je že přístroj NanoMet 3 neznamenal (u trubek 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 a 15) koncentrace nad jeho měřicí rozsah. I tak se hodnoty stále pohybují ve stejných řádech a to pro trubku s 3 gramy maziva ($3,3 \times 10^{15}$) a pro trubku se 17 gramy maziva ($8,5 \times 10^{15}$). U trubky 2, 3, 4, 5, 6 a 7 nebyla data zaznamenána, zařízení EEPS mělo zanesené elektrody. Po zjištění, že přístroj EEPS neměří správně díky zanešení, byla jeho údržba (čištění) prováděno pravidelně.

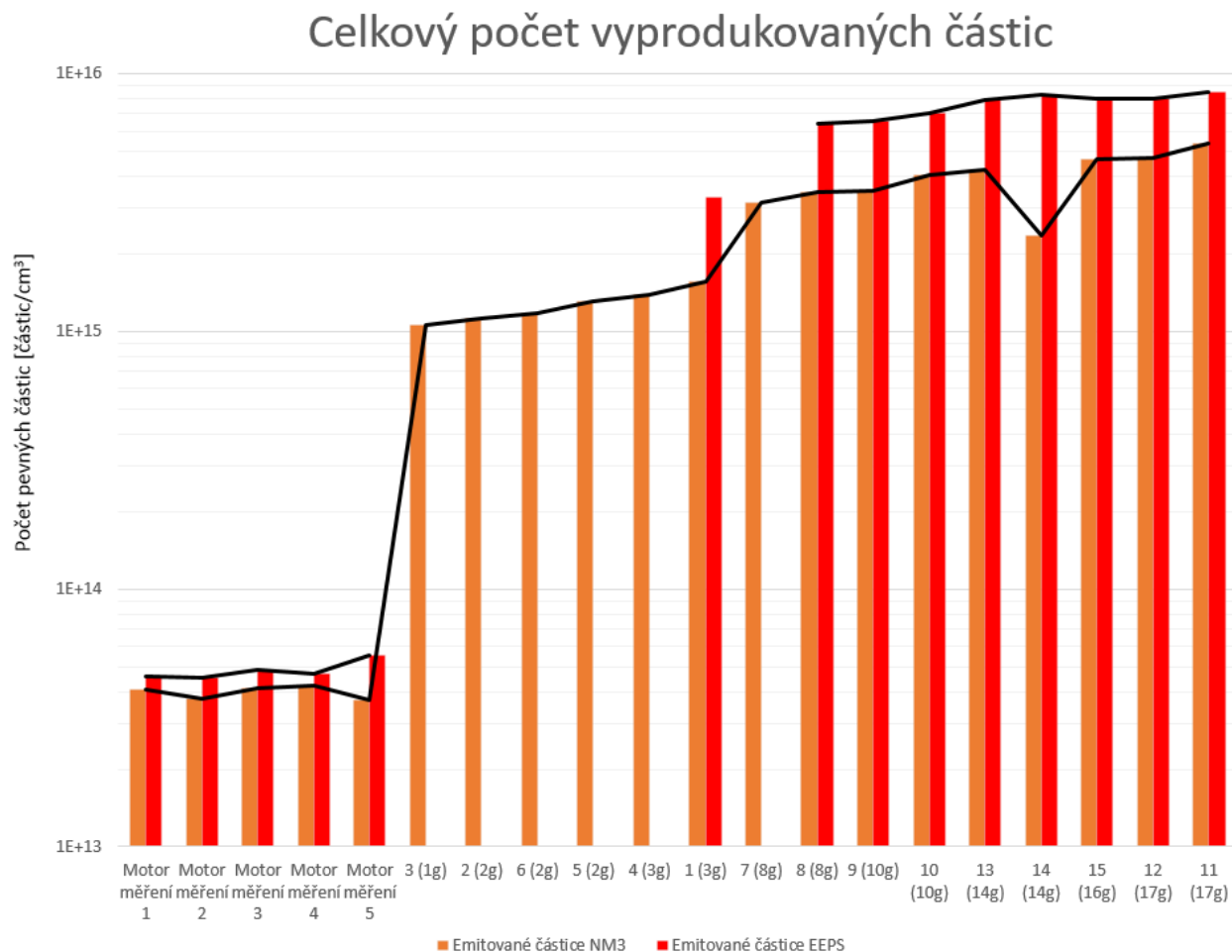
Hodnoty zaznamenané přístrojem Nanomet 3 u trubky 14 nekorrespondují s hodnotami naměřených u trubek s obdobnou gramáží. Příčinu, proč jinak velmi spolehlivý přístroj NanoMet 3 naměřil tak nízké hodnoty, se nepodařilo najít.

Celkový počet vyprodukovaných částic



Graf 78: Celkový počet vyprodukovaných pevných částic

V dalším grafu 79 najdeme porovnání celkového počtu částic vyprodukovaných motorem během jednoho cyklu s počtem částic vyprodukovaných odpalováním maziva. Je možné vidět, že počet vyprodukovaných částic motorem je o dva řády nižší.



Graf 79: Celková počet částic + motorové částice

Přínos vyprodukovaných částic a přepočet na ujeté kilometry

Abychom si dokázali představit, jaký přínos má odpálení maziva, byl počet vyprodukovaných částic přepočítán na odpovídající počet kilometrů jízdy vzhledem k normě EURO6. Jinými slovy to znamená, kolik kilometrů bychom celkem ujeli, kdybychom měli maximální počet pevných částic na kilometr jízdy 6.0×10^{11} (potažmo 6.0×10^{12}). Jak již bylo řečeno, porovnání bylo provedeno pro emisní normu EURO6 pro zážehové motory (limit 6.0×10^{11} , viz 1.2 Emisní normy). Protože u normy EURO 6 je tříletá přechodná doba, kdy počet pevných částic může být 6.0×10^{12} , byl proveden i tento přepočet. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 4. Jak je možné vidět, příspěvek trubky se 17 gramy maziva je obrovský, dle limitu 6.0×10^{11} je kilometrový příspěvek téměř 9 tisíc kilometrů. Přepočet bylo proveden pouze z měření přístroje Nanomet 3, měření z přístroje EEPS zahrnut nebyl.

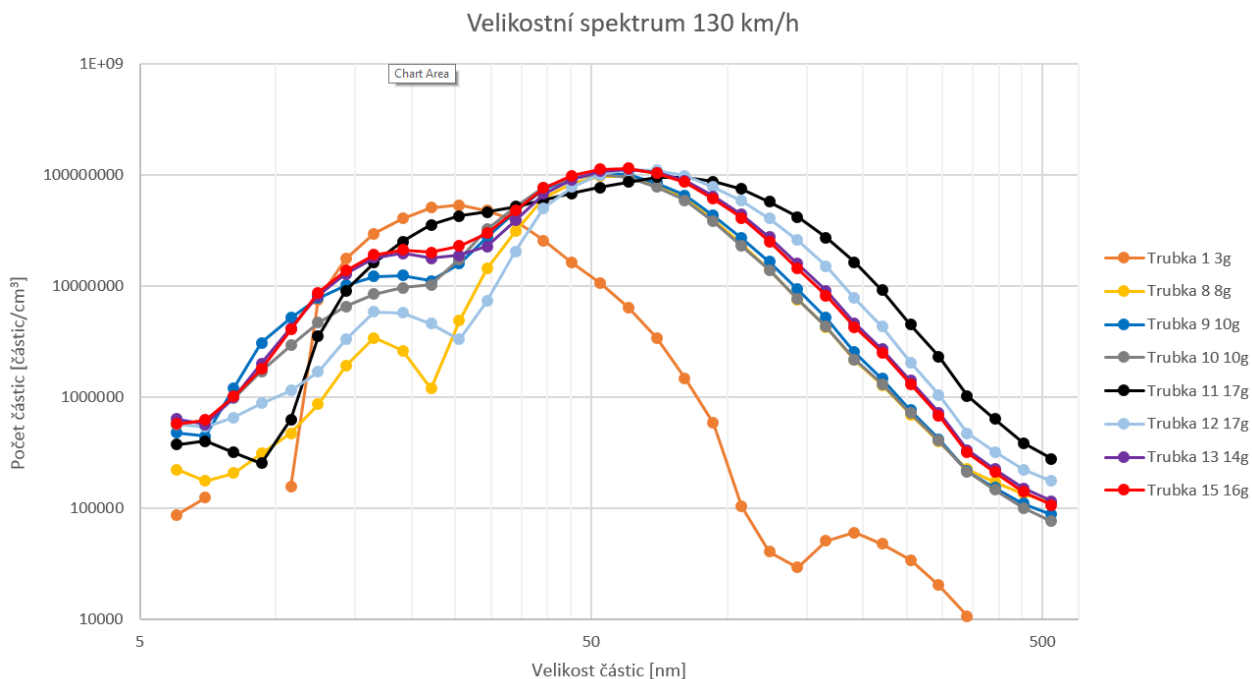
Tabulka 4: Přepoččet emitovaných částic na počet km jízdy

Trubka	Emitované částice	Emisní norma EURO6	
		6.0x10 ¹²	6.0x10 ¹¹
	NM3	počet km jízdy dle NM3 [km]	
Motor měření 1	4.07E+13	7	68
Motor měření 2	3.77E+13	6	63
Motor měření 3	4.10E+13	7	68
Motor měření 4	4.23E+13	7	71
Motor měření 5	3.71E+13	6	62
3 (1g)	1.06E+15	177	1768
2 (2g)	1.12E+15	187	1867
6 (2g)	1.18E+15	197	1967
5 (2g)	1.31E+15	219	2190
4 (3g)	1.38E+15	230	2304
1 (3g)	1.57E+15	261	2609
7 (8g)	3.17E+15	529	5288
8 (8g)	3.46E+15	576	5761
9 (10g)	3.52E+15	587	5873
10 (10g)	4.03E+15	672	6718
13 (14g)	4.27E+15	711	7111
14 (14g)	2.36E+15	393	3934
15 (16g)	4.64E+15	774	7735
12 (17g)	4.72E+15	786	7864
11 (17g)	5.38E+15	897	8968

Velikostní spektrum

Přístroj EEPS dokáže nejen změřit kolik částic vzorek obsahuje, ale dokáže měřit i velikostní spektrum. Abychom mohli velikostní spektra částic z jednotlivých trubek porovnat mezi sebou, byla tato spektra vložena do jednoho grafu a to grafu 80, do kterého byla vybrána data pouze z prvního cyklu z rychlosti 130 km/h. V tomto prvním cyklu a režimu odpovídající 130 km/h dochází k největší produkci pevných částic. K velké produkci pevných částic dále dochází i při režimu 130 km zvýšený, což je zobrazeno v grafu 81. Další režimy ani cykly zobrazeny nejsou, protože v nich nedocházelo k produkci částic z maziv.

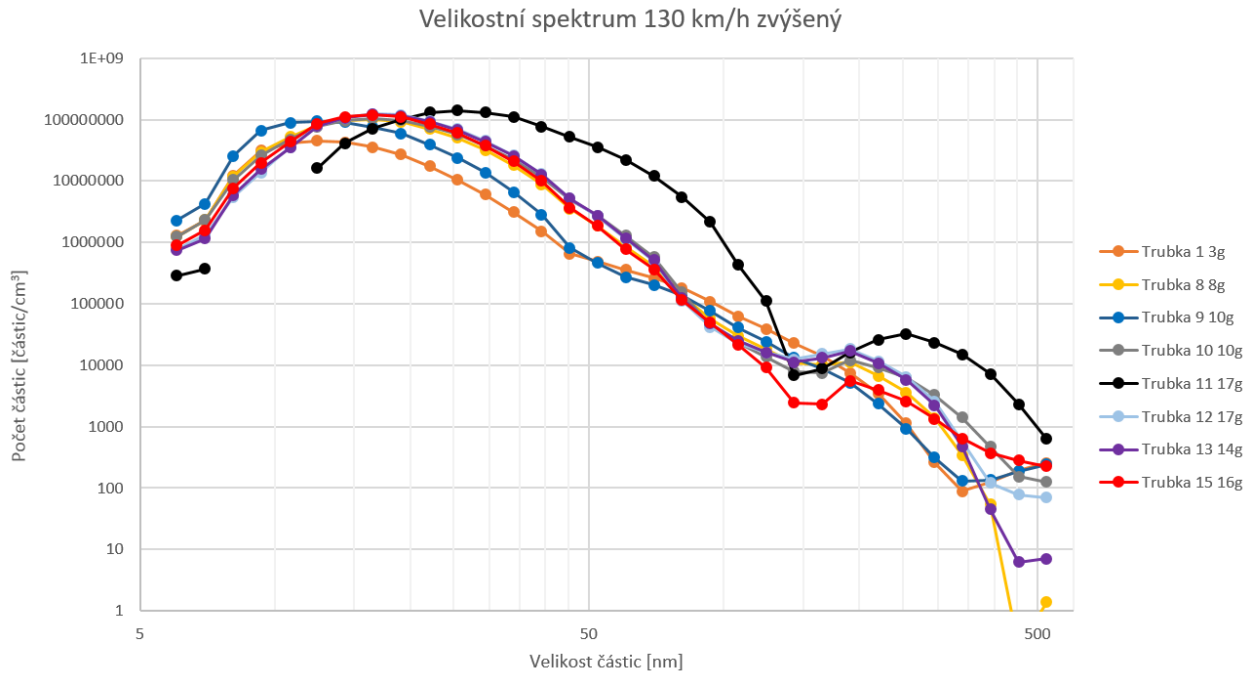
Na grafu 80 můžeme vidět, že trubka číslo 1 má lehce odlišný průběh a to v oblasti větších částic, kdy počet částic větších než 50 nm je poměrně menší než u zbylých trubek. Trubka číslo 14 nebyla do grafu vložena, protože naměřená data řádově nekorespondovala s ostatními měřeními. S největší pravděpodobností přístroj neměřil správně, data poškozena nebo jiným způsobem znehodnocena, skutečnou příčinu se nepodařilo určit. Data z měření trubky 14 bylo pro vizualizaci vložena do přílohy. Velikostní spektrum ostatních trubek je velmi podobné. V oblasti menších částic (velikosti 50 nm) se počty částic velmi rovnají, v oblasti 5 až 20 nm jsou vidět rozdíly.



Graf 80: Velikostní spektrum při režimu 130 km/h

U grafu 81 při režimu 130 km/h bylo měření u trubky číslo 14 opět řádově odlišné, proto nebylo toto měření vloženo ze stejných důvodů jako u předchozího grafu. Zbylé trubky vykazují podobné hodnoty, kdy v oblasti větších částic velikosti 400 až 500 nm se počty vyprodukovaných pevných částic do jisté míry rozcházejí.

Závěrem k velikostnímu spektru by se dalo říci, že množství maziva v trubkách nemá nijak zásadní vliv na velikost pevných částic.



Graf 81: Velikostní spektrum při režimu 130 km/h zvýšený

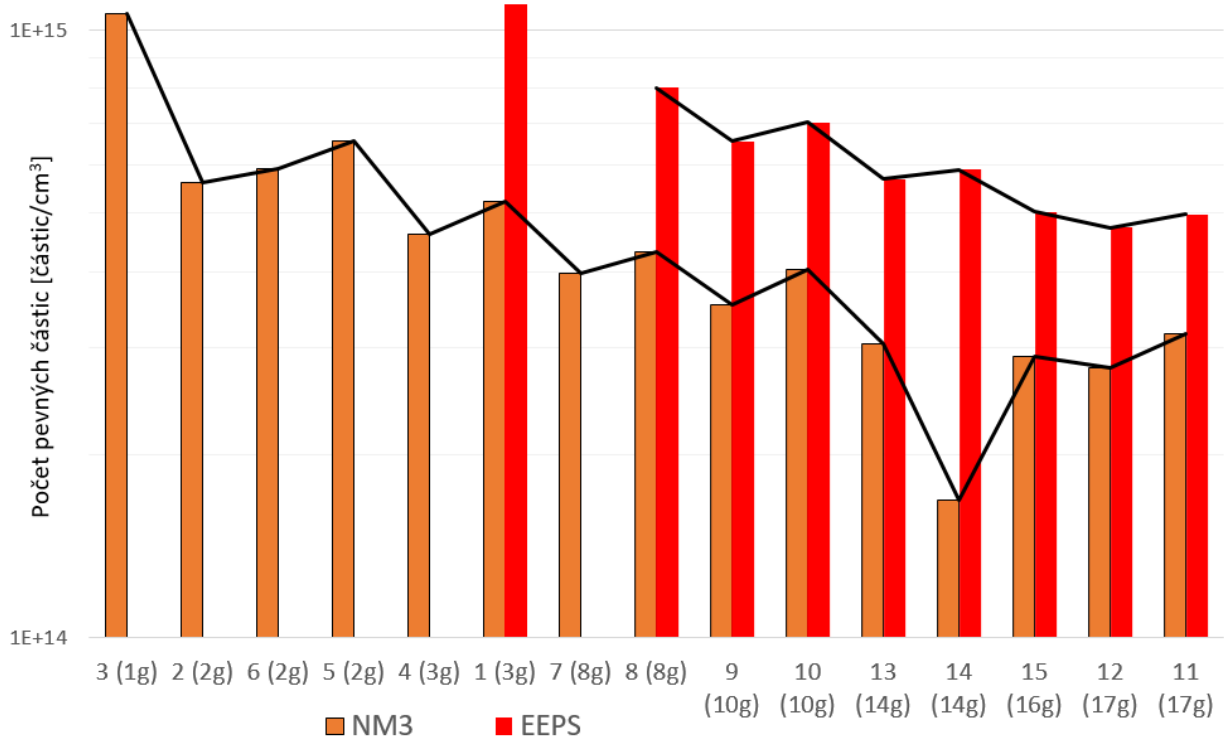
Přínos pevných částic na 1 gram maziva

Dalším zajímavým porovnáním je přepočtení počtu vyprodukovaných pevných částic na 1 gram maziva. To znamená, že výsledky každé měřené trubky byly poděleny jejím obsahem maziva. Výsledky tohoto porovnání můžeme vidět v grafu 82: Celkový počet vyprodukovaných částic na 1 gram maziva. Jak je z grafu patrné, největší přínos má tomto případě trubka s obsahem maziva 1 gram, nejmenší přínos mají trubky s největším obsahem maziva.

Diskuze k výsledkům přínos pevných částic na 1 gram maziva

Autor práce se domnívá, že pokud se měří trubka s obsahem maziva 16 či 17 gramů, dělí se výsledný počet vyprodukovaných částic 16 (či 17), a tím každý gram nese jistou chybu ať při měření nebo z důvodu uvolnění pevných částic z dalších jiných látek. V případě trubky s 1 gramem maziva dělíte výsledek jedničkou, to znamená, že tento 1 gram je zatížen nepřesnostmi měření. Výsledek se zdá být i přesto konzistentní, protože se hodnoty stále pohybují téměř v jednom řádu.

Celkový počet vyprodukovaných částic na 1 g maziva



Graf 82: Celkový počet vyprodukovaných částic na 1 gram maziva

Závěrečná diskuze výsledků

Jak je patrné z grafu 78: Celkový počet vyprodukovaných pevných částic, dle očekávání existuje závislost na množství maziva a produkci pevných částic. Tato závislost se zdá být lineární, ovšem pro potvrzení linearitu by bylo nutné provést zkoušku na větším počtu vzorků.

Jak bylo zjištěno z měření, po prvním cyklu se hladina pevných částic ustálí. Počet ujetých kilometrů jednoho cyklu odpovídal ujetí asi 22 kilometrů. Navržený cyklus byl pouze teoretickým. Nelze přepokládat, že majitel nového automobilu ihned vyrazí na dálnici a přivede svůj motor do potřebného zatížení pro vytvoření teplotních podmínek pro odpal maziv. Je tedy možné, že automobil bude produkovat zvýšené množství pevných částic i několik stovek či tisíc kilometrů, ne tedy zmíněných 22 kilometrů. Vzhledem k tomu, že takto „namazaných“ komponentů je minimálně v jenom ve výfukovém systému i 10 kusů, celkové hodnoty emisí pevných částic vozidla mohou být o poznání vyšší.

Doporučení

Jako doporučení pro výrobu této konkrétní trubky doporučuji stanovit přesné množství maziva, které je během ohýbacího procesu dávkováno, a to na maximálně 10 gramů (dle výrobce maziva 10,4 g), optimálně mezi 4 a 8 gramy. Toto doporučení se přiklání jak k zachování výrobního procesu beze zmetků, tak na ekonomičnost výroby, ekologickou šetrnost (nakládání s ropnými produkty) a následnou produkci pevných částic.

