

SZAKDOLGOZAT

Szakáll László
Kenéstechnológiai és Tribo-
diagnosztikai szakmérnök /
szakember

Gödöllő
2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Belsőégésű motor tribológiai vizsgálata

Belső konzulens: Dr. Keresztes Róbert Zsolt
egyetemi docens

Külső konzulens: Dr. Eleőd András
professzor emeritus

Készítette: Szakáll László
GGCKOL
levelező tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki intézet/
Anyagtudományi, és
Gépipari folyamatok
tanszék

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET

Kenéstechnológiai és Tribo-diagnosztikai szakmérnök / szakember

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Szakáll László (GGCKOL)

részére

A szakdolgozat címe:

Belsőégésű motor tribológiai vizsgálata

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozása, probléma bemutató, Landini Powerfarm 100 HC típusú erőgép Perkins motorjának hibafeltárása, a javítási technológia bemutatása, a teljes felújításának bemutatása, gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

Külső konzulens: Dr. Eleőd András emeritus professzor, None

Belső konzulens: Dr. Keresztes Róbert Zsolt egyetemi docens, MATE MI

Beadási határidő: 2024. november 5

Gödöllő, 2024. szeptember 9

Jóváhagyom

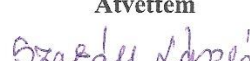


(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

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

Gödöllő, 2024. 10. 25.



(külső konzulens)

Tartalom

1.	Bevezetés	4
1.1.	Téma jelentősége	4
1.2.	Célkitűzés	4
2.	Az Axiál Kft. bemutatása	5
3.	Szakirodalom	6
3.1.	A belsőégésű motorok	6
3.2.	Belsőégésű motorok tribológiája	8
3.2.1.	Főtengely nyugvócsapágóinak tribológiája:	8
3.2.2.	A dugattyúcsapszeg, és a dugattyú között fellépő súrlódási állapot:	13
3.2.3.	A dugattyú és a hengerfal tribológiája	14
3.2.4.	Dugattyúgyűrűk és hengerfal közötti vizsgálatok	17
3.2.5.	Hajtókar vizsgálat:	18
4.	Probléma bemutatása	22
5.	A probléma megoldása	25
5.1.	A felújításhoz szükséges alkatrészek:	33
5.2.	A felújítás menete	34
5.3.	Motor összeszerelése	43
5.4.	A motor féktermi illesztése, vizsgálata	51
6.	Gazdasági számítás	59
7.	Összefoglalás	61
8.	Summary	62
9.	Nyilatkozatok	63
10.	Irodalomjegyzék	66
11.	Mellékletek jegyzéke	67

1. Bevezetés

A mezőgazdaságban alkalmazott gépek motorjai általában magas terhelési szinten üzemelnek. Ennek következtében fokozott figyelmet kell szentelni ezen alkatrészek karbantartására, javítására. Természetesen hiba akkor is felléphet, ha az előírásokat betartva maximálisan eleget teszünk a karbantartási előírásoknak, például: gyártási-tervezési problémákból eredő meghibásodások is előfordulhatnak. Az általános tapasztalat azonban az, hogy túlnyomórészt helytelen üzemeltetési körülmények vezetnek a meghibásodáshoz, például: nem megfelelő erőgép-munkagép kapcsolat, napi karbantartások, szervizek elmulasztása.

1.1. Téma jelentősége

Az agrárium jelenlegi helyzetét figyelembe véve, valamint a változó időjárási körülményeket, egy esetleges meghibásodásból eredő gépkiesés óriási károkat okoz anyagi, vagy termés minőségi szempontokat figyelembe véve egyaránt. Ezért is fontos, hogy a probléma észlelését követően minél hamarabb elkezdődjön a hibafeltárás, a diagnosztizálás, a megfelelő problémamegoldás. A hiba megelőzés érdekében javasolt a megfelelő karbantartási mix kiválasztása az üzemeltetés során, illetve, ha már elkerülhetetlen a felújítás, abban az esetben a javítás időbeni optimalizálása. (Lehetőség szerint szezonális időszakon kívül kell ezeket elvégezni).

1.2. Célkitűzés

A szakdolgozatomban bemutatásra kerülő erőgép (Landini Powerfarm 100 H) motorjának hibafeltárása, tribológiai jellegű vizsgálata, felújítási körülményeinek ismertetése. Célom, a felújítást követően továbbá, hogy a dízelmotoron elvégezzem az ellenőrző célú méréseket egy örvényáramú motorfékpad segítségével, majd a mérés során kapott eredményeket dokumentáljam, és összevegyem a gyár által meghatározott értékekkel. Ezek alapján pedig minősítem a felújítás hatékonyságát.

2. Az Axiál Kft. bemutatása

A céget Harsányi Zsolt és felesége Harsányiné Dr. Fodor Gyöngyi alapította Axiál Bt. néven 1991-ben bajai központtal. Zetor traktorok alkatrészek forgalmazójaként vált ismertté a kezdetekben. 1996-ban a céget kft-vé alakították, amely a mai napig ebben a formában működik. A családi vállalkozás mára nemcsak a hazai, hanem a külföldi szakemberek körében is elismerést vívott ki.

Ismerve a mezőgazdasági körülmények nehézségeit a cég 2006-ban Axiál Financial Services néven bővítette gépfinszírozással tevékenységi körét, mely 2007-től – jelentős létszámbővítéssel – önálló egységként működik.

Eredményeiket folyamatos fejlesztéssel sikerült elérni. A Kft. tevékenysége kiterjed új gépek értékesítésére, azok alkatrészellátására és szervizelésére. A legszélesebb kínálatban forgalmazza a Magyarországon elterjedt mezőgazdasági gépek alkatrészeit, és 2002-től használtgép-értékesítéssel egybekötve. A legfontosabb céljuk vevőik minél gyorsabb és színvonalasabb kiszolgálása.

A Kft. elsődleges feladatának tekinti, hogy partnerei mindent egy helyen kapjanak meg kiváló minőségben és megfizethető áron. Ezért elválaszthatatlan egymástól a gépeladás, az alkatrészellátás, a szervizszolgáltatás és a használtgép adás-vétel. E négy üzletágban, valamint az ezek háttérét magában foglaló ügyvitelben ma már 900 szakember biztosítja a vevők színvonalas kiszolgálását. A dolgozók jelentős része felsőfokú végzettségű, többségük mezőgazdasági gépészmérnök. A cég Magyarországon jelenleg 19 telephellyel rendelkezik, ezen kívül több leányvállalattal (belföldön és külföldön) egyaránt. Ezek mindegyikében gépértékesítéssel, alkatrészellátással és szervizeléssel. Cél a komplett szolgáltatás európai szintű megteremtése a mai digitális környezetet magába integrálva.

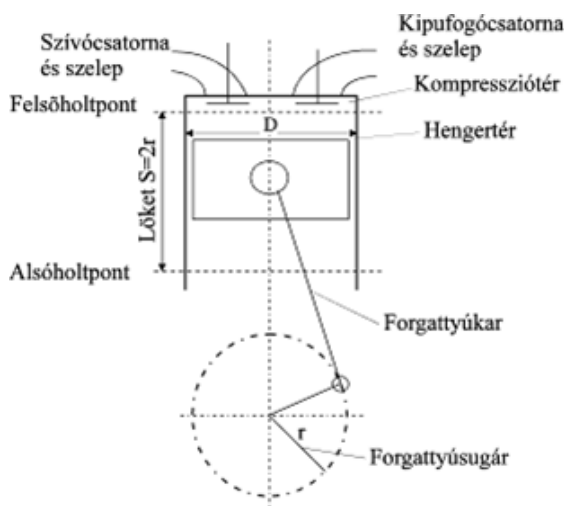
Az Axiál Kft. által forgalmazott márkák:

Agro_Contract, Arcusin, Gregoire, Mx, Romsan, Sky Agriculture, Sulky, Monosem, Annaburger, Supertino, Framet, Horsch, Fendt, Claas, Landini, Vervaet, Hyundai, Gehl, Manitou, Berthoud, Oehler, Bomag, Daemo, Jekko, Sinoboom, RMH, Romill, Grégoire-Besson, Delaval, Dimos, Almacrawler

3. Szakirodalom

3.1. A belsőégésű motorok

A belsőégésű motor olyan gép, amelyben a kémiai energia, égés útján hővé alakul, amit gázhalmazállapotú munkaközeg mechanikai munkává alakít át. A folyamatban az energia elsősorban potenciálisan nyomás formájában jelenik meg. Napjainkban a belsőégésű motorok között a dugattyús motorok szinte egyeduralommal rendelkeznek. A náluk használatos alapvető elnevezések, jelölések az **3.1 ábrán** láthatók



3.1. ábra Dugattyús belsőégésű motorok alapvető elnevezései és jelölései [\[1\]](#)

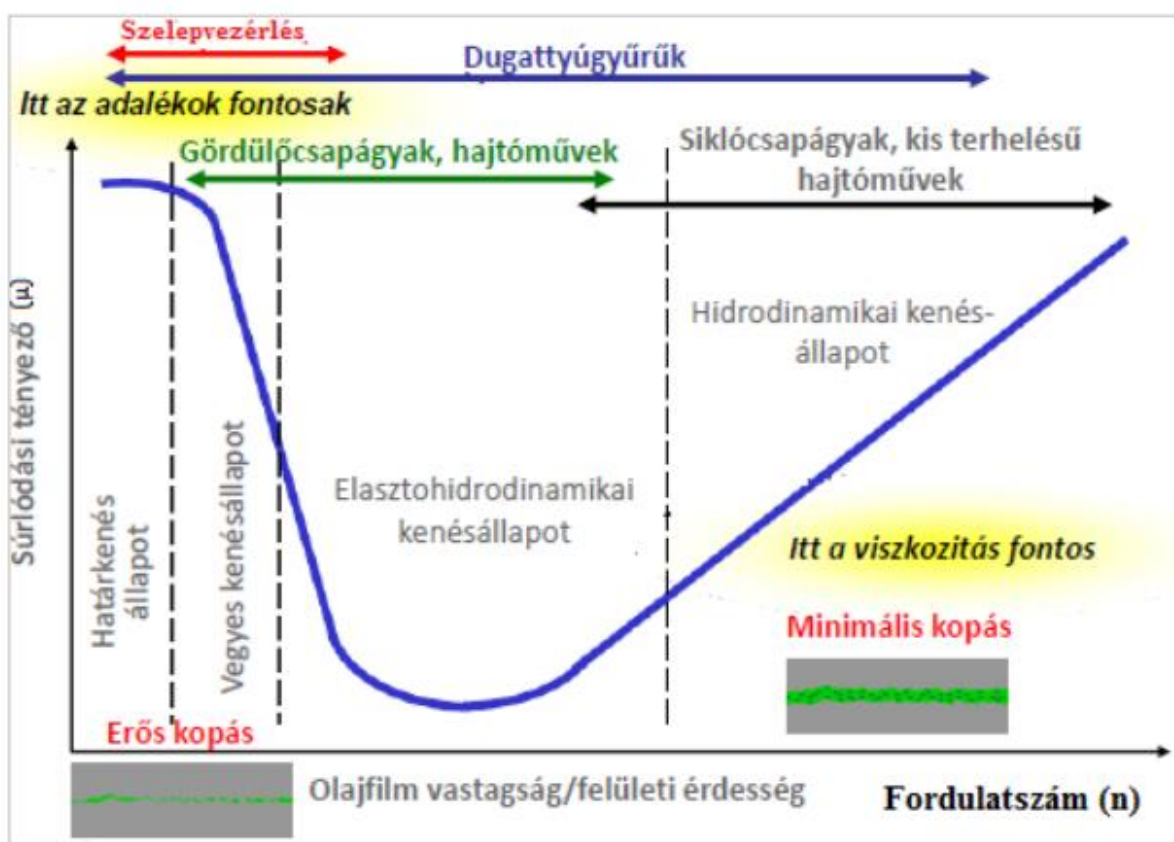
(forrás: Fülöp, Zoltán. *Belsőégésű motorok*.)

