ROVATVEZETŐ:

Dr. Demes György



Traktormotorok levegőszennyezése (5.)

A sorozatot szerkeszti: Dr. Demes György

Dízel részecskeszűrők (DPF) regenerálása és tisztítása

Dr. Varga Vilmos *c. egyetemi docens*

SzIE Gépészmérnöki Kar, Járműtechnika Tanszék, Gödöllő

A traktorokon alkalmazott dízel részecskék szűrőberendezéseit időszakosan regenerálni és tisztítani szükséges. A kialakított eljárások hatékony üzemeltetéséhez szakmai ismeretekre és ezek szakszerű alkalmazására is szükség van. A mezőgazdasági erőgépeknél elterjedő részecskeszűrők regenerálásával és tisztításával kapcsolatos alapvető ismereteket az alábbiakban foglaljuk össze.

Az üzemeltetés során kiszűrt dízel részecskék lerakódása miatt megnövekszik a részecskeszűrő (DPF) áramlási ellenállása, ezzel csökken a dízelmotor teljesítménye és megnő a motor hajtóanyag-fogyasztása. Az *1. ábrá*n látható a részecskeszűrön létrejövő nyomáskülönbség változása a kipufogógáz áramlási mennyiségének függvényében tele, tiszta és lukas szűrőbetét esetén.

A részecskeszűrő eltömődése differenciál nyomásmérő szenzorral nyomon követhető a motorfordulatszám (a kipufogógáz térfogatáramlás) függvényében. Az alkalmazott részecskeszűrő térfogata optimalizálható, ha a szűrőbetétben felgyülemlett anyagot meghatározott időnként eltávolítjuk regenerálással és tisztítással. A részecskeszűrő regenerálásával és tisztításával növelhető a motor teljesítménye és csökkenthető a fajlagos hajtóanyag-fogyasztás.

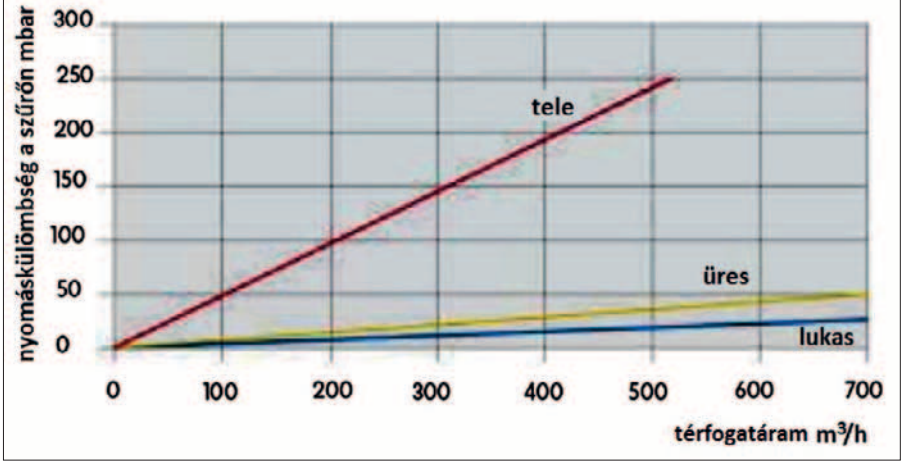
Dízel részecskeszűrő (DPF) regenerálása

Regenerálásnak nevezik azt az eljárást, amikor a részecskeszűrőből (PDF) időről időre a traktorból kiszerelés nélkül eltávolítják a felhalmozódott részecskék jelentős részét. A regenerálási eljárás során a szűrőben lerakodott részecskék koromtartalmát távolítják el égetéssel. A művelet két nagy csoportra osztható: passzív és aktív regenerálásra. A passzív rendszerek az elterjedtebbek, mert ezek működéséhez nincs szükség külső energiaforrásra, míg az aktív rendszereknél valamilyen külső energia bevitellel valósítható meg a korom elégetése. A gyakorlatban egyre inkább a különböző eljárásokat együtt alkalmazzák a biztonságos regenerálás végrehajtása érdekében.