8. Seznam použité literatury

- [1] Složení vozového parku v ČR: Souhrnné registrace vozidel v ČR k 30.9.2015. Sdružení automobilového průmyslu [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/zakladni-prehledy-a-uda je/slozeni-vozoveho-parku-v-cr/#graf-celk>
- [2] TAKÁTS, Michal. *Měření emisí spalovacích motorů*. Praha: České vysoké učení technické, 1997. ISBN 80-01-01632-3.
- [3] Air: Smog [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.epa.vic.gov.au/your-environment/air/smog>
- [4] What is Smog? [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.conserve-energy-future.com/smogpollution.php>
- [5] Studijní materiály: Smog. *Uniumcz* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.unium.cz/materialy/0/0/smog-m25502-p3.html>
- [6] TEŽKÁ, Lenka. *Smog: Modernizace výuky odborných předmětů* [online]. Rožnov pod Radhoštěm, 2008 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: https://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiorJm9tMrSAhUGAxoKHTUSA4YQFghRMA&url=http%3A%2F%2Fzna.mkv.szes.ro.cz%2Ftext%2FMVOP%2520%2520produkty%2FMonitrov%25C3%25A1n%25C3%25AD%2520a%2520anal%25C3%25BDzy%2FSMOG..pptx&usg=AFQjCNHgA_2aFEii3bsw319b1wzi-OUXSQ. Výukový materiál. SŠZePř Rožnov p. R.
- [7] VOJTÍŠEK, Michal. *NÁVRHY LEGISLATIVNÍCH OPATŘENÍ V OBLASTI EMISÍ ZE SPALOVACÍCH VE SVĚTLE SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ* [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: http://www.medetox.cz/wp-content/uploads/2015/07/2015-13_Ovzduzi_VojtisekNavrhy_legislativnich_opatreni_v_oblasti_emisi_ze_spalovacich_motoru_ve_svetle_soucasneho_stavu_poznani-abstrakt.pdf
- [8] SAJDL, Jan. *Emisní norma EURO* [online]. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>

- [9] EU: Cars and Light Trucks. *Dieselnet: Emission Standards* [online]. [cit. 2017-05-12].
Dostupné z: <https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>
- [10] *New Combustion Systems in SI & Diesel Engines, and Combustion & Emissions Formation Processes in Diesel Engines*. 1. Warrendale (USA): Society of Automotive Engineers, 2004.
ISBN 0-7680-1484-0.
- [11] BAŘINKA, Ivo. *Metody měření emisí vznětových motorů* [online]. Brno, 2010 [cit. 2017-05-06]. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Martin Fajman, Ph.D.
- [12] *Particle Measurement Programme (PMP) Heavy-duty Inter-laboratory Correlation Exercise (ILCE_HD)*. Luxembourg: Publications Office, 2010. ISBN 9789279172007.
- [13] ZHENG, Zhongqing, Thomas D. DURBIN, Georgios KARAVALAKIS, et al. Nature of Sub-23-nm Particles Downstream of the European Particle Measurement Programme (PMP)-Compliant System: A Real-Time Data Perspective. *Aerosol Science and Technology* [online]. 2012, **46**(8), 886-896 [cit. 2017-05-12]. DOI: 10.1080/02786826.2012.679167. ISSN 0278-6826.
Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02786826.2012.679167>
- [14] *ALC: Syntetická kapalina pro náročné operace*. Produktový list. 1. Uherský Brod: BBLubricants, 2016.
- [15] *ALTO: Syntetická kapalina pro náročné operace*. Produktový list. 1. Uherský Brod: BBLubricants, 2016.
- [16] *NIROL: Syntetická kapalina pro náročné operace*. Produktový list. 1. Uherský Brod: BBLubricants, 2016.
- [17] *Metform O.F Gel D4237*. Revize 3. Produktový list. Smethwick (United Kingdom): Orapi, 2009.
- [18] *NanoMet3 User Manual*. V1.09. 5610 Wohlen, Switzerland: Matter Aerosol, 2014.
- [19] *Znečištění ovzduší: Studijní opory* [online]. [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: https://is.mende.lu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=55071

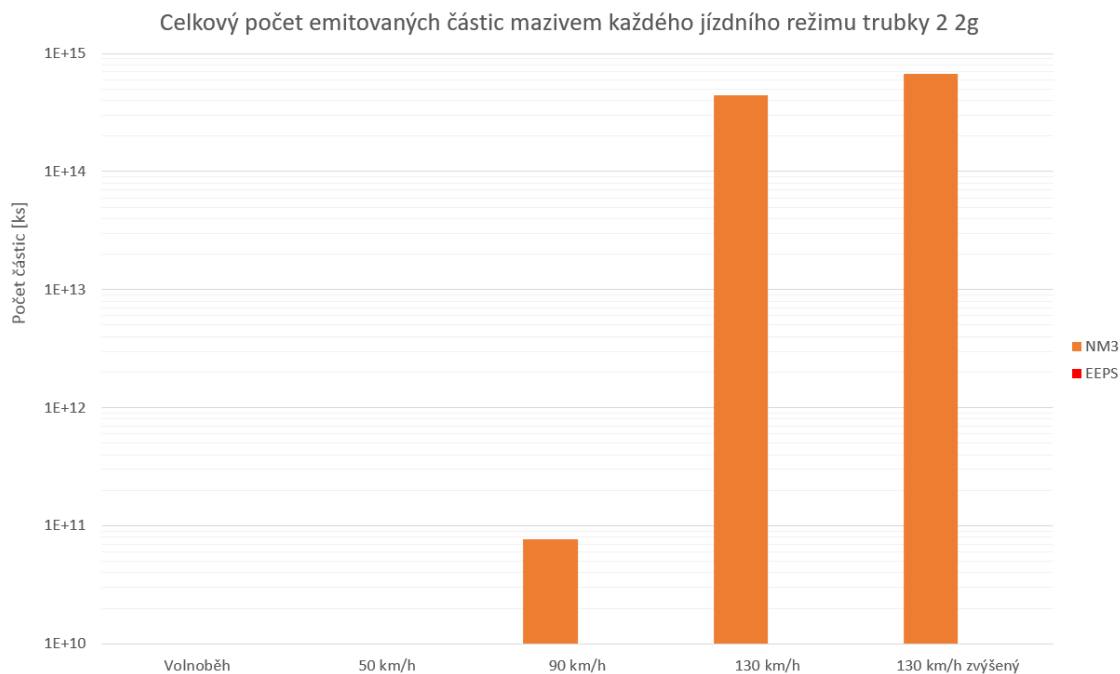
[20] *Model 3090/3090AK Engine Exhaust Particle Sizer™ Spectrometer: Operation and Service Manual*. H. 500 Cardigan Road, Shoreview, MN 55126 USA: TSI Incorporated, 2011.

[21] *Popis zkušebny Power Train. Technická specifikace zařízení*. 2017. Liberec.

[22] PHARMDR. VÉGH, Vladimír. *Pick-up: Návod na použití a manipulaci, bezpečnostní list*. Praha, 2015.

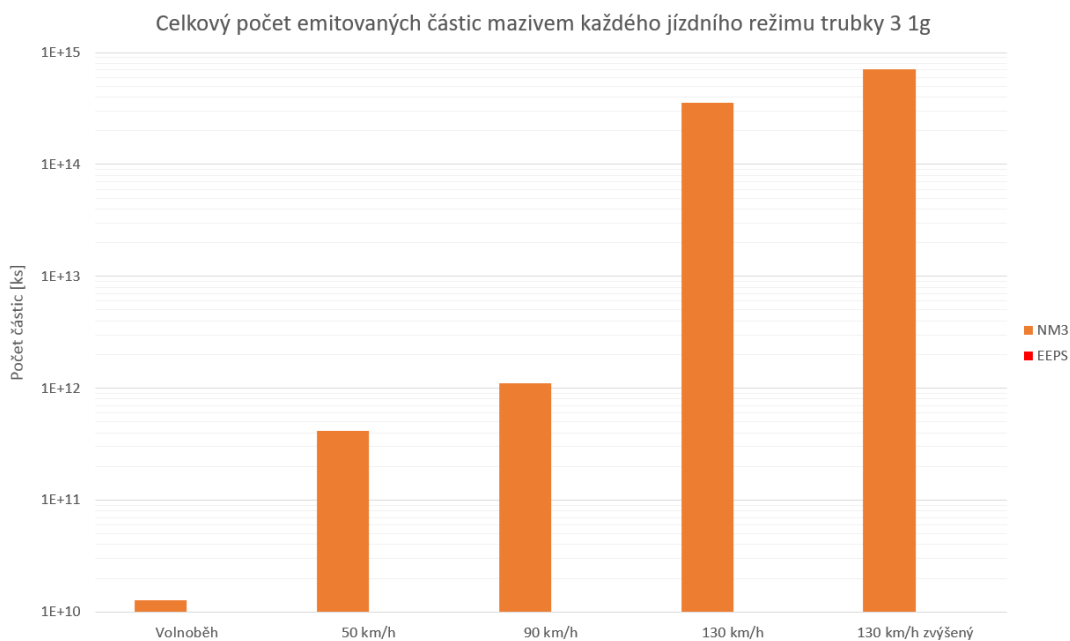
Přílohy

Trubka 2 množství maziva 2 g



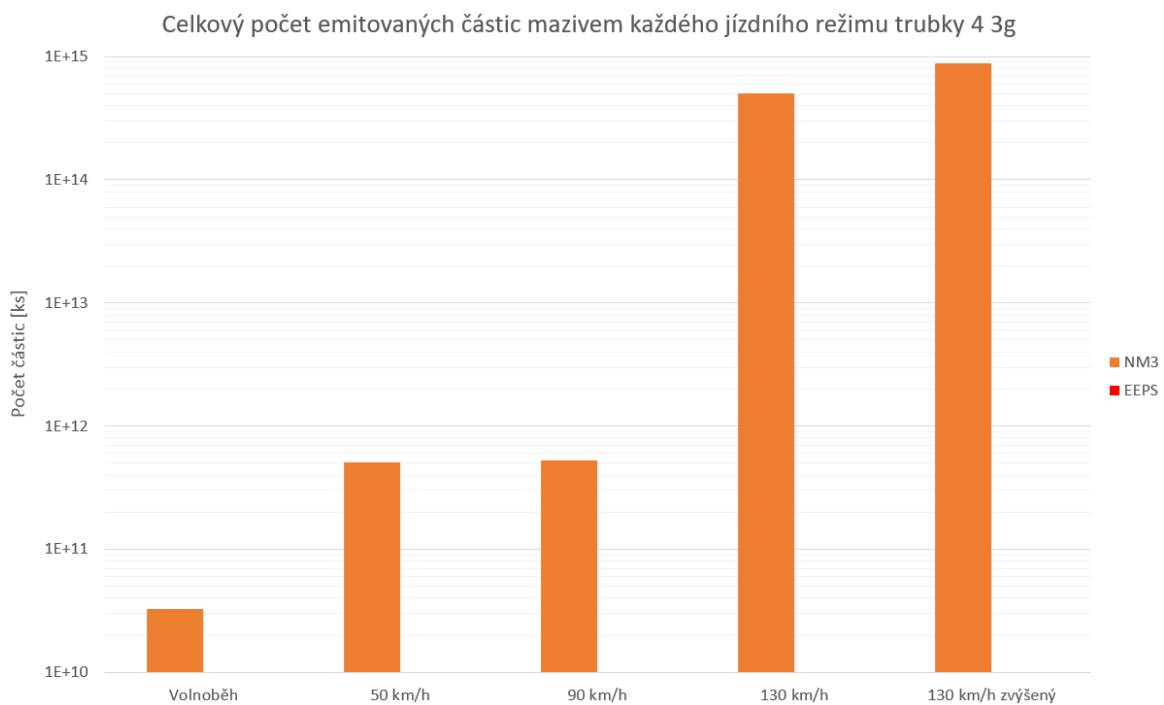
Graf 11: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 2 2gS

Trubka 3 množství maziva 1 g



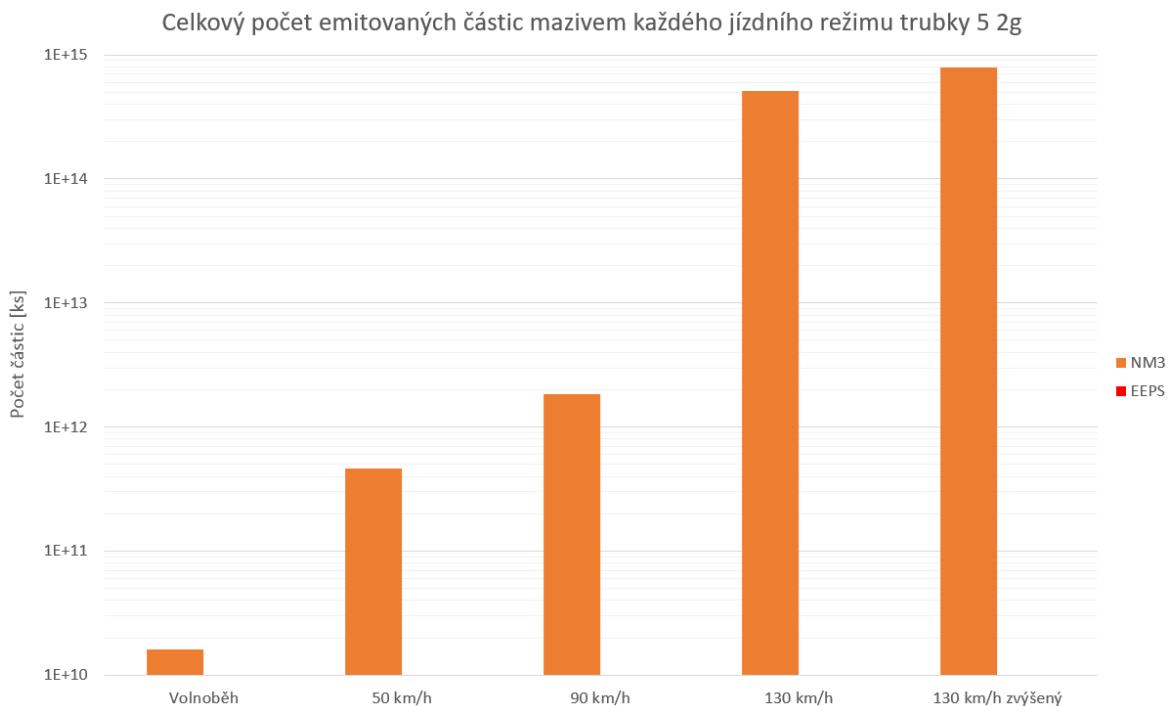
Graf 13: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 3 1g

Trubka 4 množství maziva 3 g



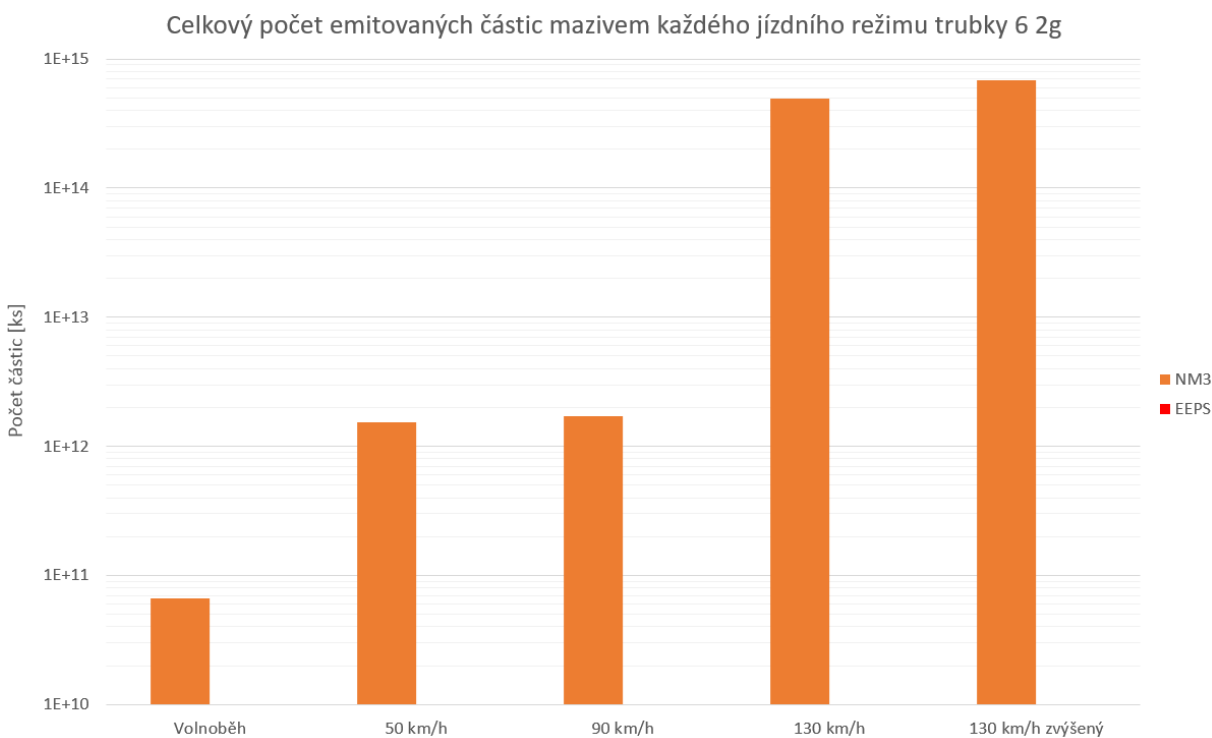
Graf 15: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 4 3g

Trubka 5 množství maziva 2 g



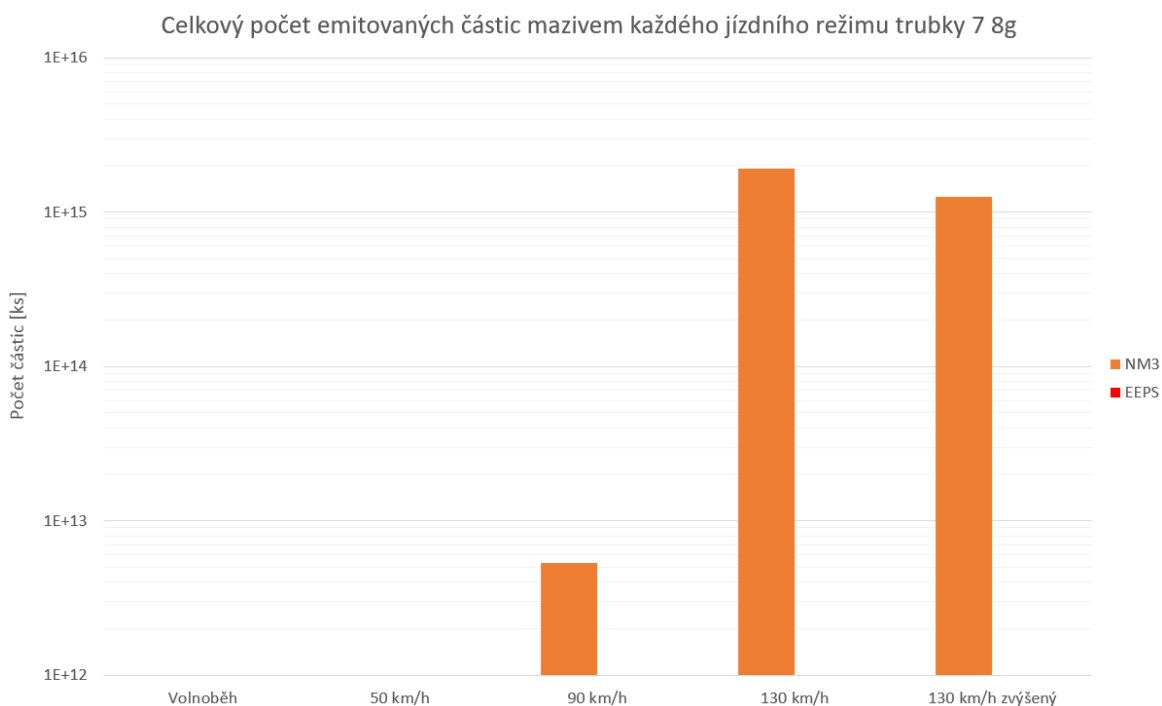
Graf 17: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 5 2g

Trubka 6 množství maziva 2 g



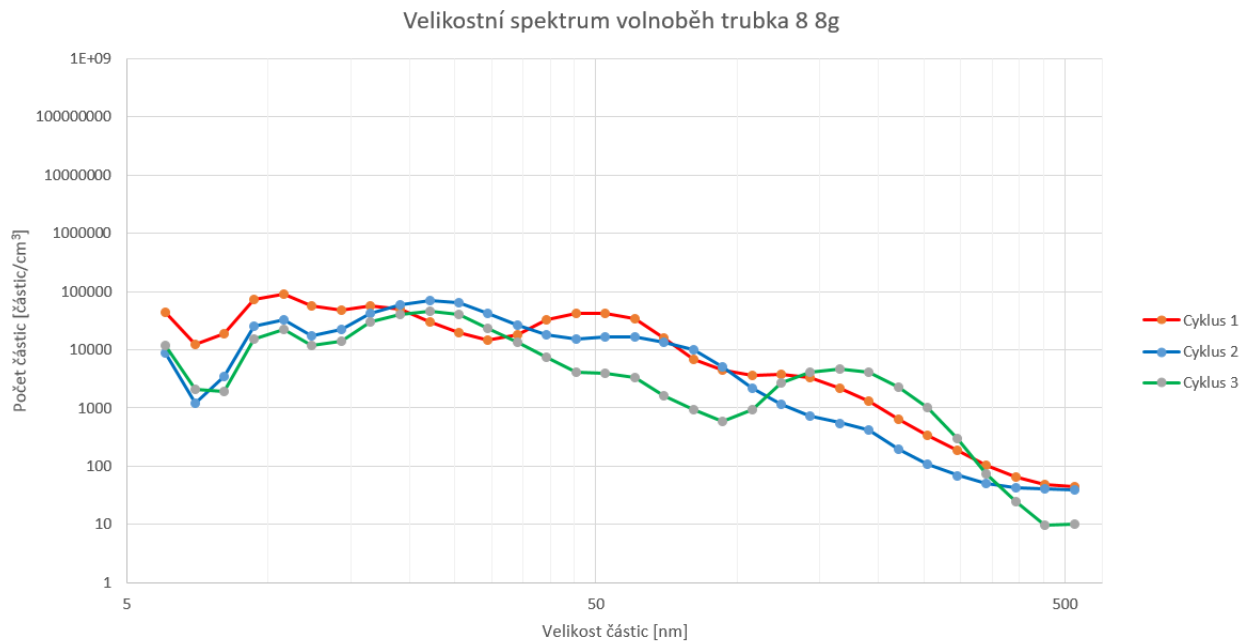
Graf 19: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 6 2g