- A motorok kialakítását alapvetően befolyásoló tényezők a munkafolyamat és a konstrukció. A munkafolyamat szempontjából meghatározó:
- a motor működési elve
- a friss töltet (levegő vagy keverék) hengerbe jutása
- a tüzelőanyag jellege
- a keverékképzés helye
- az égéstér kialakítása
- gyújtás jellege

A konstrukció szempontjából lényeges:

- a hengerek elrendezése
- a gázcserefolyamat vezérlése
- a motor hűtése [2]

A következő diagramot (3.2 ábra) Richárd Stribeck német mérnök vázolta fel a 1900-as évek elején.



3.2 ábra Stribeck diagram (forrás: Kisdéák L.: Kenéstechnikai alapok) [3]

Indításkor száraz súrlódás lép fel, kis fordulatszámnál a vegyes súrlódás jön létre, nagyobb fordulatszámnál hidrodinamikus súrlódás alakul ki. [4] A diagramból leolvasható a súrlódási állapotokhoz tartozó súrlódási tényező értékei, illetve az az állapot, amikor a tiszta folyadéksúrlódás kialakul. Ezt a fordulatszámot határfordulatszámunk is nevezzük.

- Száraz súrlódás: Amikor a siklócsapágyakban áll a tengelycsap, vagy nagyon kis fordulatszámon forog. (Indítózás kezdeti szakaszában)
- Vegyes súrlódás: A fordulatszám növekedésével kis mennyiségű olaj kerül a súrlódó felületek közé. Kialakul a vegyes súrlódási állapot.
- Tiszta folyadéksúrlódás: A fordulatszám növelésével mind több, és több olaj sodródik a felületek közé, tiszta folyadéksúrlódás jön létre.

3.2. Belsőégésű motorok tribológiája.

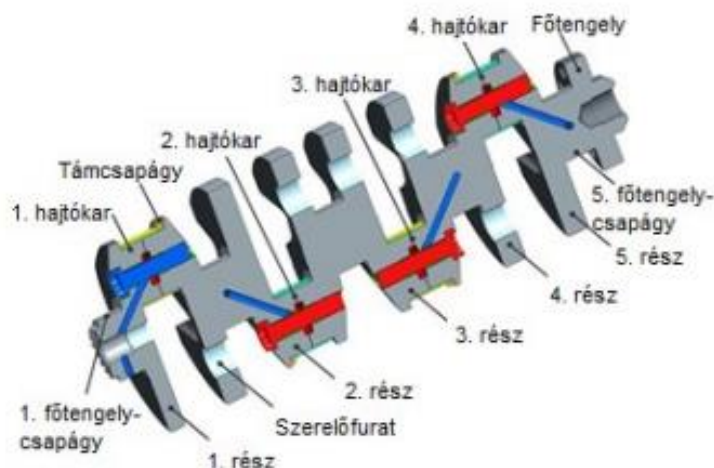
A belső égésű motor forgattyús mechanizmusában az alábbi helyeket célszerű tribológiai szempontból tanulmányozni:

- Főtengely nyugvó csapoknál
- Főtengely hajtókar csapágyszakaszánál
- Csapszeg, valamint a dugattyú között
- Dugattyú, és a hengerfal között
- Dugattyú gyűrű és a hengerfal között [5]

3.2.1. Főtengely nyugvócsapágyszakaszainak tribológiája:

A siklócsapágyak kenésállapota hidrodinamikai viszonyok kialakulásakor kedvező. Kialakul a hidrodinamikusan kenés állapot, ha a következő feltételek teljesülnek: -jól tapad a kenőanyag a felülethez, -kenőanyag kitölti a rést, -lamináris áramlás jön létre, -állandó a viszkozitás (változik a hőmérséklet és a nyomás) -hatásuk ellentétes a viszkozitásra, így részben kiegyenlítik egymást), -merev, körhenger alakú és sima csapágyak, van relatív elmozdulás. A csapágyak kenőanyagellátása a főtengely furatain keresztül történik. Az olaj bizonyos nyomással érkezik a furatokhoz, ahol a centrifugális erő miatt tovább nő a nyomás. [6] A csapágyszakaszok feladata a forgó tengely megtámasztása, vezetése, a rájuk ható terhelések felvétele, átadása a gép állványszerkezetének. [7]

A **3.3 ábra** a főtengelyben kiképzett olajcsatornákat mutatja be.



3.3. ábra Főtengelyben kiképzett olajcsatornák [8] (forrás: Belső égésű motorok
kenése 2024 [Online] Available: www.uni-mate.hu)

A csapágyházak és tengelyek és tengelycsapok anyagai:

A csap a tengely azon része, amelyet a működés szempontjából megfelelően kialakítottak, megmunkáltak. Hajlítást, csavarást és összetett igénybevételt is szenvedhet. Kis terhelésnél szénacélok, amíg nagyobb igénybevételnek kitett tengelyeknél ötvöztött acélokat alkalmaznak. Az ötvöztők lehetnek: nikkel vagy króm. A csapok felületét köszörülik, valamint tükrösítik. A kopásállóság növelése érdekében különböző felületi keményítő eljárásokat alkalmaznak. A **3.4 ábra** a fáradásos kopás jeleit szemlélteti a motor hajtókarcsapágyain. [9]



3.4 ábra Fáradásos kopás jelei belső égésű motor hajtókarcsapágyn (forrás: Ráthy I., Fazekas L., Gavallér J., Kugyela P. (2015) Karbantartás és gépjavítás)

A csapágakkal szemben támasztott követelmények:

- Megfelelő siklási tulajdonságok
- Beágyazó képesség
- Hővezető képesség
- Korrozóval szembeni ellenállás
- Technológiai tulajdonságok: Az anyag jól önthető, valamint megmunkálható legyen

A csapágak gyártása során leggyakrabban használt anyagok:

- Vörösvözetek
- Alumíniumbronzok
- Alumínium csapág ötvözetek
- Sárgarezek
- Ónbronok
- Öntöttvas
- Szinterfémek
- Műanyag csapágypersely anyagok (teflon, gumi, műszen, üveg, finomkerámia anyag, fa, poliamidok, teflon, hőre lágyuló nagy molekulású polimer anyagok)[10]

Kenőanyagellátó rendszer tribológiai elemzése:

Az utóbbi évek során a kenőanyagellátó rendszer feladatai nem csupán a kenés létrehozása, és a súrlódás csökkentése, hanem ezen alapfeladatok mellett számtalan mellékfeladatot is el kell látnia. Ilyenek lehetnek a hidraulikus szelepvezérlő rendszerek működtetése, amelyhez meghatározott nyomású, és térfogatáramú olajmennyiséget kell továbbítani. Emellett kialakításánál figyelembe kell venni azt is, hogy a szivattyúzás mechanikai vesztesége a 3. legnagyobb a motorban.

Kenőanyagellátó rendszer feladata:

- Elsődleges feladat: kenés, olajzás (súrlódás csökkentése).
- Másodlagos feladat: tisztítás, hűtés, tömítés, korrózióvédelem, segédberendezések működtetése.

A rendszer összetettsége abból adódik, hogy általában 1 szivattyúval kell a kenőanyagot eljuttatni a különböző helyekre változó nyomással, és térfogatárammal. (főcsapágys, hengerfal, büttykös tengely)

A rendszer kialakításánál meghatározandók a következők:

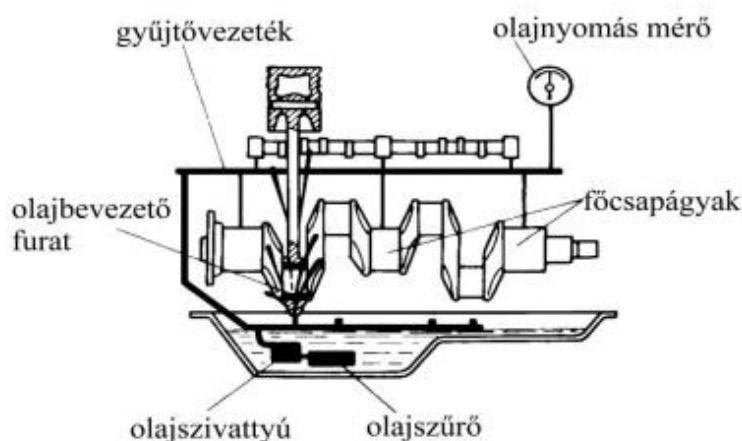
- olajtöltet (főként a hőterheléssel van kapcsolatban)
- kenőrendszer fajtája (kenés olajköddel, vagy olajsórással, esetleg kényszerolajzás, vagy keverékkenés).
- olajtartály kialakítása (megfelelő térfogat, megfelelő szellőztetés)
- olajszivattyú (megfelelő nyomás, és térfogatáram kialakítása)
- megfelelő szűrő választása (szemcseméret, fojtás)
- megfelelő hűtésről való gondoskodás
- segédberendezések figyelembevétele (vízszivattyú, turbófeltöltő, klíma)
- megfelelő motorolaj kiválasztása

A kenési rendszer a motor működése során a következő feladatokat látja el:

- csökkenti a súrlódást az egymáson elmozduló alkatrészek között
- hűti a kenőanyaggal érintkező alkatrészeket

- tisztítja, és szállítja a motor működése során keletkezett apró kopásból, és az égésből származó szilárd részecskéket
- A motor belsejében csökkenti a korróziót
- jelentős a zajcsökkentő szerepe is. [\[11\]](#)

Belsőégésű motorok esetén az olaj szivattyúval történő szállításán kívül szóróolajzást is alkalmaznak, amelyet a **3.5 ábra** szemléltet.



3.5. ábra Szóró-és szivattyús kenés kombinációja (**forrás:** Sente László Kereszty Balázs
Tribológia alapjai)

Különleges kenési eljárás az olajködkenés. Ebben az esetben a levegővel porlasztott olaj jut a csúszó felületek közé, amelynek során bizonyos hűtőhatás is jelentkezik. szelepeknél találkozhatunk ezzel a kenési módszerrel. [\[12\]](#)

A **3.6. ábra** a forgattyús mechanizmus felépítését ábrázolja.



3.6 ábra Forgattyús mechanizmus

(forrás: Belső égésű motorok kenése 2024 [Online] Available: [www. uni-mate.hu](http://www.uni-mate.hu))

A legösszetettebb mozgást a hajtókar végzi. Az alsó rész (nagyszem: hajtókar-főtengely kapcsolódási pontja) állandó körmozgást végez, míg a felső szem (csapszeg-csapszegpersely találkozási pontjánál) alternáló mozgásról beszélünk. A kenést a forgattyúsházból felfröccsenő olaj, vagy olajszoró fúvókák végzik. Ezek a felületek nagy igénybevételnek, magas hőmérsékletnek vannak kitéve. A **3.7. ábrán** az olajszoró fúvóka látható már beszerelt állapotában. Nincs nyomás alatt lévő olaj, nincs hidrodinamikus kenésállapot, instabil olajfilm, magas hőmérséklet.



