

# Szakdolgozat

**Kakuk Kristóf**  
**Mezőgazdasági és élelmiszeripari**  
**gépészmérnök BSc**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépészmérnök Szak**

**Mezőgazdasági erőgépek emissziós rendszerének hatékony üzemeltetési  
ajánlása**

**Belső konzulens:** Dr. Keresztes Róbert Zsolt  
egyetemi docens

**Külső konzulens:** Nagy Dániel  
after-sales vezető  
KITE Zrt

**Készítette:** **Kakuk Kristóf**  
ZBFPLB  
nappali

**Intézet/Tanszék:** **Műszaki Intézet**

**Gödöllő**

**2024**

**MŰSZAKI INTÉZET MEZŐGAZDASÁGI ÉS ÉLELMISZERIPAI GÉPÉSZ  
MÉRNÖK ALAPSZAK  
Erőgéptechika specializáció**

**SZAKDOLGOZAT**

feladatlap

Kakuk Kristóf (ZBFPLB)

részére

A szakdolgozat címe:

**Mezőgazdasági erőgépek emissziós rendszerének hatékony üzemeltetési ajánlása**

**Feladatkiírás:**

Mezőgazdasági erőgépek emissziós rendszerének hatékonysági vizsgálata. A kipufogógázok utókezelési rendszerének diagnosztikán alapuló állapotfelmérése. A szűrő, szűrő rendszerek és adalékrendszerek hatékonyságának elemzése, optimális üzemeltetési paraméterekhez ajánlások megfogalmazása. Kipufogó rendszerben lévő szűrők tisztítási időintervallumának meghatározása, gyártói előírások figyelembevételével.

**Közreműködő tanszék:** Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok

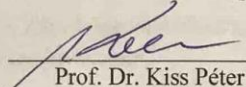
**Külső konzulens:** Nagy Dániel, After-sales vezető, KITE Zrt..

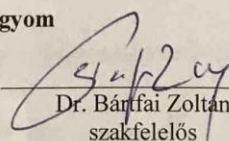
**Belső konzulens:** Dr. Keresztes Róbert Zsolt, Egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet, Anyagtechnikai és Gépipari Folyamatok Tanszék

**Beadási határidő:** 2024. november 5. (kedd) 12.00 óra

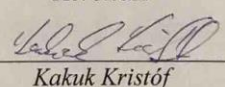
Gödöllő, 2024. június 15.

Jóváhagyom

  
Prof. Dr. Kiss Péter  
tanszékvezető

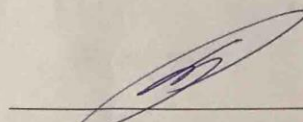
  
Dr. Bártfai Zoltán  
szakfelelős

Átvettem

  
Kakuk Kristóf  
hallgató

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024. 10. hó 28. nap

  
(külső konzulens)

## Tartalomjegyzék

|        |                                               |    |
|--------|-----------------------------------------------|----|
| 1.     | Cégbemutató                                   | 3  |
| 2.     | Szakirodalmi áttekintés                       | 4  |
| 2.1.   | Belső égésű motorok történelmi áttekintése    | 4  |
| 2.2.   | Belső égésű motorok működése                  | 5  |
| 2.3.   | Károsanyag kibocsátást csökkentő berendezések | 8  |
| 2.3.1. | EGR-szelep                                    | 8  |
| 2.3.2. | DOC                                           | 11 |
| 2.3.3. | DPF                                           | 13 |
| 3.     | Tisztítási, mérési folyamatok leírása         | 16 |
| 3.1.   | Tisztítási folyamat                           | 16 |
| 3.1.1. | Regenerálás                                   | 16 |
| 3.1.2. | Kiszoréssal járó tisztítás                    | 17 |
| 3.1.3. | Tisztítási folyamat leírása                   | 20 |
| 4.     | Tisztítási adatok kiértékelése                | 27 |
| 5.     | Üzemeltetési ajánlás                          | 31 |
| 5.1.   | Gépkezelő által való üzemeltetés              | 31 |
| 5.2.   | Motor karbantartás, javítás                   | 32 |
| 5.2.1. | Karbantartás                                  | 32 |
| 5.2.2. | Javítás                                       | 33 |
| 5.3.   | Tisztítási intervallum                        | 35 |
| 6.     | Összefoglalás                                 | 36 |
| 7.     | Summary                                       | 37 |
| 8.     | Köszönetnyilvánítás                           | 38 |
| 9.     | Irodalomjegyzék                               | 39 |
| 10.    | Melléklet                                     | 41 |

## Bevezetés, Célkitűzés

Szakedolgozatom témája a Mezőgazdasági erőgépek emissziós rendszerének hatékony üzemeltetési ajánlása. Ezen téma választásának oka, hogy jelenleg a KITE Zrt. alkalmazásában állók és a Nádudvaron kialakított szakműhelyben foglalkoznak az emissziós rendszer szűrőinek tisztításával. Nem mellesleg ez a téma foglalkoztat engem is és érdekesnek találom. Az újabb munkagépek, melyek kipufogórendszere már különböző károsanyag kibocsátását csökkentő részegységekkel, rendszerekkel vannak felszerelve némileg másfajta üzemeltetést követelnek az erőgépet kezelő munkás részéről. A géppel végzett munka megkezdése előtt fontos a teljes motor egység és a kipufogó rendszer üzemi hőmérsékletének elérése. Rendkívül lényeges, hogy mikor a haszongépjármű jelzi a regenerálási folyamat kezdetét, a motort ne állítsuk le, ezáltal megszakítva a tisztítási folyamatot, mivel ez növelheti az eltömődés mértékét, intenzitását. Mindezek mellett az sem elhanyagolható, hogy a regenerálási folyamat alatt megnövekedett hőmérséklet miatt a tisztítási ciklus végeztével a rendszer hőmérsékletét hűtsük vissza, ne állítsuk le a munkagépet a ciklus befejeztével. Ezek fontosságára is kitérek az elkövetkező oldalakban.

Az emissziós rendszer károsanyag kibocsátó részegységeinek fontosságát és működését a kipufogórendszerben való elhelyezkedését nagy vonalakban bemutatom. A DOC (Diesel Oxidation Catalyst) és DPF (Diesel Particulate Filter) szűrők kiszerezését, tisztítási folyamat leírását képekkel szemléltetem. A szűrők tisztítás előtti és utáni áteresztőképességét mérem, táblázatba foglalom, diagramot készítek belőlük és kiértékelem őket. A kiértékelést követően, üzemóra függvényében javaslatot teszek a tisztítási munkaóra intervallumra.

## 1. Cégbemutató

A KITE Zrt. története 1972 őszén kezdődött, amikor Nádudvaron 9 termelősövetkezet összefogásával megalakult a Kukorica és Iparinövény Termesztési Együttműködés. Az együttműködési szerződést 1973. január 1-jén írták alá, a taggazdaságok célja a legújabb tudományos és technikai eredmények hasznosítása volt, különös figyelmet fordítva a modern gépsorokra, vetőmagokra, műtrágyákra és vegyszerekre.

Az egyesülés eredetileg a kukorica- és cukorrépa-termelés fejlesztésére irányult, de hamarosan az összes kultúrára és a szántóföldi zöldségekre is kiterjesztette tevékenységét. A KITE folyamatosan bővült, és a tagok elsajátították a korszerű termelési technológiák és szervezési módszerek alkalmazását.

1990. január 1-jén a KITE Egyesülés néven újjáalakult, 1992-től pedig KITE Rt. néven működött. 2006. május 23-án a társaság KITE Mezőgazdasági Szolgáltató és Kereskedelmi Zártkörűen Működő Részvénytársaság néven folytatta tevékenységét.

Ma a KITE Zrt. öt régióban, összesen 20 telephelyen üzemeltet alközpontokat, emellett kertészeti telepek is működnek a keleti országrészben, valamint több terménytároló segíti a mezőgazdasági munkát országszerte.

2017 júliusában kezdődött a beruházás Nádudvaron, ahol fél év alatt felépült a Logisztikai Központ mellett egy Speciális Szakműhely. A célunk a KITE mobil szakszervizének kiegészítése, komplex műszaki ellátást nyújtva partnereinknek, akik tőlünk vásárolták gépeiket. A műhely tevékenységei közé tartozik a motorok, erőátviteli, hidraulikai, hidrosztatika- és üzemanyag-ellátó rendszerek felújítása.

2018-ban motorfelújítással és füstgázszűrők tisztításával indult a tevékenység, 2019-től pedig az üzemanyag-rendszer elemek javítása is megkezdődött, különösen a Common Rail rendszerek esetében. ([http1](#)), ([http2](#)) ([http3](#)).

## 2. Szakirodalmi áttekintés

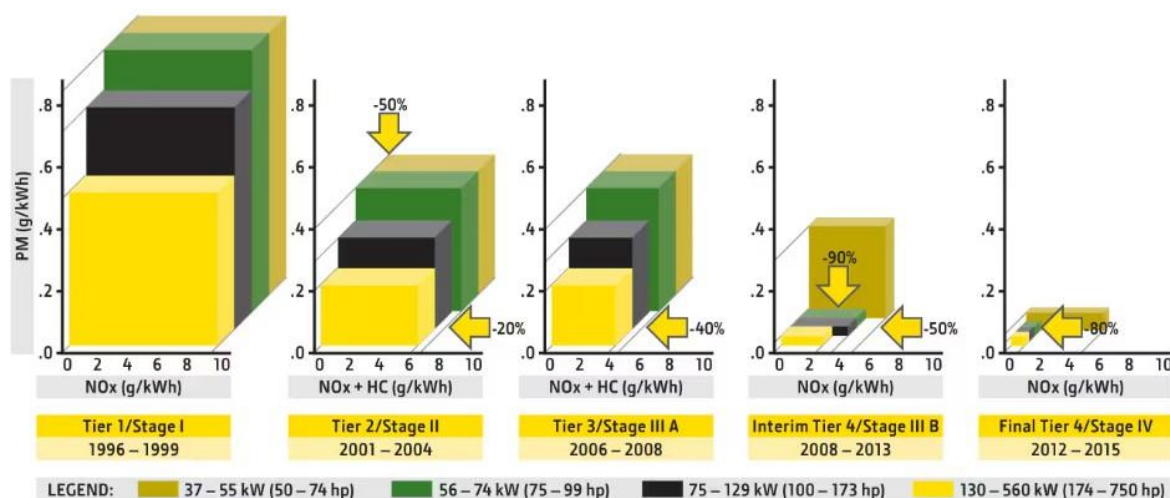
### 2.1. Belső égésű motorok történelmi áttekintése

A napjainkban használt motorok már egy kifinomult, pontos szerkezetek, melyek egy bizonyos Nikolaus August Otto nevéhez fűződnek. Ő volt az, aki 1876-ban feltalálta a belső égésű motort, melyet Otto-motornak nevezünk, hétköznapi nyelvezetben benzinmotorként is emlegetünk. A jó hatásfoknak, a csendes működésnek és a megbízhatóságnak köszönhetően beépült a köztudatba és ma már a történelem részévé vált Nikolaus August Otto neve. A szabadalom megkerülésének érdekében a tudósok és feltalálók másfajta üzemanyag felhasználásával próbáltak újat alkotni, melyet 1893-ban Rudolf Diesel valósította meg. Ennek a motornak a sajátossága abban rejlett, hogy a tüzelőanyag begyújtásához, ezzel a motor működéséhez nem volt szükség szikra képzésre. Ez a folyamat öngyulladás révén valósult meg. Ekkor jött létre a Dízel motor, a mai haszon-, és személygépjárművekben is használt erőforrás. (http4)

1992-ben megjelent az Euro 1-es károsanyag kibocsátást szabályzó rendelet, mely a CO, HC + NO<sub>x</sub>, illetve a PM (korom részecske) kibocsátásra vonatkozott. Későbbiekben meghozták az Euro 2-es határozatot, és a folyamatos szabályozások következtében eljutottunk az Euro 6-os rendeletig, melyet a ma újonnan gyártott motoroknak, ebben a szabványban meghatározott károsanyag kibocsátás alatt kell tartaniuk (1.táblázat). Ezen a határértékek átlépésének megakadályozása érdekében létrejöttek a különböző, emissziós rendszerben elhelyezkedő egységek, tisztító berendezések, szűrők. (http5) (http6)

| Szint   | Dátum            | CO             | NO <sub>x</sub> | HC+NO <sub>x</sub> | PM          | PM [# /km]           |
|---------|------------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------|
| Dízel   |                  |                |                 |                    |             |                      |
| Euro 1  | 1992. július     | 2.72<br>(3.16) | -               | 0.97 (1.13)        | 0.14 (0.18) | -                    |
| Euro 2  | 1996. január     | 1.0            | -               | 0.7                | 0.08        | -                    |
| Euro 3  | 2000. január     | 0.66           | 0.5             | 0.56               | 0.05        | -                    |
| Euro 4  | 2005. január     | 0.5            | 0.25            | 0.3                | 0.025       | -                    |
| Euro 5a | 2009. szeptember | 0.5            | 0.18            | 0.23               | 0.005       | -                    |
| Euro 5b | 2011. szeptember | 0.5            | 0.18            | 0.23               | 0.0045      | 6 × 10 <sup>11</sup> |
| Euro 6  | 2014. szeptember | 0.5            | 0.08            | 0.17               | 0.0045      | 6 × 10 <sup>11</sup> |

1. táblázat Dízel üzemű belső égésű motor Euro szabványa (http6 alapján)

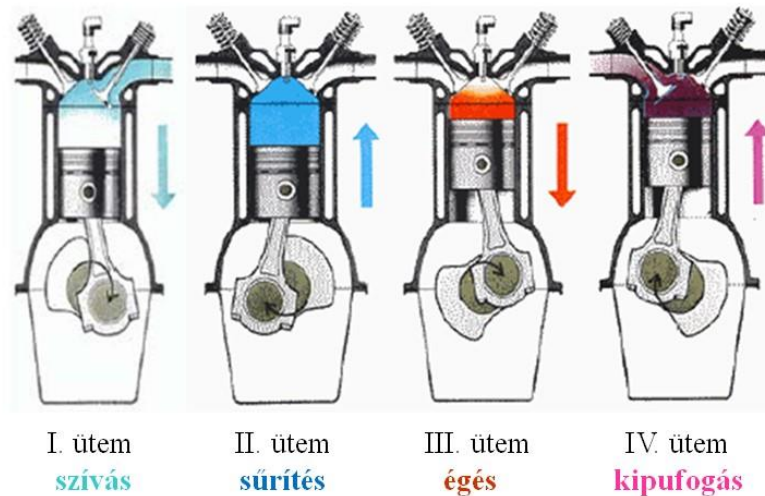


2.táblázat John Deere által gyártott motor károsanyag kibocsátási szabvány szerinti megnevezései (http7)

## 2.2. Belső égésű motorok működése

A belső égésű motorok működése, a hajtóanyagok kémiai oxidációján alapuló égési folyamat, melynek során a hőenergiát egy egybefüggő rendszer forgási energiává alakítja át. Az energiaátalakításban szerepet foglalt alkatrészek, részegységek gondosan megtervezett alakúak, hogy a nagy fizikai terheléssel és hővel szemben ellenállóak legyenek.