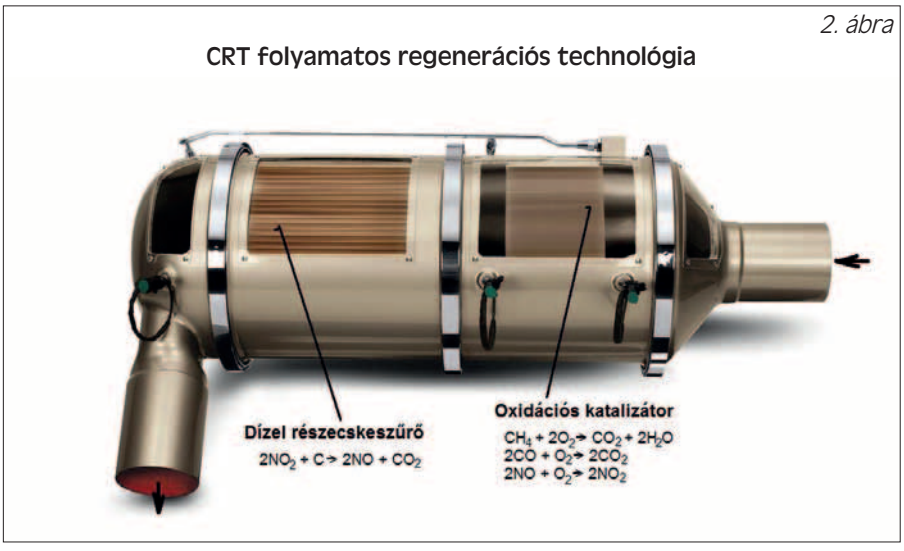
A traktortechnikában átlagosan 10-20 üzemóránként van szükség a szűrő regenerálására, amely normál körülmények között 600 °C fölötti hőmérsékleten megy végbe. Itt a részecske széntartalma a kipufogógáz oxigénjével szén-dioxiddá alakul. Ilyen magas ki-

1. ábra

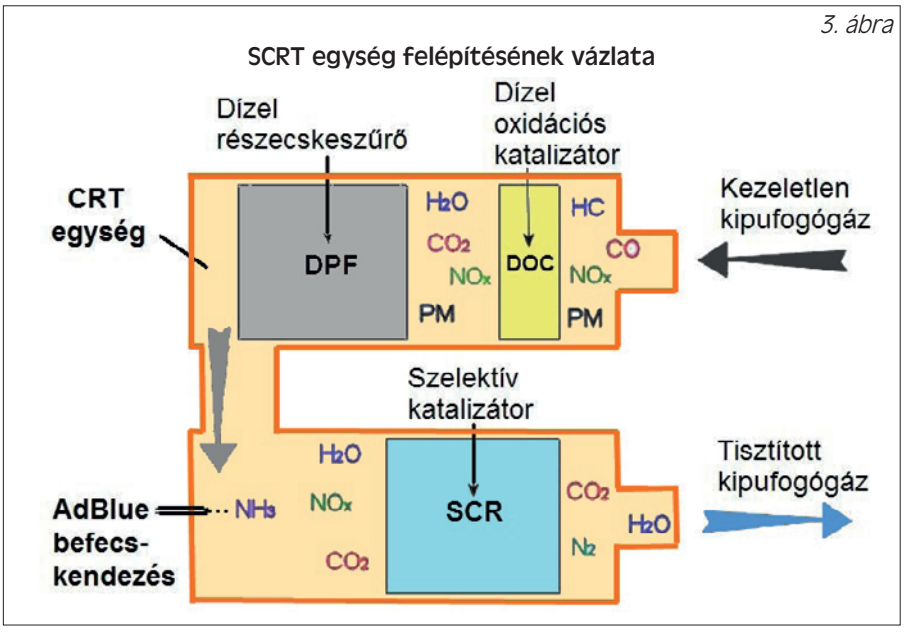
Részecskeszűrő áramlási ellenállásának változása



2. ábra
CRT folyamatos regenerációs technológia



3. ábra
SCRT egység felépítésének vázlata



pufogógáz hőmérsékletet csak a motor névleges teljesítményének közelében lehet elérni, normál üzemeltetési feltételek mellett nem, vagy csak ritkán. Ezért vagy a kipufogógáz hőmérsékletét kell följebb emelni, vagy a koromrészecske gyulladási hőmérsékletét kell additív anyag alkalmazásával csökkenteni. A leggyakrabban alkalmazott DPF regenerálási eljárásokat a következő példák szemléltetik.

CRT (Continuosly Regeneratig Technology) folyamatos regenerációs technológia

A leggyakrabban használt regenerációs technikánál a CRT-egység két részre osztható (*2. ábra*). Az első rész egy magas reakció készségű platinával borított oxidációs katalizátor (DOC), a második rész a dízel részecskeszűrő (DPF).