3.7. ábra Olajszoró fűvóka (saját kép)

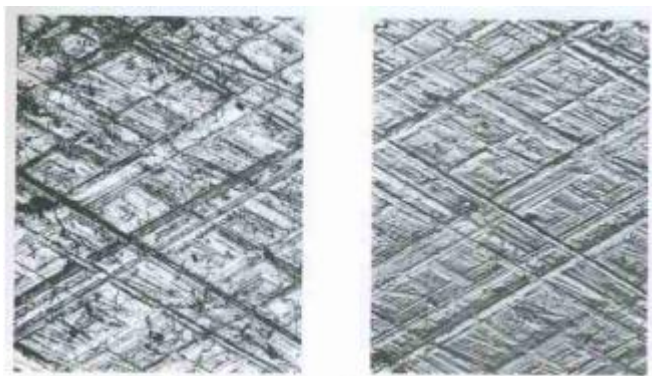
3.2.3. A dugattyú és a hengerfal tribológiája

A dugattyú a henger falán a motor működése közben alternáló mozgást végez. Folyamatos nyomáson kenőfilm kialakítása nem lehetséges ezen egységek között, ezért ebben az esetben szóróolajzásról beszélünk. A szóróolajzáskor a hengerfalra, valamint a dugattyú palástra juttatott olaj adja a szükséges kenőfilm vastagságot.

A hengerfalon kialakult kenőfilmnek folyamatosan fenn kell maradnia. Ezt a célt szolgálja a hengerfalon kialakított hónolás, amelyek mikrométeres spirális barázdák. [\[13\]](#)

A hónolás folyamata során a hengerperselyek belső felületén speciális barázdákat hoznak létre, amely elősegíti az olaj „helyben maradását”.

A **3.8 ábra** a hónolt felületet ábrázolja, célja a felület olajmegtartó képességének javítása.



3.8. ábra Helyes hónolás 100:1 nagyítással, tengelyirányú és oldalirányú megvilágítással
(**forrás:** A hengerek és hengerperselyek helyes megmunkálása [online] www.lapunk.hu)
[14]

A hónolás a hengerfuratok túlméretre történő fúrását követő végső megmunkálási fázis, amelynek során a hengerfurat felületi érdességét csökkentjük, azonban sima felületét mélyebb barázdákkal szakítjuk meg.

A hengerfal olajháztartásának beállítását, kopásállóságát a finom felületi struktúrát adó hónolással kell beállítani. További cél az olajmegtartáson kívül az alak, és méretpontosság végső beállítása. Mélysége, a csatornahálózat sűrűsége, metszési szögeinek az alapanyagoktól, a súrlódó pároktól, valamint a motor teljesítményétől is függenek.

A hónolás a hengermegmunkálás végső fázisa, ahol a forgácsképzés μm nagyságrendben értendő. A hónolás kötött szemcsékkel végzett forgácsoló megmunkálás.

Fázisai:

- elő hónolás
- közbenső hónolás
- folyadéksugár hónolás
- készrehónolás **[15]**

A dugattyú és a hengerfal kenési állapotai:

- Felső és alsó holtpontokon: vegyes kenési állapot
- Köztes fázisban: hidrodinamikus kenés állapot

3 dugattyúgyűrűs kialakításnál: 2db kompressziógyűrű, és 1 db olajlehúzó gyűrűt alkalmaznak.

Dugattyúgyűrűkre ható erők: rugó, illetve gáznyomás

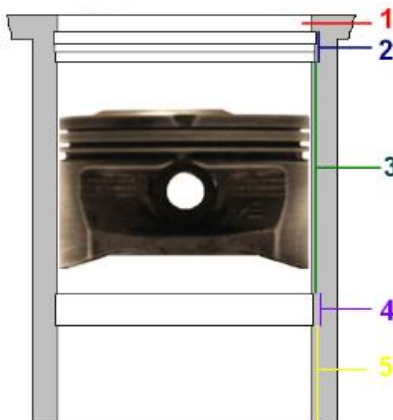
Az érintkezési felület kicsi, a gáznyomásból eredő erők nagyok, ezért hidrodinamikus kenésállapot jön létre a felületek között.

Szelepvezérlés tribológiája esetén vonalszerű érintkezés érvényesül, illetve elasztohidrodinamikai kenésállapot jön létre.

Szelepszár, valamint szelepvezetőnél: tribológiailag nincs erős igénybevétel, vegyes kenésállapot jellemzi. [\[16\]](#)

3.2.4. Dugattyúgyűrűk és hengerfal közötti vizsgálatok.

3.9 ábra a dugattyú hengerfalra merőleges kopási állapotainak frakcióit szemlélteti.



3.9 ábra A hengerfurat dugattyúcsapra merőleges kopási állapotai (**forrás:** A motor mechanikus vizsgálata II. [online] Aviable: www.injektor.hu)

A hengerpersely legfelső szakasza (1.) gyakorlatilag nem érintkezik sem a dugattyúval, sem a gyűrűkkel, a kopás mértéke itt elhanyagolható. Általában koromlerakódásokat tapasztaltam a hengerpersely ezen részében.

A hengerpersely (2.) ponttal jelölt része általában nagymértékű kopásnak kitett felület, mivel a kompressziógyűrű felső holtponti helyzetének felel meg.

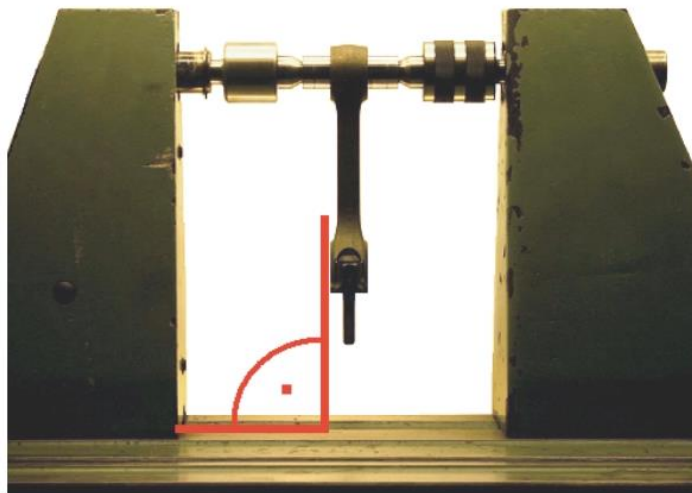
A hengertérben alulról-felfelé húzva ujjunkat jól érzékelhető a hengerfal kopottságának mértéke. „Mekkora válla van a hengernek”.

A motor forgatása közben a dugattyú a felső holtponti helyzetben ér, nagyon kis időre megáll, majd egyenes vonalú mozgása irányt vált. A dugattyúgyűrűk a hengerfalhoz tapadnak, e közben kiperéselik a hengerfalon megtapadó olajat. Ennek következtében fém a fémmel érintkezik. A folyadéksúrlódás ezen a ponton megszűnik. Az égéstér felső szakaszában a kenés egyébként is nehezen megoldható. Az ábrán látható (3.) szakasz kopása jóval kedvezőbb, az imént leírt hatások természetesen itt már nem érvényesülnek. A képen látható 4. szakaszban a dugattyú ismét megáll egy kis időre, alsó holtponti helyzetből irányt vált, a kopás mértéke magasabb a (3.) részbe leírtaknál, azonban nem éri el a felső holtpontban

bekövetkező kopásértékeket. Az utolsó frakcióban (5.) már nem járnak a dugattyúgyűrűk, a kopás mértéke elenyésző.

3.2.5. *Hajtókar vizsgálata:*

Vannak azonban speciális esetek, amikor a dugattyú, a hengerrel szöget zár be. Ezek általában rendellenes kopásból eredő hibák. Ez akkor következik be, amikor a dugattyú hossz tengelye nem pontosan 90° -os szöget zár be a hengerfurattal. Ezért fontos a hajtókarok ellenőrzésekor, valamint a csapszegpersely cseréjét követően a hajtókarok „derékszögelésének” elvégzése. A 3.10-es ábra a hajtókar derékszög ellenőrzés



3.10 ábra A hajtókar derékszögelése (forrás: A motor mechanikus vizsgálata II. [online] Avialbe: www.injektor.hu)

Geometriai (derékszögelési) hibák: A derékszögelési hiba lényege, hogy a hajtókar görbülése, vagy a főtengely oldalra tolódása miatt a dugattyú helyzete és vertikális mozgástengelye esik egybe a henger középvonalával. A motor működés közbeni váltakozó fűtési és hűtési periódusai is lehetnek a forgattyúház eltorzulás okai. Ahogy a motor felmelegszik, a forgattyúház kitágul, és ahogy lehűl, a forgattyúház összehúzódik. Ez az ismétlődő tágulás és összehúzódás bizonyos helyzetekben a forgattyúház idővel torzulását okozza, de szélsőséges működési feltételek (például „túlmelegedés” és „elhúzás”) ezt a káros folyamatot felgyorsíthatják. [17]

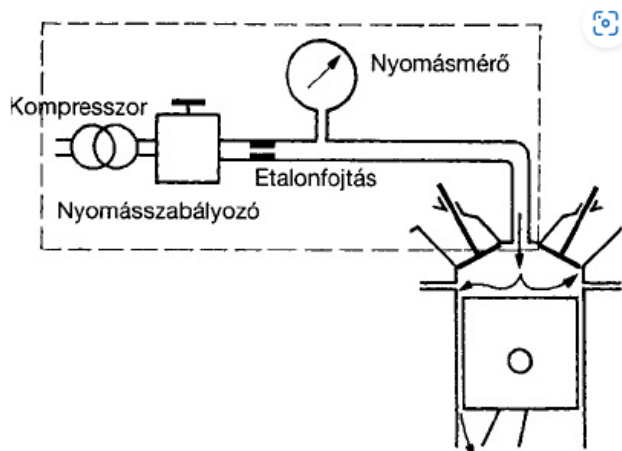
Egy gép motorfelújítását általában diagnosztikai eljárásokkal kell kezdeni, amely során meg kell győződnünk arról, hogy valóban szükség van a motor erőgépből történő kiszereelésére, és a motor teljes hibafeltárására, hiszen a felsorolt tevékenységek jelentős költséggel járnak.

Javasolt diagnosztikai eljárások motorfelújítás megkezdése előtt:

- Hibakódtárolók diagnosztikai eszközzel történő kiolvasása. (elektronikusan vezérelt motorok esetén) Ezen diagnosztikai eljárással információt kaphatunk a gépben tárolt hibákra vonatkozóan (aktuálisan fenn álló hibák, vagy mentett korábban előfordult problémákról, valamint azok gyakoriságáról egyaránt.)
- Kompresszió mérés (A hengerek állapotáról, tömítettségéről ad visszajelzést).
- Relatív kompresszió mérés (a gép diagnosztikáján keresztül végezhető, a hengerek állapotáról ad visszajelzést (a hengerek összehasonlítása értéket kapunk %-ban kifejezve)
- Veszteségmérés (erre abban az esetben van szükség, ha a kompresszió mérésnél jelentős eltéréseket tapasztalunk. Magas olajfogyasztásánál általában a kompressziómérés eredmény megtévesztő értéket ad, hiszen az olaj jó tömítő hatása miatt egy dízel motor esetében 34-38 bár értéket is mérhetünk.