A belső égésű motorokban a kémiai oxidációs folyamat az égéstérben megy végbe, ahol a teret felülről a hengerfej, oldalról a henger fala, illetve alulról a dugattyú és dugattyú gyűrűk határolják. A motor működése négy ütemre bontható, ezek a szívás, sűrítés, expandálás vagy terjeszkedés és a kipufogás. A szívó ütemben a szívó szelep nyitott állapotban van és a dugattyú az fhp (felső holtpont) irányából az ahp (alsó holtpont) irányába mozdul és a motor friss levegőt juttat az égéstérbe. A második ütem a sűrítés, ilyenkor a mind a szívó, mind a kipufogó szelep zárt állapotban van és a dugattyú az ahp felől a fhp irányába mozdulva sűríti, ezáltal felmelegíti a levegőt. A felső holtpont előtt, az előre meghatározott főtengely állásnál megtörténik a befecskendezés. Ezt követően végbemegy az égés és következik az expanziós ütem, a terjeszkedés, a szelepek ebben az esetben is zárt állapotban tartózkodnak. Ekkor a felhevült gázok kitágulnak és elindítják a dugattyú mozgását az ahp felé, ezt az ütemet nevezzük munkaütemnek, mert ez az egyetlen, mikor munkát nyerünk az üzemanyag égetése során. Az utolsó fázis a kipufogás, mikor is nyit a kipufogó szelep és a dugattyú az elégett gázt kitolja az égéstérből, ezzel végbement a teljes ciklus. Ezt a folyamatot a következő (1.ábra) szemlélteti.



1.ábra: Négyütemű dízelmotor működési ciklusa (http8)

A belső égésű motorokat csoportosíthatjuk keverékképzés módja szerint:

- Külső keverékképzésű, Otto motorok többsége ezzel a keverékképzéssel működik, ma már lehetnek belső keverékképzésűek is.
- Belső keverékképzésű, ez a dízel motoroknál alkalmazzák

Nagy különbség az Otto és a Dízel motorok között a gyújtásban kereshető. Míg a benzinmotorok szikra gyújtásúak, a fhp előtt a tüzelőanyag-levegő keverék gyújtását gyújtógyertya szabályozza, míg ezzel szemben a dízelmotorok kompresszió gyújtásúak, és az üzemanyag befecskendezési ideje határozza meg az égés kezdetét. A kompresszió gyújtást a gázolaj kompresszió túrése teszi lehetővé. A két motor típus közötti különbség az alkalmazott tüzelőanyag oktánszámából adódóan keletkezik, mely az adott üzemanyag kompressziótűrését határozza meg. Ebből adódóan a motor kompresszió viszonya sem lesz egyenlő, míg az Otto motor kompresszió viszonya 8-12 között van, addig a dízel üzemű motoroknál 16-22 közötti értéket lehet elérni. Melynek számítása a következőképpen lehetséges:

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| $V_h = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot s \cdot 4 \text{ [m}^3\text{]}$ | (1) |
|----------------------------------------------------------------------|-----|

ahol:

- $V_h$ : lökettérfogat
- $D$ : furatátmérő [m]
- $s$ : löket [m]

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| $V_c = V_H - V_h [m^3]$ | (2) |
|-------------------------|-----|

ahol:

- $V_c$ : sűrítési térfogat
- $V_H$ : hengertérfogat [ $m^3$ ]

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| $\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c} = \frac{V_H}{V_c}$ | (3) |
|---------------------------------------------------------|-----|

ahol:

- $\varepsilon$ : kompresszió viszony [-]

A dízelmotor üzeméhez szükséges öngyulladás folyamat létrejöttét, a hengertérbe beszívott friss levegő sűrítése következtében megnövekedett hőmérsékletű közegbe befecskendezett tüzelőanyag végzi, mert a gázolaj gyulladáspontja alacsonyabb, mint az égéstérben létrejött hőmérséklet. A nagyobb sűrítési arány, nagyobb csúcsnyomást eredményez, így nyomatékosabb lesz, mint a benzin befecskendezésű motor. Ez a nyomatékoság az oka, hogy a mezőgazdaságban a gázolajjal működő motorok terjedtek el, nem pedig az Otto elven működő.

A haszongépjárművek üzemi körülményei nagy mértékben eltérnek a személygépjárművekkel szemben. A személygépjárművek motorja nagyobb fordulatszámra képesek, de ebben a magas fordulatszámban kevés ideig üzemeltethető, addig ezzel ellentétben a mezőgazdasági járművek maximális motorfordulat száma alacsonyabb, viszont ebben a felső tartományban tartósan üzemeltethetők meghibásodás nélkül. A földunkák nagy teljesítményt igényelnek, így a motorok maximális teljesítmények is ebben a fordulatszám tartományban van meghatározva. (http9), (http10), (Dr. Fülöp, 1990), (Bukovinszky 2008), (http11)

## **2.3. Károsanyag kibocsátást csökkentő berendezések**

### **2.3.1. EGR-szelep**

Az EGR rövidítés az angol Exhaust Gas Recirculation szóból ered, mely kifejezésnek a magyarul kipufogógáz visszavezetőnek fordíthatunk.

Feladata, hogy a motor üzemeltetése közben, az égés során keletkező kipufogógázt egy elektromosan vezérelt szelep visszavezesse a szívó csomákba, ezáltal újra bejuttatva az emissziós gáz egy részét hengerbe. Ennek hatására csökken az égési hőmérséklet, így csökkentve az NO<sub>x</sub> képződést. A visszavezetett gáz mennyisége függ a pillanatnyi üzemállapottól. Alapjáraton a szelep teljes mértékben nyitva van, ez a keletkezett kipufogógáz mennyiségnek maximum a 20%-át jelentheti. Teljesítmény szükséglet esetén a szelep akár teljesen bezárt állapotban is lehet.

Elhelyezkedése a leömlő csomák után található, ahonnan a távozó kipufogógázt a szívócsomákba juttatja tovább. Mivel az elégetett gáz hőmérséklete igen magas, kiemelten fontos a hűtése, melyet EGR-hűtő (EGR-cooler) segítségével valósítunk meg. Ez a hűtési folyamat nagyon fontos, mert minden gázra jellemző, hogy a hőmérséklet növekedése következtében tágulnak, sűrűségük csökken. A hűtés hatására azonos nyomáson a nagyobb koncentráció miatt több kipufogógáz vezethető az égéstérbe. Az EGR-hűtőt a kipufogócsomák után, az EGR-szelep előtt helyezzük el.

A hűtőn két bemenő és két kimenő csomák található, ebből az egyik bemenő és egyik kimenő csomák a gáz útját vezeti, a másik ki és belépő nyílás a hűtő folyadék áramlási útja. A hűtő berendezés egy hőcserélő, melyben hűtő bordák találhatók, ahol a hőmérséklet csökkentésére szolgáló folyadék folyik keresztül (2.ábra). Ezek a bordák lemezből kialakított, sűrűn egymás mellett elhelyezkedőek a nagy felület elérése érdekében, így a hőátadási hatékonyságát növelik.



2 ábra: Elszennyeződött, átszakadt EGR hűtő (saját forrás)

Előnye, hogy csökken az  $\text{NO}_x$  képződés és csendesebb, simább működést biztosít a motornak.

Meghibásodás lehetséges verziói lehetnek a kormolódásából adódó pillangó szelet megszorulása (3.ábra), (4.ábra), amely hosszú távon annyira jelentős mértékű is lehet, hogy az elektromos mozgató motor, nem tud akkora forgató nyomatékot kifejteni, hogy vezérelje a szelet helyzetét, megszorul. Ilyenkor a szívócsonkba visszavezetett kipufogógáz mértéke állandó, így nem tud az üzemállapothoz mérten változni a tömegáram, mely ezáltal befolyásolja a motor üzemi jellemzőit. Ha a szelepünk teljesen nyitott állapotban szorul meg, az nagy mértékű teljesítmény csökkenést is előidézhet, mert a motor nem kap elegendő tiszta levegőt és a többlet üzemanyagot nem tudja megfelelő tisztasággal elégetni, mely egy körfolyamatot eredményez, mivel az elégetlen üzemanyag könnyebben lerakódik, így a kokszolódás mértéke folyamatosan nő. Ebben az esetben a hűtő gázterébe is létrejön a koks lerakódás. A szűk járatokban ez az elzáródás csökkenti a hűtés hatásfokát és nyomásnövekedést is okoz, melynek hatására a hűtőbordák képesek elrepedni. A repedés hatására a hűtőfolyadék és a kipufogógáz érintkezik egymással, így szennyeződik a folyadék és a gáz is, melynek további hatásai lehetnek az emissziós rendszer többi szűrő, tisztító berendezéseire.



3. ábra: Elkormolódott EGR-pillangószelep (saját forrás)



4. ábra: Elkormolódott EGR-szelep (saját forrás)

Másik hibalehetőség az elektromos hiba. A motorhoz való közel elhelyezkedés és a rajta keresztül átáramló nagy hőmérsékletű gázok hatására az elektronikai vezérlő is képes a meghibásodásra. Lehetséges még elektromos vezetékhiba is, mely hatására szintén nem üzemel az állítómotor.

Meghibásodás jelei lehetnek:

- hidegindítási problémák
- motor teljesítmény leszállás
- rángatás bizonyos motorfordulaton és terhelésnél
- motorfüstölés

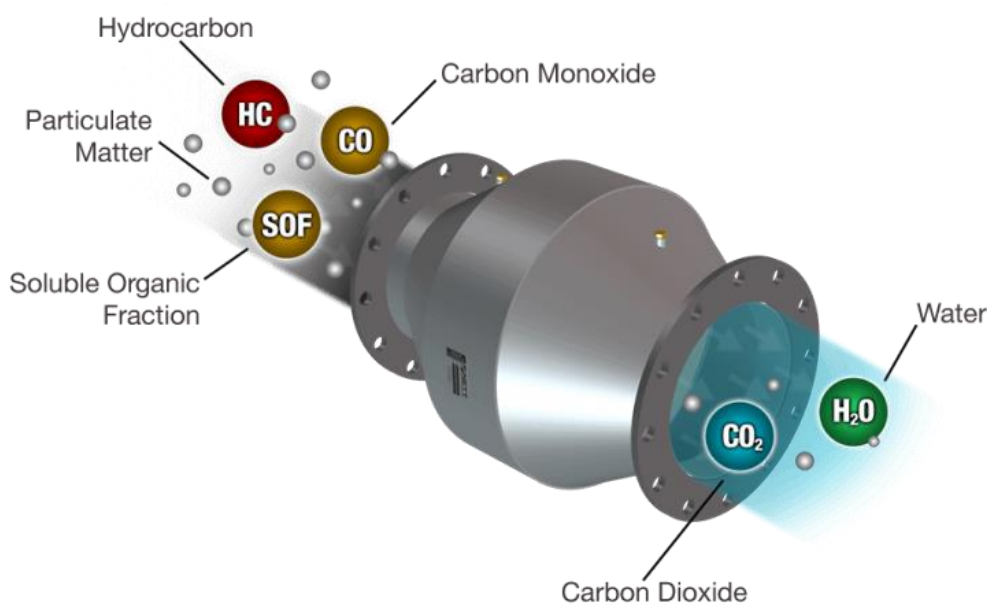
A meghibásodást előidéző legáltalánosabb problémát a szennyezett kipufogógáz okozza, mely jellemzően az alábbiakból adódhat:

- Motor- dugattyúgyűrűk kopása
- Magas motorolajszint
- Hibás befecskendezőrendszer
- Turbófeltöltő meghibásodása
- Áramköri hiba
- Légtömegmérő meghibásodás

(http12), (http13)

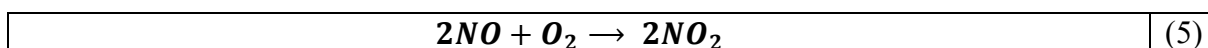
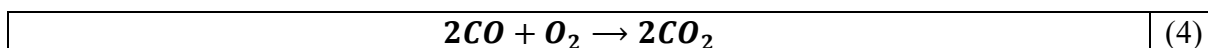
### 2.3.2. DOC

A kipufogógáz károsanyag kibocsátás csökkentésének érdekében nagy jelentősége van a Dízel Oxidációs katalizátornak (Diesel Oxidation Catalyst), melyet röviden csak DOC-nak nevezünk. Ez az utókezelő, részleges részecskeszűrő rendszer lényege, hogy a kipufogógázban található egészségre káros szén-monoxidot (CO) szén-dioxiddá, a szénhidrogéneket (CH) vízzé, az nitrogén-oxidot (NO) nitrogén-dioxiddá (NO<sub>x</sub>) alakítsa és a nagyobb méretű dízel részecskéket (PM) megszűrje. Az ártalmas gázok átalakítására nemesfémeket alkalmaznak, melyek megkötik és csökkentik az oxidációs hőmérsékletet. Az oxidációs katalizátor működése a következő 5.ábrán látható:



5.ábra: DOC elméleti működése (http14)

A rozsdamentes anyagból vagy kerámiából készült, a nagyobb felület érdekében hullámos kialakítású rétegeket nemesfémrel vonják be, melyek anyaga általában Platina vagy Palládium. A bevonatra használt nemesfémeket a hordozó anyag átjáró falaira porózus alumínium-oxid mosóbevonatba adaptálnak és 20-40 µm vastagságban viszik fel. Ez a bevonat képezi a katalizátor működési elvét. A motor működtetésekor az égéstérben el nem égett anyagok a kipufogógázzal együtt távoznak, melyet kezelniük kell. A nemesfém bevonattal kapcsolatba kerülő CO és CH égési hőmérséklete csökken, ezáltal nem kell túl magas hőmérséklet az oxidációjukhoz, így nem kell túl magas hőmérsékletnek kitennünk a kipufogórendszerünket. A DOC üzemi hőmérséklete így 200 – 500°C között van. A káros gázok reakciója a következőképpen alakul:



A katalizátor hatására képződött NO<sub>x</sub>-et a DOC után elhelyezett DPF szűrőben felhasználjuk a működés elősegítésére, melyet a későbbiekben részletezek. A fentireakciókhoz szükséges oxigén megtalálható az üzemanyag elégetése után az emissziós gázban. (http15)

A DOC-nak és a későbbiekben foglalt DPF-nek az eltömődését nyomásmérő szenzorok és elektronikus vezérlők segítségével képes mérni és feldolgozni a jármű. Ennek a rendszernek a segítségével képes eldönteni a vezérlő az emissziós szűrők két regenerációs tisztítás között eltelt időintervallumot. A kipufogógáz tisztító berendezés előtt és után elhelyezett egy-egy nyomásmérő szenzor egy vezérlő egységre van kapcsolva, mely összehasonlítja a két helyről kapott értékeket és összeveti az előre betáplált optimális értékkel, és az optimálishoz képest megengedett eltéréssel. Amennyiben a pillanatnyi érték átlépi ezt a intervallumot a vezérlő információt, parancsot továbbít a motor többi egységének, hogy regeneráció szükséges, ezt többlet tüzelőanyag hozzáadásával éri el. A többlet üzemanyag hatására megnő a kipufogóban lévő elégetlen tüzelőanyag, a katalizátor ezt felhasználva tudja megemelni a hőmérsékletet és a benne lerakódott nagyobb frakciójú PM részecskéket elégetni, hamuvá alakítani. A tüzelőanyagban dúsabb kipufogógáz előállítása kétféleképpen lehetséges.