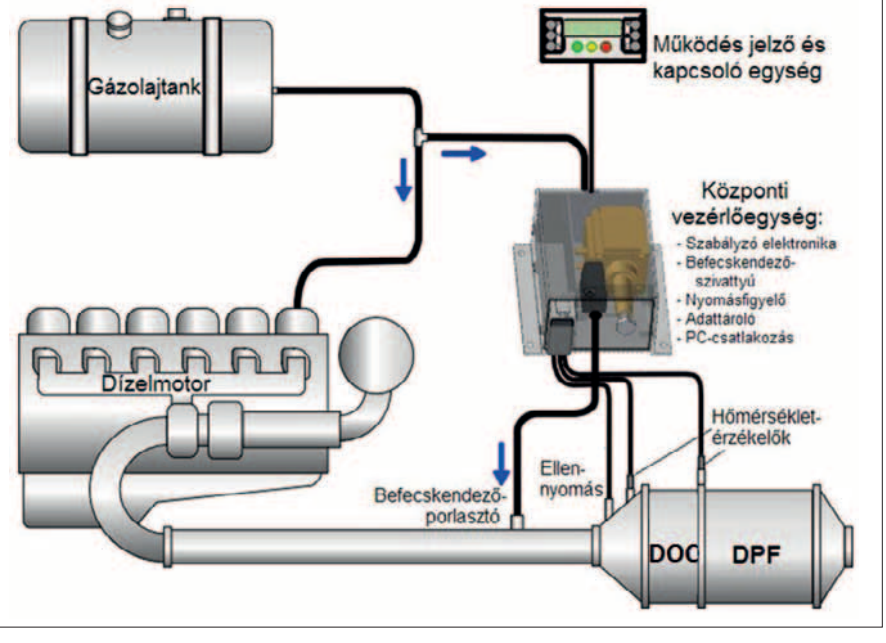
A katalizátor oxidálja a szénmonoxidot (CO), a szén-hidrogéneket (HC), a nitrogén-monoxidot (NO) és így megemelkedik a kipufogógáz hőmérséklete. A keletkező nitrogén-dioxid (NO_2) pedig reagál a részecske szűrőben fenn akadt korom (C) részecskékkel, aminek következtében újra NO és CO_2 képződik.

Ha a ez a folyamatos regenerálás nem valósul meg akkor a motorvezérlő elektronika aktívan beavatkozik, utó-befecskendezést hoz létre, hogy segítse a regenerálás elvégzéséhez szükséges HC és NO mennyiség létrehozását.

CDPF (Catalyzed Diesel Particulate Filter), katalitikus bevonatú részecskeszűrő regenerálása

A CDPF részecskeszűrő a CRT tovább fejlesztett változata. Ennél a megoldásnál a koromszemcsék leégése részecskeszűrő katalitikus hatású anyagával, például platinával bevont felületén is létrejön, megfelelő körülmények mellett.

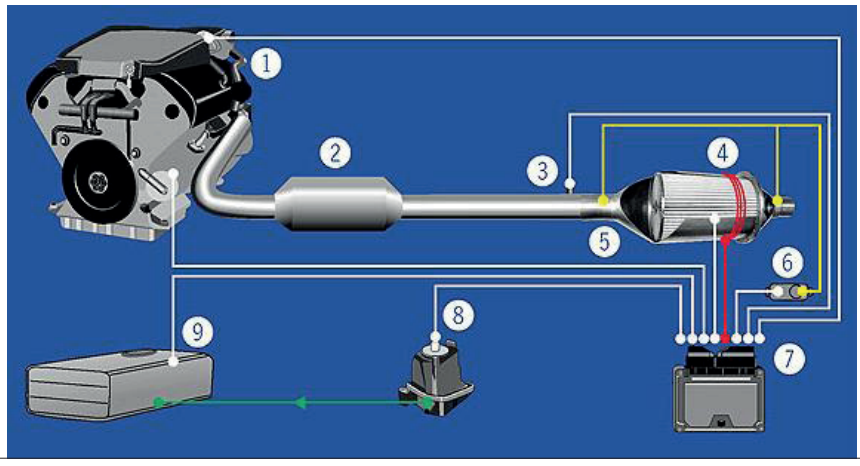
4. ábra
Aktív égőfejes leégetéses regenerálás vázlata



5. ábra

Aktív villamos leégetéses regenerálás vázlata

1. dízelmotor; 2. katalizátor; 3. hőmérséklet érzékelő; 4. fűtő elem; 5. dízel részecskeszűrő; 6. nyomás szenzor; 7. vezérlőegység; 8. additívtank; 9. üzemanyagtank