Veszteségmérésnél megengedett motorfojtások: dugattyúgyűrűk, gyűrűhornyok, valamint hengerperselyek közötti fojtás.

Nem megengedett fojtások: rosszul záródó szelep-szeleptányér, hengerfejtömítés. A **3.11 ábra** a nyomásvesztés-mérő műszer felépítését ábrázolja. [\[18\]](#)



3.11 ábra Nyomásveszteség-mérő műszer felépítése. (forrás: Nyomásveszteség mérés menete [online] www.hibakod.hu)

Karbantartás

Karbantartás fogalma alatt azokat az előre megtervezett műveletek elvégzését értjük, amelyekkel a traktor idő előtt bekövetkező meghibásodásai, üzemzavarai megelőzhetők vagy megszüntethetők, és az erőgép számára kedvező üzemi feltételek teremthetők. A **karbantartás** és **javítás** határát nehéz egyértelműen megjelölni. A karbantartások keretében is végezhetők kisebb javítások és a javítás közben is végeznek karbantartást.

Ide tartoznak azok a munkák, amelyeket 50-100 és 250-500 üzemóránként írnak elő és melyek ütemezése kéthetente, kéthavonta aktuális. Ide tartozó főbb műveletek: a hajtóanyag ellátó rendszer működésének ellenőrzése; a kenőolaj és szűrőcsere az utánzsírások elvégzése; a kezelőszerveket működtetve (kormány, tengelykapcsoló pedál, fék, hidraulika stb.) helyes beállításuk ellenőrzése, utánállításuk elvégzése; a kipufogógáz utókezelő rendszerének ellenőrzése; az akkumulátor és villamos hálózat átvizsgálása, javítása; a fülke klímaberendezésének átvizsgálása; a csöcsatlakozások ellenőrzése, szivárgások megszüntetése. Egyes kenőolajszűrők cseréjénél pl. motor olajszűrőnél fel kell az új szűrőbetétet kenőolajjal tölteni, beszerelés előtt. [\[19\]](#)

Stratégiaiák:

- hibaelhárító gépfenntartás, vagy meghibásodásig üzemelés
- tervszerű megelőző karbantartás, vagy merev ciklusú üzemfenntartás
- üzemidő alapú, vagy elvégzett munka szerinti gépfenntartás
- állapotfüggő-, vagy prediktív karbantartás
- megelőző (tudás alapú) karbantartás
- megbízhatóság központú karbantartás (Reliability Centred Maintenance, RCM)
- teljes körű hatékony karbantartás (Total Productive Maintenance, TPM)
- kockázat alapú karbantartás (Risk Based Maintenance, RBM) [\[20\]](#)

A vizsgált gép kapcsán a gyártó által előírt szervizperiódusokat az [\[1.\]](#) számú melléklet tartalmazza.

4. Probléma bemutatása

A meghibásodott gép egy Landini Powerfarm 100HC típusú mezőgazdasági erőgép, amely a **4.1 ábrán** látható. A traktorban 10.630 üzemóra volt. Első üzembe helyezés: 2009.12.02



4.1 ábra A meghibásodott gép (saját fotó)

A traktor 2024.07.17.-én érkezett az Axiál Kft. központi telephelyére, a gép egy vaskúti spárgatermesztéssel foglalkozó cég tulajdonában van. (Duna-Spárga Kft.)

Hibajelenség: Nehézkes indulás, erőtlenség, valamint nagymértékű olajfogyasztás (napi 3 liter), valamint jelentős mennyiségű kartergáz. Az ügyfél által felsorolt problémák nagy része már szemrevételezés alapján is igazolható volt, ezért a kiserelés szükségességét külön diagnosztikai eljárásokkal már nem kellett alátámasztani.

A **4.2 ábrán** a kiserelt motor látható, amely a motorfelújító műhelyünkbe érkezett.

A motor főbb jellemző paraméterei:

Típus: Perkins 4 ütemű, vízhűtéses

Modell: 1104D-44T

Motorszám: NL38966*U55559T*

Teljesítmény: 69 kW

Lökettérfogat: 4400cm³

Maximális fordulatszám: 2350 ford/perc

Maximális nyomaték: 393 Nm

Feltöltés módja: Turbófeltöltő

Emissziós besorolása: STAGE III



4.2 ábra A meghibásodott motor (saját fotó)

A gép szervizelését (szűrők, olajcsere, egyéb javításokat) az ügyfél végezte, a szervizek dokumentálása nélkül. A gép megbontásakor közvetlenül a turbófeltöltő előtt por juthatott a motorba, amelyet a **4.3 ábra** szemléltet.



4.3 ábra Szívórendszerben por lerakódás (saját fotó)

A gép hűtőrendszerét megbontva a **4.4. ábrán** látható a belső részekben kirakódott szennyeződés, amelyből arra lehet következtetni, hogy csapvízzel üzemeltették a gépet.



4.4 ábra Vízhűtő kicsapódott ásványi anyagokkal (saját fotó)

A hibafeltáráskor fontos, hogy ne csak a végső problémát javítsuk ki, hanem komplex vizsgálatot kell végrehajtani a gépen. Vízhűtő, levegőszűrő, valamint üzemanyagrendszer tekintetében, hiszen ezek hiányában a javítást követően rövid időn belül ismételt meghibásodás várható. Ezért fontos az alap problémákat megkeresni, és a hibafeltárást elkezdni.

Adott gép estén a meghibásodáshoz több ok is vezetett: Ezek a levegőrendszer tömítetlenségre, valamint hűtőrendszer kapacitásának csökkenésére vezethetők vissza. A hűtőrendszerben kirakódott vízkő, és egyéb ásványi anyagok hatására a gép magasabb hőfokon üzemelt, amely nem csak a víz, hanem a motorolaj hőmérsékletét is megemeli, csökkentve a motorolaj kenőképességét, melynek következtében a motor belső alkatrészein intenzívebb kopás alakult ki. A javítás során az előregedett szívócsöveket, vízcsöveket cserélni kell, valamint a hűtőn teljes külső-belső tisztítást javasoltam végrehajtani.

5. A probléma megoldása

A motor a kiszerezését, külső tisztítását követően megkezdtem a szétszerelést, hibafeltárást. A szükséges alkatrészek (szelepfedél, himbasor, porlasztók, nyomócsövek) eltávolítását követően leszereltem a hengerfejet. A leszerelt hengerfej a **5.1 ábrán** látható.



5.1 ábra Leszerelt hengerfej (saját fotó)

A leszerelést követően eltávolítottam a szelep ékeket, illetve a rugókat, kiszereztem a szívó, illetve kipufogó szelepeket. Az **5.2 ábrán** látható a szelepkamrákban lerakódott szennyeződés, valamint a szelepfészkek kiverődése.



5.2 ábra Szelepkamrák szennyeződéssel (saját fotó)

Az 5.3 ábrán a kisserelt szívó szelep látható. A levegőrendszer tömítetlensége miatt a beszívott por, egyéb szennyezőanyagok motorolajjal keveredve a szeleptányérra rakódtak. A szelepek hőmérséklete tartós üzemi állapotban igen nagy, szívó szelepek esetében ~500 °C kipufogó szelepeknél ~800 °C. A szelep kúpos zárófelülete kiverődött, abrázíós kopás alakult ki.



5.3-as ábra kisserelt szívó szelep (saját fotó)

5.4-es ábrán a szelep a szelep szára látható, amely főleg húzóigénybevételnek van kitéve. A szennyezett környezetben jelentős kopás alakult ki.



5.4 ábra a szelepszár kopása (saját fotó)

A hengerek belső állapotát az 5.5 ábra szemlélteti. A hengerfalon nem látható hónolás, erőteljes hordós kopást tapasztaltam az összes hengertérben.



5.5 ábra Hengerperselyek a megbontást követően (saját fotó)

Az olajteknő eltávolítását követően kiszereztem a dugattyúkat. (5.6 ábrán látható)



5.6 ábra Dugattyúk kiszérése (saját fotó)

A dugattyúk, valamint a gyűrűk kopási állapota arra enged következtetni, hogy a gép már hosszabb ideje üzemelhetett hibás szívórendszerrel.

Az **5.7 ábrán** a henger falának kopása következtében a dugattyúgyűrűk nem tudták ellátni a feladatukat, kompresszióhiányos állapot alakult ki a tömítetlenség következtében, ezen kívül a hengert körülvevő víztérben kicsapódott szennyeződések is megfigyelhetők. A lerakódások következtében romlik a hőátadó képesség, amely magasabb üzemi hőfokhoz később a hengerek hűtési elégtelenségéhez vezet.



5.7 ábra A hengerfal és víztér állapota (saját fotó)



5.8 ábra kopott dugattyú törött gyűrűkkel (saját fotó)

A surlódó felületek fáradásos kopása, roncsolódása ismétlődő gördülő mozgás dinamikus igénybevétel esetén alakul ki, ebben az esetben a folyamatot a beszívott por, és az általa szennyezett motorolaj eredményezte.

A motor szétszerelése során a szelepemelő tökéék pittinges kopását tapasztaltam. (5.9 ábra)



5.9. ábra szelepemelő tökéék fáradásos kopása (saját fotó)

Szintén fáradásos kopást találtam a szelepszár (szelep himbával érintkező) végén, amely a következő **5.10 ábrán** látható.



5.10 ábra a szelep végének pittinges kopása (saját fotó)

A hibafeltárás részeként a főtengelyt a kiszerezést követően megmértem. A hajtórúd csapok, és a főcsapok is a gyár által megadott tűrésen belül voltak, felületi hibákat nem tapasztaltam, a főtengely köszörülése nem volt indokolt.

Tribológiai szempontból a főtengelynél indításkor vegyes súrlódási állapot, majd normál üzemben hidrosztatikus kenésállapot jön létre.

Főtengely nyugvócsap gyári méret: 76,16/76,18 mm (2.9984/2.9992 in)

Nyugvó csap általam mért átmérője: 76,16 mm

Főtengely hajtórúd csap gyári mérete: 63,47/63,49 mm (2.499/2.500 in)

Hajtókar csap általam mért átmérője: 63,47 mm

A mérés folyamata az alábbi **5.11 ábrán** látható.



5.11. ábra Főtengely mérés (saját fotó)

A főtengely kiszerelését követően a siklócsapágyakat eltávolítottam. A csapágyak felületéről a csúszó réteg lekopott. A kopási minta a csapágyon axiális irányban egyenletes, a csapágy elválasztó vonalának végének közelében a kopás mértéke csökkent, ami a csapágy természetes, normál kopásánál megszokott, azonban idő előtti elhasználódással egybekötött. A következő **5.12 ábrán** egy régi, valamint egy új siklócsapágyat mutatok be.