Trubka 7 množství maziva 8 g

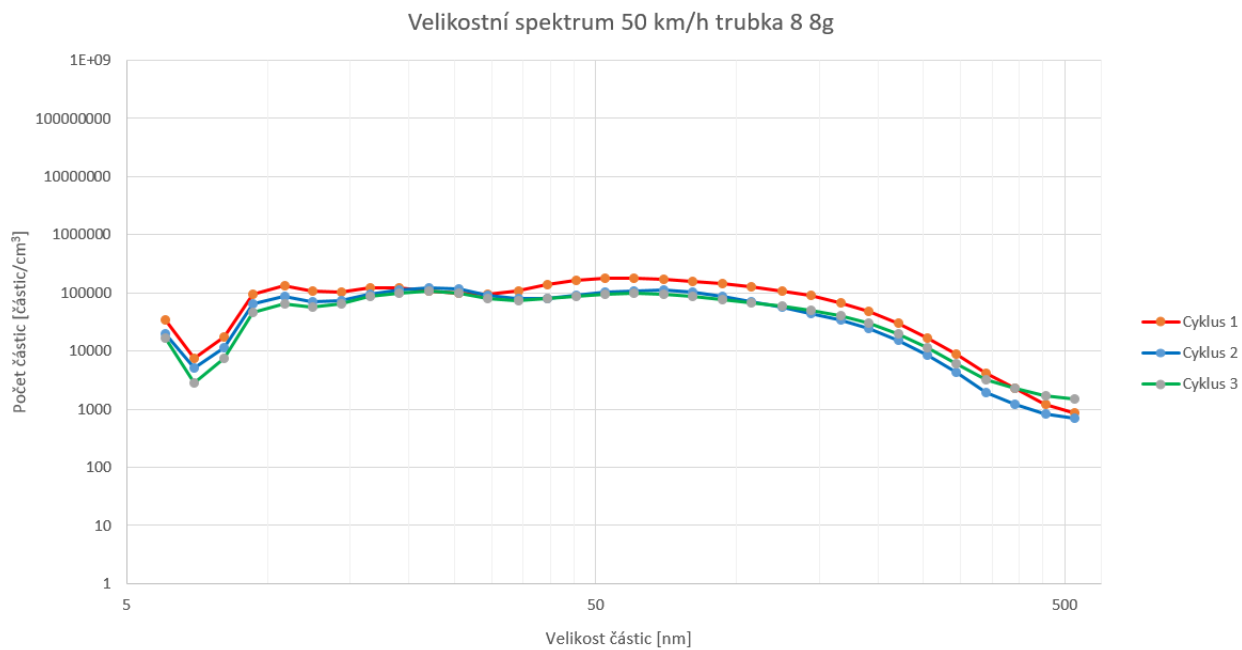


Graf 21: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 7 8g

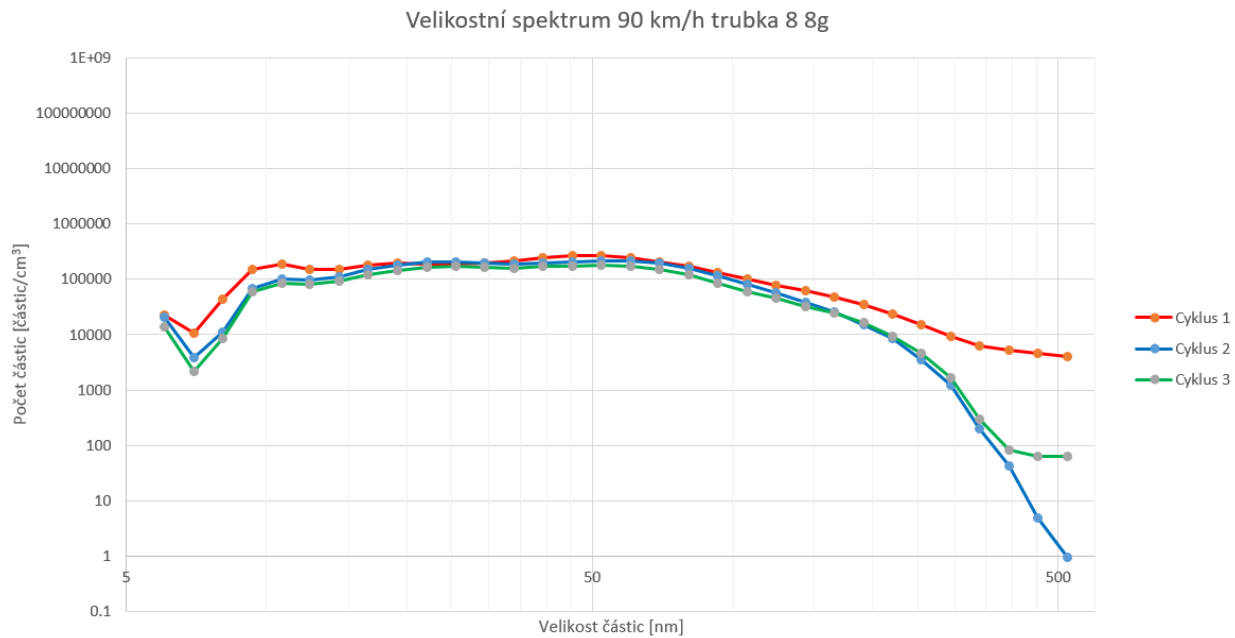
Trubka 8 množství maziva 2 g



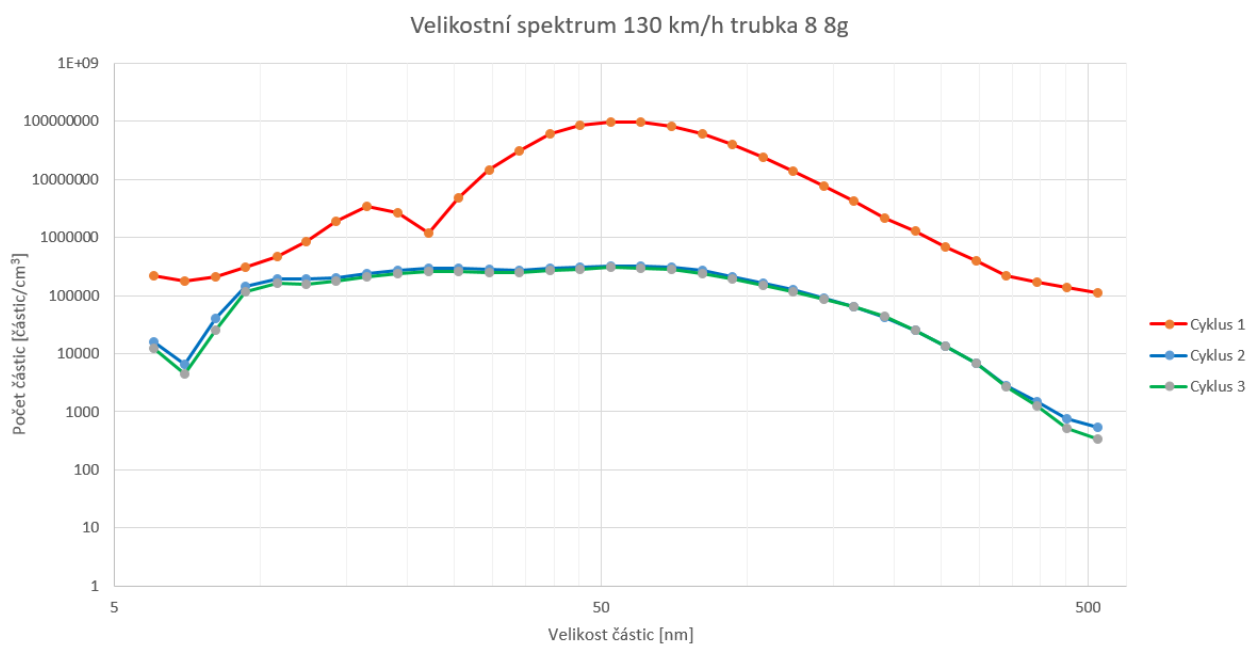
Graf 23: Velikostní spektrum volnoběh trubka 8 2g



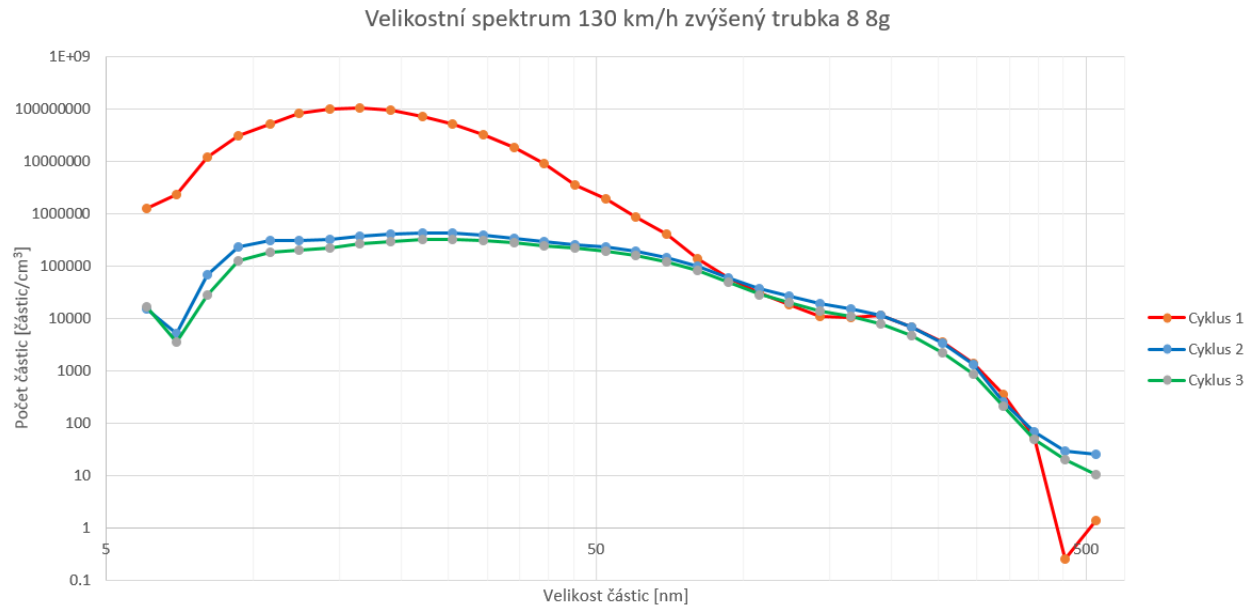
Graf 24: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 8 2g



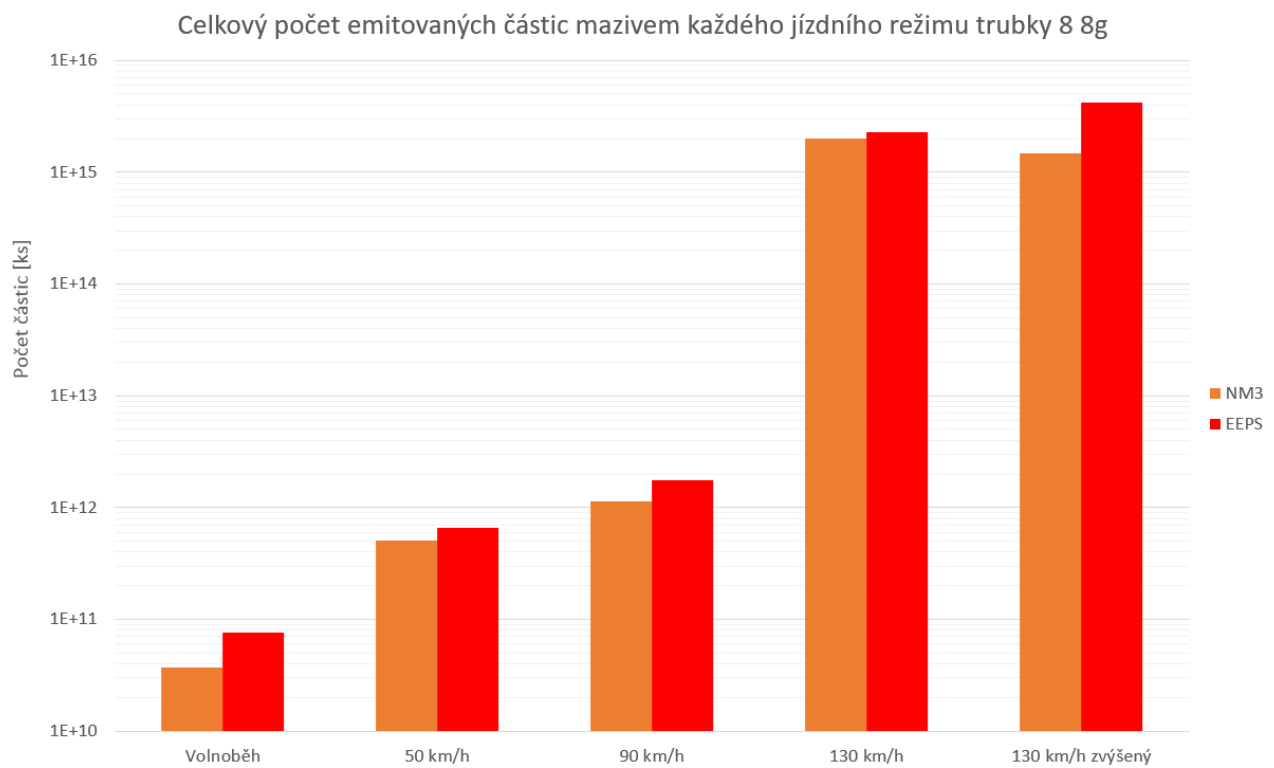
Graf 25: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 8 2g