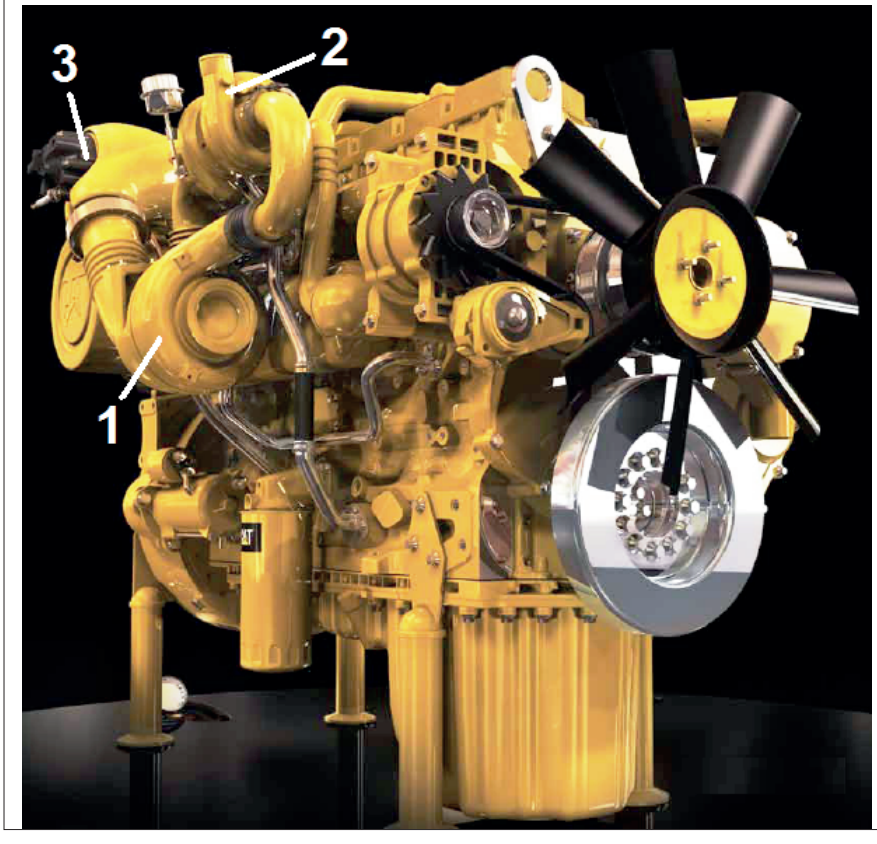
A katalitikus bevonatú részecskeszűrőkben a CO, a NO és a HC az oxidációs katalizátorokhoz hasonlóan oxidálódik, létrejövő energia-felszabadulás éppen ott okoz hőmérsékletnövekedést, ahol a korom meggyulladására szükség van. A regenerációs folyamat elvégzéséhez kellően meleg kipufogógázra van szükség. amely nagy motorleterhelés esetén érhető el.

A korom gyulladási hőmérsékletének leszállítása érdekében esetleg additív adalékanyagot is alkalmaznak a gázolajhoz keverve, hogy kisebb motorterhelésnél is lejátszódjon a regenerálás folyamata.

6. ábra

Cat® C7.1 típusjelzésű, 7,0 literes 130-225 kW (175-300 LE) teljesítményű iTier 4 /Stage III B környezeti előírásokat kielégítő dízelmotor (*Forrás*: Caterpillar)

1. alacsony nyomású turbótöltő; 2. magas nyomású turbótöltő (VGT); 3. a DPF regenerálásához szükséges szikragyújtású égőfej



SCRT-rendszer: CRT + SCR

Az előbbi regenerálási eljárások során jelentős mennyiségű nitrogén-monoxid (NO) keletkezik, amelyet csökkenteni kell. A CRT rendszert kiegészítik a szelektív katalitikus redukciós (SCR) rendszerrel. Az így létrejövő SCRT-rendszer (*3. ábra*) több mint egy egyszerű kombináció, azért mert nem csak a DPF regenerálására szolgál, hanem az SCR rendszerrel AdBlue folyadék alkalmazásával nagyon hatékony NO_x mérséklését is elvégzi. A motorvezérlési rendszer hangolja össze a kipufogógáz összetételének és hőmérsékletének optimalizálásával a CRT és a SCR együttműködését.

A következő években a gyártok egyre több traktor dízelmotorhoz alkalmazni fogja az SCRT technikát, hogy az egyre szigorodó levegőszennyezésre vonatkozó hatósági előírásokat teljesíteni tudják.

Aktív leégetéses regeneráció

Kétféle aktív leégetési eljárás terjedt el a részecskeszűrők regenerálására. Az egyik eljárásnál a korom leégetéséhez szükséges magas hőmérsékletet a kipufogócsőbe fecskendezett tüzelőanyag elégetésével érik el (*4. ábra*).

A rendszer, érzékelők segítségével értékeli a kipufogógáz hőmérsékletét, a motor üzemállapotát, DPF eltömődését stb. és szükség esetén automatikusan indítja a regenerálási folyamatot. A tüzelőanyagot (gázolajat) a szükséges levegővel együtt egy kis égéstérbe vezetik, amely ott elég és ez a részecskeszűrőben a kipufogógáz hőmérsékletét körülbelül 650 °C-ra növeli, amelynek hatására a regenerálás létre jön.