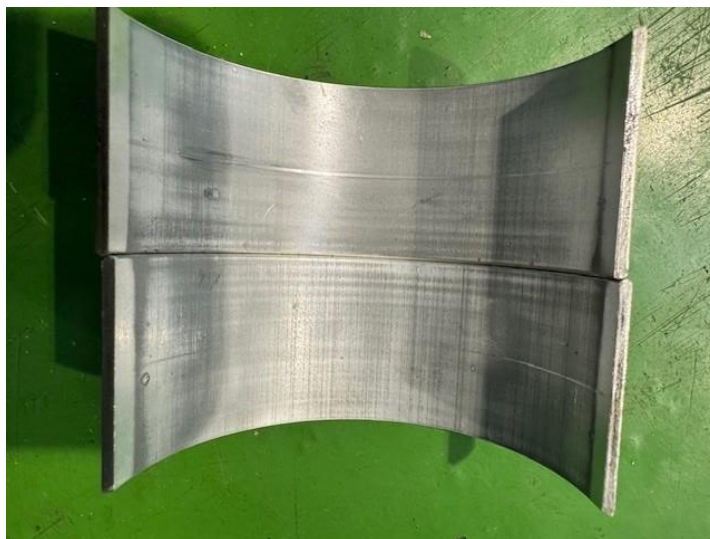
5.12 ábra siklócsapágyak (saját fotó)

A motor támasztócsapágyának kopását az **5.13 ábra** szemlélteti. A támasztócsapágyakat a főtengely axiál irányú elmozduláskor éri terhelés. A képen az alsó csapágy kopott, a felső pedig egy új csapágyat szemléltet.



5.13 ábra támasztó csapágyak (saját fotó)

A következő **5.14 ábra** a hajtókar csapágy kopását mutatja be, a csapágy felületén karcolásnyomok láthatóak, idegen anyag került a motor olajzörszerébe, amely csiszolóhatást, kopást eredményezett.



5.14 ábra hajtókar csapágy (saját fotó)

A csapszegpersely a hajtókar felső részébe préselt bronzpersely, furatában a csapszeggel kapcsolódik a dugattyúhoz. Felületi kopása, elszíneződése elégtelen kenésre, magas hőmérsékletre enged következtetni, cseréje indokolt. **5.15 ábra**



5.15 ábra csapszegpersely (saját fotó)

5.1. A felújításhoz szükséges alkatrészek:

- Főtengely nyugvó csapágy garnitúra (alapméretes) 1db
- Hajtókar csapágy garnitúra (alapméretes) 1db
- Dugattyú + gyűrű + csapszeg készlet (+0,1mm túlméret) 4db
- Hajtókar csavar 8db
- Csapszegpersely 4db
- Támasztó csapágy alsó (alapméretes) 2db
- Támasztó csapágy felső (alapméretes) 2db
- Vezérműtengely persely 1db
- Motor tömítés készlet alsó 1db
- Motor tömítés készlet felső 1db
- Hengerfej csavar (rövid) 7db
- Hengerfej csavar (hosszú) 3db
- Üzemanyagszűrő 1db
- Motorolajszűrő 1db
- Kartergázcső 1db
- Rugó a kartergázcsőhöz 1 db
- Vízcső a hengerfejhez 1db
- Szelepemelő tőke 8db
- Szívó szelep 4db
- Kipufogó szelep 4db
- Vízpumpa 1db
- Termosztát 1db
- Főtengely szimering első 1db
- Főtengely szimering hátsó 1db
- Motorolaj 12 liter

A felsorolt alkatrészekeken felül adagoló + porlasztók, turbó, blokk, hengerfej, hajtókarok gépi megmunkálása, illetve motor szét, valamint összeszerelésének próbapadi illesztésének, járatásának várható költségével kiegészítve összeállítottam a végleges javítási költségvetést. Az összeállított kalkuláció a [\[2.\]](#) számú mellékletben megtalálható.

5.2. A felújítás menete

A javítási költségek ügyféllel történt egyeztetését, elfogadását követően megrendeltem a szükséges alkatrészeket, majd elkezdtem az alkatrészek felújítását.

Első lépésként a hengerfej nyomáspróbáját végeztem el, a javítást célszerű ezzel indítani, mivel előfordulhat a hengerfejben olyan szabad szemmel nem látható repedés, ami miatt ezen egység további felújítása már nem jöhet szóba. A nyomáspróba során a hengerfej vízterét mindenhol lezártam, majd üzemi hőmérsékletre (90C°) előmelegített vizsgáló berendezésbe merítettem, megvártam, amíg eléri a hengerfej az üzemi hőfokot. Többszöri átforgatással a merítés során az alkatrésszel bejuttatott levegőt kidolgoztam (ez a vizsgálat során zavaró tényező). Majd sűrített levegővel nyomás alá helyeztem (4 bár). A vizsgálat során nem tapasztaltam pezsgést, folyamatos buborékolást, ami repedésre utalhatott volna, így a hengerfej a további javításra alkalmas.

A 5.16 ábrán a hengerfej nyomáspróbája látható.



5.16 ábra Hengerfej nyomáspróba (saját fotó)

A hengerfej felújítását a szelepvezetők cseréjével folytattam, a használt szelepvezetőket kipréseltem a helyükről, illetve újakat préseltem be. A szelepvezetőket célszerű a szelepekkel együtt cserélni, hiszen ezek az alkatrészek együtt kopnak, a szelepek oldal irányú mozgása a kopás hatására megnő, ami a szelepszár töréséhez vezethet.

A következő **5.17 ábrán** a kipréselést követően az új vezetők beillesztése látható.



5.17 ábra Szelepvezetők illesztése (saját fotó)

A szelepvezetők cseréjét követően felszabályoztam a szelepfészkeket, amelyeket a gyártó által meghatározott szögre kell szabályozni.

Cylinder head

Angle of valve seat:

- Intake... .. 30°
- Exhaust 30°

A szelepfészek felszabályozásának lépését az **5.18 ábra** mutatja, a munkafolyamatot az összes szelepfészeknél elvégeztem **5.19 ábra**.



5.18 ábra Szelepfészek szabályozás



5.19 ábra Megmunkált szelepfészek

Ezt követően a szelepeket becsiszoltam a szelepfészekbe. A csiszolásra a szelepek megfelelő zárása miatt van szükség. a szelepek zárását ellenőriztem az **5.20 ábrán** bemutatva.



5.20 ábra Szelepszárás ellenőrzés (saját fotó)

A hengerfej felújítását az alkatrész síkköszörülésével zártam. A munkafolyamat során a motorblokkal érintkező felületet kell szabályozni. Ezt a műveletet célszerű elvégezni a motorblokk esetében is, a tökéletes felületi illeszkedés elérése céljából. Jól látható a munkafolyamat közben a 2.-3. hengernél nem érintkezett a kő a felülettel, 4. hengernél már a teljes sík egyöntetű. az eljárás folyamán 0,15 mm került eltávolításra a hengerfej anyagából.

A folyamat az **5.21 ábrán** látható.



5.21 ábra Hengerfej síkköszörülés (saját fotó)

Az alkatrész felújítását teljes tisztítással, a szelepszár szimeringek cseréjével, szelepszárak, szimeringek olajzásával, majd rugók, valamint szelepékek beszerelésével zártam.

A szimeringek, szelepszárak olajjal történő összeszerelésére természetesen a motorindítás kritikus pillanata miatt van szükség, így egy vékony kenőfilm már a kezdetektől biztosítva van.

A felújítást a blokk javításával folytattam. Szükséges lépések: blokk síkköszörülése, hengerfuratok túlméretre történő fúrása, majd a hengerek hónolása. A következő **5.22 ábrán** a blokk síkköszörülése látható.



5.22 ábra Blokk síkköszörülés (saját fotó)

Ahogy a hengerfej esetében, úgy itt is megfigyelhető a megmunkálás folyamatában a felület egyenetlensége. A blokk vastagságából 0,15mm került eltávolításra, ekkora a teljes felület egyenetlensége. A munkafolyamat nem elhanyagolható, hiszen ennek hiányában a hengerfej, és a blokk közötti egyenetlenséget a tömítés már nem képes korrigálni. Ez általában meghibásodáshoz vezet, amely kompresszióvesztéssel jár.

Ilyenkor a hengerekben lévő nyomás képes egyik hengerből a másikba átjutni, egy idő után kiég a hengerfej tömítés. A másik lehetőség, hogy a víztér felé képes átjutni a hengerekben létrejövő nyomás, a vízcsövek felkeményednek, a víz keringését jelentősen befolyásolja, a gép melegedéséhez vezet.

Mivel a hengerperselyek a blokk felső részében megtámasztás nélkül állnak, így ezek a motorok kifejezetten érzékenyek a túl magas hőmérsékletre, nem megfelelő hűtés esetén felületi deformáció jellemző. A meghibásodás kezdeti szakaszában egy emelkedettebb üzemi hőmérséklet formájában jelentkeznek, (ezt általában figyelmen kívül hagyják a gépkezelők) majd a további üzemeltetés során a probléma fokozódik, és már a motor indítását követően jelentkeznek. A nagy nyomás a vízcsöveket szétfeszíti, a gép a további munkavégzésre alkalmatlan lesz.

A javítást a hengerperselyek fűrészával folytattam, amelyet a **(5.23 ábra)** szemléltet.



5.23 ábra Blokk fűrés (saját fotó)

A motorblokkot a munkafolyamat során megfelelően rögzítettem. A hengerpersely legfelső szakaszán (ahol a dugattyú, illetve a gyűrűk nem járnak) a hengerpersely központját a 4 db tájolótüske segítségével beállítottam.

Motorblokk adatai:

Motorblokk magassága az alsó-felső felület között: 441,073/441,374 mm (17.3657/17.3769 in)

Motorblokk hengerperselyátmérő: 105,000/105,025 mm (4.1338/4.1348 in)

Hengerpersely átmérő első javítóméret esetén: 105,500/105,525 mm (4.1535/4.1545 in)

Hengerperselyátmérő második javítóméret esetén: 106,000/106,025 mm (4.1732/4.1742 in)

A hengerperselyek kopási határa: 0,15 mm (0.0059 in)

A gépen beállítottam a fúrás alsó, valamint felső határát, és a 4 hengerhüvelyt javító méretre fúrtam. Természetesen ez nem a végleges hengerpersely átmérőt jelenti, a beállítás 105,94 mm-értékre történt, hiszen a megmunkálás utolsó fázisában a hengerek hónolásánál, még 0,06-0,07mm értéket rá kell számolni. Így éri el a motorblokk perselyátmérője a javítási utasítás szerinti 106 mm-t.

A felújítás utolsó szakaszában a hengerperselyeket áthónoltam, átmérőket ellenőriztem. A hónolás folyamata az **5.24 ábrán** látható.



5.24 ábra Henger hónolási folyamat (saját fotó)

A következő javítási fázisban a hajtókarok csapszegperselyeit cseréltem. A munkafolyamat során a régi perselyeket prégép segítségével eltávolítottam, valamint az új perselyeket bepréseltem.

A következő **5.25 ábrán** a hajtókar csapszegperselyek láthatóak a cserét követően.



5.25 ábra Az új dugattyúcsapszeg persely a hajtókarban (saját fotó)

A hajtókarok javítása a csapszegpersely cserével nem ért véget, hiszen ezek a perselyek nincsenek a végleges méretre beállítva.