Egyik megoldásnál a vezérlőtől kapott jelre, az üzemanyag befecskendező rendszer, azonos légmennyiséghez többlet gázolajat juttat az égéstérbe, így az expandáláskor nem képes elégetni, így képes plusz tüzelőanyag eljutni a tisztító berendezésig

Másik megoldási opció erre a feladatra egy az emissziós rendszerbe beépített tüzelőanyag befecskendező, mely közvetlenül a DOC előtt helyezkedik el. Ez a megoldás kedvezőbb a motor számára, mivel a többlet üzemanyag csak közvetlenül a katalizátor előtt kerül az emissziós rendszerbe és gázba, ezáltal kevésbé szennyezve a motor és a DOC közötti részeket. Mivel az el nem égetett üzemanyag, mely a kipufogógázzal együtt az égéstérből gázhalmazállapotban távozik, képes lerakódni korom formájában a részegységekre, akár a teljes rendszerre és szennyezve a rendszert, csökkentve a hatásfokot. Ez a lerakódás vezethet a fentebb említett EGR szelep beragadásához vagy a cooler átszakadásához, amely hosszabb távon további károkhoz vezet a DOC és DPF-ben. A hűtőfolyadékban található anyagok a kipufogógáz hatására elpárolognak és a katalizátorral való találkozásnál a nemesfémeket és a hordozó anyag szerkezetét roncsolják, elszínezik. Ebben az esetben fennáll a katalizátor összeomlása, átszakadása, néhány esetben, ha elég nagy a roncsolódás, elrakódás képes akár a kerámia betétet kinyomni a rozsdamentes házból is. (http16), (http17)

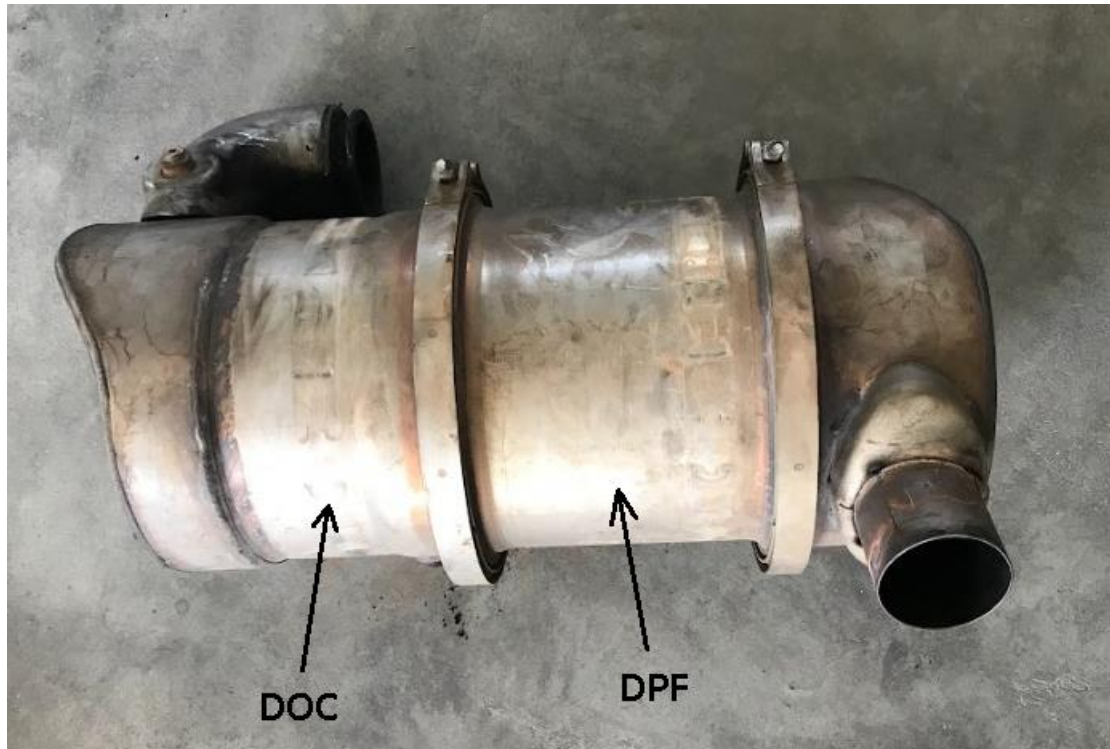
### 2.3.3. DPF

Az általam készített szakdolgozatban ez az elem az utolsó az emissziós rendszer károsanyag kibocsájtást csökkentő elemei közül. Ez a részecskeszűrő, röviden DPF-szűrő, mely az angol Diesel Particulate Filter rövidítéséből származik. Ennek működési elve miatt vannak cikkek, ahol csak koromcsapdának is említik a szerzők.

Annak érdekében, hogy az európai szabvány korlátozza a károsanyag kibocsátás keretein belül a dízel részecske, azaz PM kibocsátási mennyiségét is, így azok a gyártók, akik nem tudják ezt megoldani a motor megfelelő üzemállapotával, DPF-szűrőt is alkalmaznak. Ez az egység a PM szűrésére szolgál.

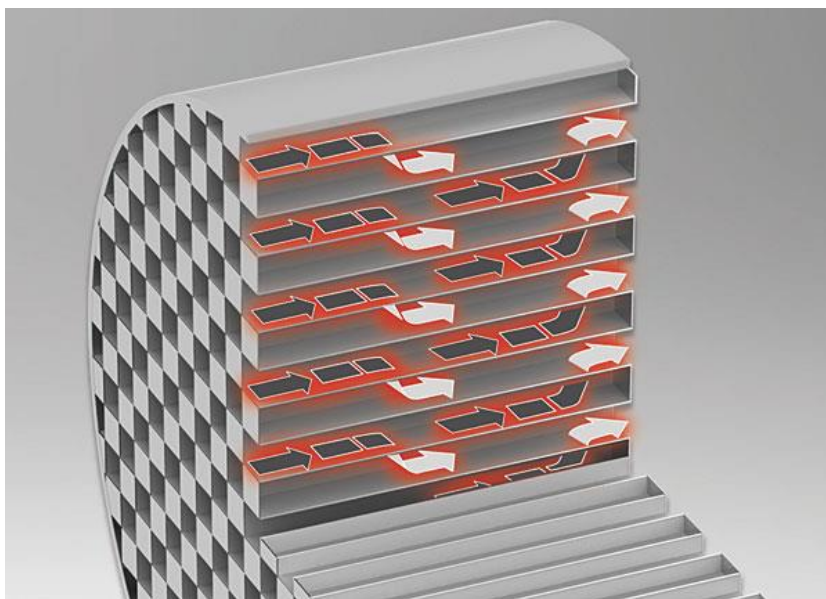
Azok az gépjárművek és erőgépek melyek kipufogórendszere rendelkezik az eddigiekben elhangzott károsanyagcsökkentő rendszerek mindegyikével, azon rendszerek utolsó eleme a DPF. Mivel két különböző elemről beszélünk ezért valamilyen megoldással egymáshoz kell őket rögzíteni. Ezt a megoldást a John Deere szorítóbilinccsel oldotta meg, mely a következő 6.ábrán látható. Létezik olyan megoldás is, ahol ezen elemek rozsdamentes

háza roncsolás nélkül nem szétszerelhető kötéssel, hegesztéssel van egymáshoz rögzítve. Ez a megoldás általában a személygépjárműveknél alkalmazott, ezt bontani tilos, cserélni csak a teljes egység lehetséges.



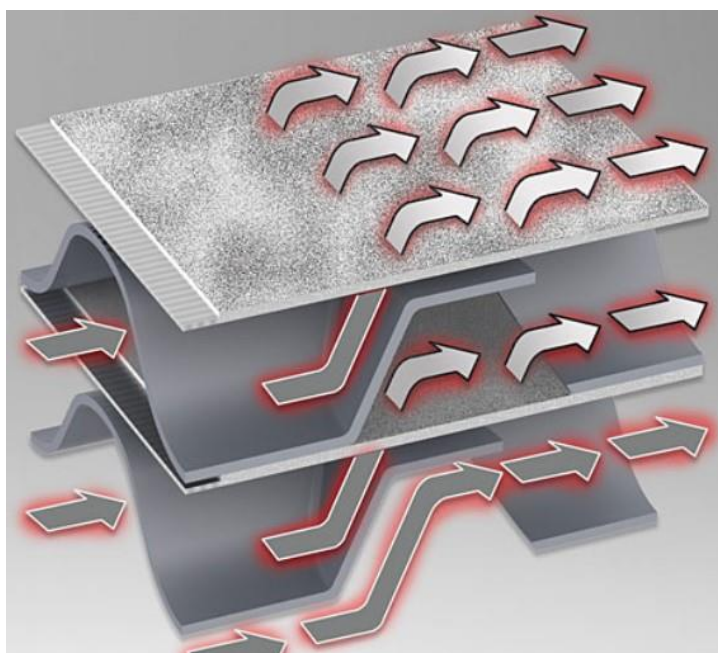
6.ábra: Összeszerelt kipufogógáz szűrő rendszer (saját forrás)

A szűrő felépítése áll egy az előbbieken már említett rozsdamentes házból, amelyben található a kerámiából készült koromcsapda. A szűrőbetét kialakításakor meg kellett oldania a tervező mérnököknek, hogy a gáz halmazállapotú anyagok át tudjanak jutni a DPF-en, viszont a korom részecskék fennakadjanak. Ezt a problémát úgy oldották meg, hogy egy porózus kerámia szűrőt hoztak létre, melynek kialakítása sakktábla szerűen váltakoznak a belépő-, illetve a kilépő oldalon zárt cellák. A belépő oldalon, a cellába jutó gáz nem képes a cella végén távozni, mivel az zárt, így arra kényszerítjük, hogy a porózus szűrő falon lépjen át a kilépő oldalon nyitott cellába. Ezzel a módszerrel a kipufogógáz képes távozni a rendszerből, viszont a korom részecskék fennakadnak a szűrő falán lásd (7.ábra). Ehhez hasonló a fali áramlású részecskeszűrőt használ John Deere gyár is.



7.ábra: Fali áramlású DPF elméleti működése (http19)

A fali áramlású DPF mellett van egy másik megoldás is, melyet főként személygépjárművekben alkalmaznak, ez a részáramú részecskeszűrő. Anyaga szintén porózus kerámia, ezzel ellentétben a különbség a fentiekben említett kerámiabetéthez képest a kialakításban rejlik. Ebben az esetben nem a cellák eleje és vége zárt, hanem a cellán belül található egy terelő, mely megtöri a kipufogógáz útját és kényszeríti a mellette lévő cellába, ezt a következő 8.ábra szemlélteti. Ez a megoldás nagyobb kipufogógáz ellennyomást eredményez a fali áramlású megoldással szemben, és azonos kipufogógáz nyomás esetén jóval kisebb a hatásfoka, mindössze 40% körüli. (http20)



8.ábra: Részáramlású DPF elméleti működése (http19)

### **3. Tisztítási, mérési folyamatok leírása**

#### **3.1. Tisztítási folyamat**

##### **3.1.1. Regenerálás**

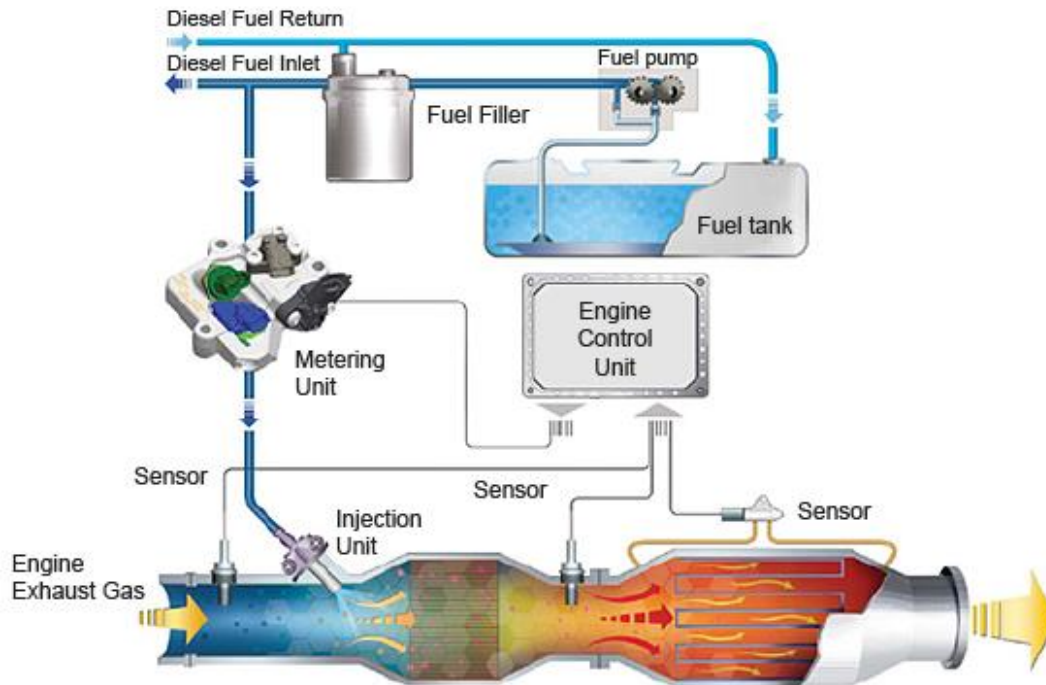
Ez egy, a traktor által végzett tisztítási folyamat, melyet a motorvezérlő, más néven ECU (Engine Control Unit) vezérel. Alap működési elve, hogy az emissziós rendszerben elhelyezett DOC-DPF rendszer előtt és után méri a nyomáskülönbséget és ebből számolja ki az eltelítődés mértékét. Az ECU-ba előre betáplált alapértékekhez viszonyítja a kapott és számított értéket, amennyiben ez a z érték eltér az általa megadott értéktől, abban az esetben elindítja a regenerálási folyamatot.