A másik eljárásnál a szinterfém szűrőbetét köré tekercselt elektromos fűtőszál hevíti fel a ré-

szecskeszűrő rendszert és ennek hatására ég el a korom (*5. ábra*). Lehetséges additív anyag hozzáadása is, amely meggyorsítja a regenerációt.

DPF regenerálás a traktoros szemszögéből

A hatékony kipufogógáz kezelés érdekében a Caterpillar élenjáróként alkalmazta a dízel részecskeszűrőket, nemcsak a közúti járműveknél, hanem 2007-től mezőgazdasági erőgépbe épített dízelmotoroknál is.

A részecskeszűrő regenerálásával kapcsolatos traktor vezetői feladatokat a Caterpillar C 7.1 típusjelzésű (*6. ábra*) motorral üzemelő traktorral kapcsolatban foglaljuk össze. Ez a motor a DPF tartós működéséhez fejlett elektronikával és regenerálási rendszerrel (CRS, *Cat Regeneration System*) rendelkezik.

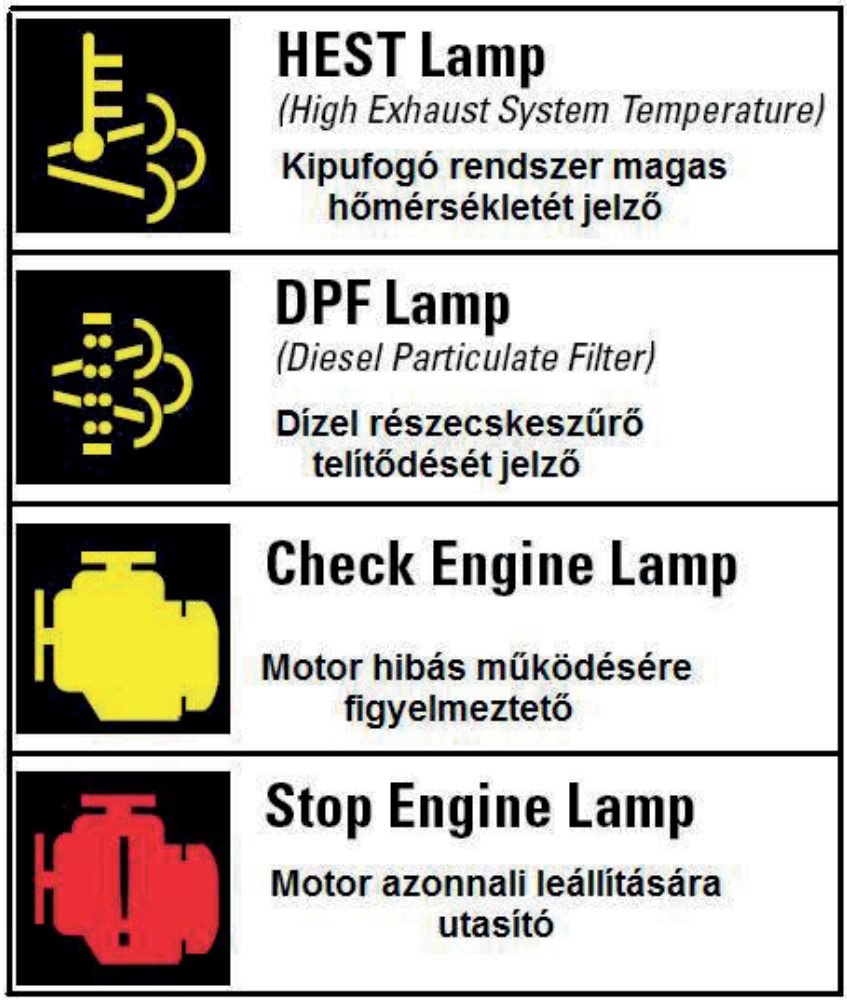
Az CRS rendszer időszakonként eltávolítja a szűrőben lerakodott korom jelentős részét automatikusan, vagy a traktoros által aktivizálva.

A Caterpillar katalitikus bevonatú (CDPF) részecskeszűrőt alkalmaz. A regeneráláshoz szükséges magas kipufogógáz hőmérsékletet a turbótöltő után beépített gázolajjal működő szikragyújtású égőfejjel állítja elő.

A gép kezelőjének, a traktorosnak kevés feladata van a részecskeszűrő regenerálással kapcsolatban. A műszerfalon lévő jelzőlámpákat kell rendszeresen figyelnie (*7. ábra*) és a gépkönyv utasításainak megfelelően kell eljárnia.