Hajtókar méretei:

Típusa: 'H' alakú szakasz a végén ék kialakítású kisszemmel, tört hajtókar

Alapfurat átmérője a nagyszemnél: 67,21/67,22 mm (2.6460/2.6465 in)

Alapfurat átmérő a kisszemnél: 43,01/43,03 mm (1.693/1.694 in)

Hosszúsági méretosztályozás szerint: F, G, H, J, K, L

Alapfuratok középpontjai közötti hosszúság: 219,05/219,10 mm (8.624/8.626 in)

Csapszegpersely adatai:

Típusa: acél hátlap, ólombronz

Külső átmérő: 43,66/43,84 mm (1.7190/1.7259 in)

Belső átmérő: 39,723/39,738 mm (1.5638/1.5645 in)

Felületi érdesség: $R_a=0,8 \mu\text{m}$

Illesztési hézag a csapszeg és a persely között: 0,023/0,044 mm (0.0009/0.0017 in)

A perselyek cseréjét követően a hajtókarok derékszögelési vizsgálatát is elvégeztem, amelynek ellenőrzését az **5.26 ábra** szemlélteti.



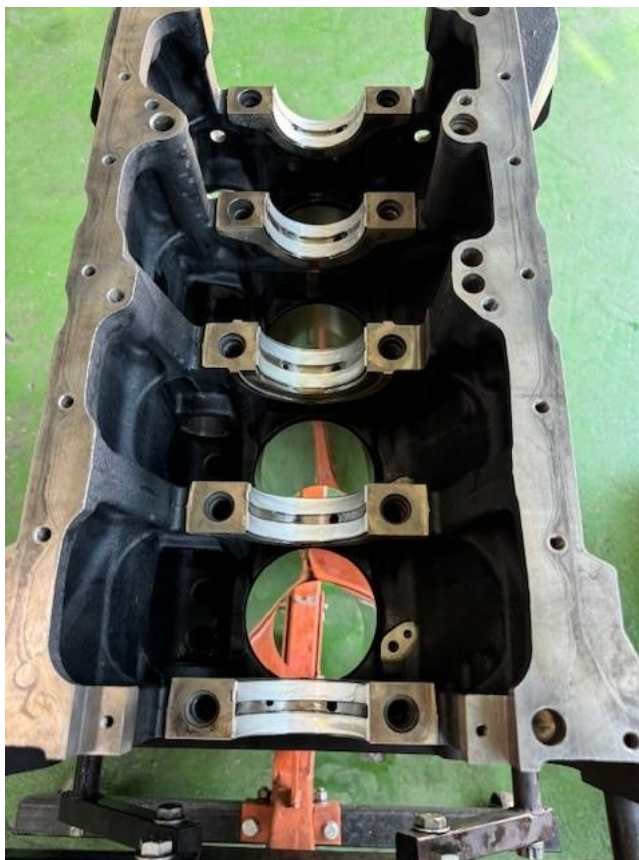
5.26 ábra Hajtókar ellenőrzés (saját fotó)

Erre azért van szükség, mert ha a hajtókar nem teljesen párhuzamos a löket irányával, a szemek nem merőlegesen, hanem valamelyik irányba elcsavarodva állnak (ez gyártási problémából is adódhat) abban az esetben a dugattyú oldalirányba nem áll megfelelően. Ami a motor meghibásodásához vezet. Persely csere esetén ezt megfelelően be kell állítani. A nyers persely belső átmérőjét a gyártó által meghatározott tűrést beszámítva kell készre munkálni.

5.3. Motor összeszerelése

A gépműhelyben elvégzett munkafolyamatokat követően minden alkatrészt megtisztítottam, a régi tömítéseket eltávolítottam, a felületeket zsírtalanítottam.

Az összeszereléshez a motorblokkot forgató állványra szereltem (5.27 ábra).



5.27 ábra Motorblokk szerelőállványon (saját fotó)

A blokkba behelyeztem az új siklócsapágyakat, méreteiket ellenőriztem. A blokk csapágycsészéibe szintén beillesztettem a siklócsapágyak másik felét. A felületeket beolajoztam, majd a főtengelyt beillesztettem a motorblokkba.

Támasztócsapágyakat beépítettem, majd a nyugvó csavarokat 245 Nm-rel a szerelési utasítás szerint meghúztam.

Az **5.28 ábrán** a főtengely beépítése, nyomatékra húzása látható.



5.28 ábra Főtengely csapágyfedeleinek nyomatékra húzása (saját fotó)

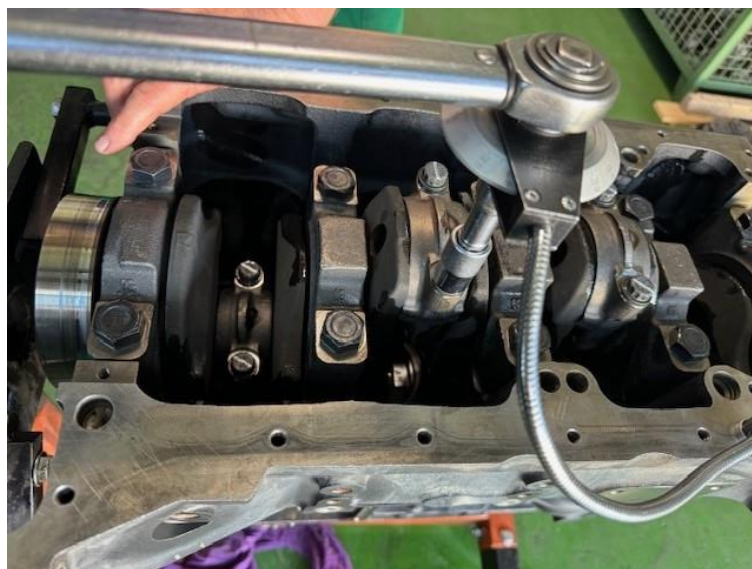
Ezt követően a hajtókarok és a dugattyúk előkészítését végeztem el. A csapszegperselyeket beolajoztam, és a dugattyúkat a hajtókarokra szereltem, a csapszeget a dugattyú két oldalán zárógyűrűkkel biztosítottam. Hajtókar csapágyakat a hajtókarokba illesztettem, a dugattyúgyűrűket 120°-ban egymáshoz képest elforgattam, majd szorítószalag segítségével összehúztam, és a motorba építettem.

A beépítés az **5.21 ábrán** látható.



5.29 ábra Dugattyú beépítése (saját fotó)

A dugattyúk beépítésére ügyelni kell, a gyűrűk nem sérülhetnek. Az elforgatásra azért van szükség, hogy a 3 gyűrűn lévő illesztési hézagok ne azonos irányban álljanak, ellenkező esetben nyomásvesztés lép fel az adott hengerben. A dugattyúk beépítését követően a hajtókar siklócsapágait beolajoztam, majd a csapágycsészéket új csavarokkal a hajtókarokon rögzítettem. Meghúzási nyomaték: $70\text{Nm}+120^\circ$ A hajtókar csavarok meghúzása az **5.29 ábrán** látható.



5.29 ábra A hajtókar csavarok meghúzása (saját fotó)

A beépítést követően ellenőriztem a dugattyúk kiállását a blokk síkjától, amely az **5.30 ábra** szemléltet.

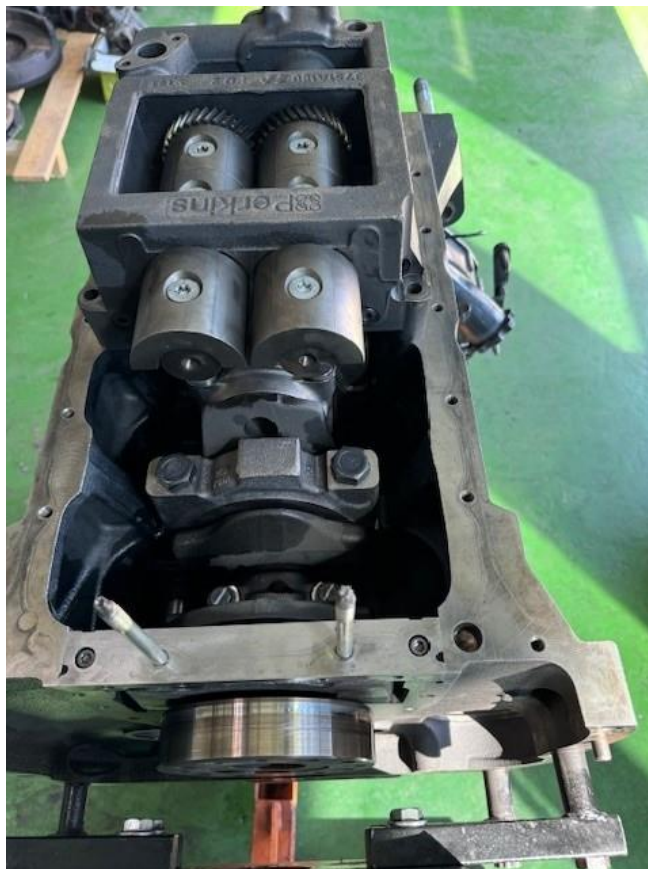


5.30 ábra Dugattyú kiállás mérése (saját fotó)

A dugattyúk kiállását fontos ellenőrizni, hiszen a blokk síkköszörülésekor a felületből eltávolított 0,15 mm miatt a dugattyúk feljebb kerülnek. A kiállás mértékének a gyári szerelési utasításban foglaltakon belül kell maradni, ami jelen esetben: 0,22mm-től 0,35mm-ig megengedett.

A mérésem során a felső értéket mértem az összes dugattyúnál, azaz 0,35mm-t. Ez a gyári érték felső határa, tehát a motor összeszerelése folytatható. Amennyiben ez az érték 0,35mm-t meghaladja, abban az esetben lehetőség van vastagabb hengerfejtömítés beépítésére, vagy új hajtókarokat kell beépíteni, amelyeket a gyártó a hosszúságuk alapján megkülönböztet. Ezt általában színkóddal, vagy betűvel tünteti fel a hajtókarokon.

Ezt követően beépítettem az olajszóró fűvókákat, amelyek a csapszeg, illetve a csapszegpersely kenéséért felelnek, valamint az új szelepemelő tőkét és vezérműtengelyt, és kiegyenlítőművet. Az **5.31 ábrán** ezen egységek láthatóak összeszerelt állapotban.



5.31 ábra Kiegyenlítőmű olajszivattyúval (saját fotó)

A kiegyenlítőmű 2 db félköríves ellensúlyt tartalmaz, amely a motorban keletkező rezgések kiegyenlítésére hivatott. Beépítéskor az 1. henger a felső holtponton van rögzítve, a súlyoknak az olajteknő felé kell állniuk egyformán. Ellenkező esetben a gép működése közben rendellenes remegés tapasztalható.

A megfelelő tömítésekkel a blokkra szereltem a vezérműházat. Illetve a vezérlés kerekeit beépítettem. A kerekeknél ügyelni kell, hogy a megfelelő jelölések pontosan egymásba essenek. Ellenkező esetben a szelepek nyitása-zárása nem lesz megfelelő a főtengely állásához képest. (véltetően a szelep a dugattyútetőre nyílna, ami a motor azonnali meghibásodásához vezet).

Az **5.32 ábrán** a motor közvetítő kereke, valamint a vezérműtengely fogaskereke látható.



5.32 ábra A motor fogaskerék vezérlése (saját fotó)

A kerekeket a megfelelő nyomatékkal meghúztam.

- Vezérműtengely fogaskerék: 95Nm
- Közvetítő kerék: 55 Nm
- Adagoló fogaskerék: 95Nm

Felszerelésre került az első, valamint hátsó főtengely szimering, és az olajteknő.