Graf 26: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 8 2g

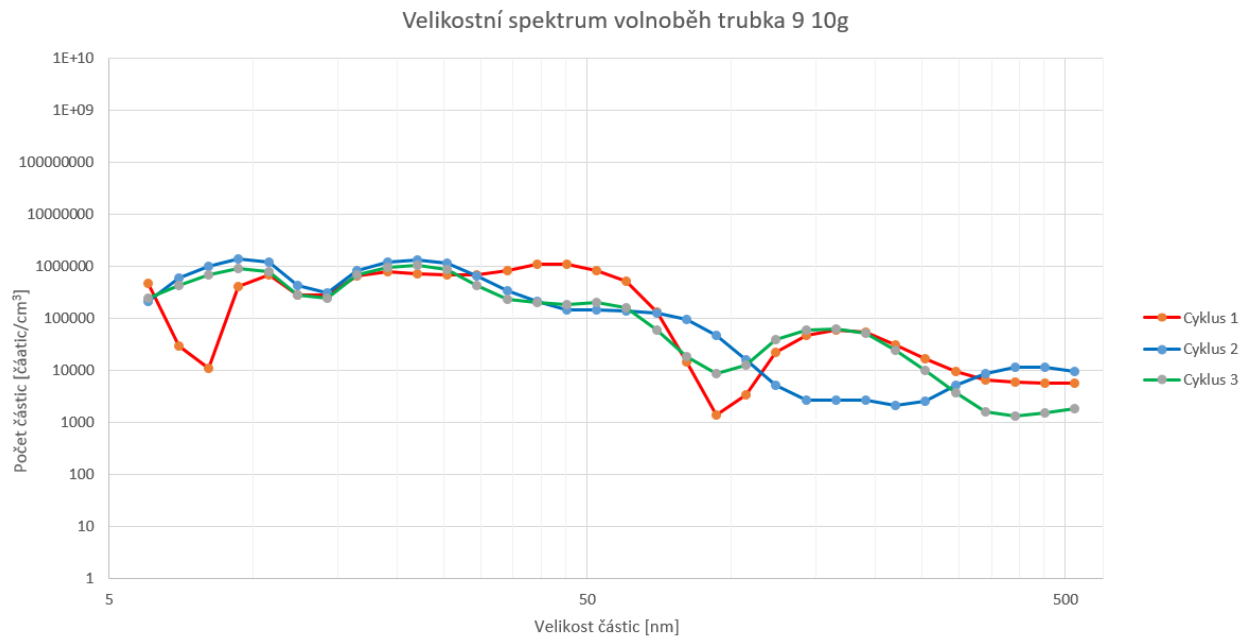


Graf 27: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 8 2g

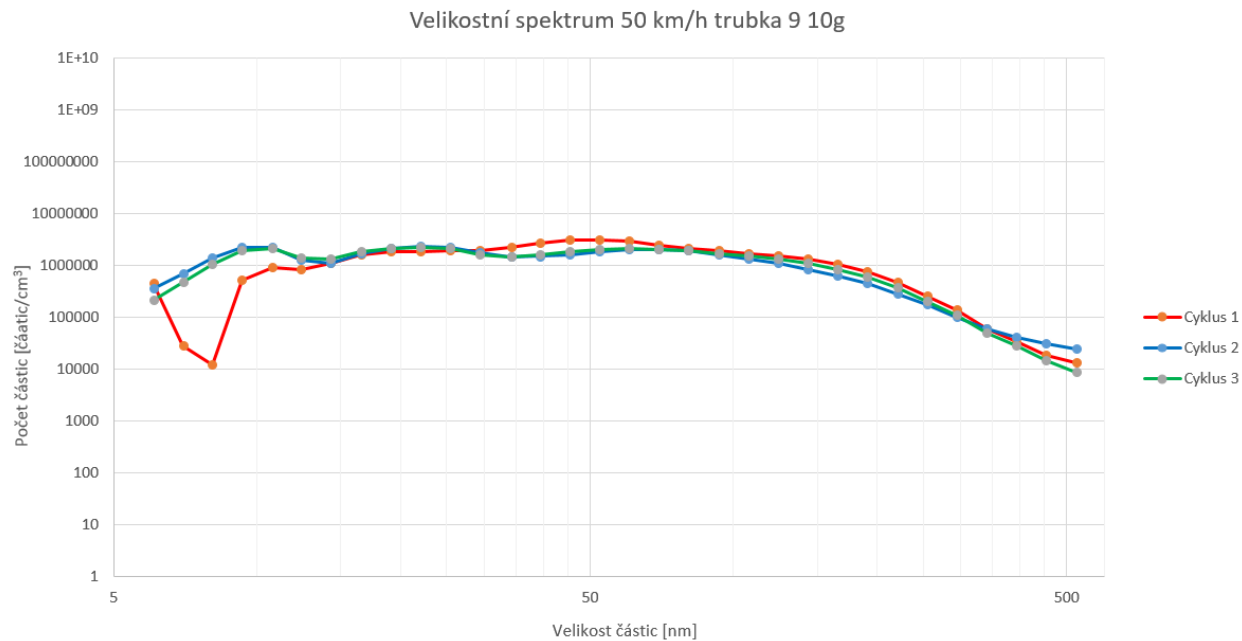


Graf 28: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 8 2g

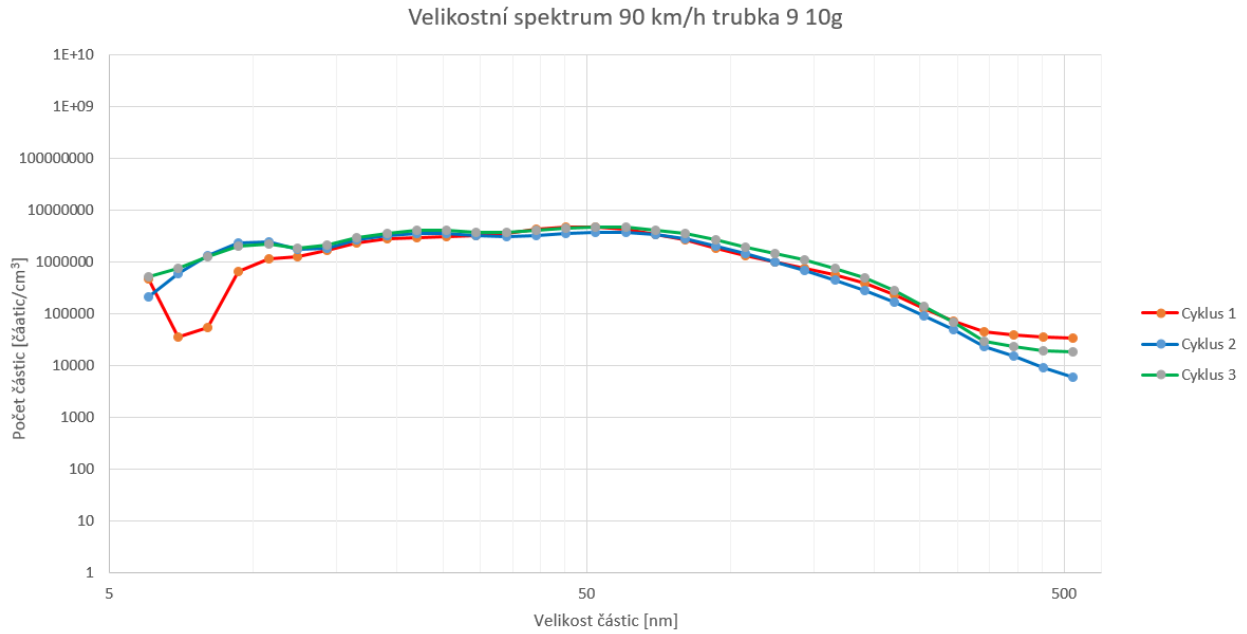
Trubka 9 množství maziva 10 g



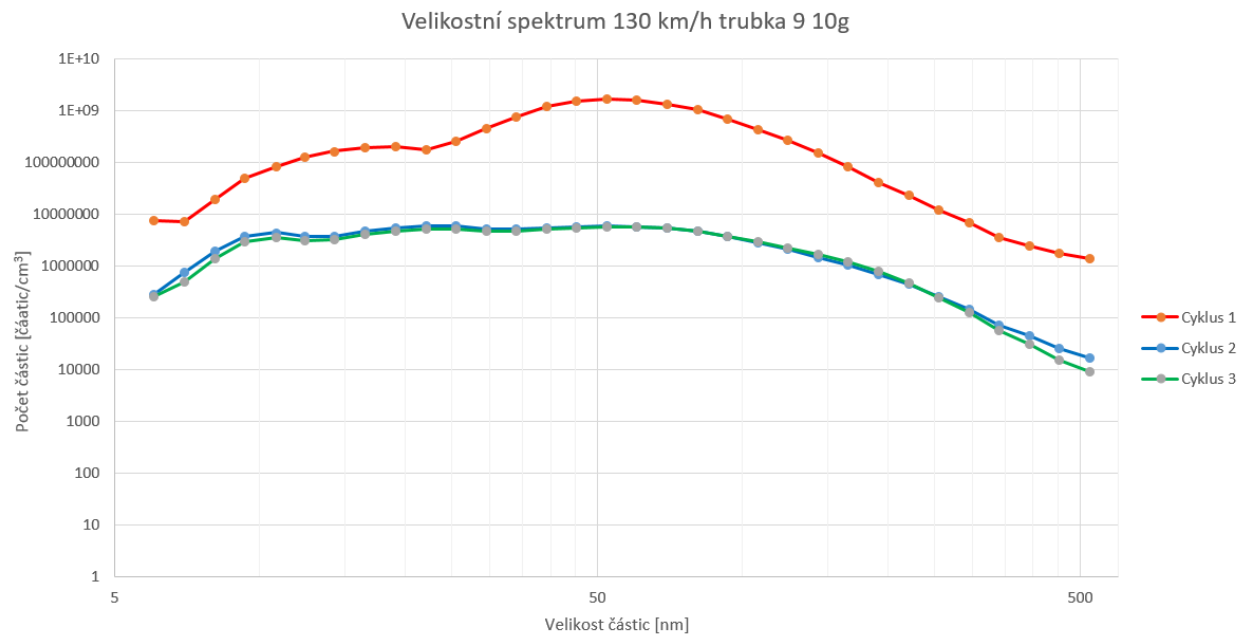
Graf 30: Velikostní spektrum volnoběh trubka 9 10g



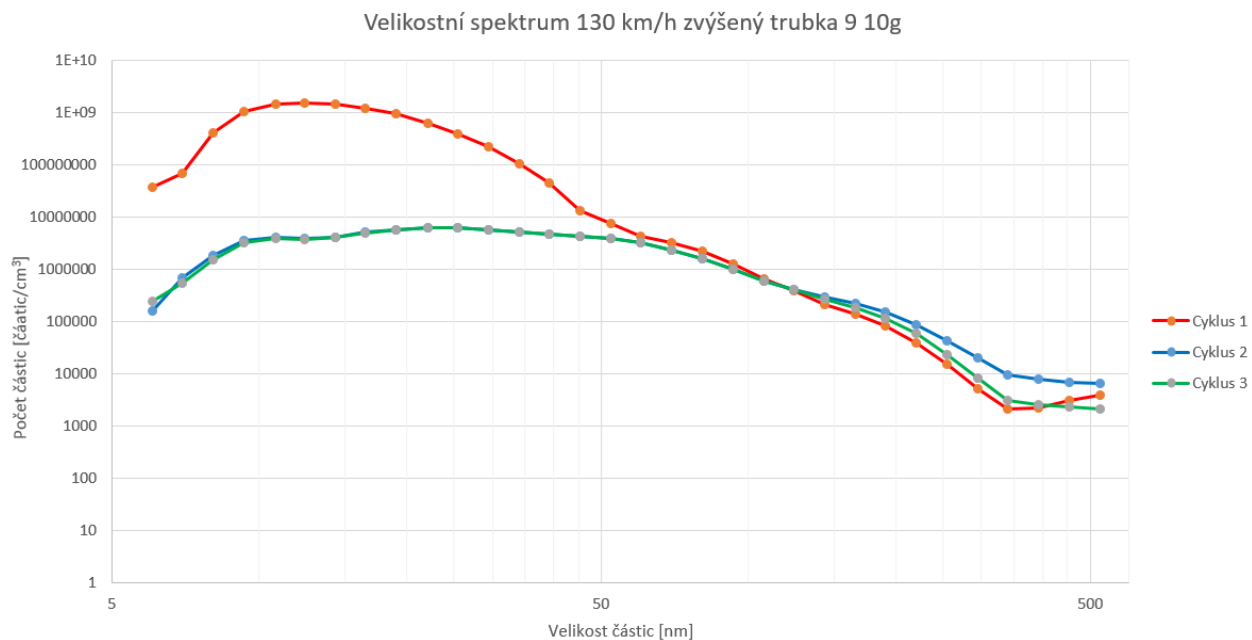
Graf 31: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 9 10g



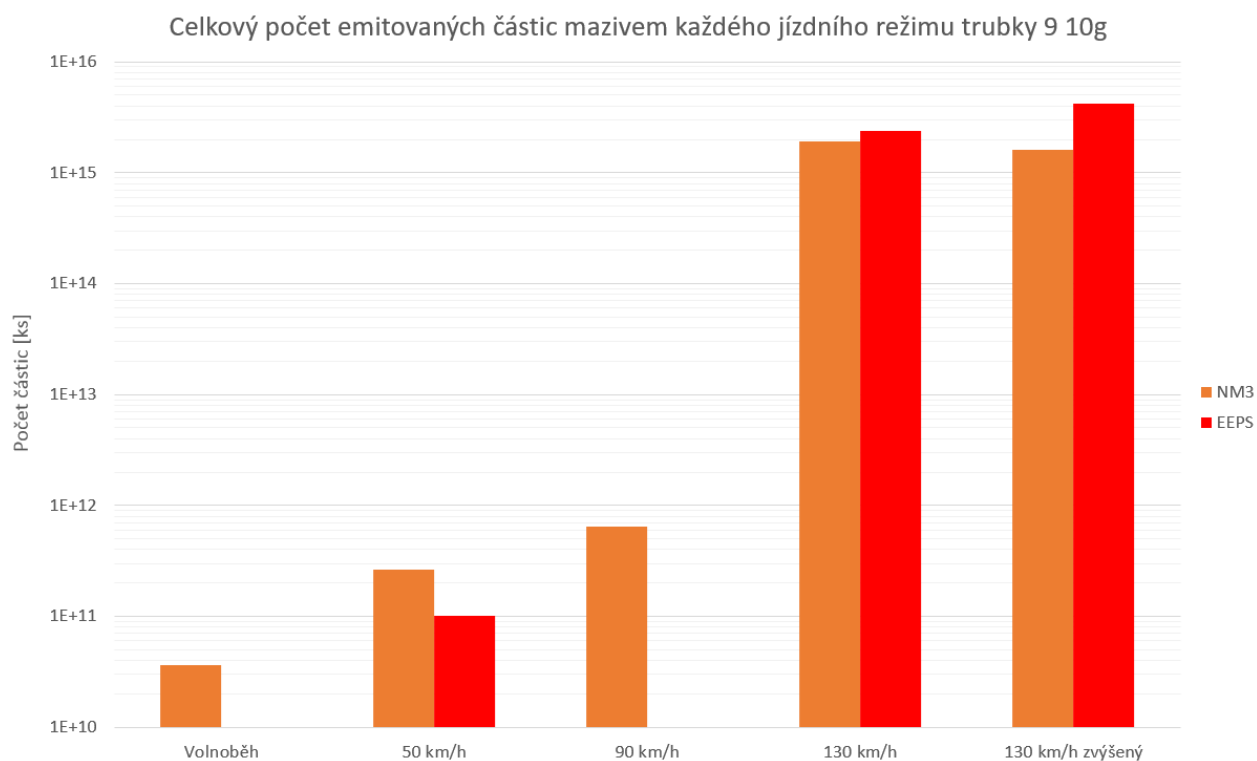
Graf 32: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 9 10g



Graf 33: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 9 10g

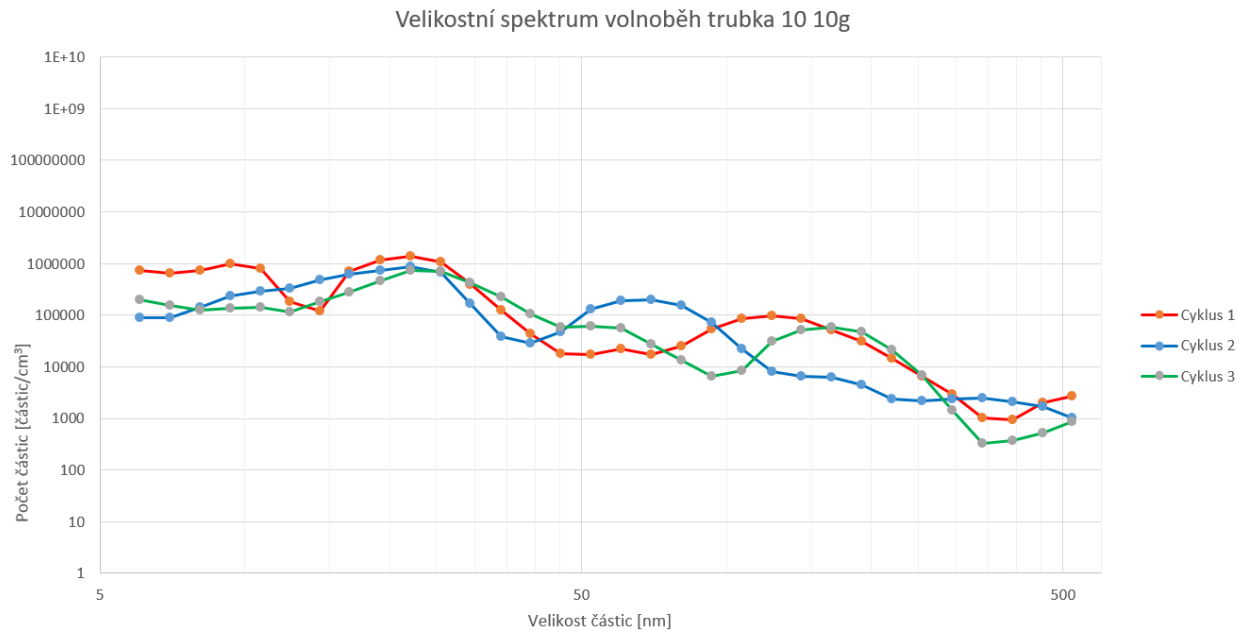


Graf 34: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 9 10g

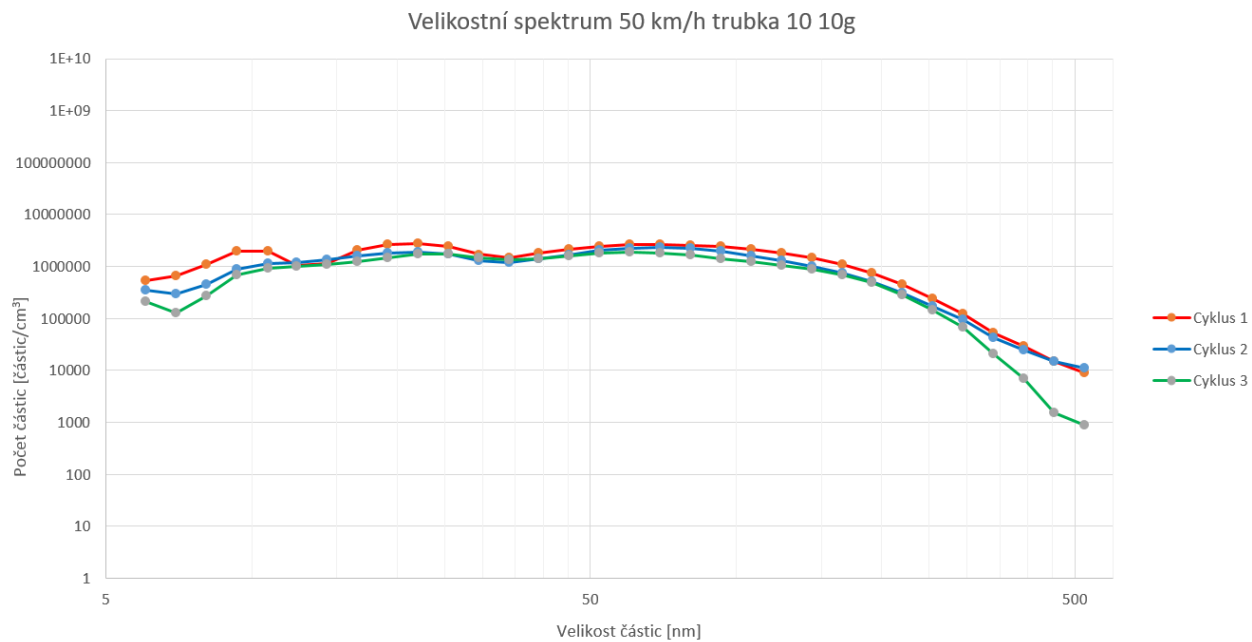


Graf 35: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 9 10g

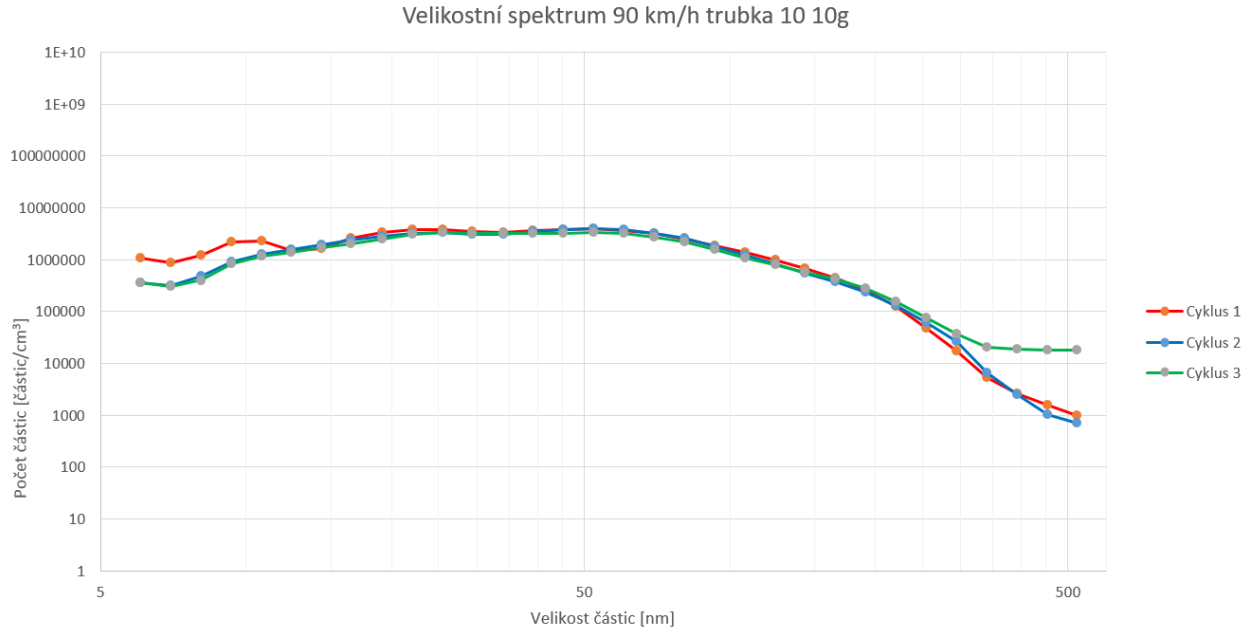
Trubka 10 množství maziva 10 g



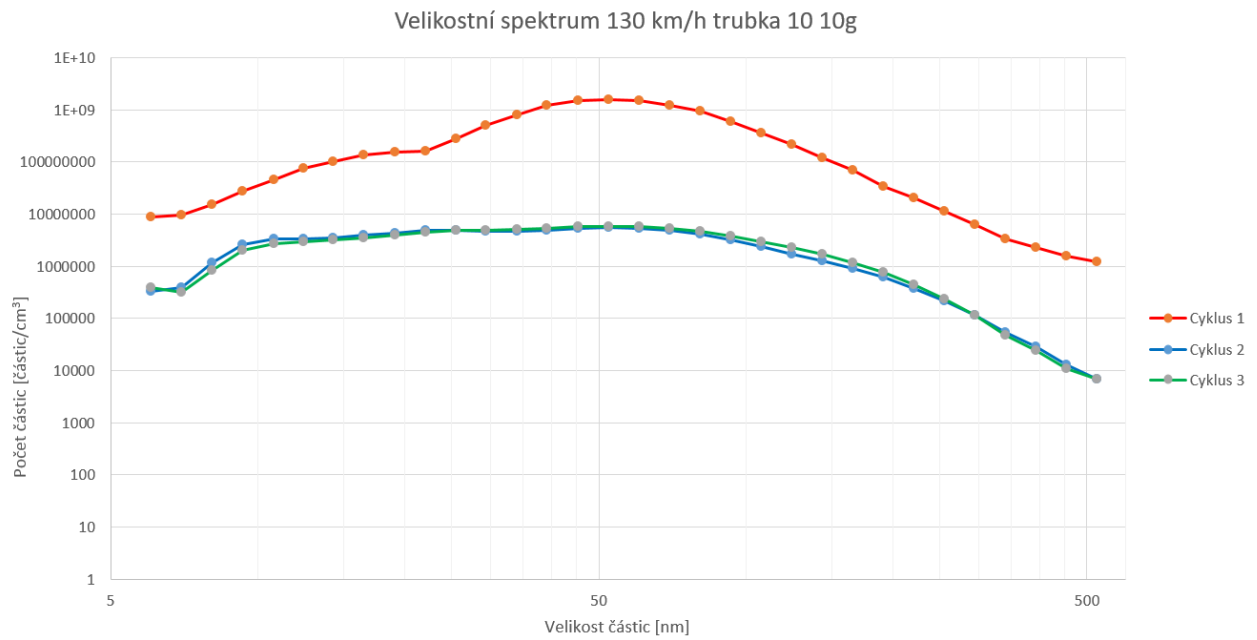
Graf 37: Velikostní spektrum volnoběh trubka 10 10g



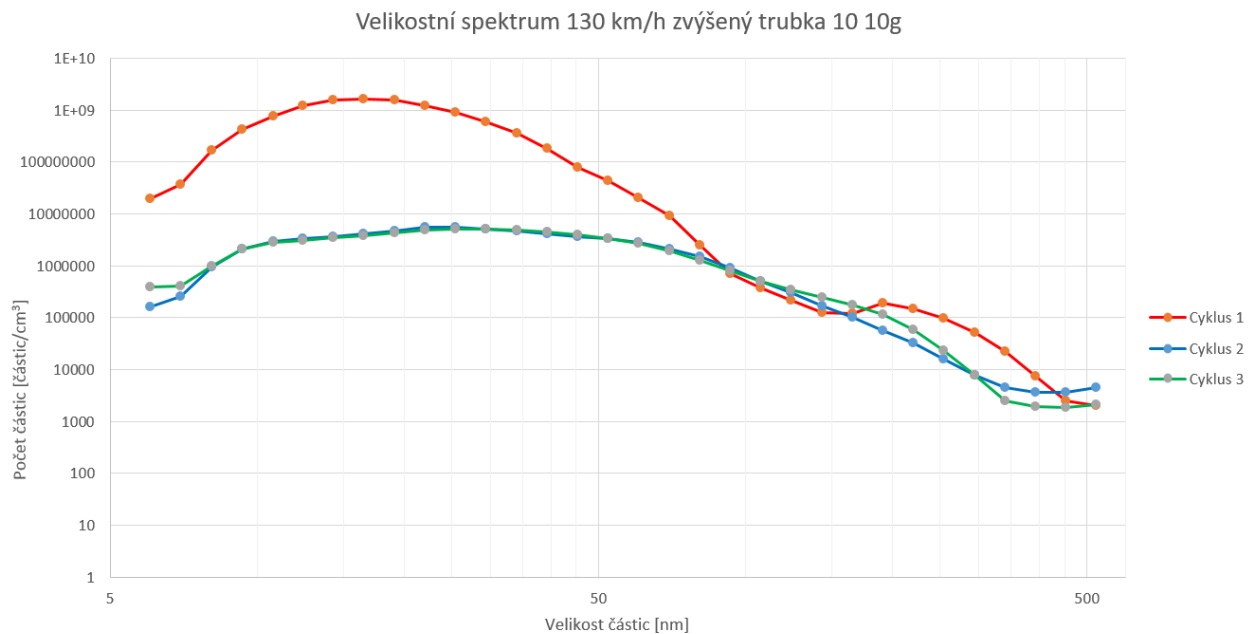
Graf 38: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 10 10g