Az eltömődés a korom részecskék kiválásából adódik, mivel ez a részecske fennakad a szűrő falán és csökkenti az áteresztő képességet. Fontos a regenerálási folyamat, amennyiben ez nem lenne a szűrők hamar eltömődnének, és a jármű lekorlátozná a teljesítményt és nincsen egyes tisztítást külsőleg kellene elvégezni, ami idő és költségigényes folyamat lenne. Ennek megoldására a járművek saját regenerálási ciklussal rendelkeznek. Az alábbi tisztítási folyamat úgy meg végbe, hogy a kipufogóban a szűrő rendszer hőmérsékletét megemeli a motorvezérlő 600°C környékére, ahol a lerakódott korom már képes oxidálódni és hamuvá alakul.

A hőmérséklet megemelését a kipufogógázhoz adott többlet üzemanyag segítségével tudjuk megemelni. A plusz üzemanyag bejuttatásához két módszer ismert John Deere erőgépeknél.

A megoldási lehetőségek közül az első a közvetlen kipufogórendszerbe való befecskendezés, mely befecskendező közvetlen a DOC előtt van elhelyezve, látható a következő 9.ábrán. Ez az injektor csak időszakosan működik, mikor jelet kap a motorvezérlőtől, ez akkor következik be, mikor az eltelítődés átlépi a határértéket. Üzem közben a kipufogógáz felmelegíti a teljes kipufogórendszert 200°C fölé, majd az ECU által adott jel hatására a motor megemeli a fordulatszámát és elkezdi az emissziós rendszerbe való többlet üzemanyag bejuttatását a befecskendezőn keresztül, egészen addig, amíg el nem éri a regenerálási hőmérsékletet, 600°C-ot. A tisztítási hőmérséklet elérését követően megkezdődik a hőntartás. Ez a magas hőmérséklet hatására végbemegy az oxidáció, melynek lefolyási ideje függ az eltömődés mértékétől, egészen addig tartja fent ezt a helyzetet a rendszer míg alá nem esik a

referencia értéknek, ez általában egy 45 perces folyamat. A ciklus végeztével a motor fordulatszámát visszaállítja a rendszer alapjáratú fordulatra.



9.ábra: Regenerálás körfolyamata (http21)

A kipufogógázba való többlet üzemanyag juttatás másik alternatívája, hogy már az égéstérben plusz üzemanyagot adunk az emissziós gázhoz. Ebben az esetben ez nem a fő befecskendezésnél valósul meg, mikor megvalósul a gyújtás, hanem a kipufogási ütem közben adagoljuk be a tüzelőanyagot. A terjeszkedési ciklus után, amint elindul a dugattyú a fhp felé nyitott kipufogó szelepnél és tolja ki a hengerből a kipufogógázt a befecskendező ekkor adagol még tüzelőanyagot a távozó gázhoz. Ebben az esetben a teljes kipufogórendszeren üzemanyagdús gáz megy keresztül. Ennek a megoldásnak hátránya lehet a szelepek, EGR-szelep és hűtő hamarabb történő elkormolódása.

### 3.1.2. Kiszerezéssel járó tisztítás

Az erőgép kipufogó rendszer regenerálása nem elegendő a katalizátor és a részecskeszűrő korlátlan ideig történő működésére. Mindennek az az oka, hogy a regenerálás során a korom kiégetése közben hamu keletkezik, mely a szűrőből nem tud távozni, a porózus kerámia réteg magában tartja. Ennek következménye, hogy a DPF cellái elkezdnek megtelni az oxidáció utótermékével és elteltik a cellákat. Ebben az esetben az ECU sűrűbben kap jelet a regenerálási folyamat megkezdésére, abban az esetben, ha sok hamu van a rendszerben akár naponta regenerálja a DPF-et. Ilyenkor jelzik az észrevételt a szerviz felé, akik kiszerezik a

DOC-t és DPF-et az erőgépből. A kiszerelés után szétszerelik és az erre megfelelő tárolóba helyezik és elküldik a Nádudvaron található szakműhelybe, ahol megvannak a megfelelő eszközök, gépek és szükséges tudással rendelkeznek a tisztítás elvégzéséhez.

Jelen tudásom szerint kétféle tisztítási megoldás létezik, az egyik esetben mossák, a másik lehetőség pedig a nagy nyomású levegővel és kemencés kiégetéssel történő tisztítás.

A mosással történő tisztítást főként személygépjárműveknél alkalmazzák, ahol a DOC és DPF külső háza egymásba van hegesztve, roncsolás nélkül bontani nem lehetséges, illetve a helytakarékoság miatt a szűrő rendszer be és kilépő nyílásának átmérője sokkal kisebb, mint maga a szűrő mérete, így a nagynyomású levegős tisztítás nem megvalósítható. Ebben az esetben is a kiszereléssel kezdődik a folyamat, majd az erre megfelelő mosófolyadékba áztatják a szűrőt. A tisztító folyadéktól függően más-más arányban kell hígítani az oldatot, majd pár órára ázni hagyjuk. A kellő idő eltelte után tiszta vízzel történik a mosófolyadék eltávolítása, ezt követően szárítani szükséges, legvégső lépésként vissza szereljük és próbakört teszünk vele, hogy a kipufogórendszer átmelegedjen, az emissziós szűrők teljesen kiszáradjanak. Ez a megoldás az általam vizsgált megoldások között nem szerepel, a szakműhelyben nem foglalkozik a cég ezzel a módszerrel.

Nádudvari szakműhelyben kiépített tisztítási módszer a nagy nyomású levegős és termikus tisztítási rendszerre alapszik. Az ehhez szükséges tisztító berendezések egy erre a helyre kialakított ajtóval elzárható helységben vannak telepítve. Az itt található berendezések egy erre a célra specializálódott gyártó saját fejlesztésű gépei, mely cég a Hartridge nemzetközi cég. Megalakulása 1930-ra nyúlik vissza, első tesztelő berendezései a dízel tüzelőanyag-befecskendező tesztelésére specializálódtak. A világ fejlődésével együtt a cég látótere is bővült és kialakult az emissziós szűrőkhöz szüksége teszt és tisztító berendezések a palettára kerültek. A KITE Zrt. szakműhelyében használt gépek, az áteresztőképesség mérésére szolgáló vákuumos működésű DPF320 Master (10.ábra,a), a hamu kifújására szolgáló DPF300 Master (10.ábra,b), a fűjás következtében távozó hamu elszívására szolgáló DPF310 Master (10.ábra,c) és a nagy teljesítményű elektromos fűtésű DPF330 Master (10.ábra,d) kemence.



10.ábra: Hartridge Master Series

A tisztító berendezésekhez szükséges levegő mennyiségét egy Alup Allegro 23 változó fordulatszámú csavarkompresszor állítja elő, 7 báros nyomást állít elő a levegős tisztítóban, minimum 47 m<sup>3</sup>/h légáram szállítással (11.ábra).



11.ábra: Alup Allegro 23 csavarkompresszor (Saját forrás)

### 3.1.3. Tisztítási folyamat leírása

Az **első** és egyik legfontosabb **lépés** tisztítási folyamat kezdetekor, hogy a DOC és DPF szűrő gyártási és sorozatszámát felírjuk az erre alkalmas nyomtatványra, a megfelelő nyomon követés érdekében. Megnézzük a saját rendszerünkben, hogy az adott alkatrész volt-e már a szakműhelyben, esett-e át tisztítási folyamaton, amennyiben igen, abban az esetben milyen technológiát igényelt. Ebből a rendszerből kiderül az is, hogy az erőgép az eredeti vagy már cserélt károsanyagcsökkentő berendezéssel rendelkezi-e.

**Második lépésként** a DPF szűrő házát a felfekvő felületeknél található tömítéstől meg kell tisztítani (12. ábra). Lekaparjuk a rásült tömítést, majd egy drótkefével tisztázzuk, mind a belépő mind a kilépő oldalon, ez fontos lépés, amennyiben ez elmaradna vagy nem tisztítanánk meg megfelelően, feltámaszthat a tömítés és fals értékeket mérnénk. A tömítés maradványok eltávolítása közben szemrevételezzük a részecskeszűrőt, keresve a kerámián sérüléseket, repedésre, elmozdulásra utaló jelet, illetve a koszos és tiszta oldal színét, melyet a DPF tisztítási munkalapon az „1.Lépés” részben kitöltünk (13.ábra). Ha a kilépő, későbbiekben tiszta oldalon korom általi elszíneződés látható, gyanakodhatunk a kerámia betét sérülésére, amely az alkatrész cseréjét eredményezi.



12.ábra: DPF-szűrő belépő oldala (saját forrás)

| 1.Lépés: Szemrevételezés                                                    |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Tiszta oldal színe: fehér,krém, <u>szürke</u><br>barna, fekete, egyéb:..... | Szűrőn deformáció látható: IGEN <u>NEM</u> |
| Koszor oldal színe: fehér,krém, szürke,<br>barna, fekete, egyéb:.....       | Kerámia sérülés látható: IGEN <u>NEM</u>   |
|                                                                             | Kerámia szerkezet laza: IGEN <u>NEM</u>    |
|                                                                             | Olajfolt látható: IGEN <u>NEM</u>          |
| Szemrevételezés alapján gépi tisztítása megtörténhet: <u>IGEN</u> NEM       |                                            |

13.ábra: DPF tisztítási munkalap 1.részlet (Saját forrás)

Ha az előzetes szemrevételezése nem találtunk semmilyen sérülésre utaló jelet, **harmadik lépésben** megmérjük a részecskeszűrőház- és a kerámia betét átmérőjét, a szűrő- és a kerámia magasságát. Amint felvettük a szűrő méreteit egy akkora átmérőjű pálca segítségével, amely még éppen belemegy a kerámia cellájába megmérjük annak mélységét. A mélység mérése után megnézzük, a hamuval való telítődés mértéke mekkora (14.ábra). Ezt is az előbb alkalmazott pálcával úgy mérjük, hogy a cellába helyezzük a pálca végét és elengedjük, a saját súlyánál fogva hány milliméterig esik bele a cellába, majd egy mérőszalag segítségével megmérjük a besüllyedés mértékét. Ezt a mérést a DPF tisztítási munkalap jobb szélén található táblázatban meghatározott helyeken és ismétlésszámban tesszük meg (15.ábra).



14.ábra: DPF tiszta oldal mélységmérése (Saját forrás)

|                                     |                         |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Szűrő méretei                       |                         |
| Szűrő átmérő:                       | 300 mm                  |
| Kerámia átmérő:                     | 242 mm                  |
| Szűrő magassága:                    | 230 mm                  |
| Kerámia magassága:                  | 205 mm                  |
| Tiszta cella mélysége:              | 196 mm                  |
| Szűrő típus:                        | DPF DOC                 |
| Tiszta oldalon fekete cellák száma: |                         |
| 05                                  | 15 30 50 100 100+ 1000+ |

15.ábra: DPF tisztítási munkalap 2.részlet (Saját forrás)

**Negyedik lépésben** megkezdjük a DPF bemérését. Felszereljük az áramlásmérőt a megfelelő közdarabbal, melybe a szűrőház felfekvő felülete passzol. Ezek után nullázzuk a gépet. A különbség a traktor által és a berendezéssel való mérés között, míg a traktor a szűrő előtti és utáni nyomásértéket hasonlítja össze, addig mi a légköri nyomáshoz viszonyítjuk az áteresztő képességet. A nullázás után helyezzük a szűrőt a tiszta oldallal lefelé, mivel a berendezés vákuumot állít elő, ezáltal keresztül szívja a levegőt a DPF-en így, ha koszos oldallal lefelé helyeznénk el, a gép hamut és kormot szívna magába, ezen felül nem kapnánk valós adatot az telítettség mértékéről. A kapott értéket feljegyezzük és összehasonlítjuk az adott szűrőhöz tartozó táblázatban leírt intervallumokkal (16.ábra) (17. ábra).

|                                                |
|------------------------------------------------|
| DPF 320 vákuum teszt tisztítás előtt: eredmény |
| 4,15 W.g.                                      |

16.ábra: DPF tisztítási munkalap 3.részlet (Saját forrás)



17.ábra: Vákuumos áteresztőképesség mérés (Saját forrás)

**Ötödik lépésben** kezdődik meg a levegős tisztítás. A tényleges tisztítás megkezdése előtt a berendezést üresen járatjuk, fújatjuk át, hogy biztosan ne legyen benne szennyeződés, ami kárt tehetne a tisztításra váró szűrőben. Miután a gépet átjártuk belehelyezzük az vákuumos mérésnél használt átalakító közdarabot, melyre a részecskeszűrőt illesztjük koszos oldallal lefelé (18.ábra). Ezután pozicionáljuk a fúvató pisztolyt úgy, hogy az 5 – 10 mm-re legyen a kerámia betétől. Mivel a tisztítóban két pisztoly található, egy a szűrő felett, egy pedig alatta, ezt a beállítást mind a két oldalon meg kell tennünk. Elindítjuk a tisztítási folyamatot, amely 7 bar-os nyomással dolgozik, majd az első néhány percben figyelemmel követjük, hogy a tiszta oldalon nem jelenik-e meg szürkés- vagy fekete korom, amennyiben ez előfordul a tisztítás nem folytatható, mert a házban lévő kerámia szűrő nagy valószínűséggel összeomlott, átszakadt, így a DPF cseréje szükséges. Miután megbizonyosodtunk róla, hogy a szűrő nincs átszakadva a tisztítás folytatódhat. A levegővel való tisztítást addig végezzük, míg szennyeződés távozását látjuk a szűrőből, ez akár eltarthat 45 – 60 percig is (19.ábra).