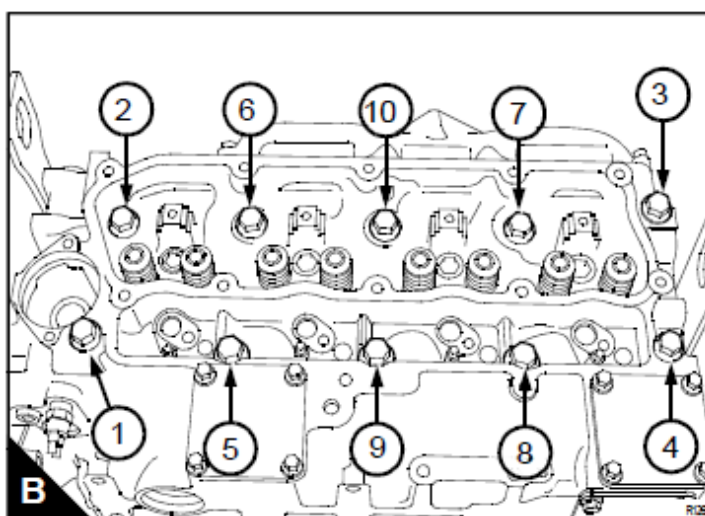
Ezt követően a motort átfordítottam a további szereléshez 180°-ot, a hengerfejjel kapcsolódó felületét zsírtalanítottam, a hengerfejtömítést felhelyeztem, és elkezdődött a hengerfej lehúzása.

A hengerfejcsavarokból összesen 10 db van, 2 különböző hosszúsággal. A csavarok nyomatékra történő meghúzását követően további meghúzási szöveget ír elő a javítási útmutató.

A hengerfejcsavarok meghúzásának előírt értéke:

- 1. lépésben: 50 Nm
- 2. lépésben: 100 Nm
- 3. lépésben: a rövid csavarokra: 225° a hosszú csavarokra: 270°

A meghúzási sorrendet az alábbi **5.33 ábra** szemlélteti:



5.33 ábra A hengerfej meghúzási sorrendje (javítási útmutatóból szkennelt ábra)

A hengerfejtömítés anyaga többrétegű lemez, a meghúzás sorrend a megszokott (középről kifelé irányuló sorrend helyett) a széléről indul, és befelé halad.

5.34 ábra hengerfej csavarok nyomatékra húzásának lépése.



5.34 ábra A hengerfejecsavarak nyomatékra húzása (saját fotó)

A javítást a szelepemelő rudak, himbatengely beépítésével, valamint a szelephézag beállításával folytattam.

Szelephézag gyári értéke:

- Szívó szelepeknél: 0,20 mm
- Kipufogó szelepeknél: 0,45 mm

A motor gyújtási sorrendje: 1-3-4-2

Beépítettem az izzítógyertyákat, valamint a porlasztókat, nyomócsöveket, az olajhűtő hőcserélőt és a szívó torkot szűrőket.

Ezt követően felszereltem a kipufogó torkot, és a turbófeltöltőt. Az alábbi 5.35 ábrán a motor az összeszerelési fázis leírt állapotában látható.

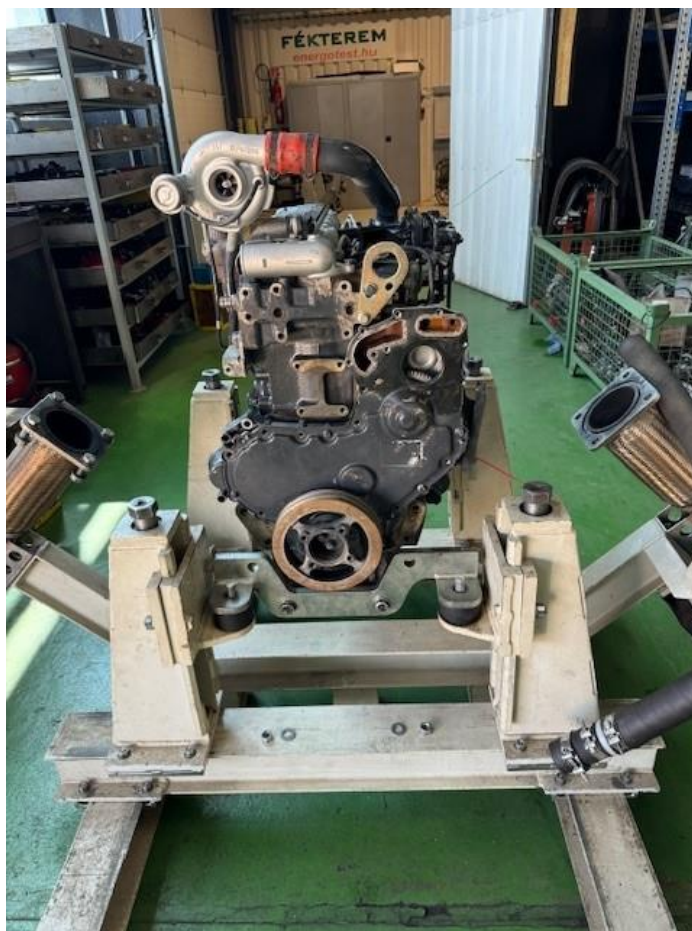


5.35 ábra A motor a felújítás utáni összeszerelt állapotában (saját fotó)

5.4. A motor féktermi illesztése, vizsgálata

A felújítás elengedhetetlen része a javítást követő járatás, illetve a teljesítménymérés. Több érv is szól a tevékenység mellett, hiszen a motort be tudom indítani, ellenőrizni tudom a szükséges paramétereit, probléma esetén (tömítetlenség, szerelési hiba stb.) gyorsabb a javítás, mintha a gépbe visszaépítést követően kellene ezt megtenni.

Az illesztés során első, illetve hátsó tartókat szereltem a motorra, ezekkel tudtam rögzíteni féktermi tartókeretre. A következő **5.36 ábrán** a keretre illesztett motor látható.



5.36 ábra A motor a féktermi tartóbakra illesztve (saját fotó)

Az illesztésnél a motor magasságát, valamint vízszintességét kell beállítani, hogy a fékgép elé tudjuk csatlakoztatni. Magasságát 72.5 cm-re beállítottam, így a fékpad kardántengelyéhez csatlakoztatva a tengely vízszintesen fog állni. A tartóbakok gumibakkal vannak szerelve, melynek segítségével a keletkező rezgések elnyelődnek. A magasságot a 4 oldalt elhelyezkedő menetes orsókval lehet pontosan beállítani, majd a motort anyákkal rögzíteni a kereten.

A beállításokat, rögzítést követően a motort a fékterembe szállítottam, elkezdtem a beszerelést.

A következő **5.37 ábrán** a motor fékterembe történő illesztése látható. A fékgép és a motor közötti kapcsolatot a lendkerékre szerelt erőátviteli tárcsa segítségével oldottam meg, amelyhez a fékgép kardántengelyét csatlakoztattam.



5.37 ábra A motor csatlakoztatása a fékpadi terheléshez (saját fotó)

A tartó egységet az átszállítást követően a gépalaphoz rögzítettem, a kardántengelyt az erőátviteli tárcsához csavarokkal rögzítettem. A következő **5.38 ábra** a féktermi bekötés állapotát szemlélteti.



5.38 ábra Illesztési állapot (saját fotó)

A beszerelés folyamán az alábbi csatlakoztatások szükségesek:

- Rögzítés a gépalaphoz, fékgéphez
- Hűtővíz be- és kilépő vízcsonkok csatlakoztatása
- Kipufogógáz elvezetés
- Elektromos bekötés (elektromos tápszivattyú, illetve önindító)
- Üzemanyagellátó rendszer (belépő, valamint visszatérő (résolaj)
- Gázkar bekötés a terem elektromos rendszeréhez
- Levegőrendszer

Csatlakoztatott mérőszenzorok:

- Motorolajnyomás
- Hengerfej hőmérséklet
- Belépő, kilépő víz hőmérséklet
- Turbó nyomás
- Szívócső depresszió
- Kipufogógáz hőmérséklet
- Kipufogó ellennyomás

A mérőszenzorok csatlakoztatását követően a mért értékek a monitoron láthatók (5.39 ábra).



5.39 ábra Mérőkép járatási ciklusban (saját fotó)

A fékpad paramétereinek bemutatása:

Örvényáramú vízhűtéssel ellátott Schenk típusú fékgép, dízelmotorok mérésére alkalmas.

- Maximális mérhető nyomaték: 2000 Nm
- Maximálisan mérhető teljesítmény: 400 kW

A teremben a beszívott levegő, beérkező üzemanyag, valamint a töltőlevegő hőmérsékletének beállítására külön temperáló egységek kerültek kialakításra. A teljesítménymérés dokumentálása szoftveresen történik, a pad évente kalibrált (a pontos mérésekhez elengedhetetlen). A motor az illesztést követően 8 órát járt a fékteremben. A járatási ciklus végén elvégeztem a felújított motor teljesítménymérését, amelyről mérési jegyzőkönyv készült.

A bekötést követő fázis: A motor indítása (kritikus pillanat, hiszen a motor kenőrendszerében kizárólag az összeszerelés során alkalmazott motorolaj van.) Ezért indítózáskor az adagolón lévő mágnesre (amely megnyitja az üzemanyag útját az adagoló rotorja felé, valamint a porlasztók irányába) nem adtam 12V-ot, tehát a motor nem fog beindulni. Az indítózás hatására az olajszivattyú is működésbe lép, elkezdi szállítani a motorolajat a kenési pontokra, anélkül, hogy a motort alkatrészei a megfelelő kenőfilm vastagság kialakulása nélkül terhelésnek lennének kitéve. Az indítózás hatására 1-1,5 bár olajnyomás épült fel. Ezt követően már biztonsággal megkezdhető a motor tényleges indítása. A járatás ciklusokra osztható fel, amelynek során a motor fordulatszámot, illetve a terhelést lépésenként, fokozatosan emeltem.

Járatás fázisai:

1. fázis: A motor indítása, járatása alapjáratú fordulatszámon. Ennél a munkafolyamatnál az olajnyomás, hőmérsékleti paraméterek megfigyelése történik. Szükség esetén befecskendezés „előtöltés” ellenőrzés-beállítás (stroboszkópos vizsgálattal). Mivel az adagoló tengelyen a fogaskerék egy önzáró kúpon van rögzítve, így az összeszereléskor néhány fok eltérést tapasztalható a befecskendezés kezdetében a gyári értékhez képest. Ebben az esetben a főtengely ékszíjtárcsán, valamint egy fix ponton (vezérműfedélen) fel kell venni

a felső holtpontot, a nyomócsőre egy érzékelő kristályt helyezni és az aktuális befecskendezési fokot ellenőrizni. A műszer segítségével pontosan látható, mikor történik meg a befecskendezés a hengertérbe a felső holtpont előtt. A gyári érték a vizsgált motor esetén 14.5° felső holtpont előtt. Ha a mért érték ennél kevesebb, abban az esetben a motor lassabban pörög fel, fehéres füst jelentkezhethet a fordulatszám emelkedésével. Ellenkező esetben, ha az érték e fölötti, akkor a motor kopogva „keményebben” jár.

2. fázis: 10%-os terhelésnél a fordulatszámot 1500 ford/min-re emeltem. a motort folyamatos megfigyelés alatt tartva elértem az üzemmeleg állapotot, termosztát $82,5^\circ\text{C}$ -on nyit, kilépő víz hőmérséklet elkezd emelkedni. A motor 2 órát jár ezen körülmények között.