7. ábra

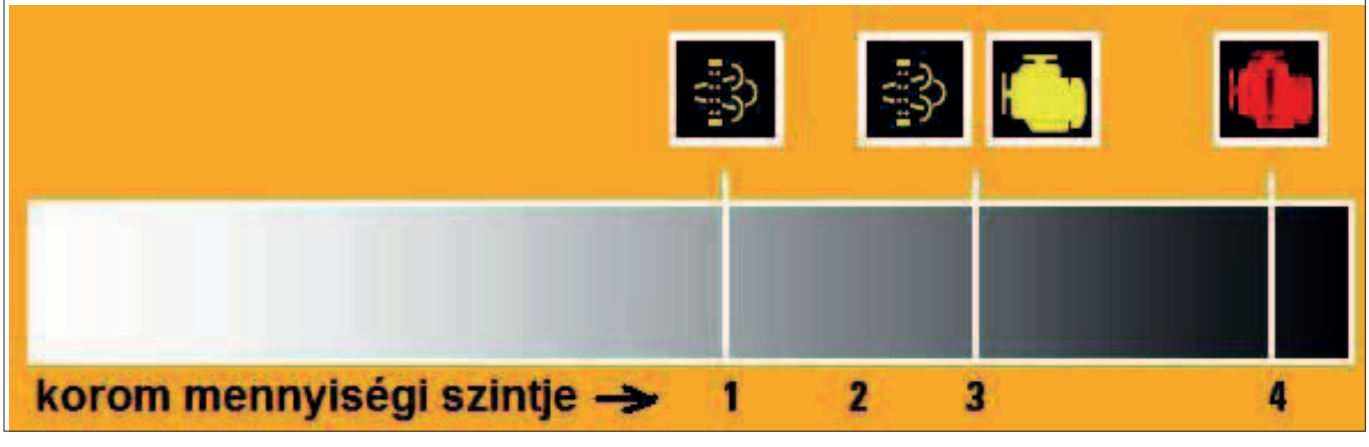
C 7.1 motor CRS regenerálási rendszerének jelző piktogramjai (*Forrás*: Caterpillar)



A „HEST" lámpa villogása jelzi a traktorosnak, hogy a DPF kivezető nyílásánál a kipufogógáz hőmérséklete magasabb, mint 450 °C a regenerálás megkezdhető (ha a lámpa folyamatosan ég a motor leterhelését mérsékelni kell pl. a haladási sebesség csökkentésével). Az automatikus (haladás közbeni) regenerálási feltételei adottak (pl. megfelelő mennyiségű üzemanyag van a tankban, megfelelő ideig várható a nagy terhelés melletti haladás), akkor ajánlatos az automatikus regenerálás kapcsolót aktivizálni

8. ábra

A részecskeszűrőben a lerakodás mértékéhez tartozó piktogram jelzések (*Forrás*: Caterpillar)

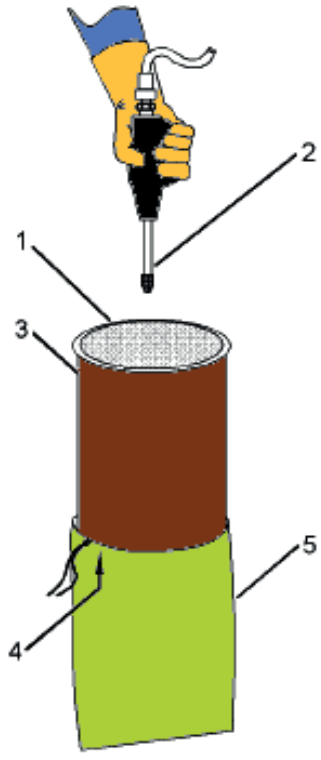


(4 másodpercig nyomni kell). Ha a traktoros nem él ezzel a lehetőséggel, akkor a szűrő eltömődése folytatódik és további piktogram jelzések világítanak a műszerfalon (*8. ábra*).

9. ábra

Részecskeszűrő kézi tisztítása ellenáramú sűrített levegővel (*Forrás*: Caterpillar)

1. kiömlő felület (kormos); 2. flexibilis (gumi) fúvóka; 3. szűrőegység; 4. belépő felület; 5. szűrőzsák



A DPF lámpa villogása jelzi, hogy a részecskeszűrő kezd eltömődni (*8. ábra* 1. szint). Ha az automatikus regenerálás feltételei adottak, akkor aktivizálni kell azt. A regenerálás ideje alatt a HEST lámpa világít. A szűrő regenerálása szabályosan megvalósult akkor a DPF lámpa jelzése is megszűnik.

DPF lámpa folyamatosan világít és villog a sárga színű motor ellenőrző lámpa is, ekkor a részecskeszűrő eltömődött (*8. ábra* 3. szint). Az automatikus regenerálást azonnal meg kell kezdeni, vagy ha a feltételei nem biztosítottak, akkor a manuális, kézi (álló helyzetű) regenerálást kell végre hajtani.