18.ábra: Pneumatikus tisztítás kedete (Saját forrás)

| 2.Lépés: Pneumatikus tisztítás                                                                                                                                                                                         |                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Első néhány percben megfigyeljük a tisztítást, amennyiben a tiszta oldalon fekete vagy szürkés korom kiválása látható a tisztítás nem folytatható, a szűrő valószínűleg átszakadt ezáltal a szűrő cseréjét javasoljuk. |                                                                 |
| Megfigyelés után szűrő tisztítása folytatható:                                                                                                                                                                         | <input checked="" type="radio"/> IGEN <input type="radio"/> NEM |

19.ábra: DPF tisztítási munkalap 4.részlet (Saját forrás)

Mikor az összes korom és hamu távozott a szűrőből leállítjuk a levegő áramlását, és **hatodik lépésként** ismét következik a vákuumos mérés. Újra felhelyezzük a közdarabot és nullázzuk az áramlásmérőt, majd tiszta oldallal lefelé rátesszük a DPF-et és elindítjuk a mérést és az állandósult értéket feljegyezzük a DPF tisztítási munkalapon. Ezt az értéket is összehasonlítjuk a táblázatban szereplővel, amennyiben a határértéken belül esik a tisztítás sikeres volt (20.ábra). Abban az esetben, ha még most sem megfelelő a szűrő légárama, következik a termikus fázis.

|                                                                                                                                                                                                                        |                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>2.Lépés: Pneumatikus tisztítás</b>                                                                                                                                                                                  |                                                                 |
| Első néhány percben megfigyeljük a tisztítást, amennyiben a tiszta oldalon fekete vagy szürkés korom kiválása látható a tisztítás nem folytatható, a szűrő valószínűleg átszakadt ezáltal a szűrő cseréjét javasoljuk. |                                                                 |
| Megfigyelés után szűrő tisztítása folytatható:                                                                                                                                                                         | <input checked="" type="radio"/> IGEN <input type="radio"/> NEM |
| <b>3.Lépés:Pneumatikus tisztítás</b>                                                                                                                                                                                   |                                                                 |
| A pneumatikus tisztítást mindaddig folytassuk amíg szennyeződés távozását látjuk a kilépő oldalon!!                                                                                                                    |                                                                 |
| DPF 320 vákuum teszt tisztítás után: .....325.....w.g.                                                                                                                                                                 |                                                                 |
| Szűrő pneumatikus tisztítás után követelményeknek megfelel:                                                                                                                                                            | <input checked="" type="radio"/> IGEN <input type="radio"/> NEM |

20.ábra: DPF tisztítási munkalap 5.részlet (Saját forrás)

A hőkezelés a **hetedik lépés**, ez csak abban az esetben szükséges, ha a levegős tisztítás nem hozta meg a várt eredményt, mert a cellákban még található korom, mely égetéssel alakítható hamuvá. Ennek a módszernek van egy nagy hátránya, ha olajjal szennyezett a DPF, akkor a hőkezelés nem használható, mert a 800°C-os hőmérsékleten, mely a kemencében uralkodik meggyújthatja az olajat. A hőkezelő kemence elindításakor figyelmeztet minket és biztonsági okokból megkérdezi, hogy a szűrő olajjal szennyezett-e. Ha nem szennyezett a DPF, akkor elkezdhető a folyamat. A hőkezelési eljárás három fázisból áll, hevítés, hűntartás és lehűlés. Itt a hevítés az erőgéppel ellentétben hozzáadott anyagok nélkül zajlik elektromos fűtőszál segítségével, és a hevítésnél is magasabb hőmérsékletet érünk el, az erőgép 600°C, a kemence pedig a fentebb említett 800°C-on égeti el a kormot. Hevítést követően következik a hűntartás, mely 4 -5 órán keresztül tart. Az utolsó fázis a lehűlés, melynek ideje 3-4 óra, így az egész termikus kezelési folyamat 9 - 10 órát vesz igénybe.



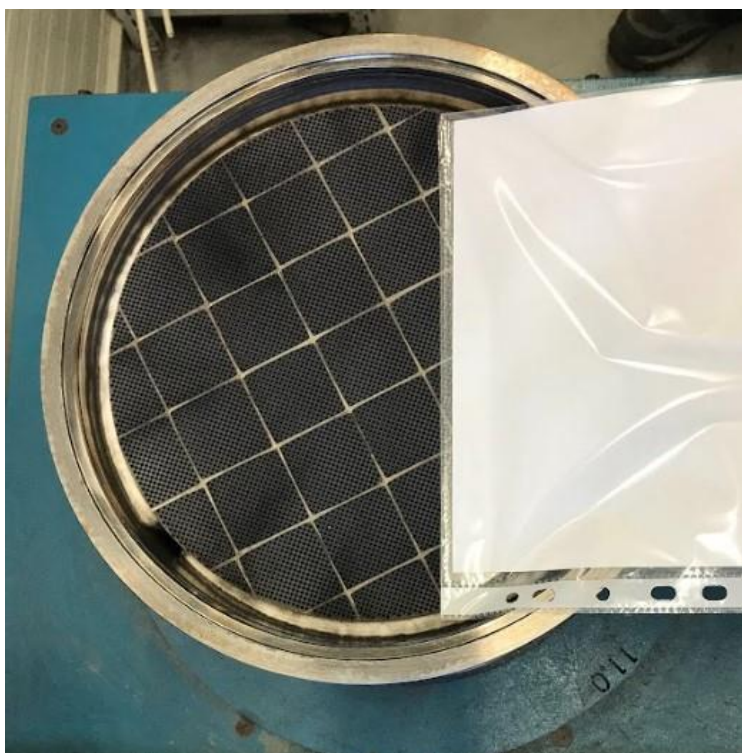
21.ábra: Hőkezelő kemence belső kialakítása (saját forrás)

Utolsó előtti fázis ismét a levegős tisztítás, ez a **nyolcadik lépés**. A hőkezeléskor fellazult, és elégett korom már eltávolítható a sűrített levegővel, ám mielőtt még elkezdjük a tisztítást a részecskeszűrőt a helységben kell tárolni, hogy teljesen visszahűljön szobahőmérsékletre, mert a tisztító berendezésben lévő levegő hőmérséklete  $7^{\circ}\text{C}$  körül mozog, ez találkozva a meleg kerámiával repedést okozhat. Amint minden készen áll elvégezzük az ötödik lépésben leírtak szerint a tisztítást.

Utolsó, **kilencedik lépés**, hogy ismét áteresztő képességet mérünk a negyedik és a hatodik lépésnél is alkalmazott módszerrel.

A teljes tisztítási folyamat alatt mért és a DPF tisztítási munkalapon rögzített adatokat felvisszük a rendszerbe, hogy a későbbiekben is nyomon követhető legyen. A teljes DPF tisztítási munkalap az 1.sz. mellékletben megtekinthető.

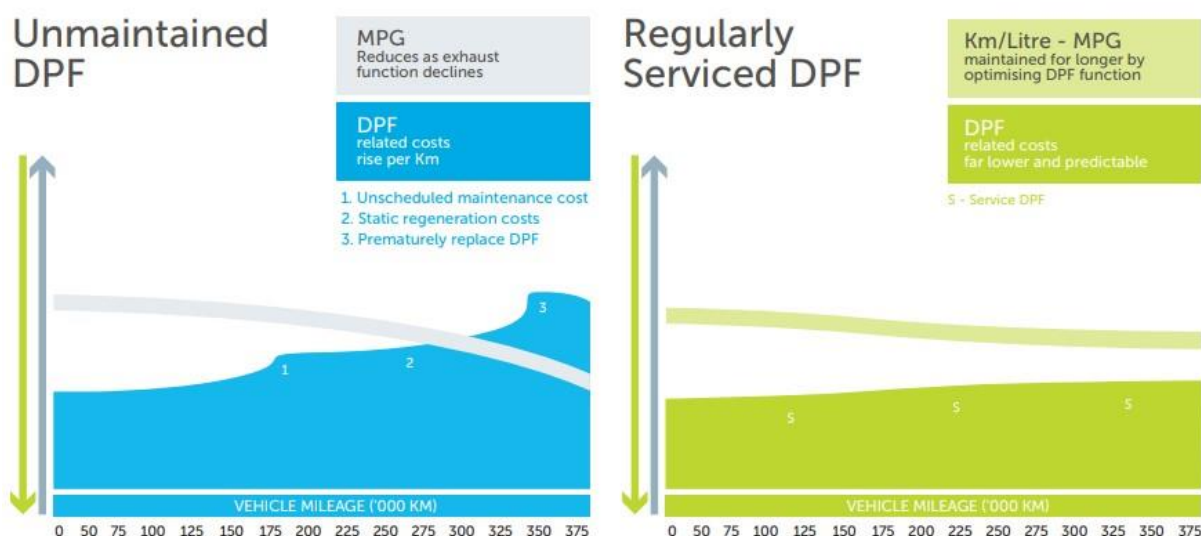
A következő 22.ábra szemlélteti a részecskeszűrő telítettségét, amikor a szakműhelybe került. Tisztítás után egy papírlappal úgy fedtük le a kerámia betétet, hogy azt az értéket kapjuk, mint az szennyeződés eltávolítása előtt. Jól látható, hogy a fehér lap a szűrő 20 – 25%-át fedi le.



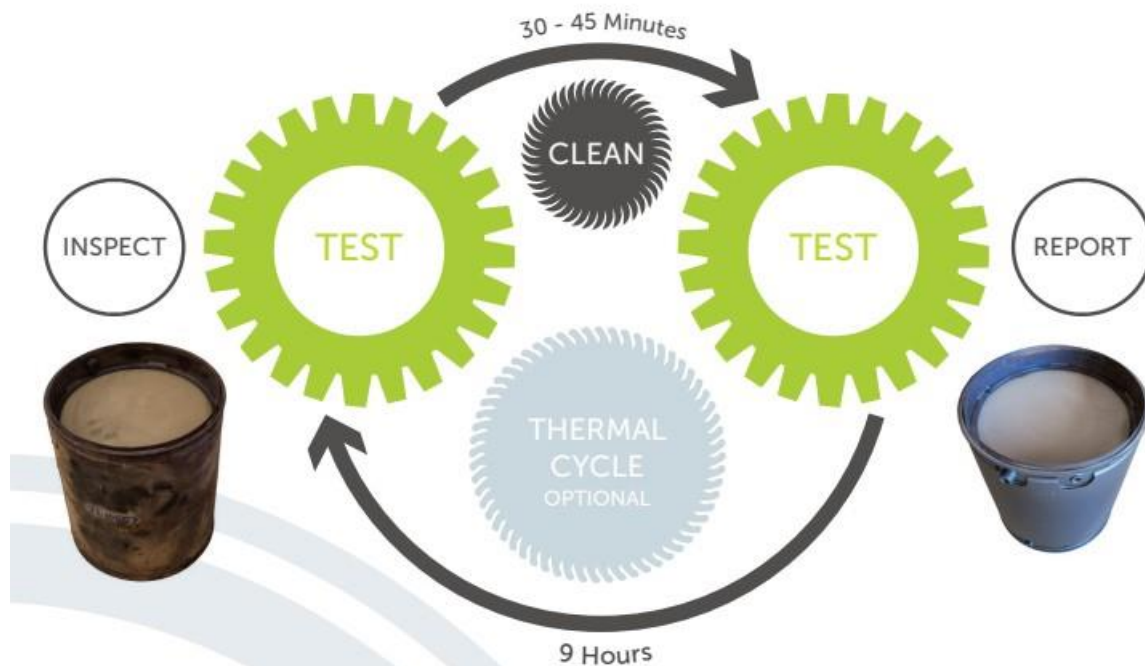
22.ábra: DPF szűrő eltömődés mértékének szemléltetése (saját forrás)

A DOC tisztítása kissé egyszerűbben történik, mivel itt a hatásfokot a korom lerakódás tudja rontani, illetve a katalizátor hordozó anyagára felvitt nemesfémek telítődése. A szakműhelyben a nemesfémek állapotának felmérésére nincs lehetőség így annyit lehet tenni, hogy megvizsgáljuk van-e sérülés a DOC-n és amennyiben szükséges levegős tisztítással tudjuk a kormot eltávolítani így javítani a hatásfokot.

Erről a teljes tisztítási folyamatról a Hartridge készített egy körfolyamat ábrát és egy két diagramot, mely mutatja, hogy a rendszeres és időben történő tisztítások megnövelik a részecskeszűrő élettartamát.