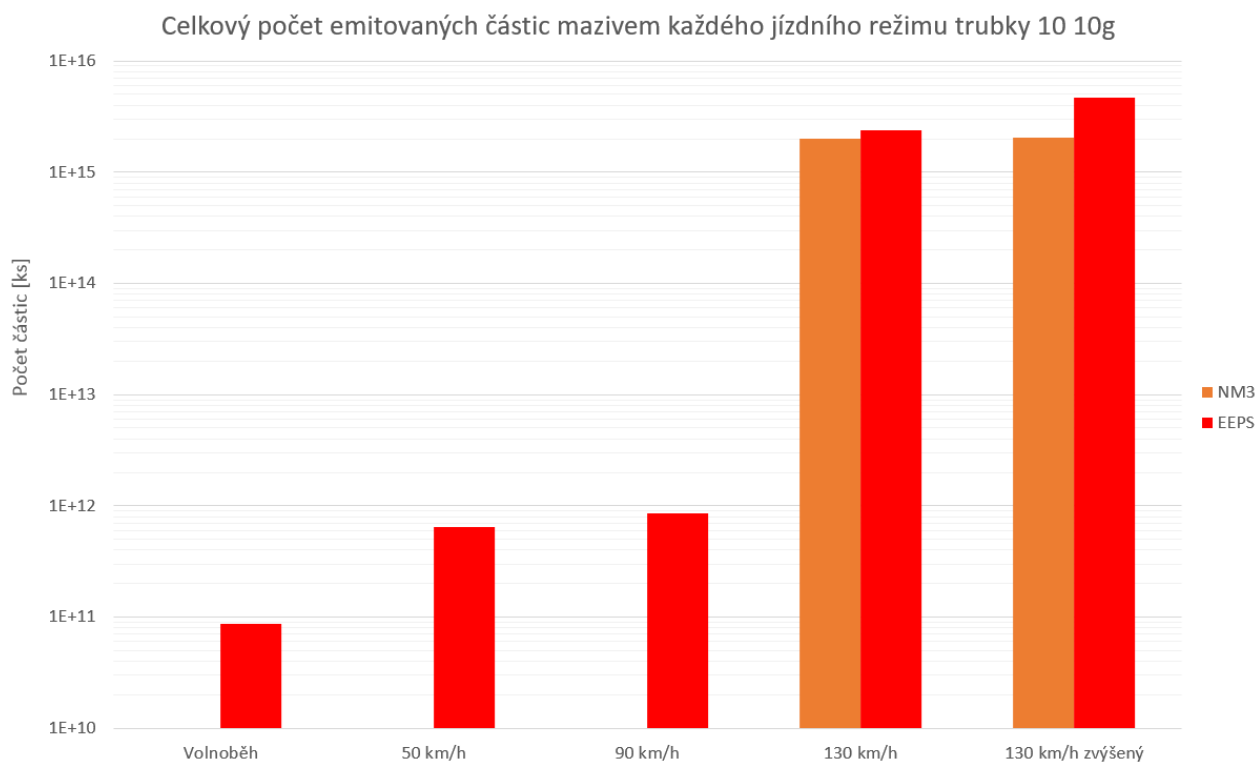
Graf 39: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 10 10g



Graf 40: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 10 10g

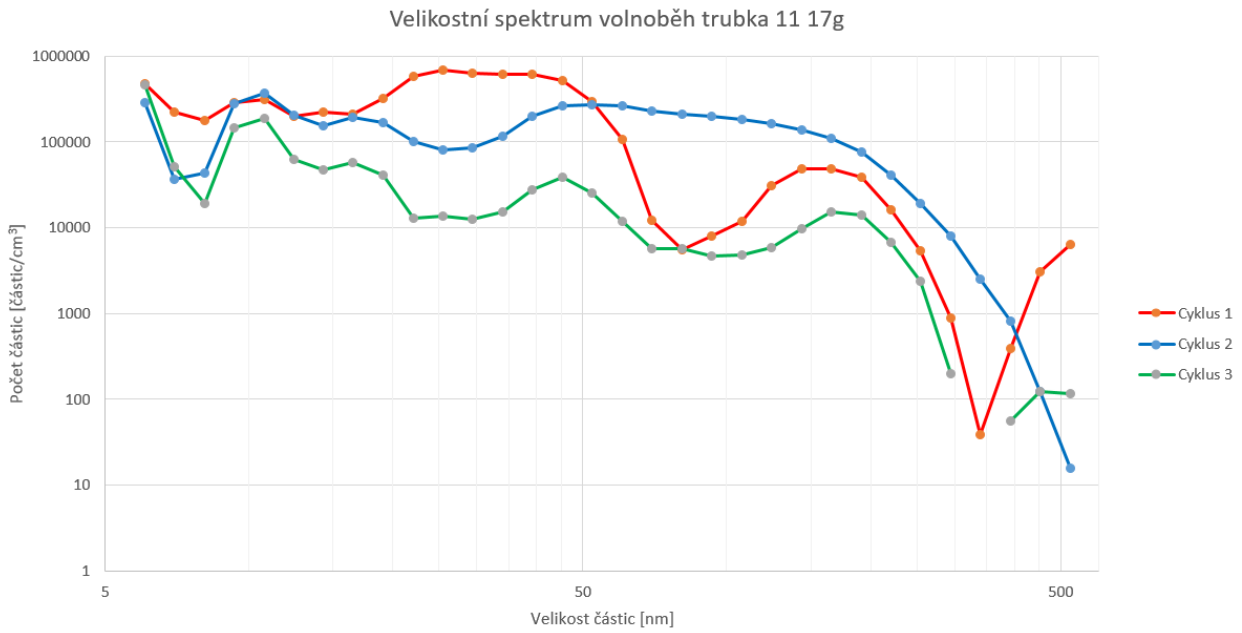


Graf 41: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 10 10g

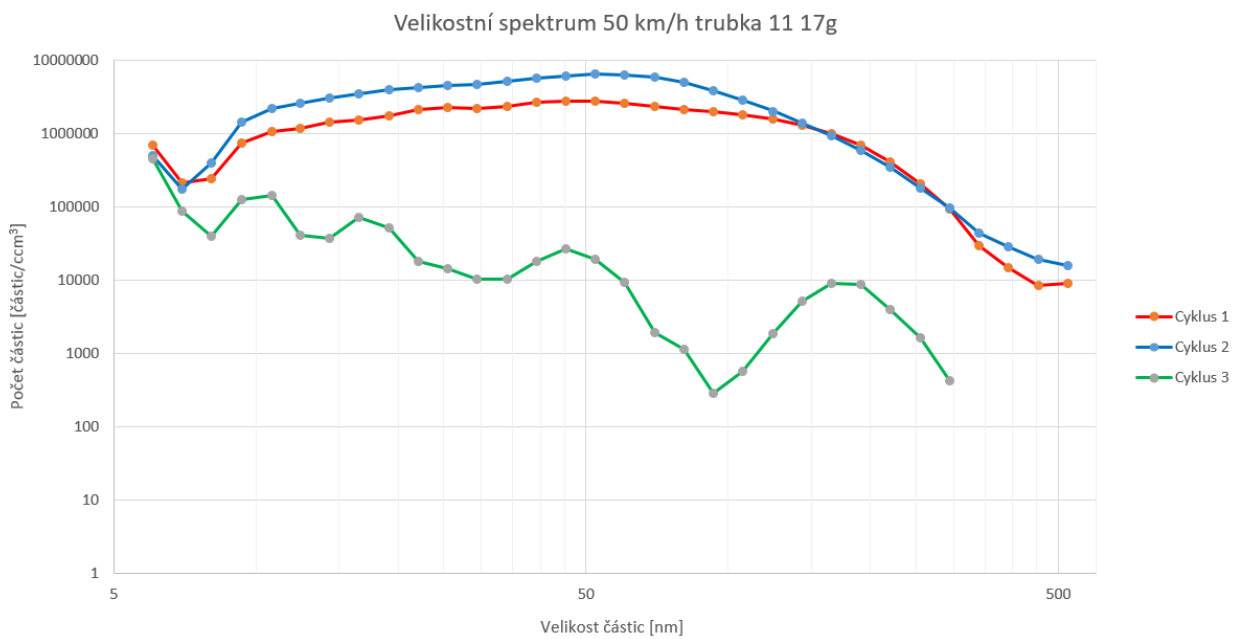


Graf 42: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 10 10g

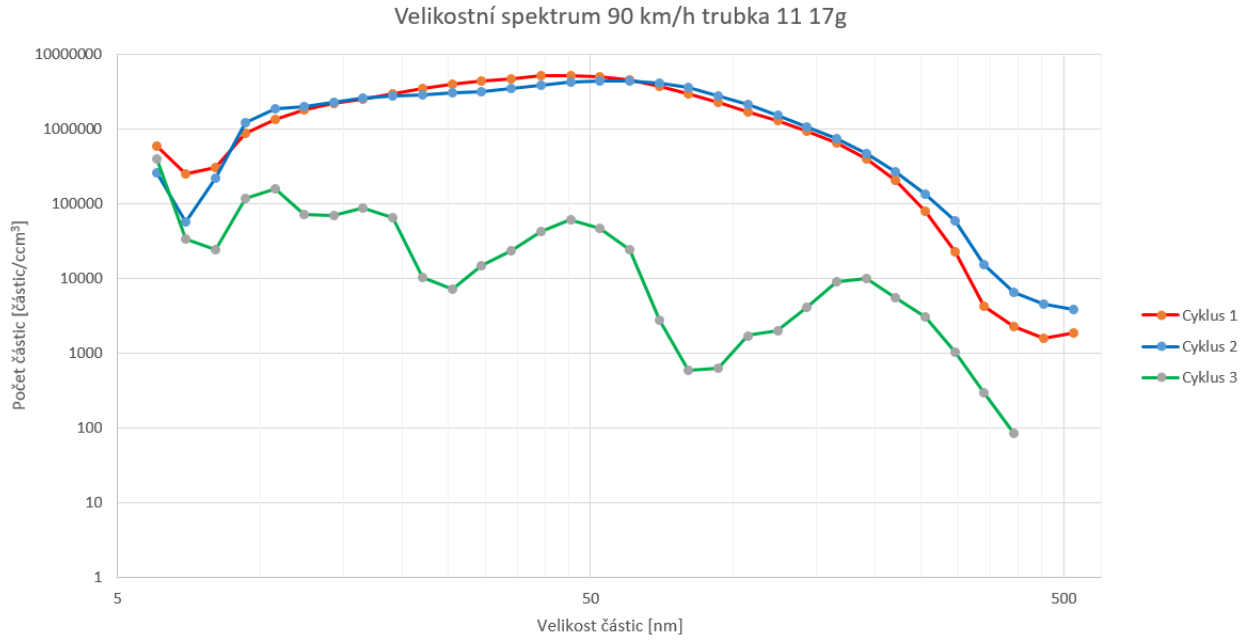
Trubka 11 množství maziva 17 g



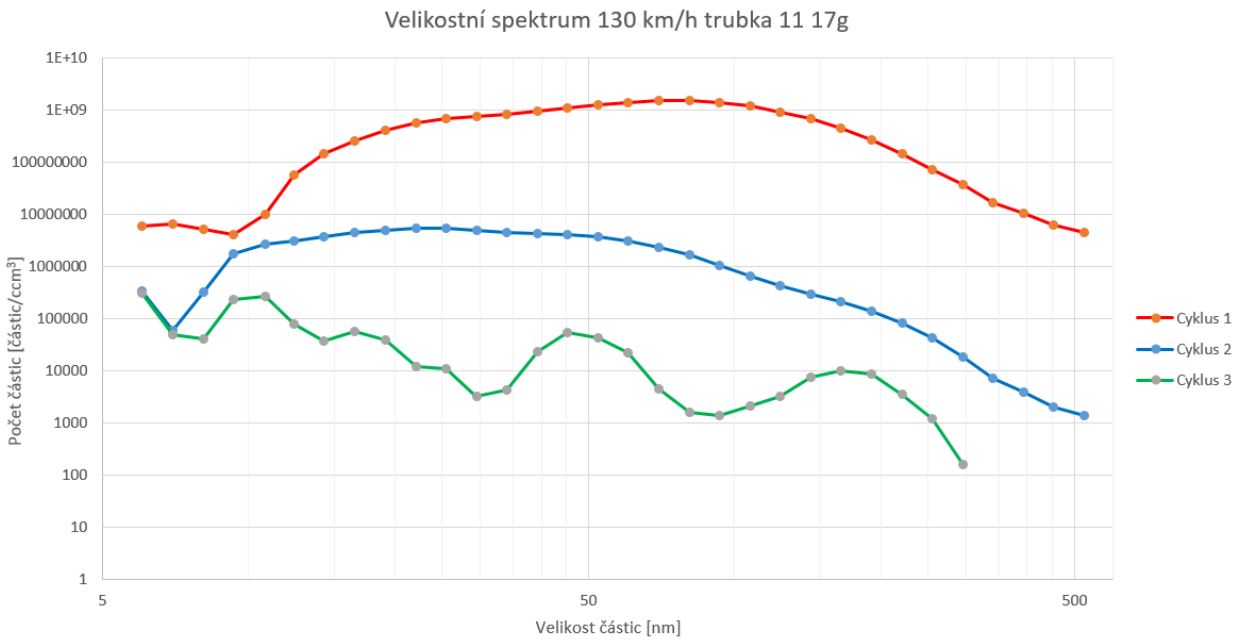
Graf 44: Velikostní spektrum volnoběh trubka 11 17g



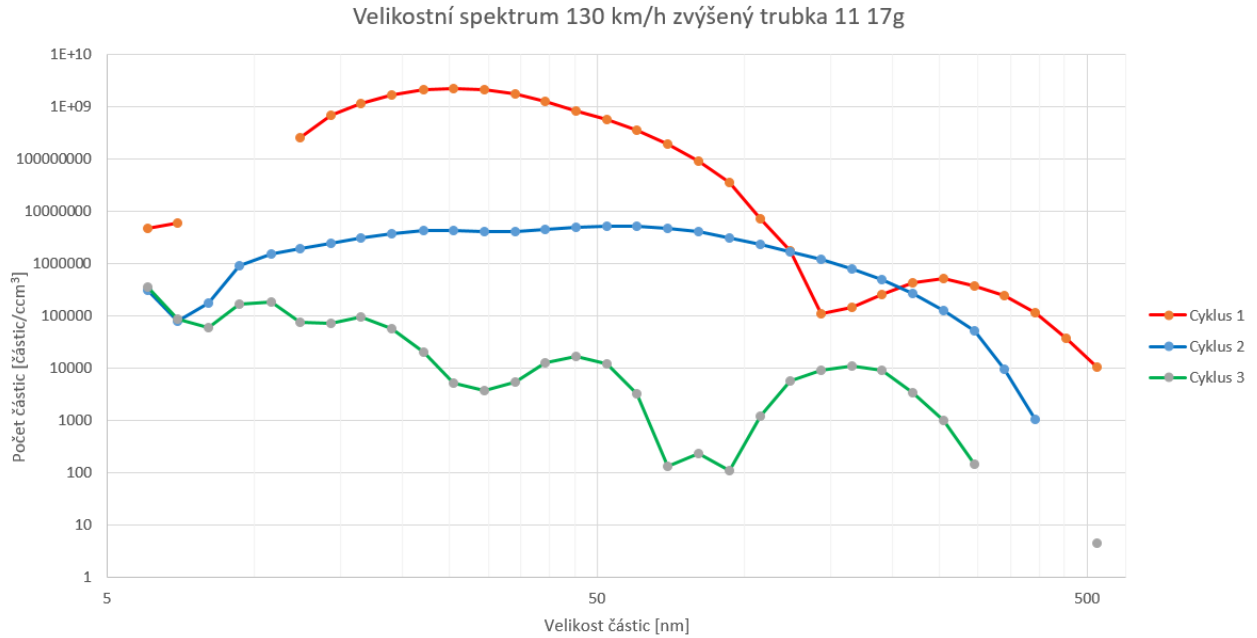
Graf 45: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 11 17g



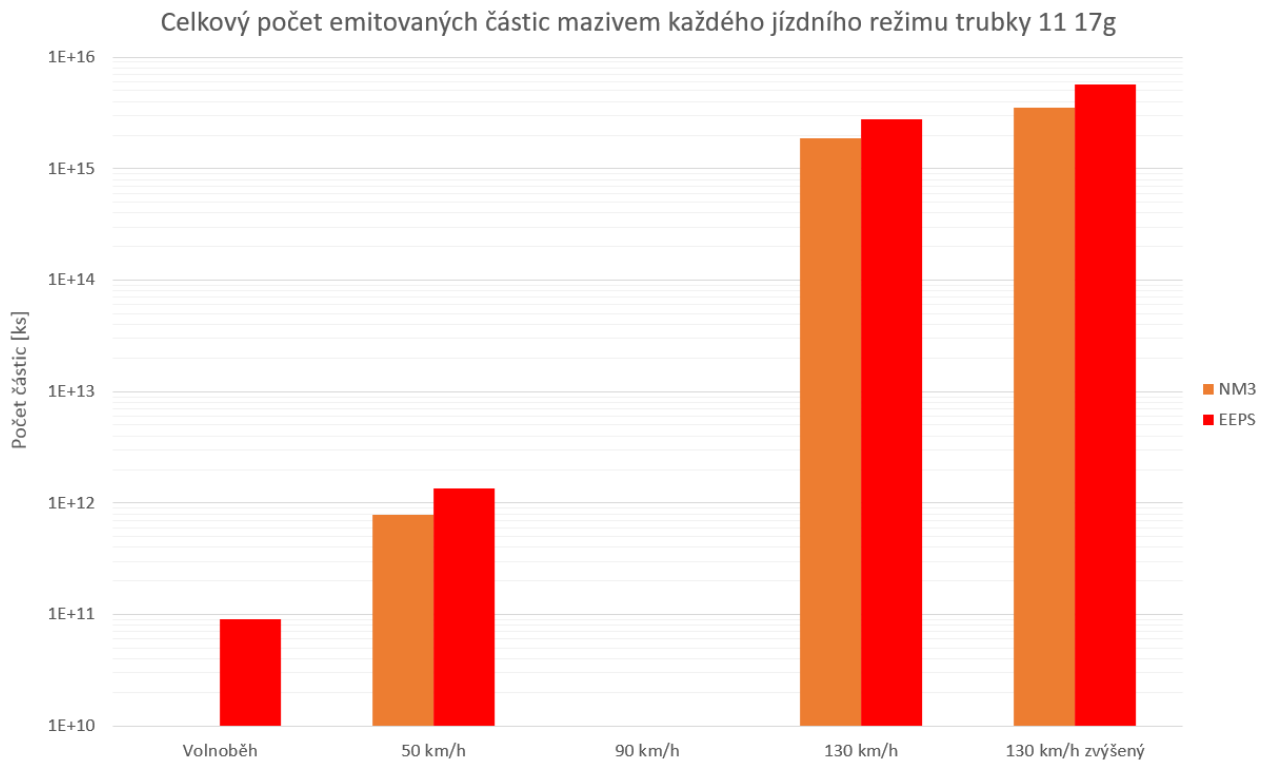
Graf 46: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 11 17g