A manuális szűrő regenerálás általában minden olyan esetben elvégezhető, amikor az automatikus regenerálás nem járt eredménnyel, vagy feltételei nem voltak meg. Az eljárás rendszerint a következő: A traktort meg kell állítani, a sebességváltó karját semleges helyzetbe tenni, a motort 1200-1400 f/min fordulatszámon járatni kell. A rögzítő, vagy a kézi féket be kell kapcsolni, húzni. A kézi regenerálási kapcsolót be kell kapcsolni (4 s-ig nyomni).

Az összes piktogram kialvása jelzi, hogy a DPF üzemszerűen használható állapotba került. Ha ez nem jött létre, akkor újra meg lehet próbálni a manuális regenerálást.

A részecskeszűrő nagyon eltömődött (*8. ábra* 4. szint), a regenerálások nem hajtódtak végre, akkor pirosan villog a „Stop Engine Lamp”, akkor a motort 30 másodpercen belül le kell állítani. Újra indítás után ismét pirosan világít a motor leállítását jelző lámpa, akkor azonnal le kell állítani a motort, hívni kell a szakszerviz szakemberét, vagy a szakszervizbe be kell vontatni a traktort, a hiba kijavítása érdekében.

A DPF betétjének regenerálását, ha a gépkönyv másként nem rendelkezik, 10-20 üzemóránként célszerű elvégeztetni, illetve az automatikus regenerálást aktivizálni, a kapcsolóját bekapcsolni.

10. ábra

Caterpillar pneumatikus, mobil DPF tisztító berendezése (*Forrás*: Caterpillar)



Dízel részecskeszűrő (DPF) tisztítása

Tisztítás alatt azt a műveletet értjük, amikor a traktorból kiszerelt részecskeszűrőből távolítjuk el a lerakodott szennyeződéseket. A részecskeszűrő a jól működő regenerálási berendezés ellenére is eltömődik, az el nem égethető szennyeződésekkel. Általában traktorok esetében 4000-5000 üzemóra után a szűrő betétet tisztítani szükséges. A tisztítás viszonylag egyszerűen elvégezhető a szűrőbetéten ellenáramú levegő, vagy mosó folyadék átáramoltatásával.

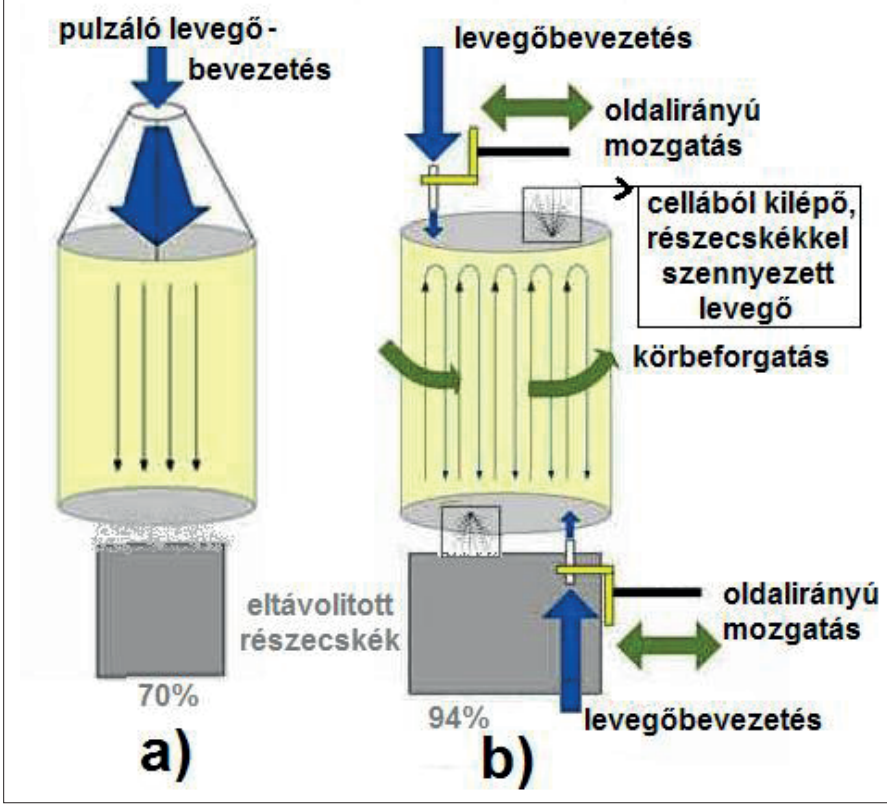
Tisztítás levegővel

A levegővel való tisztítás az elterjedtebb megoldás, egyszerűsége és az eltávolított káros szennyező por könnyebb szállíthatósága miatt.