23.ábra: Helytelen tisztítási időintervallum (bal), helyes tisztítási időintervallum (jobb), (http22)



24.ábra: Tisztítási körfolyamat (http22)

#### 4. Tisztítási adatok kiértékelése

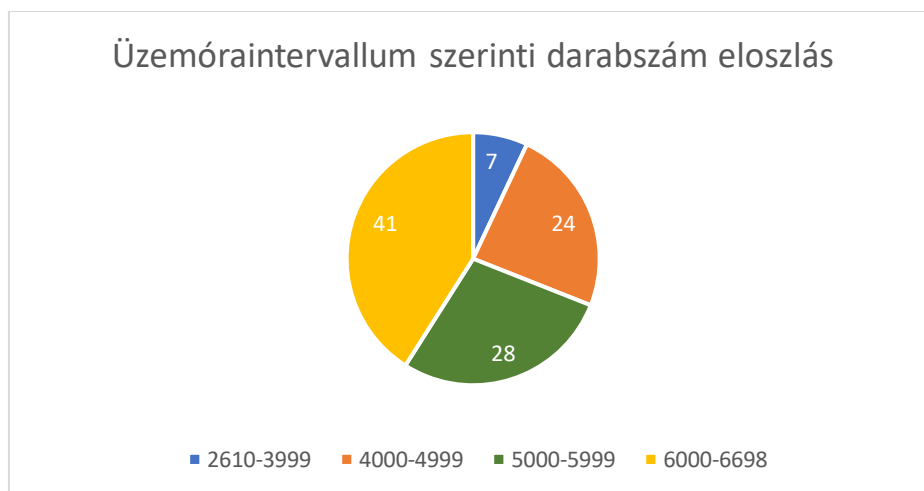
A mérés legkisebb hibalehetősége miatt az általam kiválasztott erőgépek mindegyike a John Deere 8000-es szériájú traktor kipufogógáz kezelő rendszerére vonatkozik. A kiválasztott gépek mindegyike 9.0 literes motorral van szerelve, és a motorkódjuk is egyezik, így egyforma DPF-fel vannak felszerelve. A pontosabb kép érdekében 100 db DPF-szűrő adatait használtam fel. Ezek kiválasztása, úgy történt, hogy üzemóra állás alapján növekvő sorrendet állítottam fel és az első száz darabot választottam. Az táblázatban szereplő első

részecskeszűrő üzemideje 2610 üzemóra, a századik 6698 üzemóra. A táblázat tartalma motorkódot, a tisztítás előtt, illetve tisztítás után mért értékeket, a pillanatnyi üzemórát (25.ábra), amikor a szűrő kiszerezése megtörtént és a tisztítási módot. Az adatokból készítettem egy tisztítás előtt-üzemóra, és tisztítás utáni-üzemóra diagramot. Ezen diagram és saját tapasztalatok alapján következtettem a tisztítási periódus meghatározására. Csak a szakműhely által a rendszerbe felvitt értékek alapján reális következtetést levonni nem lehet, mert sok olyan eset van mikor az emissziós szűrők olyan mértékben kormolódtak el vagy szennyeződtek olajjal és vagy hűtőfolyadékkal, hogy a tisztítás már nem opció, ezért a szakműhelybe szállítás felesleges, csak plusz költség lenne, a DOC és DPF cseréje szükséges. Ezekre a hibákra a későbbiekben az üzemeltetési javaslatnál példát is mutatok. A teljes táblázat látható a 2.sz. mellékletben.

| 1 | Material N° | Cleaning                                      | Fail - 1 | Pass - Good | Pass - Caution | Fail - 2 | Üzemó | Tisztítási mód |
|---|-------------|-----------------------------------------------|----------|-------------|----------------|----------|-------|----------------|
| 2 |             |                                               | < 1,60   | 1,60 - 2,10 | 2,15 - 2,60    | > 2,60   |       |                |
| 3 | RE541130    | Before cleaning: 3,55<br>After cleaning: 1,75 |          | 1,75        |                |          | 2610  | levegős        |
| 5 | RE541130    | Before cleaning: 4,38<br>After cleaning: 1,74 |          | 1,74        |                |          | 3641  | levegős        |
| 6 | RE541130    | Before cleaning: 3,48<br>After cleaning: 1,64 |          | 1,64        |                |          | 3678  | levegős        |
| 8 | RE541130    | Before cleaning: 4,50<br>After cleaning: 1,71 |          | 1,71        |                |          | 3778  | levegős        |

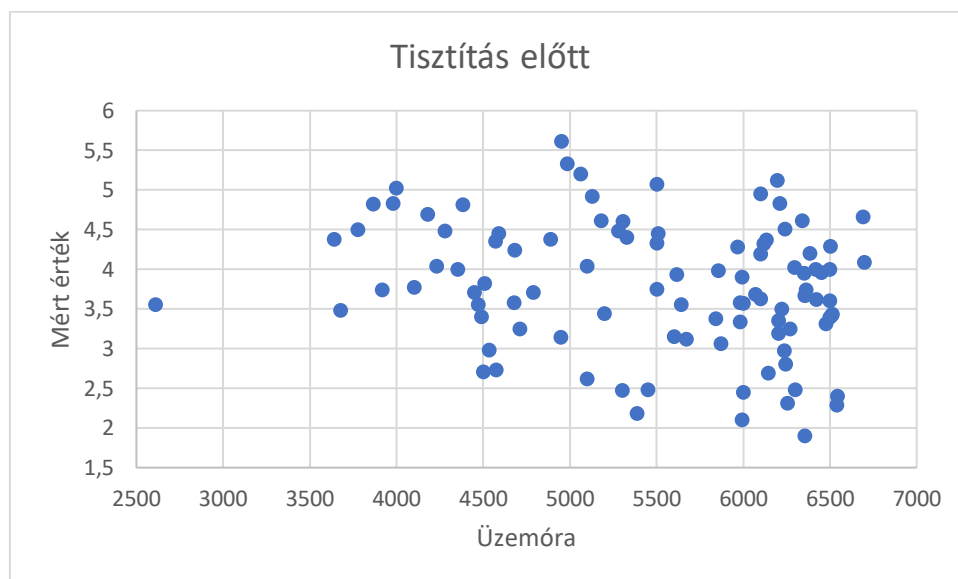
25.ábra: Mérési táblázat részlete (saját forrás)

A következő diagramok és táblázatok segítségével szemléltetem az eltömődés és az üzemórintervallum intervallum-darabszám eloszlását. Az általam kiértékelt táblázat alapján az üzemben töltött órák növekedésével nőtt a tisztításra küldött szűrők száma, ezt mutatja a következő 26.ábra.



26.ábra: Mért DPF üzemóra szerinti darabszám eloszlása (saját forrás)

Mivel a traktorok univerzális gépek, sok feladatot lehet velük elvégezni, könnyű, kis motorteljesítményt igénylő munkáktól, mint például a fuvarozás, szállítástól egészen a nehéz, nagy teljesítményszükségletet igénylő nehéz földmunkákig. Minél nagyobb ellenállást fejt ki a traktor haladási irányával szemben az aktuálisan végzett munka, annál nagyobb lesz a tüzelőanyag óránkénti fogyasztása. Ennek következményeképpen az emissziós gázok mennyisége is megnő. Miként ezek az erőgépek az adott gazda által meghatározott munkát végzik el, így vannak olyanok, melyek nem végeznek nehéz munkát, míg vannak olyan traktorok is, amiknek fő feladata a földmunka. A könnyű munkát végző gépek szűrőin így egységnyi üzemóra mellett jelentősen kevesebb szűrni kívánt gáz áramlik át, ezért hosszabb ideig képesek megtartani a megfelelő intervallumba eső áteresztő képességüket. A 27.ábrán látható eloszlás is ezt igazolja. Látható, hogy voltak olyan szűrők, melyek üzemideje 4000 üzemóra körül volt, mégis szennyezettebbek voltak, mint a 6000-6500 közötti üzemóra számot futott szűrők.



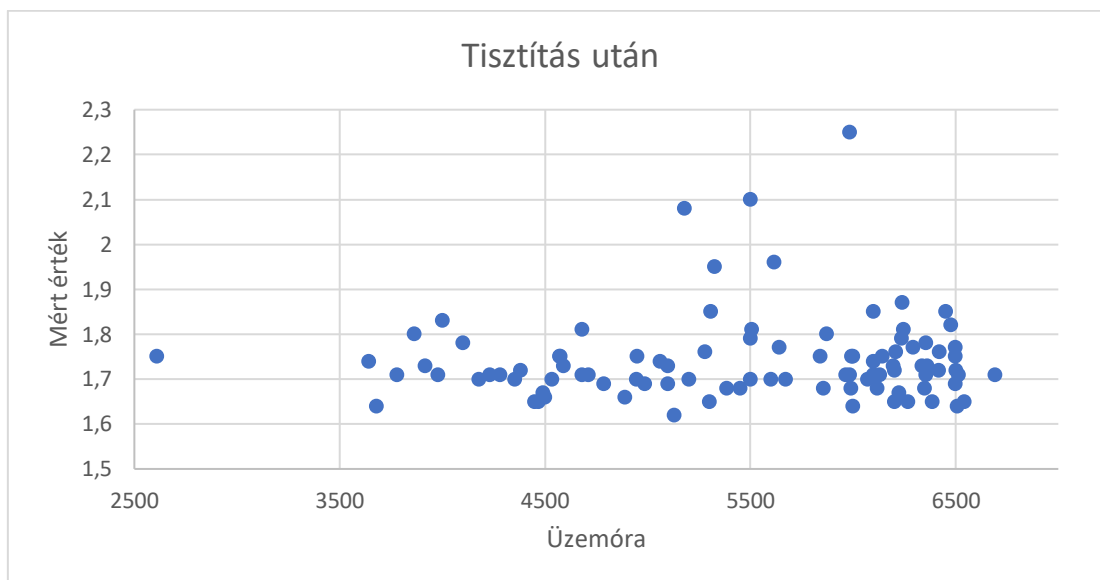
27.ábra: Tisztítás előtti mért értékek eloszlása (saját forrás)

Ez táblázatba foglalva a következőképpen alakul üzemóraintervallumra bontva, összesen (2.táblázat). A táblázat jobb oldali oszlopában %-os értékben kifejezve a hatásfoka.

| Tisztítás előtt |           |           |           |           |        |                                    |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|------------------------------------|
| Üzemóra         | 2610-3999 | 4000-4999 | 5000-5999 | 6000-6698 | Összes | Áteresztő képesség átlag hatásfoka |
| Vákuum érték    | 4,19      | 3,99      | 3,73      | 3,63      | 3,88   | 41,2%                              |

2.táblázat: Tisztítás előtt mért értékek átlagai

A tisztítási folyamat után a diagrammon elhelyezkedő pontok egy vízszintes sávban helyezkednek el, közel a 100%-os hatásfokhoz közel (28.ábra). Jelentősen javult az áteresztő képességük a tisztítás előtti állapothoz képest, mikoris a gyári érték csupán 41,2%-át tudták teljesíteni.



28.ábra: Tisztítás utáni mért értékek eloszlása (saját forrás)

Táblázatba foglalva a diagramon látható értékeket, megkapjuk, hogy átlagosan közel 100%-ra vissza tudtuk állítani a szűrők hatásfokát (3.táblázat).

| Tisztítás után |           |           |           |           |        |                                          |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|------------------------------------------|
| Üzemóra        | 2610-3999 | 4000-4999 | 5000-5999 | 6000-6698 | Összes | Áteresztő<br>képesség átlag<br>hatásfoka |
| Vákuum érték   | 1,72      | 1,72      | 1,79      | 1,73      | 1,74   | 92,2%                                    |

3.táblázat: Tisztítás után mért értékek átlagai

Ezek igazolják azt, hogy az üzemeltetés és a megfelelő karbantartás a legfontosabb a hosszabb élettartam elérésében. Mindezek mellett a traktor teljesítménykihasználása is fontos tényező, mivel nagyobb teljesítményszükséglet esetén több üzemanyagot égetünk el, amely hatására több káros anyag és korom keletkezik.

## 5. Üzemeltetési ajánlás

Az erőgép üzemeltetése talán az egyik legfontosabb tényező az emissziós szűrők hosszú élettartamának megőrzése érdekében. Mint ezt a szakdolgozat címe is sugallja, külön figyelmet kell fordítanunk erre a területre is, mivel a haszon- és személygépjárművek technikai fejlődése ugrásszerű volt, pár évtized alatt az alap gépjárműtől eljutottunk egészen az önvezetésig. Mindez már egy másik témát feszeget, de ebbe a fejlődésbe tartozik bele az emissziós gázok kezelése.

A kipufogógáz károsanyag csökkentő rendszer megfelelő üzeméhez tartozik a motor megfelelő karbantartása, mely lehet időszakos vagy váratlan hibából adódó karbantartás javítás. Mindez miként befolyásolja a kipufogó rendszerünk működését, azt az alábbiakban fejtem ki.

### 5.1. Gépkezelő által való üzemeltetés

A gépkezelő által történt üzemeltetés nagyban befolyásolja az erőgép élettartamát. Az üzemeltetés két szakaszra bontható, indítás előtti és indítás utáni részre.

Az indítás előtti teendők közé tartozik az erőgép szemrevételezése, látható-e valamilyen folyás vagy sérülés, majd megnézzük a hűtő és kenő folyadékok szintjét. A lámpák működését is ellenőrizzük, amennyiben nem találtunk hibát indíthatunk.

Az indítás utáni, amunka megkezdése előtt fontos elérni a motor üzemi hőmérsékletét, ezt alacsony fordulaton, kis terhelés mellett a legcélszerűbb megtenni, például, ha a telephelyről alacsony fordulaton megyünk el a művelendő földterületig. Miután elértük az üzemi hőmérsékletet megkezdhetjük a munkát.

Az üzemeltetés során az üzemanyag elégetéséből keletkezett kipufogógáz szűrésének hatására a DOC és DPF telítődik, majd, amikor elérte a telítődési határát az ECU elindítja a regenerálást. Ezt a folyamat hatására alakul át a korom hamuvá, így megszakítása nem ajánlott, mert a traktor következő indítását követően ismét el kell érnie a motornak és a kipufogó rendszernek is a regenerálási hőmérsékletet, ez idő alatt is tovább telítődik a részecskeszűrő, ha a regenerálást sokszor szakítjuk meg, annyira elrakódhat a szűrő, hogy a regenerálás folyamán a DPF annyira felhevül, hogy a kerámia betét kiég, összeomlik (29.ábra).



John Deere 6170R traktor, 4800 üzemóra  
29.ábra: Összeégett DPF-szűrő

Mivel a regenerálás nem minden esetben munkaidő közben kezdődik, vannak olyan esetek is mikor a munkaidő végé, abban az esetben is meg kell várni a folyamat végét, majd kerülni az azonnali leállítást, mivel minden elem forró és az olaj megéghet. Ennek megelőzése érdekében a teljes rendszerünket vissza kell hűteni, ezt úgy tudjuk megtenni, hogy megyünk az erőgéppel egy kisebb kört, így a leghatékonyabb a hűtés, ha erre nincs lehetőség, akkor alapláraton járatjuk 10 percig.