Graf 47: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 11 17g

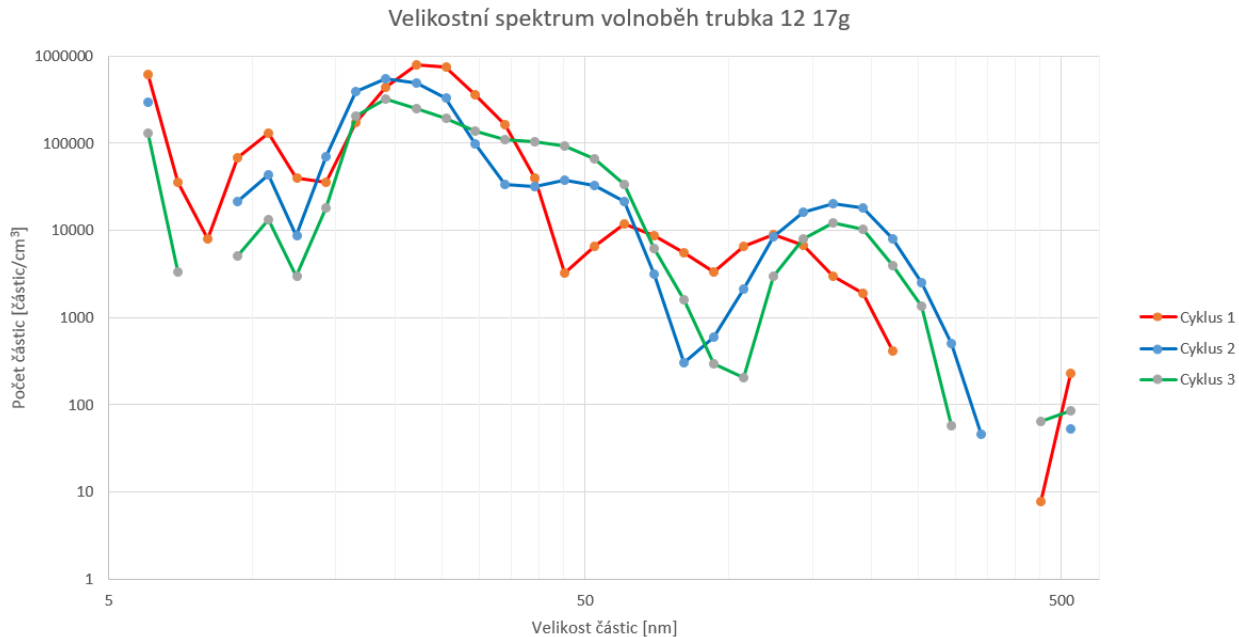


Graf 48: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 11 17g

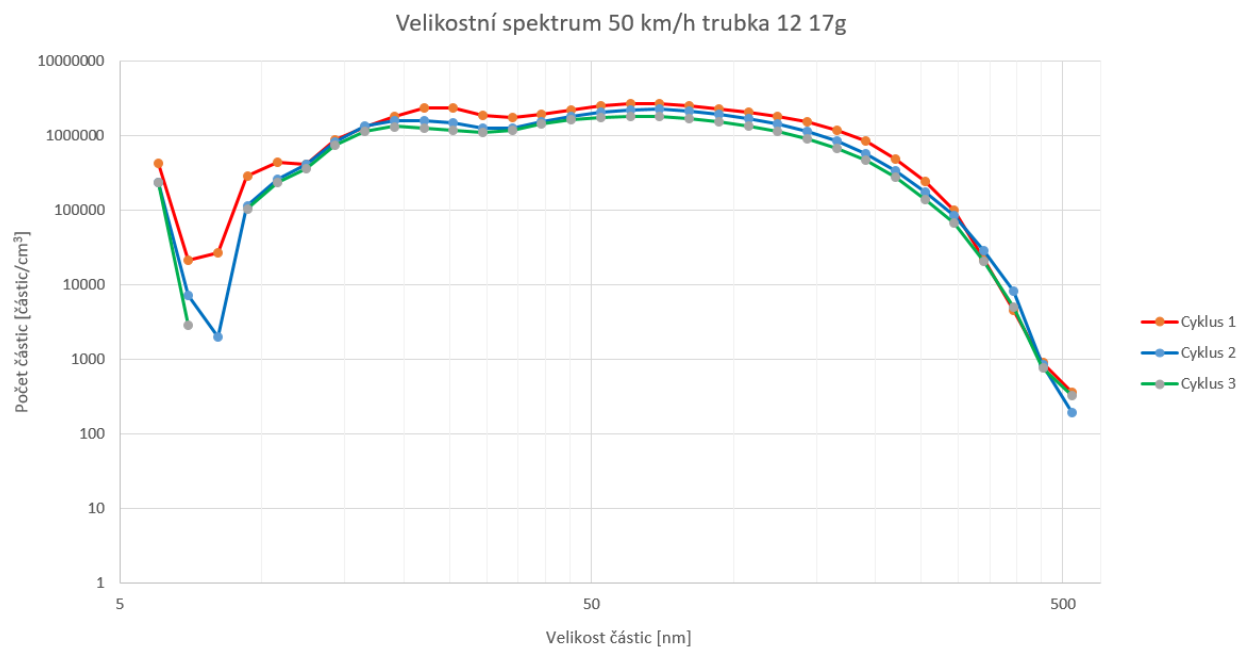


Graf 49: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 11 17g

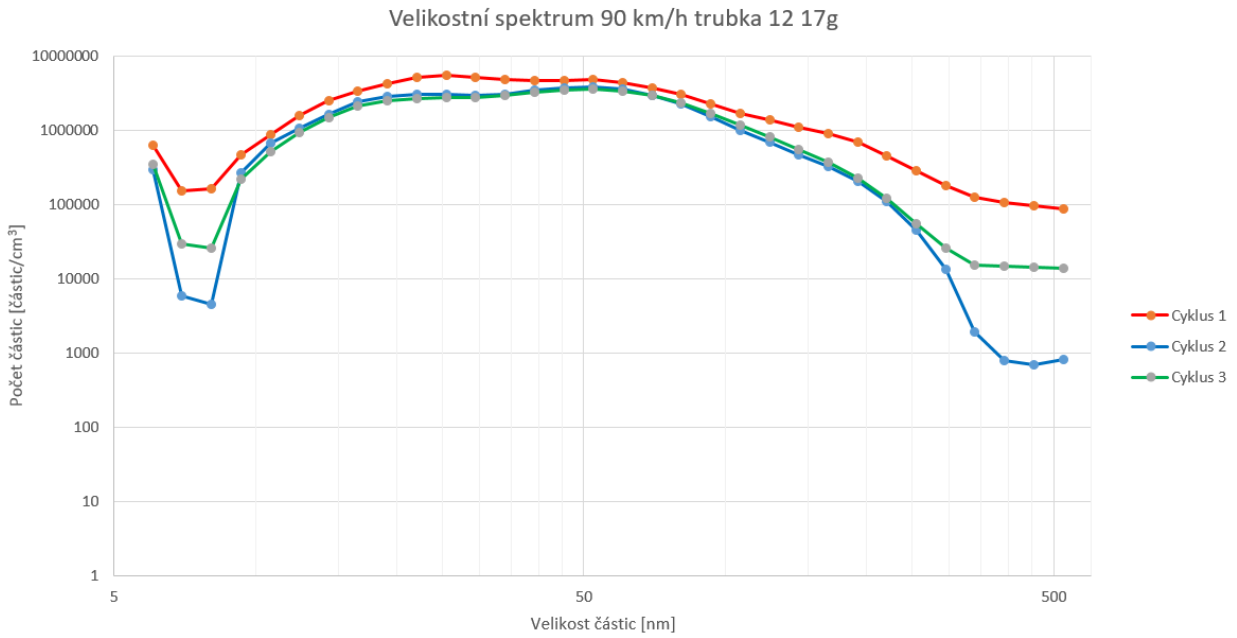
Trubka 12 množství maziva 17 g



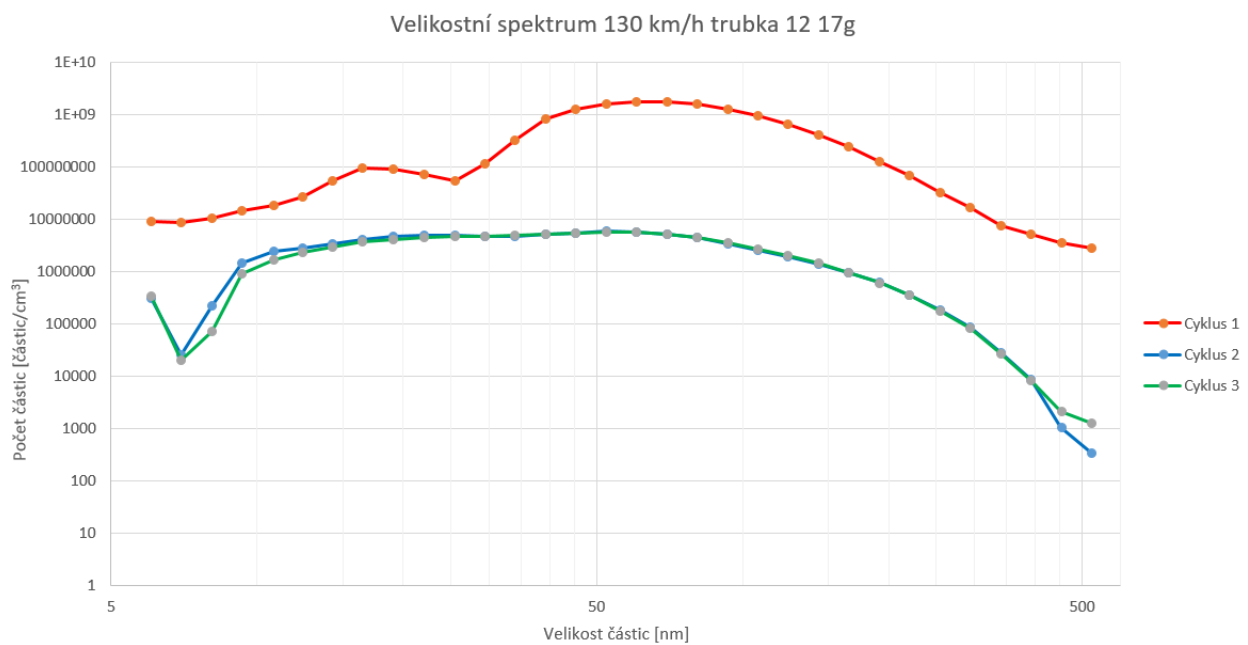
Graf 51: Velikostní spektrum volnoběh trubka 12 17g



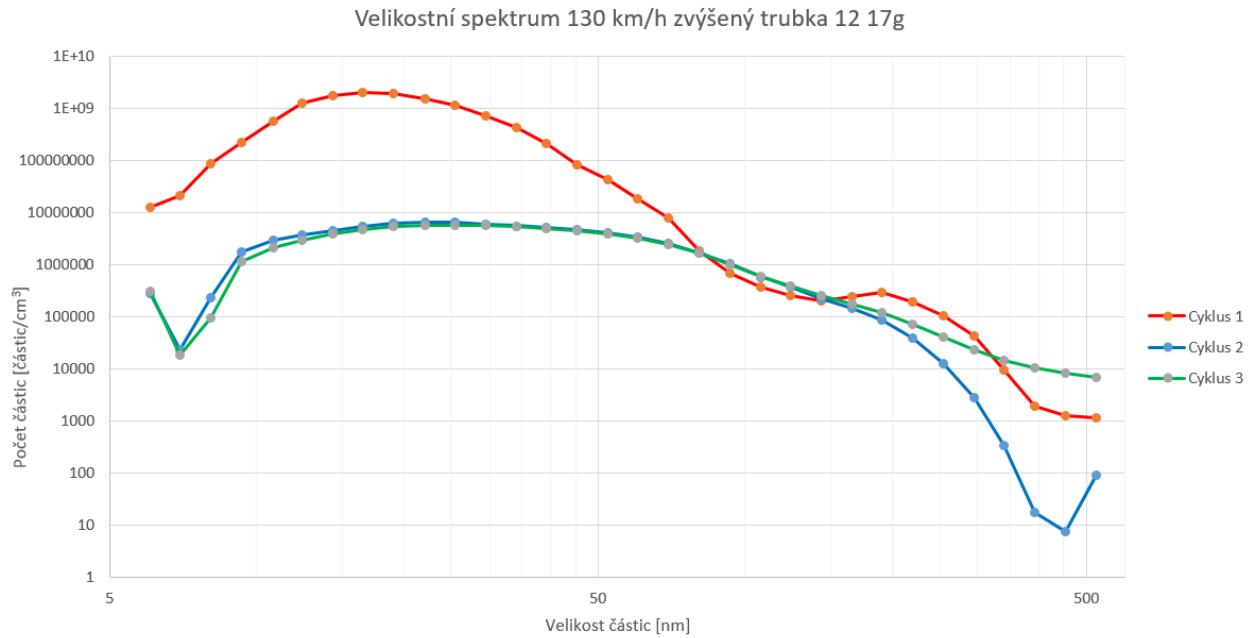
Graf 52: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 12 17g



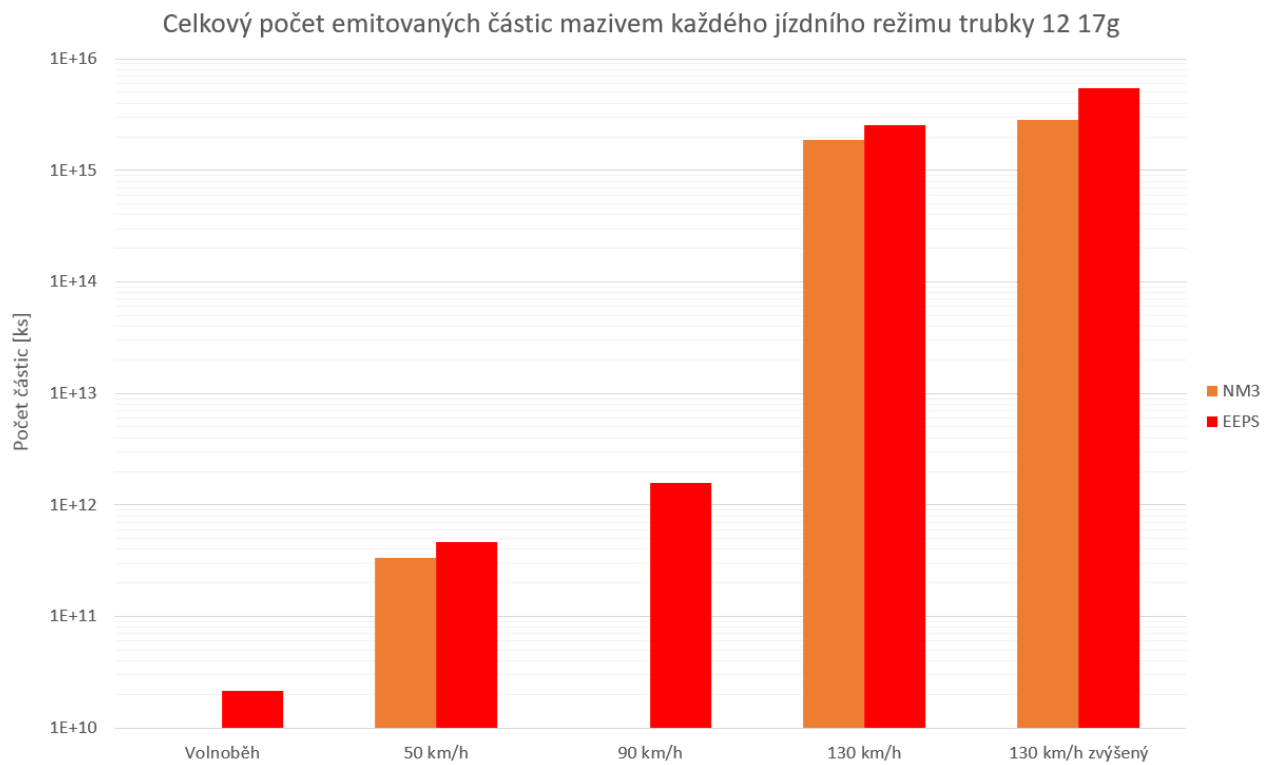
Graf 53: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 12 17g