A Caterpillar például a következőket javasolja elsősorban kisméretű szűrőbetétek esetén. A betétet kiszerelés után száraz ellenáramú levegővel ki lehet tisztí-

11. ábra

DPF tisztítása levegőáramoltatással
a) ellenáramú egyszerű módszer; b) cellánkénti kétirányú letapogatás
(*Forrás: www.fsxinc.com*)



tani a *9. ábrá*nak megfelelően. Az alkalmazható maximális levegőnyomás értéke 2 bar (200 kPa) és a művelet a cellák letapogatásával 12 mm átmérőjű fúvókával 40-80 percig tart. A tisztítási művelet során felfogott porra, a veszélyes anyagokra vonatkozó egészségügyi és megsemmisítési hatósági előírásokat kell betartani.

A Caterpillar szerszámként értékesíti a speciális flexibilis (gumi) fúvókát tartalmazó készüléket és az 5µm-es szűrési finomságú szűrőzsákot (porzsákot). A szűrőzsák 5-10 alkalommal használható fel, de ürítésénél vigyázni kell a veszélyes poranyagra.

A nagyobb méretű DPF egység pneumatikus mobil tisztító berendezésre helyezve tisztítható (*10. ábra*). A tisztítás hatékonyságának növelése érdekében ennél a berendezésnél egyik oldalon a levegőnyomással lép be a részecske szűrőbe, a másik oldalon pedig vákuumszivattyú szívja el a levegőt és a szennyező részecskéket. A leválasztott részecskéket hordó-

12. ábra

FSX Inc. gyártmányú 1627 típusjelzésű pneumatikus DPF tisztító berendezés (*Forrás: www.fsxinc.com*)



13. ábra

Ultrahangos DPF mosókád (*Forrás: www.techsonic.ca*)



14. ábra

DPF tisztítása mosófolyadékkal (*Forrás: www.techsonic.ca*)



ba gyűjti össze a berendezés. Ez a berendezés igen nagyméretű DPF tisztítására is alkalmas. A tisztítandó szűrőegység a járműben maradhat, ha a tisztító készüléket nagy átmérőjű flexibilis csövekkel rákötik. A tisztítás idő igénye 1-3 órára is kitolódhat.

Az amerikai FSX Inc. cég szabadalmaztatott eljárásával a levegős tisztítási eljárás hatékonysága nagymértékben megnövelhető (*11. ábra*).

A *11. a) ábrá*n látható egyszerű módszernél ellenáramba bevezetett pulzáló nyomású levegővel végzik a DPF tisztítását. Ez a tisztítási folyamat nem hatékony, a szűrőbetét nem egyenletesen tisztul, a közepe jobban, a széle kevésbé. A gépkezelő nem tudja mikor kész az eljárás. Egy adott nagyméretű és -szennyezettségű, 5000 cellából álló DPF-ből 30-40 perc tisztítás után kb. 70 %-ban távolítható el a részecskék mennyisége.

A *11. b) ábrá*n látható eljárásnál a gép egy-egy levegőfúvókából kijövő levegővel – ellenáramban és működési irányba – cellánként vezérelve letapogatva tisztítja a szennyezett DPF-et. Az eljárás nagyon hatékony, 20-30 perc alatt a részecskék közel 94 %-a eltávolítható. Az összes cella tisztítására sor kerül, az eljárás vége behatárolható. A megvásárolható gép a *12. ábrá*n látható.

Tisztítás mosófolyadékkal

A mosófolyadékkal való tisztítás igen hatékony, segítségével a szűrőn lerakodott szennyező anyag mennyiség 97-99 %-a eltávolítható. Hátránya ennek az eljárásnak, hogy energiaigénye nagyobb és a keletkezett szennyezett mosófolyadékot kezelés után kell megsemmisíteni.

A traktorból kiszerelt részecskeszűrőt először mosókádba helyezik (*13. ábra*), amelyben az adalék tartalmú mosófolyadékot kb. 27 kHz-es ultrahanggal rezegtetik. Az ultrahangos fürdőben, a szűrőház külső szennyeződései leválnak, a belső szennyeződések fellazulnak. A belső szennyeződéseket – a levegős tisztítási eljáráshoz hasonlóan – ellenáramú mosófolyadékkal távolítják el (*14. ábra*). Az alkalmazható maximális folyadéknyomás értéke 2 bar (200 kPa), a művelet a cellák letapogatásával 20-25 percig tart. A nedves szűrőbetétet meleg levegő átáramoltatásával szárítják ki.

A dízel részecskeszűrő tisztító berendezések gyártására és forgalmazására világszerte komoly iparág alakult ki. Hazánkban is számos helyen végeznek import gépekkel és technológiával részecskeszűrő tisztítást.

■