## 5.2. Motor karbantartás, javítás

### 5.2.1. Karbantartás

A tüzelőanyag kémiai égetését egyenes vonalú alternáló, majd forgó mozgássá alakító egységünk, a motor rendszeres karbantartása fontos, a gyár által előírt intervallumok és anyagok betartásával. A John Deere járt a motorjaihoz fejlesztette ki a saját motorolaját és hűtő folyadékját. Mivel ezek a hűtő és kenőanyagok a motorhoz lettek kifejlesztve, így kutatás során nagy számú méréseket folytattak a mérnökök, hogy a lehető legmegfelelőbb összetétellel készüljenek ezek az anyagok és az üzemeltetés során megtartsák a képességeiket.

A motorolaj rendszeres és időbeni cseréjével megelőzzük, hogy túlságosan elöregedjen az olaj, ezzel elveszítse kenő és hűtő képességét. Az olaj csereperiódusának nagy mértékben történő elmulasztása vagy a csere folyamán nem megfelelő olajjal való feltöltés következtében a kenőolaj nagy mértékű párolgásra lehet képes vagy veszít a viszkozitásából és felhígul, így az égéstérbe kerülhet, ahol elég és a kipufogógázzal az emissziós rendszerbe jut. Amennyiben hosszú távon így használjuk az erőgépünket, az égéstér folyamatos olajjal való

szennyezése következtében az olaj lerakódhat a szívó és kipufogó szelepen, a porlasztón, és az egész kipufogó rendszerben, ahol a hő miatt koksszá alakul át. A szívó és kipufogó szelepeken lerakódott koks nem engedi a szelepet teljesen lezárni, felfekszik. Mivel nem zárja le teljesen a szelep az égésteret, a hengerben lévő nagy nyomás elszökik a résen és az égés nem lesz megfelelő, mindez mellett a teljesítmény is csökken. A kipufogó rendszerbe jutott, lerakódott olajgőzből kialakult korom eltömítheti az EGR hűtőt, megszorulhat az EGR-szelep (3.ábra), (4.ábra), eltömődhet a DOC és a DPF is.

### 5.2.2. Javítás

A javítási folyamatban is nagy szerepe van a gépkezelőnek, mivel a hiba megjelenését ő veszi észre legelsőnek. A hiba észlelését követően értesíteni az üzemben tartót és a gép javításával megbízott szerelőt. A könnyebb szemléltetés és megértés érdekében egy példán keresztül mutatom be ennek lényegét.

Egy John Deere 6155R típusú traktor turbófeltöltője meghibásodott, a turbina tengely lógni kezdett és a tengely kenésre szolgáló motorolaj a lógás miatt átszivárgott a tengelycsapágyazásánál a turbina lapátokhoz, ez bejuttatta a szívócsőnkba és a motorba, ahol részben elégett. Az égéstérből távozva a kipufogógáz olajjal telített volt és az olajgőz kicsapódott a DOC és DPF-ben. Az üzemeltetés annyira hosszú ideig tartott ebben a nem megfelelő üzemállapotban, hogy a turbó tengelye eltört. A turbófeltöltő cseréje után sem javult meg a traktor, indítás után azonnal csökkent az alajjárat és korom távozott a kipufogóból. A kipufogósűrők ki- és szétszerelése után láthatóvá vált, hogy mind a DOC, mind a DPF annyira eltömődött, hogy az emissziós gáz nem tudott átáramolni rajtuk és ezért esett a fordulatszám. Ekkora mértékű eltömődés hatására a DPF kerámia betétje kimozdult a rozsdamentes acélházból. A DOC és DPF a következő 30., 31. és 32. ábrákon látható. Ezért fontos a meghibásodás után a lehető legrövidebb idő alatt történő hibaelhárítás, hibamegszüntetés.



30.ábra: DOC kilépő oldala



31.ábra: DPF eltömődött tiszta oldal



32.ábra: DPF kb 3cm-re kinyomott kerámia

### 5.3. Tisztítási intervallum

A szakdolgozatban foglaltakat figyelembe véve nehéz meghatározni a kiszerezéssel járó tisztítási intervallumot. Átfogóan a mérések és saját tapasztalat alapján azt tudom mondani, hogy használatától függ. Az üzemeltetésfüggő intervallum meghatározására további mérések és kutatások szükségesek. A gépjárművek vizsgálatához a kiválasztásnál szelektálni kellene különböző csoportokba az erőgépeket motorteljesítmény kihasználtság szerint. Mivel az eddig leírtakban foglalt kipufogógáz csökkentő rendszerek gépei véletlenszerűen lettek kiválasztva, nem teljesítménykihasználtság szerint így egy általános szakműhelyi tisztítási intervallumot tudok meghatározni. A 22. ábrán látható, hogy mennyire különböznek az eltömődés mértékei, így a 3500-4000 üzemóra között szakműhelybe küldött szűrők több, mint 90%-nál elegendő a pneumatikus tisztítási módszer. Ezen tisztítási intervallum betartásánál minden motorteljesítmény kihasználtságnál eredményesen visszaállítja a részecskeszűrő áteresztő képességét közel 100%-ra, ez az intervallum tartásával a DPF többször is tisztítható és élettartama a 12 000 üzemórát is meghaladhatja, közel maradva a gyári áteresztőképességéhez és hatásfokához.

## 6. Összefoglalás

A szakirodalmi feldolgozásban részletesen megismertem a károsanyag csökkentő rendszerek működését külön-külön és teljes egységként is. A fontosságuk és elhelyezésük miértjét is egyre jobba megértettem, melyet a hasznomra tudok fordítani, mind a tanulmányaim folytatásában, mind a munkám során. Megértettem az apró hibákból, mekkora probléma keletkezhet a hosszú távú hibás üzemeltetés következtében. Illetve fordítva is igaz, hogy a keletkezett hibából következtetést tudok levonni, milyen alaphibából jutottunk el a komplex hibáig.

A szűrők tisztításakor végzett mérésekből készített táblázat és diagramok segítségével, jól kirajzolódott, hogy a traktorok mennyire univerzális használatú gépek. Ezen sokrétű használati mód miatt nehéz minden gépre egyaránt precíz üzemeltetési leírást adni és az emissziós gáz károsanyag csökkentő rendszerének tisztítási időintervallumát számszerűsíteni. Minden erőgépnek más és más környezeti, domborzati és erőhatást kell elviselni, ezért fontos a rendszeres karbantartás, a nem várt meghibásodások esetén a megfelelő szervizelés.

A mérések kielemezésével és megszerzett tapasztalatokból javasoltam egy üzemeltetési ajánlást és tettem egy tisztítási időintervallumot, mely mind az alkatrész élettartalmát növeli, mind a kiadási költségeket csökkenti, mivel egy tisztítás mindig olcsóbb, mint egy új alkatrész.

A legfőbb célnak annak kellene lennie, hogy a munkavállalók mentalizmusa változzon abba az irányba, hogy a munkagépet sajátjának érezze és úgy is kezelje, tartsa karban azt. Úgy gondolom a szakdolgozatban leírt hatodik fejezetet, az üzemeltetési ajánlást minden gépkezelőnek és gép tulajdonosnak el kellene olvasnia és betartania azt. Mikor a gépkezelő jelzi a problémát az általa használt erőgépen, azt aztért teszi, hogy megelőzze a nagyobb probléma kialakulását és a hosszú távú kiesést a termelésből.

Szakdolgozatom témájának kiválasztásakor még nem gondoltam, hogy mennyire szükséges leírni és tájékoztatni nem csak a mezőgazdaságban erőgépekkel dolgozó, de még a személygépjármű vezetők tudtára juttatni hogyan kell és érdemes üzemeltetni az általuk vezetett járműveket. Sokan vannak, akik nem látnak a technológia és technikai folyamatok mögé, egyszerűen csak beülnek a volánhoz, elfordítják az indító kulcsot és nem törődnek a gép működésével.

## 7. Summary

In the literature processing, I got to know in detail the operation of pollutant reduction systems both individually and as a whole unit. I also gained a better understanding of the reason for their importance and placement, which I can use to my advantage, both in the continuation of my studies and during my work. I understood from the small mistakes, how big a problem can arise as a result of long-term faulty operation. And the reverse is also true, that I can draw a conclusion from the created error, from which basic error we arrived at the complex error.

With the help of a table and diagrams made from the measurements taken during the cleaning of the filters, it became clear how universally used machines the tractors are. Due to this multifaceted use, it is difficult to provide a precise operating description for each machine and to quantify the cleaning time interval of the emission gas pollutant reduction system. Every power machine has to withstand different environmental, terrain and force effects, so regular maintenance and appropriate servicing in the event of unexpected breakdowns are important.

By analyzing the measurements and from the experience gained, I proposed an operating recommendation and made a cleaning time interval, which both increases the lifetime of the part and reduces the costs, since a cleaning is always cheaper than a new part.

The main goal should be to change the mentality of the employees in the direction that they feel the machine is their own and handle and maintain it. I think that the sixth chapter described in the thesis, the operating recommendation, should be read and followed by all machine operators and machine owners. When the machine operator indicates a problem on the power machine he is using, he does so in order to prevent the development of a larger problem and a long-term outage from production.

When choosing the topic of my thesis, I didn't think about how necessary it is to describe and inform not only those working with power machines in agriculture, but also the drivers of passenger cars, how the vehicles they drive should and should be operated. There are many people who do not see behind the technology and technical processes, they simply get behind the wheel, turn the ignition key and do not care about the operation of the machine.

## 8. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani a belső konzulensemnek, Dr. Keresztes Róbert Zsoltnak, és külső konzulensemnek Nagy Dánielnek, hogy a szakdolgozatom megírásához segítséget nyújtottak. Segítettek a formai követelmények és a szakmai helyesség betartásában. A konzultációkon ötletet adtak néhány általam nehezen vett akadályhoz. Mindezek mellett szeretném megköszönni Dr. Kiss Péternek, hogy a Projektmunka keretein belül segített mégjobban elmélyülni a formai követelmények között. Köszönetet szeretnék még nyilvánítani a KITE Zrt. aszódi telephelyén dolgozó szervizes és alkatrész előadó kollégáknak, akik a gyakorlati tudásukkal járultak hozzá a szakmai tudásom és a műszaki rálátásom fejlődéséhez, mely nagy segítséget nyújtott a szakirodalmak megértésében. Ki szeretném emelni a KITE Zrt. szakműhelyét és az ott dolgozó szakembereket, akik részletesen bemutatták az általam vizsgált tisztítási folyamatot és szakmai tudásukat is átadták. Végül szeretném megköszönni a családomnak, akik mindenben segítettek és támogattak, hogy zavartalanul tudjak koncentrálni az egyetemi tanulmányaimra és a szakdolgozatom elkészítésére.

## 9. Irodalomjegyzék

1. Dr. Lakatos István - Dr. Nagyszokolyai Iván (2009): Gépjárműdiagnosztika, Képzőművészeti Kiadó.
2. Dr. Fülöp Z.(1990): Belsőégésű motorok, Budapest: Tankönyvkiadó
3. Bukovinszky M. (2008): Otto motorok felépítése és működési elve I.
4. Kocsis I., Mezei T., Dr. Varga V. I. (2014): Mezőgazdasági erőgépek I., Hermann Ottó Intézet
5. Engyel Gy., Kozorics I. (2008): Mezőgazdasági erőgépek I. Budapest: Képzési és Szaktanácsadási Intézet
6. KTE Zrt. Kiadvány (2024): Speciális szakműhely Innovatív megoldások a motorfelújításhoz
7. KTE Zrt. Kiadvány (2021): Speciális szakműhely Innovatív megoldások a motorfelújításhoz
8. http1: <https://www.kite.hu/jubileum>
9. http2: <https://2gohungary.com/item/kite-mezogazdasagi-szolgaltrato-es-kereskedelmi-zrt/>
10. http3: <https://johndeeremotor.hu/szakmuhely>
11. http4: <https://hegylakok.hu/2020/04/a-ket-es-negyutemu-motorok-tortenete-iii-resz-egy-orasmester-feltalalja-a-belso-egesu-motort/>
12. http5: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1939&from=PL>
13. http6: [https://en.wikipedia.org/wiki/European\\_emission\\_standards](https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards)
14. http7: <https://www.deere.ee/et/metsamasinad/artiklid-ja-lood/metsamasinate-mootor/>
15. http8: <https://muszakiesinformatikaineveles.wordpress.com/7-osztaly/energetika/otto-motorok-dizelmotorok-sugarhajtomuvek-raketahajtomu/>
16. http9: [https://www.nye.hu/jmgt/sites/www.nye.hu.jmgt/files/oktsegedlet/motorok%20rendszer ezese\(oravazlat\).pdf](https://www.nye.hu/jmgt/sites/www.nye.hu.jmgt/files/oktsegedlet/motorok%20rendszer ezese(oravazlat).pdf)
17. http10: <https://hu.wikipedia.org/wiki/D%C3%ADzelmotor>
18. http11: <https://club.autodoc.hu/magazin/belso-egesu-motor>
19. http12: <https://hu.wikipedia.org/wiki/EGR-szelep>
20. http13: <https://autotechnika.hu/cikkek/motor-eroatvitel/9196/az-egr-szelepek>

21. http14: <https://www.nettinc.com/information/emissions-faq/what-is-a-diesel-oxidation-catalyst>
22. http15: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/diesel-oxidation-catalyst>
23. http16: <https://xeamos.com/white-paper-how-does-a-diesel-oxidation-catalyst-work/>
24. http17: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/diesel-oxidation-catalyst>
25. http18: [https://www.perkins.com/en\\_GB/products/emissions-technology/emissions-technology/diesel-oxidation-catalyst.html](https://www.perkins.com/en_GB/products/emissions-technology/emissions-technology/diesel-oxidation-catalyst.html)
26. http19: <https://www.mtu-solutions.com/cn/en/stories/technology/research-development/how-does-a-diesel-particulate-filter-work.html>
27. http20: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/diesel-particulate-filter>
28. http21: <https://www.dpfcentre.com/dpf-regeneration/>
29. http22: <https://addiesel.com.ua/wp-content/uploads/2020/04/DPF-300-MASTER-SERIES.pdf>
30. http23: <https://www.kingkardpf.com/doc-dpf-cleaning-methods-you-must-know.html>
31. http24: <https://terraclean-group.com/egr-szelep-mukodese-hibai/>
32. http25: <https://terraclean-group.com/egr-szelep-tisztitasa-es-mukodese-elve/>

## 10. Melléklet

1.sz. melléklet:

**Ásási munkalap**

Szűrő méretel  
Szűrő átmérő: 300 mm  
Kerámia átmérő: 242 mm  
Szűrő magassága: 230 mm  
Kerámia magassága: 205 mm  
Tiszta cella mélysége: 196 mm

Szűrő típus: DPF DOC

Tiszta oldalon fekete cellák száma: 1  
5 6 15 30 50 100 100+ 1000+

DPF 320 vákuum teszt tisztítás előtt: eredmény 4,15 w.g.