Graf 54: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 12 17g

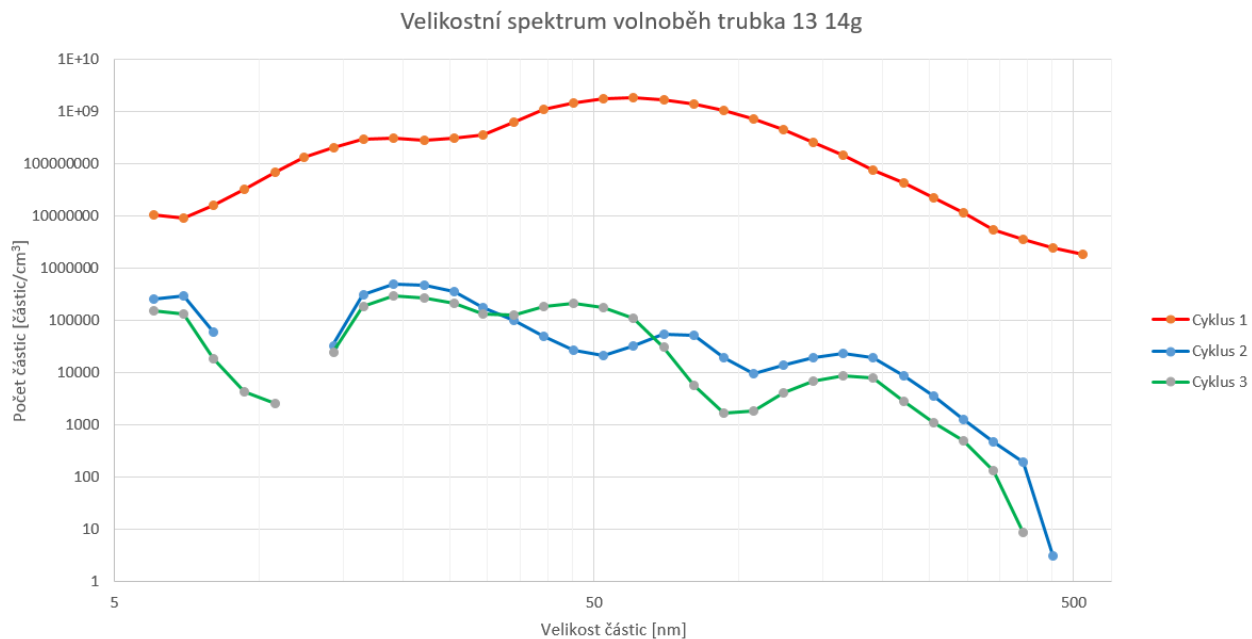


Graf 55: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 12 17g

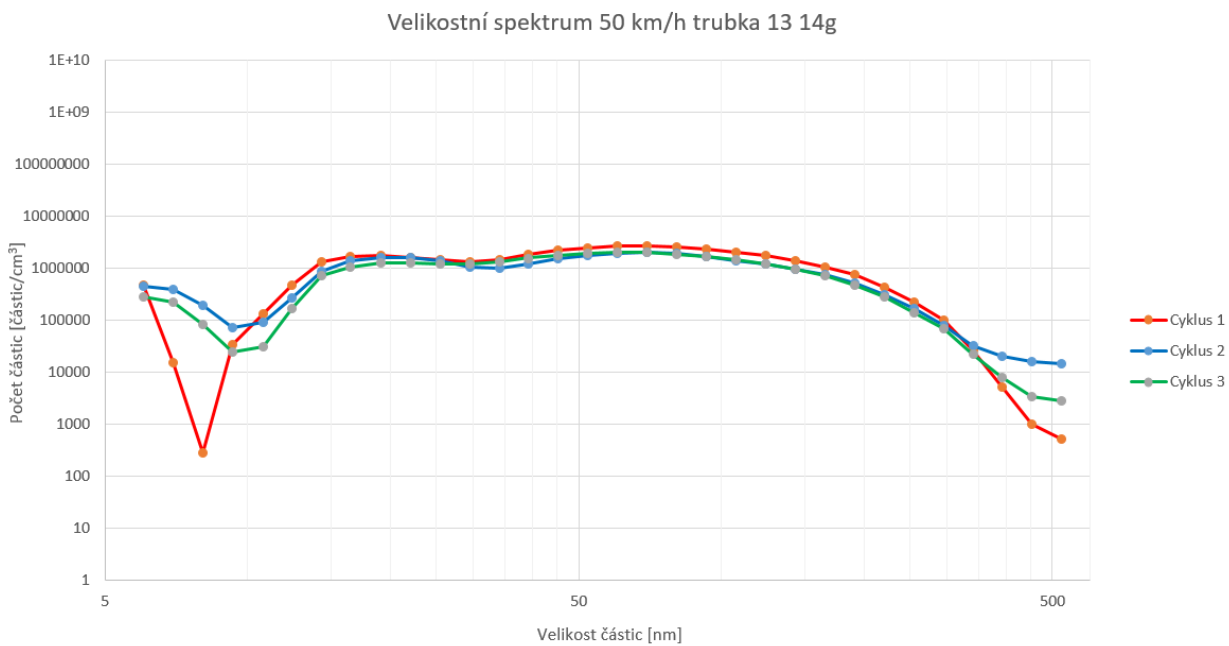


Graf 56: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 12 17g

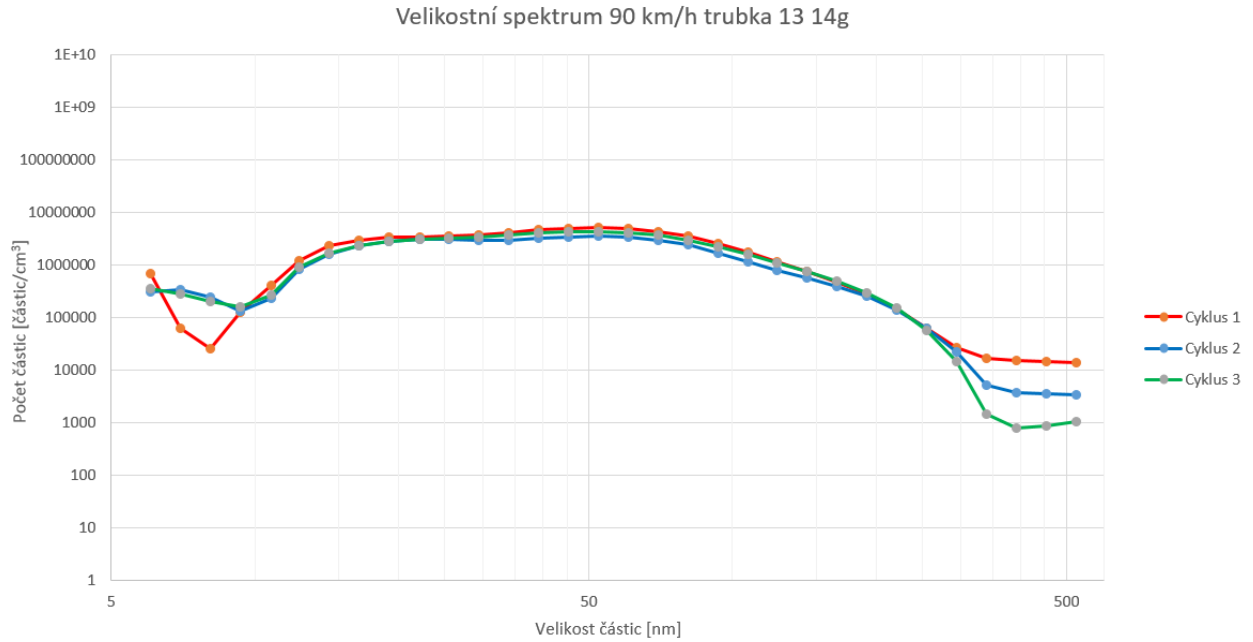
Trubka 13 množství maziva 14 g



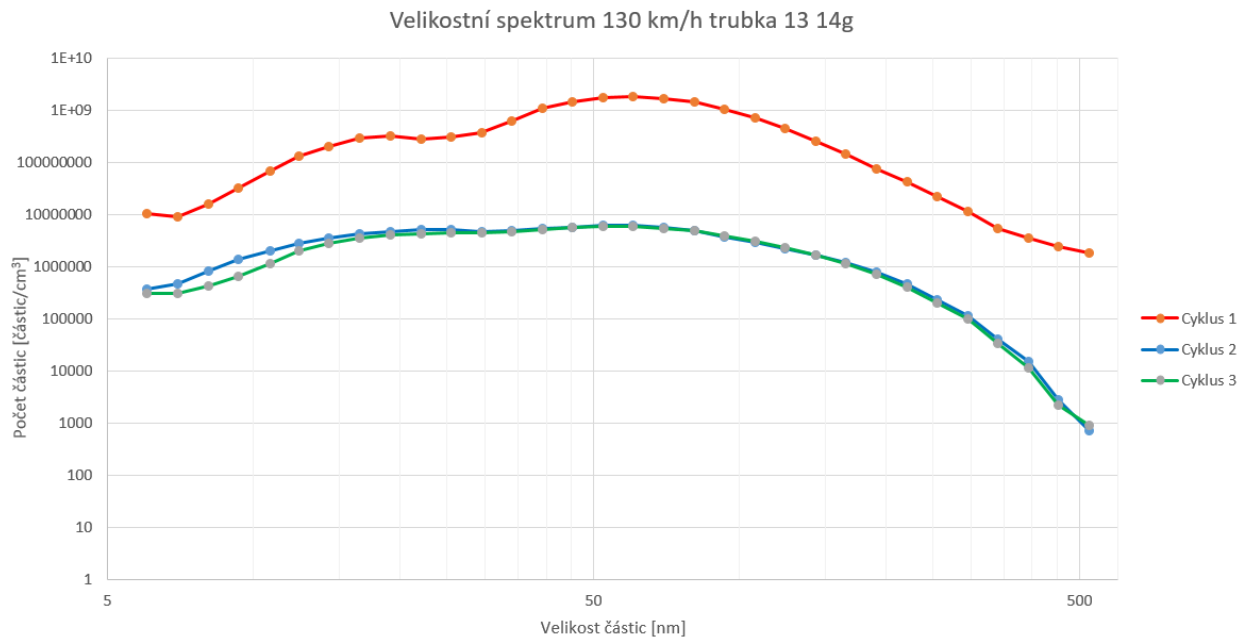
Graf 58: Velikostní spektrum volnoběh trubka 13 14g



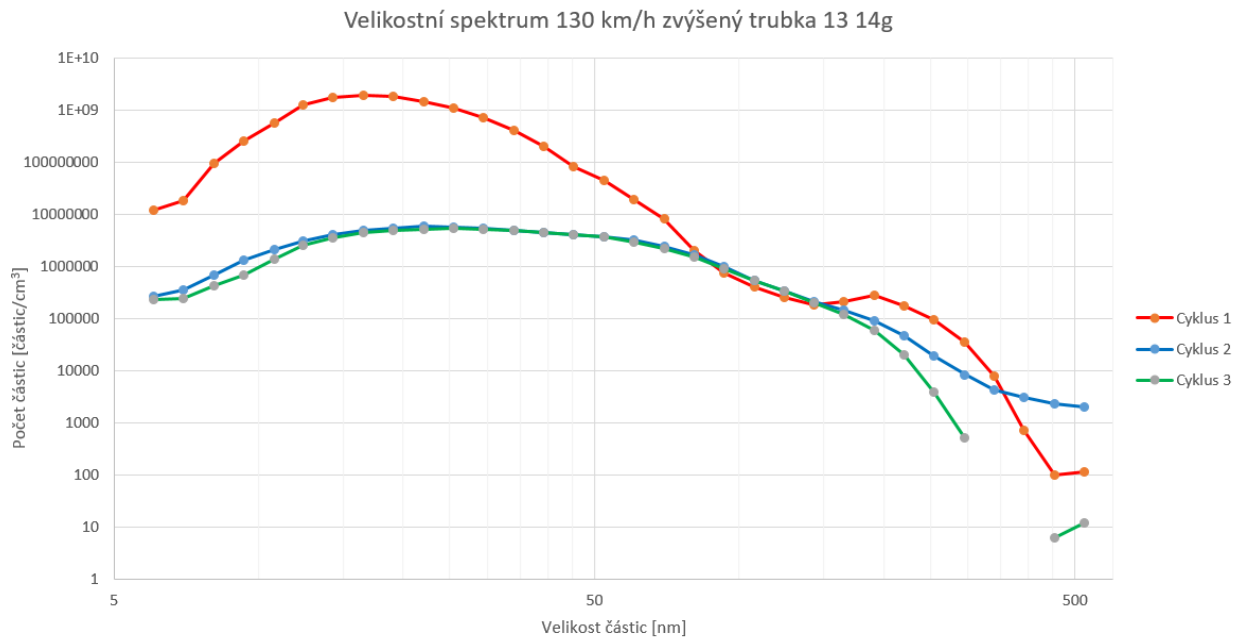
Graf 59: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 13 14g



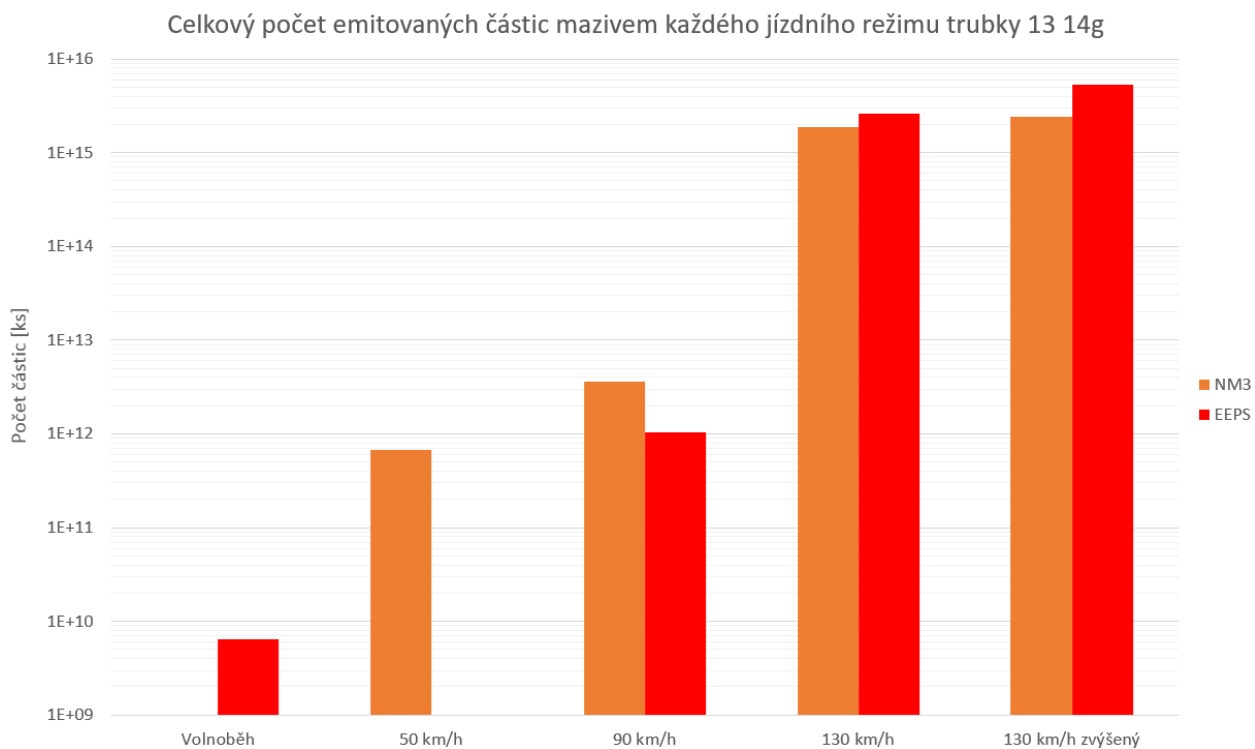
Graf 60: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 13 14g



Graf 61: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 13 14g

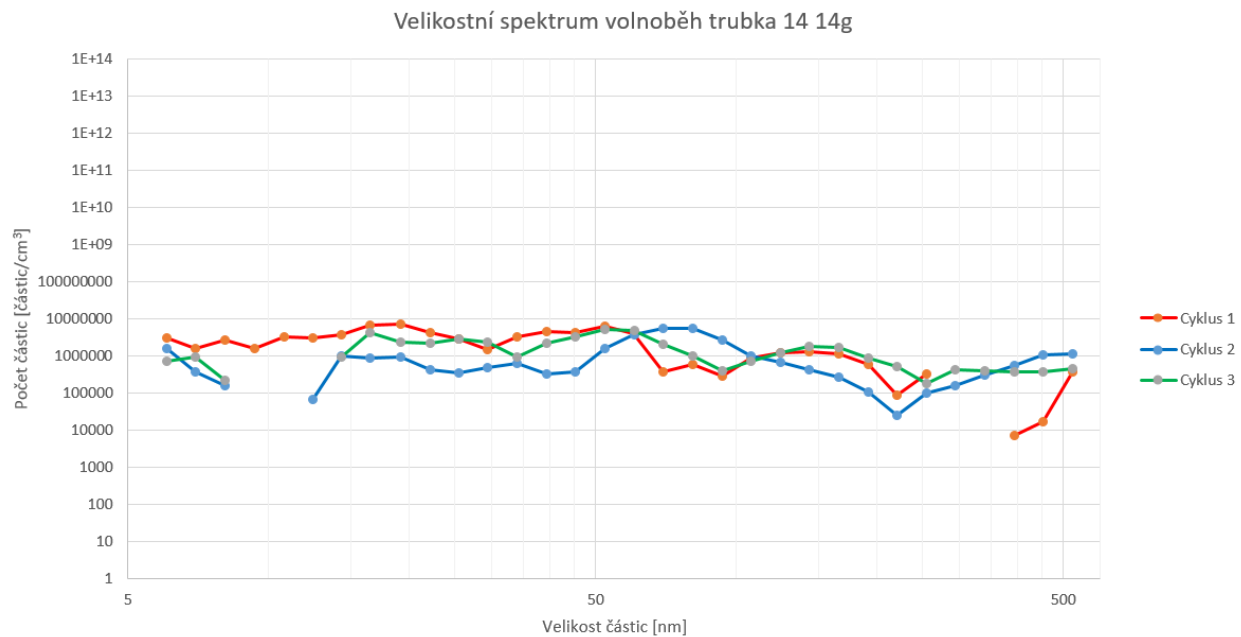


Graf 62: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 13 14g

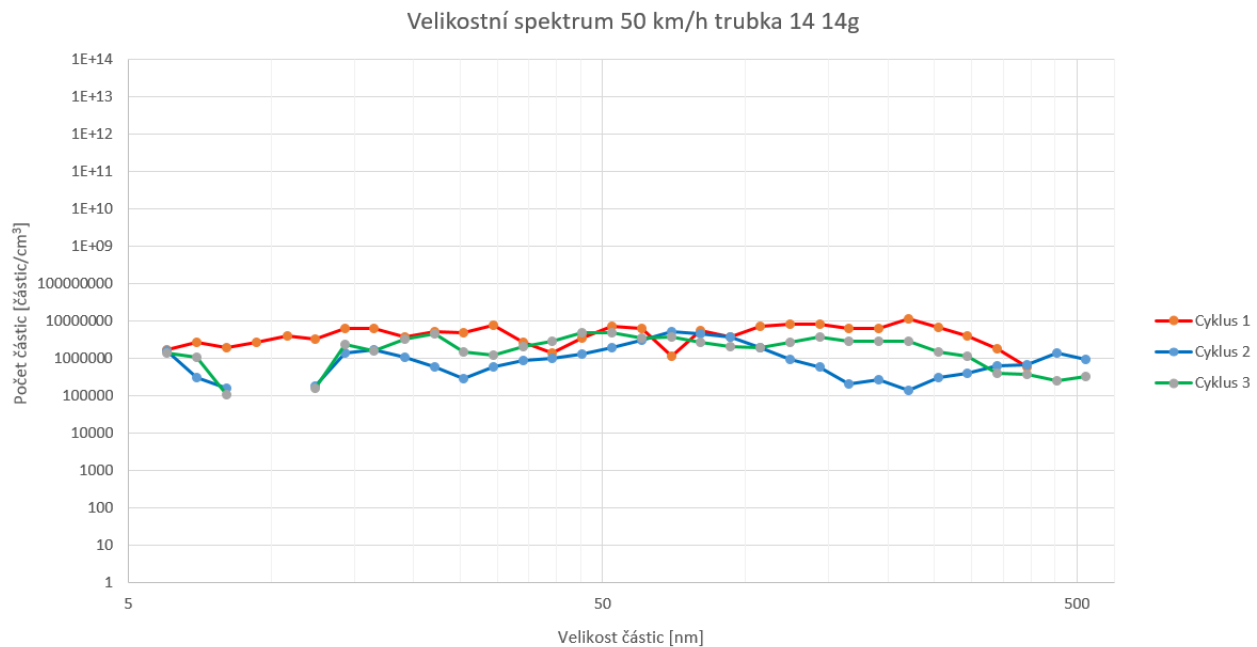


Graf 63: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 13 14g

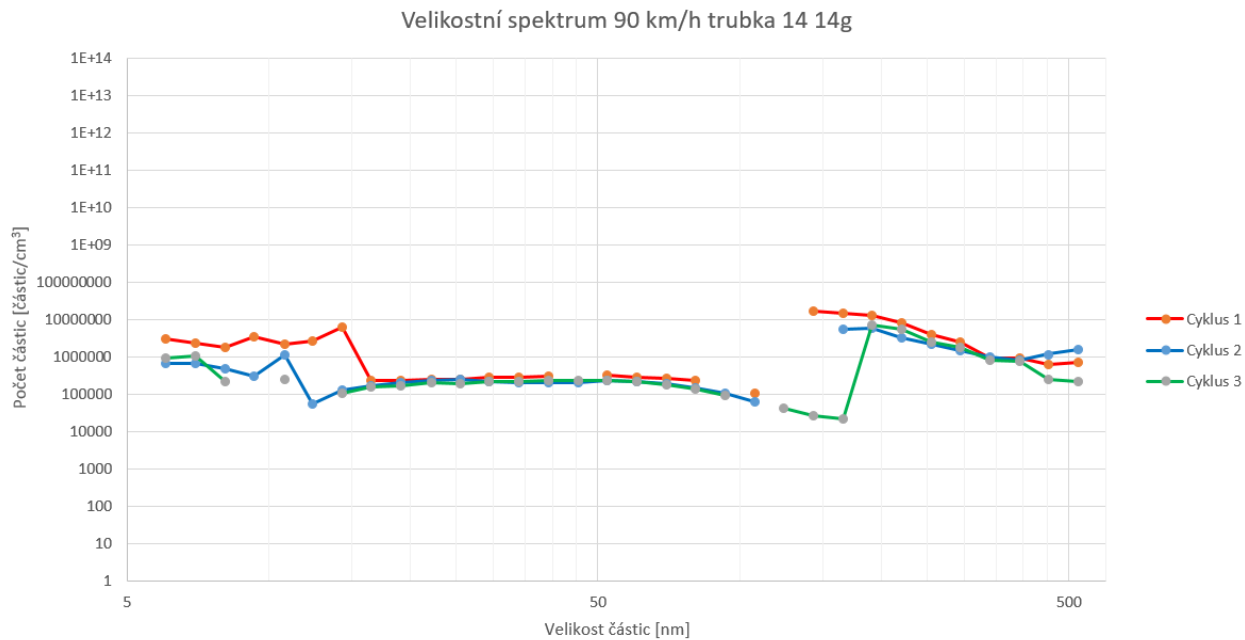
Trubka 14 množství maziva 14 g



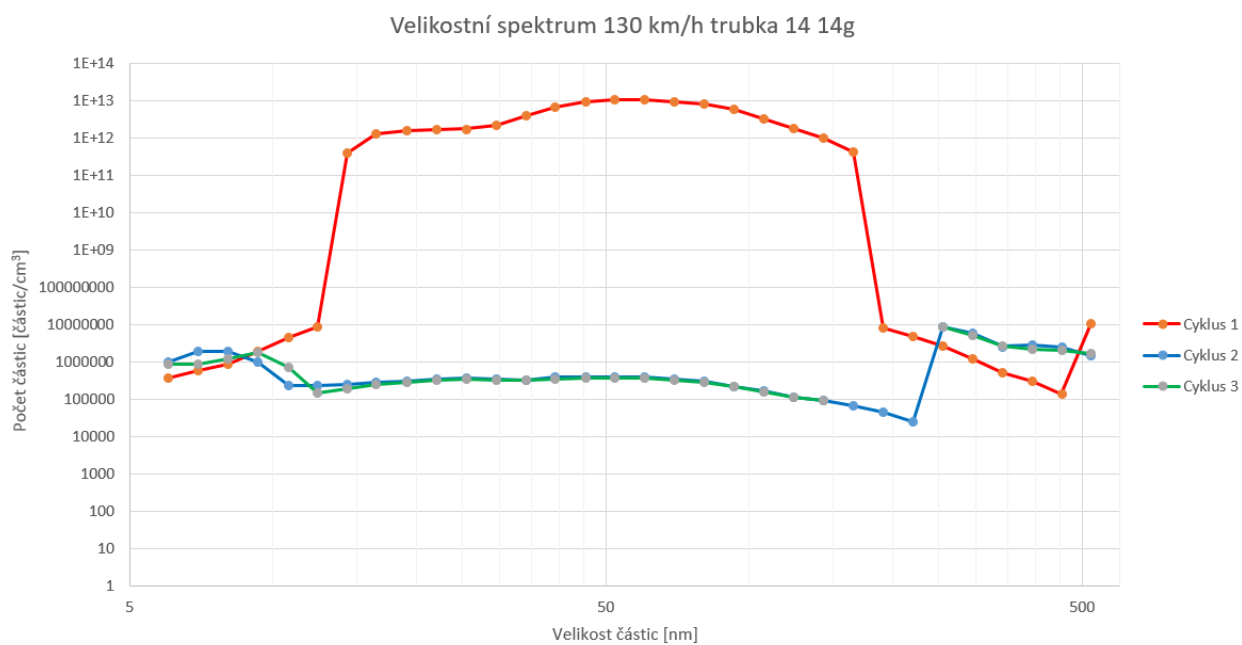
Graf 65: Velikostní spektrum volnoběh trubka 14 14g