Szemrevételezés alapján gépi tisztítása megtörténhet: IGEN NEM

**2.Lépés: Pneumatikus tisztítás**  
Első néhány percben megfigyeljük a tisztítást, amennyiben a tiszta oldalon fekete vagy szürkés korom kiválása látható a tisztítás nem folytatható, a szűrő valószínűleg átszakadt, ezáltal a szűrő cseréjét javasoljuk.  
Megfigyelés után szűrő tisztítása folytatható: IGEN NEM

**3.Lépés:Pneumatikus tisztítás**  
A pneumatikus tisztítást mindaddig folytassuk amíg szennyeződés távozását látjuk a kilépő oldalon!!

DPF 320 vákuum teszt tisztítás után: 3,25 w.g.  
Szűrő pneumatikus tisztítás után követelményeknek megfelel: IGEN NEM

**4.Lépés: Hőkezeléses eljárás**  
Amennyiben a pneumatikus tisztítással nem érünk el megfelelő eredményt akkor a szűrőn elvégzünk egy több órás hőkezeléses tisztítást majd megismételjük a pneumatikus eljárást.  
DPF 320 vákuum teszt hőkezelés és tisztítás után: ..... w.g.  
Szűrő hőkezeléses és pneumatikus tisztítás után követelményeknek megfelel: IGEN NEM

Elvégzett munka és megjegyzés: 1kg. mennyiségű szennyeződés elhagyására a szűrőből kúros tisztítással.

Tisztítást végezte: Kriszta Szabolcs  
Dátum: 2024.10.21.

| pozíció     | tiszta oldal | szennyeződés | szennyeződés után | hőkezelés után |
|-------------|--------------|--------------|-------------------|----------------|
| Osztóp1     |              |              |                   |                |
| külső 1:00  | 196          | 72           | 196               |                |
| külső 2:00  |              | 68           | 196               |                |
| külső 3:00  |              | 57           | 196               |                |
| külső 4:00  |              | 55           | 196               |                |
| külső 5:00  | 196          | 50           | 196               |                |
| külső 6:00  |              | 63           | 196               |                |
| külső 7:00  |              | 71           | 196               |                |
| külső 8:00  |              | 75           | 196               |                |
| külső 9:00  | 196          | 70           | 196               |                |
| külső 10:00 |              | 72           | 196               |                |
| külső 11:00 |              | 74           | 196               |                |
| külső 12:00 |              | 63           | 196               |                |
| belső 1:30  |              | 65           | 196               |                |
| belső 3:00  | 196          | 60           | 196               |                |
| belső 4:30  |              | 59           | 196               |                |
| belső 6:00  |              | 56           | 196               |                |
| belső 7:30  | 196          | 50           | 196               |                |
| belső 9:00  |              | 72           | 196               |                |
| belső 10:30 | 196          | 74           | 196               |                |
| belső 12:00 |              | 70           | 196               |                |
| központ     | 196          | 67           | 196               |                |
| átlag       |              | 63           | 196               |                |

2.sz. melléklet:

| Material No. | Cleaning                                      | Fall - low | Pass - Good | Pass - Caution | Fall High | Üzemóra | Tisztítási mód |
|--------------|-----------------------------------------------|------------|-------------|----------------|-----------|---------|----------------|
|              |                                               | < 1,60     | 1,60 - 2,10 | 2,15 - 2,60    | < 2,60    |         |                |
| RE541180     | Before cleaning: 3,55<br>After cleaning: 1,75 |            | 1,75        |                |           | 2610    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 4,38<br>After cleaning: 1,74 |            | 1,74        |                |           | 3641    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 3,48<br>After cleaning: 1,64 |            | 1,64        |                |           | 3678    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 4,50<br>After cleaning: 1,71 |            | 1,71        |                |           | 3778    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 4,82<br>After cleaning: 1,80 |            | 1,8         |                |           | 3865    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 3,74<br>After cleaning: 1,73 |            | 1,73        |                |           | 3917    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 4,83<br>After cleaning: 1,71 |            | 1,71        |                |           | 3980    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 5,02<br>After cleaning: 1,83 |            | 1,83        |                |           | 4000    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 3,77<br>After cleaning: 1,78 |            | 1,78        |                |           | 4100    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 4,69<br>After cleaning: 1,7  |            | 1,7         |                |           | 4178    | termikus       |
| RE541180     | Before cleaning: 4,04<br>After cleaning: 1,71 |            | 1,71        |                |           | 4230    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 4,48<br>After cleaning: 1,71 |            | 1,71        |                |           | 4280    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 4,0<br>After cleaning: 1,7   |            | 1,7         |                |           | 4354    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 4,81<br>After cleaning: 1,72 |            | 1,72        |                |           | 4381    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 3,71<br>After cleaning: 1,65 |            | 1,65        |                |           | 4449    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 3,55<br>After cleaning: 1,65 |            | 1,65        |                |           | 4470    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 3,40<br>After cleaning: 1,67 |            | 1,67        |                |           | 4490    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 2,71<br>After cleaning: 1,66 |            | 1,66        |                |           | 4500    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 3,82<br>After cleaning: 1,77 |            | 1,77        |                |           | 4506    | levegős        |
| RE541180     | Before cleaning: 2,98<br>After cleaning: 1,70 |            | 1,7         |                |           | 4534    | levegős        |

|          |                                               |  |      |  |  |      |          |
|----------|-----------------------------------------------|--|------|--|--|------|----------|
| RE541180 | Before cleaning: 4,35<br>After cleaning: 1,75 |  | 1,75 |  |  | 4570 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,73<br>After cleaning: 1,75 |  | 1,75 |  |  | 4573 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,45<br>After cleaning: 1,73 |  | 1,73 |  |  | 4590 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,58<br>After cleaning: 1,71 |  | 1,71 |  |  | 4679 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,24<br>After cleaning: 1,81 |  | 1,81 |  |  | 4680 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,25<br>After cleaning: 1,71 |  | 1,71 |  |  | 4712 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,71<br>After cleaning: 1,69 |  | 1,69 |  |  | 4787 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,38<br>After cleaning: 1,66 |  | 1,66 |  |  | 4890 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,14<br>After cleaning: 1,70 |  | 1,7  |  |  | 4947 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 5,61<br>After cleaning: 3,47 |  | 1,75 |  |  | 4950 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 5,33<br>After cleaning: 1,69 |  | 1,69 |  |  | 4985 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 5,2<br>After cleaning: 1,74  |  | 1,74 |  |  | 5060 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,62<br>After cleaning: 1,69 |  | 1,69 |  |  | 5100 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,04<br>After cleaning: 1,73 |  | 1,73 |  |  | 5100 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,92<br>After cleaning: 1,62 |  | 1,62 |  |  | 5130 | termikus |
| RE541180 | Before cleaning: 4,61<br>After cleaning: 2,08 |  | 2,08 |  |  | 5181 | termikus |
| RE541180 | Before cleaning: 3,44<br>After cleaning: 1,70 |  | 1,7  |  |  | 5200 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,48<br>After cleaning: 1,76 |  | 1,76 |  |  | 5280 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,47<br>After cleaning: 1,65 |  | 1,65 |  |  | 5300 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,60<br>After cleaning: 1,85 |  | 1,85 |  |  | 5306 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,40<br>After cleaning: 1,95 |  | 1,95 |  |  | 5326 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,18<br>After cleaning: 1,68 |  | 1,68 |  |  | 5385 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,48<br>After cleaning: 1,68 |  | 1,68 |  |  | 5451 | levegős  |

|          |                                               |  |      |      |  |      |          |
|----------|-----------------------------------------------|--|------|------|--|------|----------|
| RE541180 | Before cleaning: 4,33<br>After cleaning: 1,70 |  | 1,7  |      |  | 5500 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,75<br>After cleaning: 1,79 |  | 1,79 |      |  | 5500 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 5,07<br>After cleaning: 2,1  |  | 2,1  |      |  | 5500 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,45<br>After cleaning: 1,81 |  | 1,81 |      |  | 5507 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,15<br>After cleaning: 1,70 |  | 1,7  |      |  | 5600 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,93<br>After cleaning: 1,96 |  | 1,96 |      |  | 5616 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,55<br>After cleaning: 1,77 |  | 1,77 |      |  | 5642 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,12<br>After cleaning: 1,70 |  | 1,7  |      |  | 5672 | termikus |
| RE541180 | Before cleaning: 3,38<br>After cleaning: 1,75 |  | 1,75 |      |  | 5840 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,98<br>After cleaning: 1,68 |  | 1,68 |      |  | 5855 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,06<br>After cleaning: 1,8  |  | 1,8  |      |  | 5871 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,28<br>After cleaning: 1,71 |  | 1,71 |      |  | 5965 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,34<br>After cleaning: 1,71 |  | 1,71 |      |  | 5983 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,58<br>After cleaning: 2,25 |  |      | 2,25 |  | 5983 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,10<br>After cleaning: 1,68 |  | 1,68 |      |  | 5991 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,90<br>After cleaning: 1,75 |  | 1,75 |      |  | 5992 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,45<br>After cleaning: 1,64 |  | 1,64 |      |  | 6000 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,57<br>After cleaning: 1,75 |  | 1,75 |      |  | 6000 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,68<br>After cleaning: 1,70 |  | 1,7  |      |  | 6070 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,63<br>After cleaning: 1,71 |  | 1,71 |      |  | 6099 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,95<br>After cleaning: 1,85 |  | 1,85 |      |  | 6100 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,19<br>After cleaning: 1,74 |  | 1,74 |      |  | 6100 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,32<br>After cleaning: 1,68 |  | 1,68 |      |  | 6119 | levegős  |

|          |                                               |  |      |  |  |      |          |
|----------|-----------------------------------------------|--|------|--|--|------|----------|
| RE541180 | Before cleaning: 4,37<br>After cleaning: 1,71 |  | 1,71 |  |  | 6131 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,69<br>After cleaning: 1,75 |  | 1,75 |  |  | 6144 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 5,12<br>After cleaning: 1,73 |  | 1,73 |  |  | 6197 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,19<br>After cleaning: 1,72 |  | 1,72 |  |  | 6201 | termikus |
| RE541180 | Before cleaning: 3,35<br>After cleaning: 1,65 |  | 1,65 |  |  | 6203 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,83<br>After cleaning: 1,76 |  | 1,76 |  |  | 6210 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,5<br>After cleaning: 1,67  |  | 1,67 |  |  | 6223 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,97<br>After cleaning: 1,79 |  | 1,79 |  |  | 6237 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,51<br>After cleaning: 1,87 |  | 1,87 |  |  | 6240 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,8<br>After cleaning: 1,81  |  | 1,81 |  |  | 6245 | termikus |
| RE541180 | Before cleaning: 2,31<br>After cleaning: 1,66 |  | 1,66 |  |  | 6255 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,25<br>After cleaning: 1,65 |  | 1,65 |  |  | 6268 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,02<br>After cleaning: 1,77 |  | 1,77 |  |  | 6294 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,48<br>After cleaning: 1,68 |  | 1,68 |  |  | 6300 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,61<br>After cleaning: 1,73 |  | 1,73 |  |  | 6338 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,95<br>After cleaning: 1,68 |  | 1,68 |  |  | 6350 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,67<br>After cleaning: 1,71 |  | 1,71 |  |  | 6356 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 1,90<br>After cleaning: 1,78 |  | 1,78 |  |  | 6356 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,74<br>After cleaning: 1,73 |  | 1,73 |  |  | 6360 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,2<br>After cleaning: 1,65  |  | 1,65 |  |  | 6385 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,0<br>After cleaning: 1,72  |  | 1,72 |  |  | 6417 | termikus |
| RE541180 | Before cleaning: 3,62<br>After cleaning: 1,76 |  | 1,76 |  |  | 6422 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,96<br>After cleaning: 1,85 |  | 1,85 |  |  | 6451 | termikus |

|          |                                               |  |      |  |  |      |          |
|----------|-----------------------------------------------|--|------|--|--|------|----------|
| RE541180 | Before cleaning: 3,31<br>After cleaning: 1,82 |  | 1,82 |  |  | 6477 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,00<br>After cleaning: 1,75 |  | 1,75 |  |  | 6500 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,39<br>After cleaning: 1,77 |  | 1,77 |  |  | 6500 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,6<br>After cleaning: 1,69  |  | 1,69 |  |  | 6500 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,29<br>After cleaning: 1,72 |  | 1,72 |  |  | 6502 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,42<br>After cleaning: 1,64 |  | 1,64 |  |  | 6508 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 3,43<br>After cleaning: 1,71 |  | 1,71 |  |  | 6514 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 2,29<br>After cleaning: 1,65 |  | 1,65 |  |  | 6540 | termikus |
| RE541180 | Before cleaning: 2,4<br>After cleaning: 1,65  |  | 1,65 |  |  | 6541 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,66<br>After cleaning: 1,71 |  | 1,71 |  |  | 6691 | levegős  |
| RE541180 | Before cleaning: 4,09<br>After cleaning: 1,73 |  | 1,73 |  |  | 6698 | levegős  |



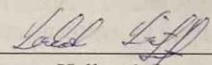
Szent István Campus, Gödöllő  
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.  
Tel.: +36-28/522-000  
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

## NYILATKOZAT

Alulírott Kakuk Kristóf, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépeszmérnök szak nappali/levelező\* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: 2024 év 10 hó 29 nap

  
Hallgató

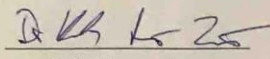
## NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védelemre javaslok / nem javaslok\*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: 2024 év 10 hó 29 nap

  
Belső konzulens

\*Kérjük a megfelelő aláírni!

## NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréséről és  
eredetiségéről

A hallgató neve: Kakuk Kristóf  
A Hallgató Neptun kódja: ZB7PLB  
A dolgozat címe: Mezőgazdasági erőgépek emissziós rendszerének hatékony üzemeltetési ajánlása  
A megjelenés éve: 2024  
A tanszék neve: Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

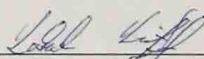
Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2024 év 10 hó 29 nap

  
Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.