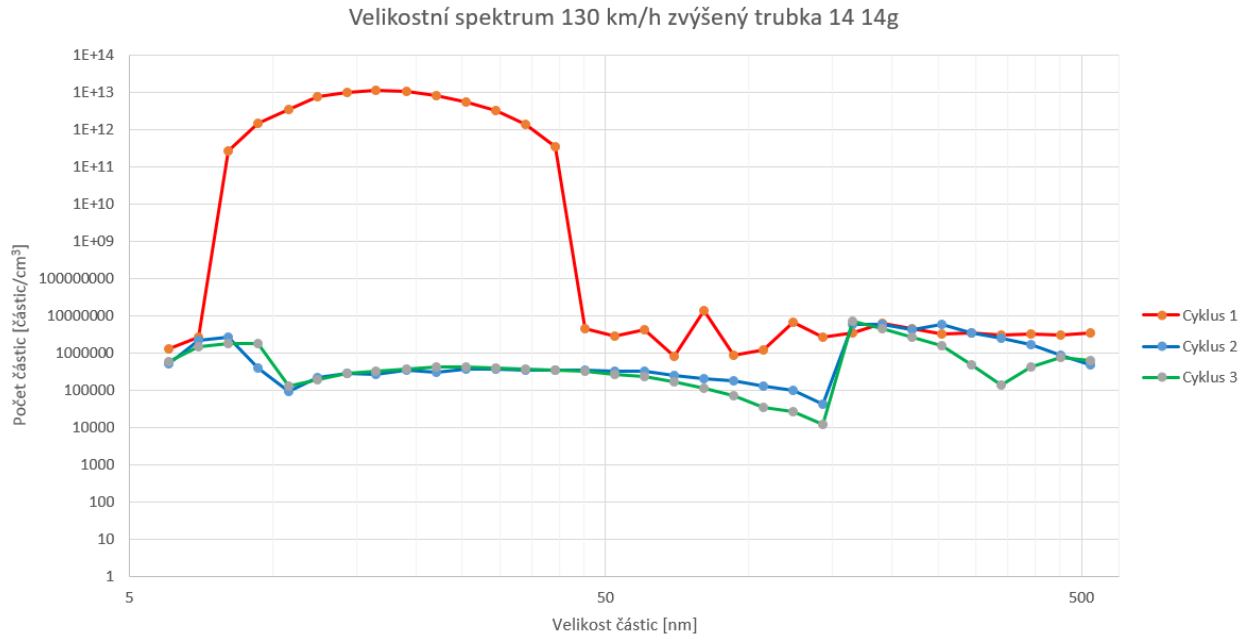
Graf 66: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 14 14g



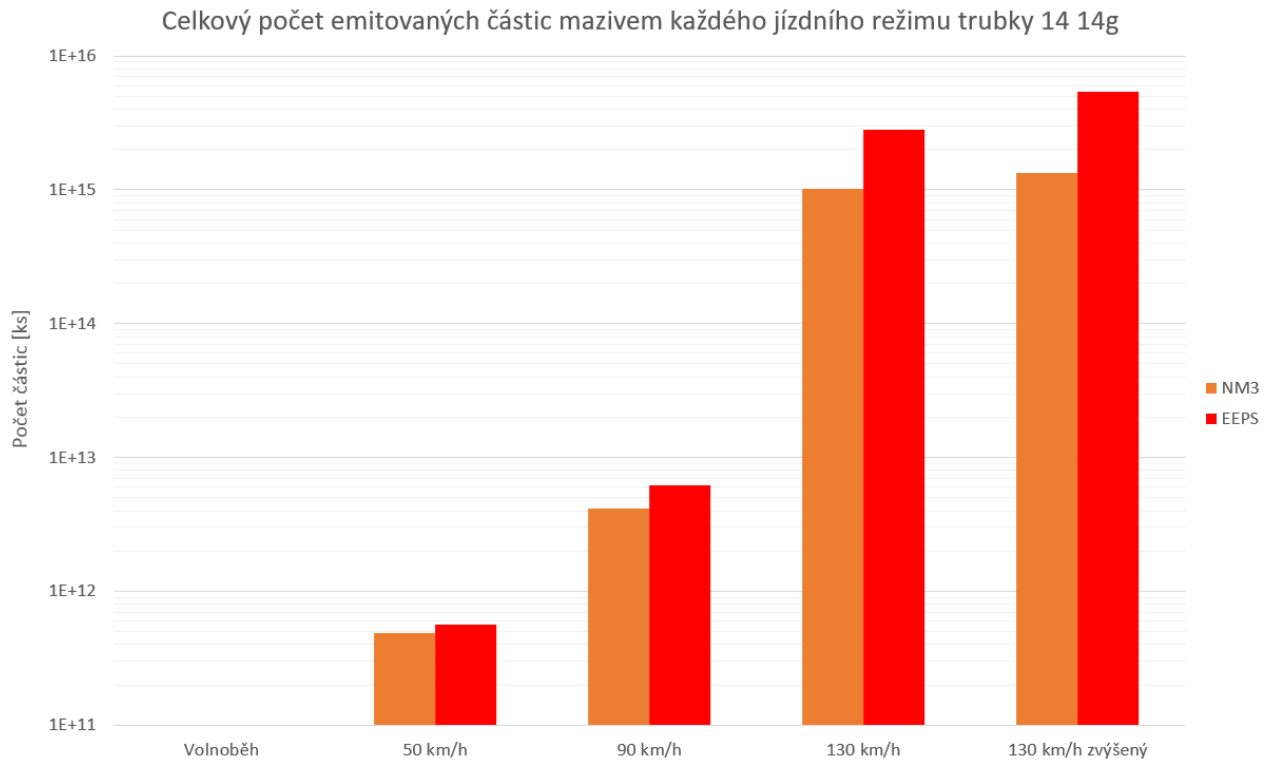
Graf 67: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 14 14g



Graf 68: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 14 14g

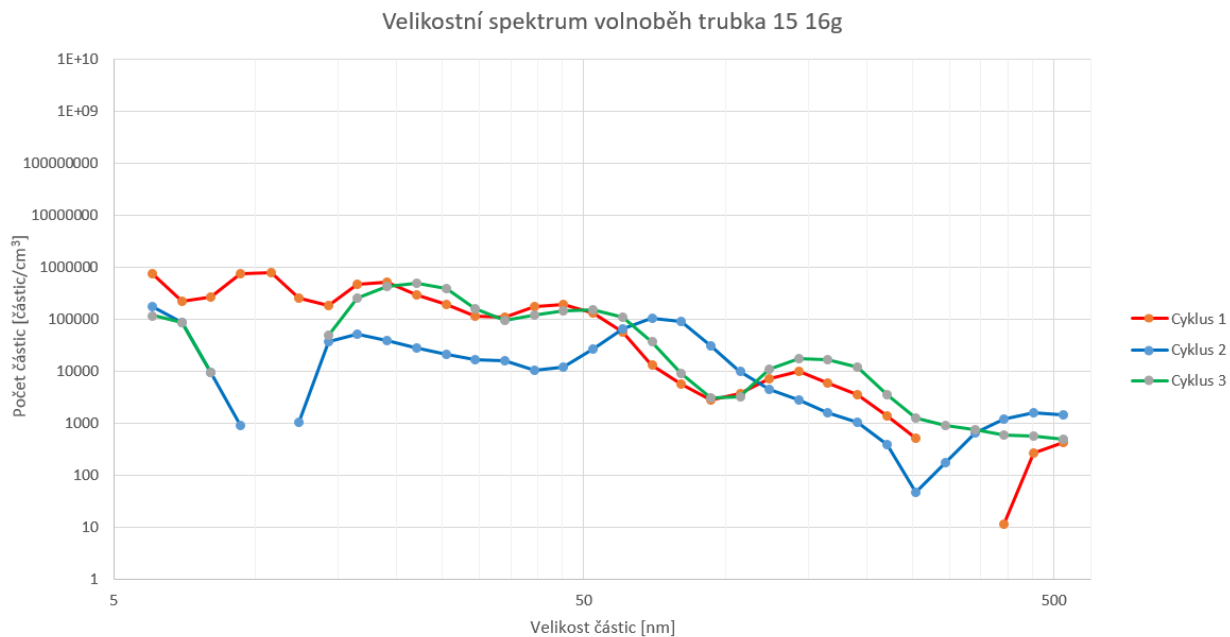


Graf 69: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 14 14g

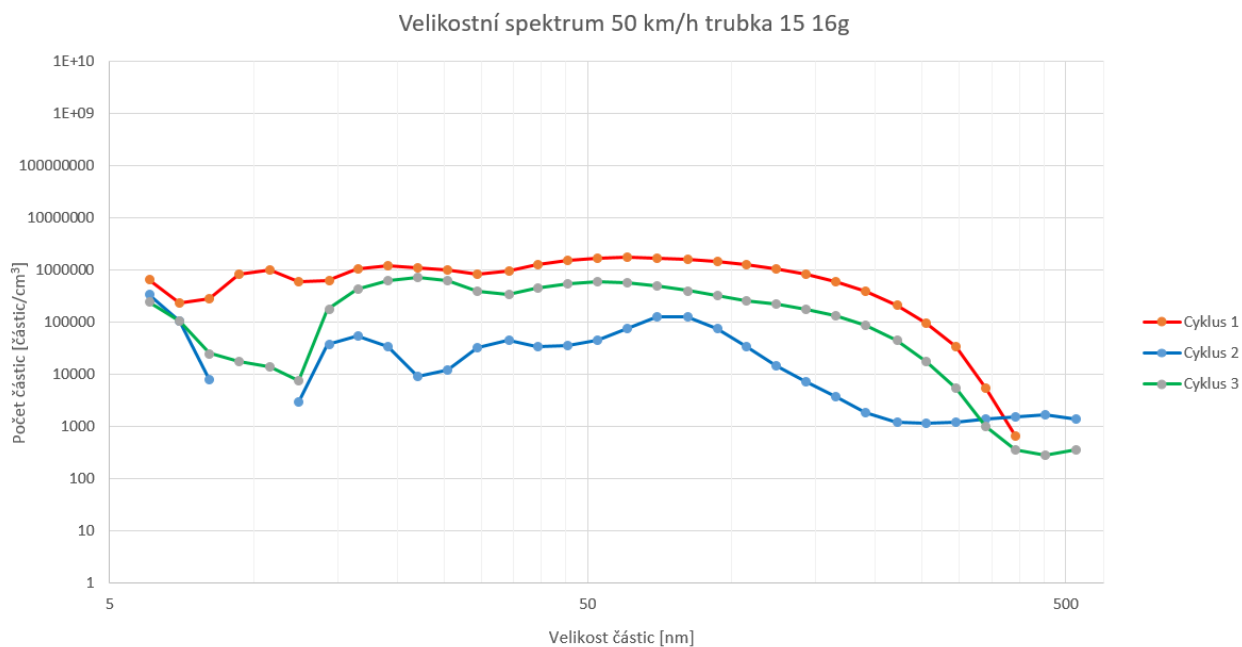


Graf 70: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 14 14g

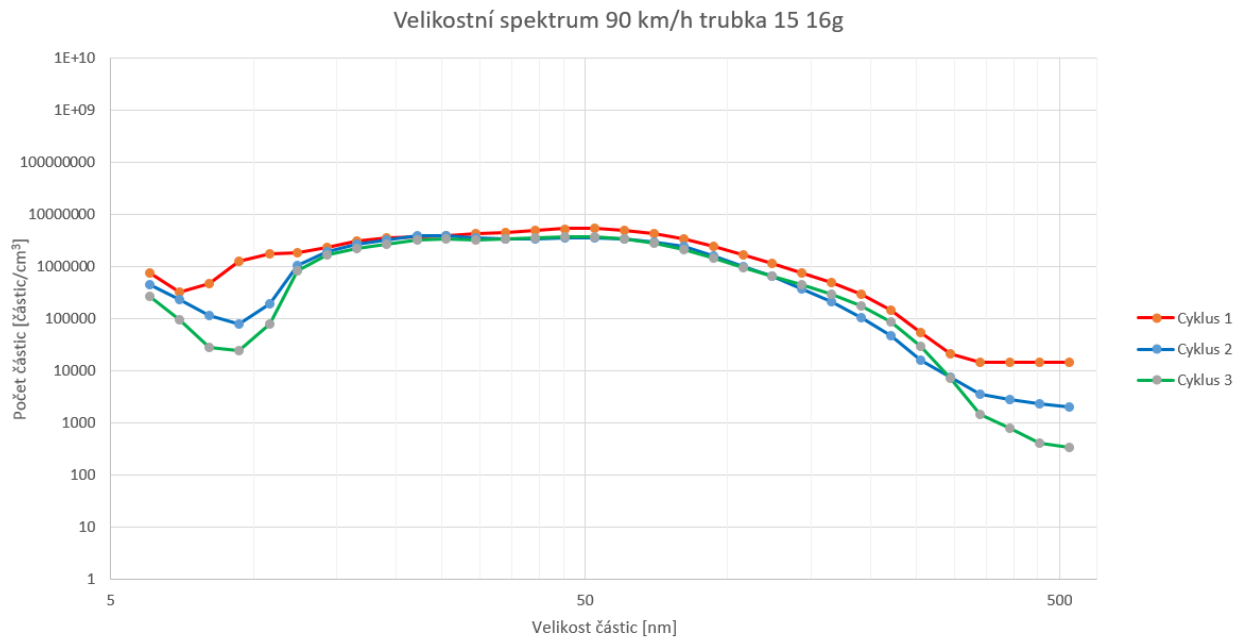
Trubka 15 množství maziva 16 g



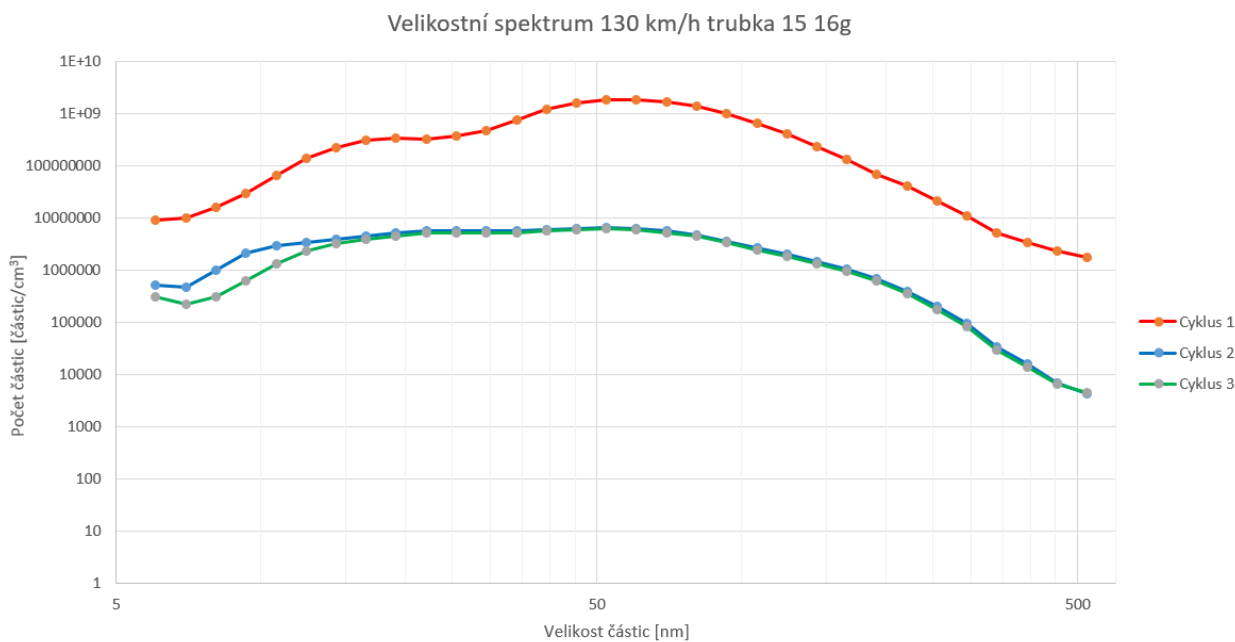
Graf 72: Velikostní spektrum volnoběh trubka 15 16g



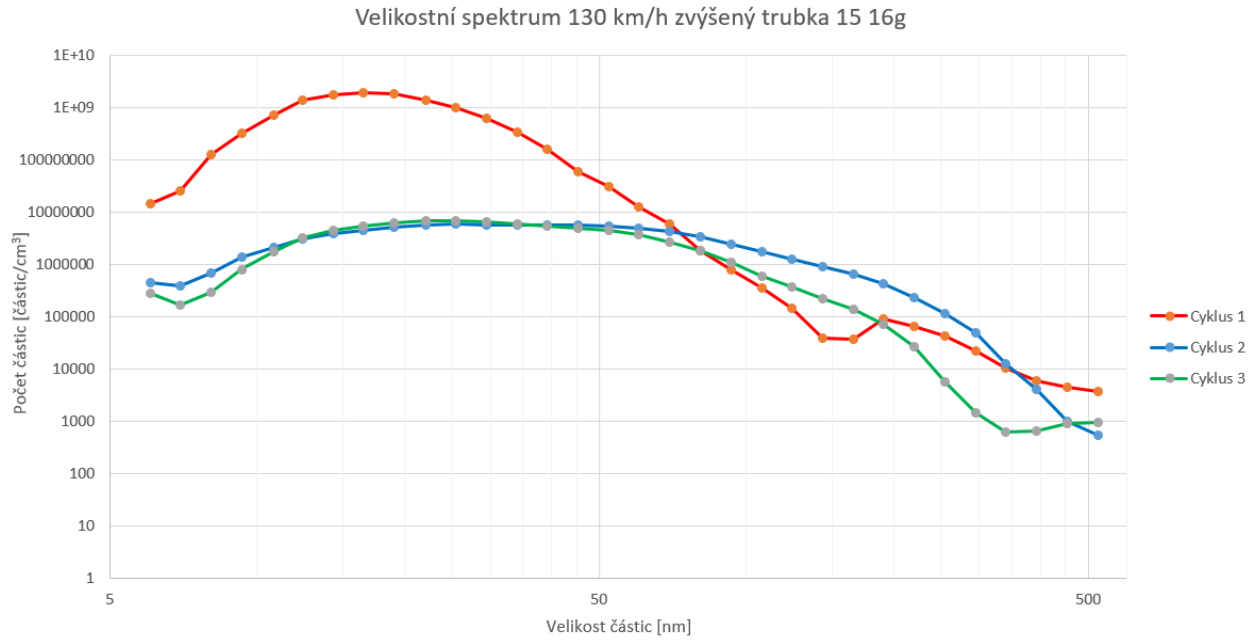
Graf 73: Velikostní spektrum 50 km/h trubka 15 16g



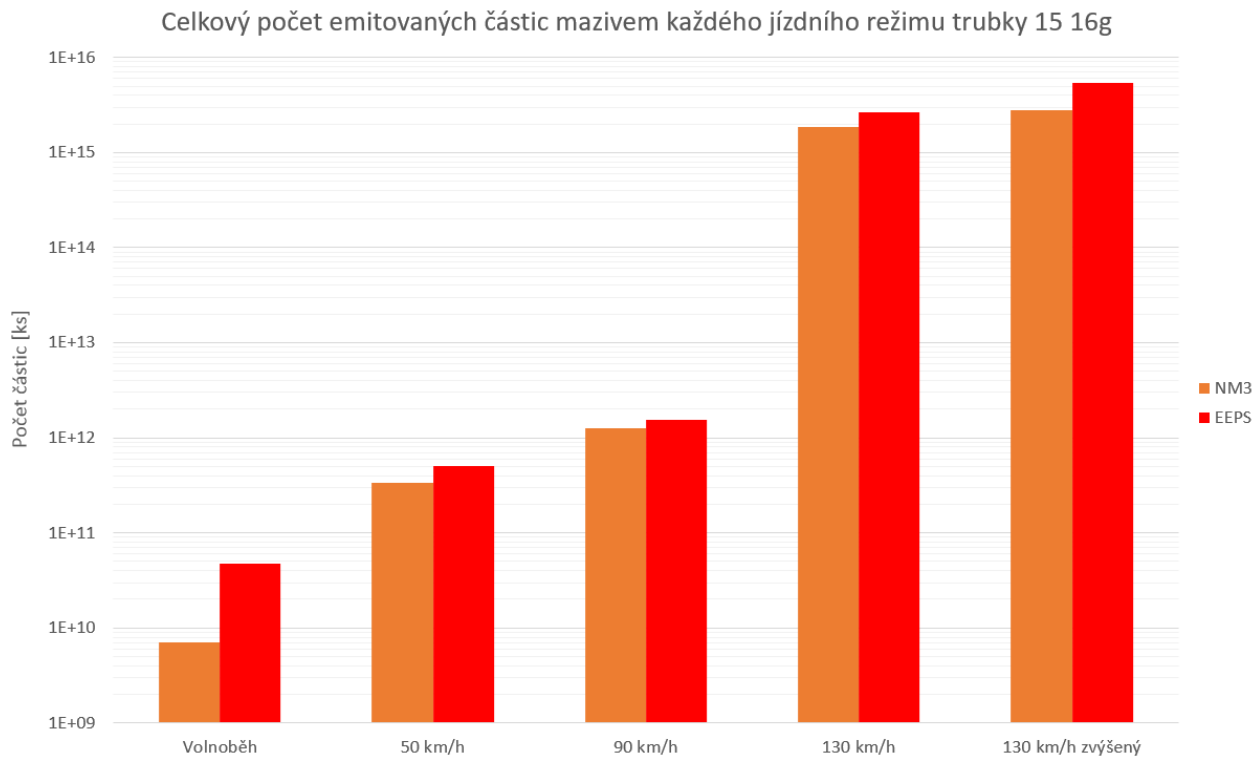
Graf 74: Velikostní spektrum 90 km/h trubka 15 16g



Graf 75: Velikostní spektrum 130 km/h trubka 15 16g



Graf 76: Velikostní spektrum 130 km/h zvýšený trubka 15 16g



Graf 77: Celkový počet vyprodukovaných částic trubky 15 16g