3. fázis: 30%-os terhelés mellett a motor fordulatszámot 1700 ford/min-re emeltem. 2 órás időintervallumra.

4. fázis: 40%-os terhelésnél a motor 1900 ford/min üzemel 2 órát.

5. fázis: 50%-os terhelés mellett a fordultszám 2000ford/min. 2 órán keresztül

A motor járatása során a cél, hogy a fordulatszám növelésében és a terhelésben is fokozatosság legyen. Természetesen a motor a felsorolt folyamatok elvégzését követően még nincs bejáratva tökéletesen, a bejáratás egy hosszan tartó folyamat, ami már a gép kezelőjének feladata lesz. Arra viszont elegendő, egy automatikus teljesítmény tesztet elvégezzek rajta, valamint a mért adatokat értékeljem, dokumentáljam.

A teljesítménymérés menete: A mérés megkezdése előtt a programban kitöltésre kerülnek a gépadatok, gyári értékek. (ezek később bármikor visszakereshető, mentett információk maradnak)

- Gép típus
- Motorszám
- Alapjáratati fordulatszám
- Leszabályzási fordulatszám
- Névleges fordulatszám
- Névleges teljesítmény
- Névleges nyomaték

-
- Alapjáratú olajnyomás
 - Leszabályzási olajnyomás

Az adatok mentését követően meg kellett adnom a mérés lépésközeit. Ezzel a felvenni kívánt munkapontok mennyiségét is meghatározzuk. Ennél a motornál 100-as lépésközzel végeztem a vizsgálatot, ami azt jelenti, hogy a fékpad terheli a motort, és ha a fordulatszám 100 ford/perc értéket csökken, akkor következik a munkapont felvétele, adatok rögzítése.

Meg kellett adnom a motorfordulatszámok értékét (felsőt, és alsót egyaránt), milyen fordulatszámtól, és meddig szeretném a motort mérni. A vizsgált motornál ez 8 felvett munkapontot jelentett 2300 ford/min és 1600 ford/min tartományok között.

A mérés lefutása teljesen automatikusan történt. (kizárólag a mérés megszakítására van lehetőség)

A motor leszabályzási fordulatra állt. 2350 ford/min. A fékpad elkezdte terhelni, a terhelés hatására a fordulatszám 2300 ford/min közeli értékre csökkent. Ekkor megtörténik a munkapont felvétele.

Az alábbi adatok kerülnek rögzítésre:

- Aktuális motorfordulatszám
- Nyomaték értéke (Nm-ben)
- Motor által leadott teljesítmény (kW-ban meghatározva)
- Motor által leadott teljesítmény (LE-ben meghatározva)
- Turbó nyomás az aktuális fordulatszámon

A mérés megtörtént a 8 munkaponton, az adatok rögzítése sikeresen lefutott, a mérési jegyzőkönyv elkészült, amelyet **[3.]** számú mellékletként csatoltam.

A következő **5.1 táblázat** a gyári, valamint a mért értékek összehasonlítását tartalmazza 5 munkapontban.

5.1 táblázat A gyári, valamint a mért értékek összehasonlítása 5 munkapontban

Motor fordulatszám (1/min)		Nyomaték		leadott teljesítmény (kW)		Leadott teljesítmény (LE)	
Gyári érték	Mért érték	Gyári érték	Mért érték	Gyári érték	Mért érték	Gyári érték	Mért érték
2300	2327	282	341,1	68	82,2	92,48	111,8
2200	2230	295	349,7	68	81,8	92,48	111,3
2000	1997	322	385,4	67,4	80,3	91,66	109,2
1800	1823	350	372,7	66	71,9	89,76	97,8
1600	1601	373	429,6	62,5	71,8	85	97,6

A teszt lefutását követően a motor alapjáratú fordulatszámra állt, így járatam még 10 percig (nem szabad a nagy terhelést követően leállítani), majd a járatást, mérést befejezettnek tekintettem a mért adatok átvizsgálása után. A gyári teljesítménymérés adatai a [\[4.\]](#) számú mellékletben található. A motor a teljesítményteszt eredménye alapján a gyári érték felett teljesített 15% -kal. A teszt során (levegőkompresszor, klíma kompresszor, hidraulikus egységek) nem voltak felszerelve, a motor által leadott teljesítményt megfelelőnek értékelem.

6. Gazdasági számítás

Felújítás során szükséges alkatrészek	Darabszám	Ár nettó	Érték nettó
Főtengely nyugvó csapágysor	1	9 288 Ft	9 288 Ft
Hajtókar csapágysor	1	22 081 Ft	22 081 Ft
Dugattyú+gyűrű+csapszeg Klt.	4	72 025 Ft	288 100 Ft
Hajtókar csavar	8	2 134 Ft	17 072 Ft
Csapszegpersely	4	5 536 Ft	22 144 Ft
Támasztó csapágó alsó	2	1 163 Ft	2 326 Ft
Támasztó csapágó felső	2	1 163 Ft	2 326 Ft
Vezérműtengely persely	1	12 615 Ft	12 615 Ft
Tömítés készlet felső	1	81 322 Ft	81 322 Ft
Hengerfej csavar	7	3 267 Ft	22 869 Ft
Hengerfej csavar	3	4 431 Ft	13 293 Ft
Tömítés készlet alsó	1	99 540 Ft	99 540 Ft
Üzemanyagszűrő	1	4 826 Ft	4 826 Ft
Motorolajszűrő	1	4 858 Ft	4 858 Ft
Kartergázcső	1	7 848 Ft	7 848 Ft
Rugó a kartergázcsőhöz	1	2 018 Ft	2 018 Ft
Vízcső	1	5 395 Ft	5 395 Ft
Szelepelemelő tőke	8	7 900 Ft	63 200 Ft
Szívó szelep	4	16 153 Ft	64 612 Ft
Kipufogó szelep	4	17 664 Ft	70 656 Ft
Vízpumpa	1	68 708 Ft	68 708 Ft
Termosztát	1	28 746 Ft	28 746 Ft
Főtengely szimering hátsó	1	22 187 Ft	22 187 Ft
Főtengely szimering első	1	4 786 Ft	4 786 Ft
Motorolaj	12	3 078 Ft	36 936 Ft
Rezsianyag	1	35 000 Ft	35 000 Ft
Gépi munka: Hajtókar csapszegperselyek cseréje, hajtókarok derékszögélése, hengerek fűrése, hónolása, blokk síkköszörölése, hengerfej nyomáspróbája, szelepvezetők cseréje, szelepek becsiszolása, síkköszörölés	1	380 000 Ft	380 000 Ft
Adagoló javítás (Maximált ár!)*	1	450 000 Ft	450 000 Ft
Porlasztók javítása Maximált ár!)*	4	36 909 Ft	147 636 Ft
Turbó javítása (Maximált ár!)*	1	270 000 Ft	270 000 Ft
Szolgáltatások munkalapon:			
Motor szétszerelése, hibafeltárása	10	22 900 Ft	229 000 Ft
Motor alkatrészek eltisztítása, motor összeszerelése	35	22 900 Ft	801 500 Ft
Motor fűktermi illesztése (le, és felszerelés)	10	22 900 Ft	229 000 Ft
Motor fűktermi járatása	8	22 900 Ft	183 200 Ft
Anyagköltség+szolgáltatás összesen: 3.703.088 Ft+ÁFA			

*Maximált ár a részletes anyagkimutatásban: Egy adott egység felújításának lehető legnagyobb költsége tájékoztató jellegű, pontos ár az alkatrész felmérését követően várható.

költségelemzés	Előrejelzett	Végső költség
Az alkatrészek összes költsége:	2 260 388 Ft	2 052 307 Ft
A szolgáltatások összes költsége:	1 442 700 Ft	1 442 700 Ft
végösszeg (anyagköltség+szolgáltatás):	3 703 088 Ft	3 495 007 Ft
A "maximált" áron előrejelzett költségek, és a végső költségek közötti különbség:		208 081 Ft

Új motor ára: 4.472.000 Ft + ÁFA

Az új motor ára, valamint a felújítás végső költsége között 976.993 Ft különbség van.

Mivel a felújítás az előre tervezett időben, előre meghatározott módon történt, ezért a feltüntetett különbséget egyértelműen költségmegtakarításként lehet értelmezni.

Váratlan meghibásodás esetén, előre nem tervezett felújításnál az alábbi kiadásokkal kell még számolni:

- a mezőgazdasági munkálatok késése (termésátlag csökkenés)
- bérgep kölcsönzés

7. Összefoglalás

Szakdolgozatomat az Axiál Kft. központi telephelyén, Baján készítettem. Dolgozatom célja, a Landini Powerfarm 100 HC típusú traktor meghibásodási körülményeinek vizsgálata, valamint az erőgépbe épített Perkins 1104D-44T motorjának hibafeltárása, javítási technológiájának meghatározása, továbbá a motoron a javítást követő ellenőrző mérések végrehajtása, bemutatása, valamint gyári értékekkel történő összehasonlítása, a felújítás eredményességének minősítése.

Az irodalmi feldolgozás részben foglalkoztam többek között a belső égésű motor alapvető felépítésével, a motor részegységeinek jellemző kopási állapotával, valamint a motoron belül kialakuló kenési állapotok bemutatásával, lehetséges diagnosztikai eljárásokkal, amelyek segítségével el lehet dönteni, szükséges-e egy motor erőgépből történő kiszerelése, vagy elegendő kisebb részegységek javítása.

Az érdemi részben röviden ismertettem az erőforrást, illetve a meghibásodás körülményeit, majd a motoron belül keletkezett meghibásodásokkal folytattam. A hibafeltárást követően meghatároztam melyek azok az alkatrészek, amelyeknek a felújítása lehetséges, illetve milyen alkatrészek cseréje indokolt.

Ezen információk felhasználásával kalkulációt készítettem a motor felújítására, amelyet (a partnerrel történt egyeztetést követően) elvégeztem.

Dolgozatom további részében a féktermi járatáshoz, valamint méréshez szükséges előkészítő lépéseket vázoltam fel, majd a motor illesztését követő kezdeti eljárásokat, bejáratás fázisait, illetve teljesítménymérés végrehajtását ismertettem.

A dolgozat elkészítésekor fennálló mezőgazdasági helyzet (alacsony terméshozam, kedvezőtlen időjárási viszonyok, valamint alacsony felvásárlási árak következtében) mind a gépberuházási kedv, mind a munkánk során megszokott teljes körű, magas színvonalú javítás igénye a háttérbe helyeződik, a legfontosabb és legszükségesebb problémák megoldásra korlátozódik. ***Javaslatom a szervizek, napi karbantartások nyomon követésére, betartására irányul a vizsgált gép kapcsán, így elkerülhetőek az ilyen jellegű kiadások.*** Ügyfelei számára az Axiál Kft. a jelenlegi mezőgazdasági körülmények ellenére is magas színvonalú szerviz és alkatrészellátást biztosít.

8. Summary

I created my Thesis at a company named Axiál GmbH in Hungary. The aim of the Thesis is to investigate the circumstances of the breakdown of a Landini Powerfarm 100 HC type tractor, furthermore the detection of faults of the Perkins 1104D-44T engine mounted in the tractor, and to determine the technologies of repair. After the repair I made control measurements on the engine that I explain in my Thesis and I compare these values with the factory standards to determine the quality and result of the repair.

In the literature processing part of the Thesis I processed and show the basics and structures of internal combustion engines, the specific wear conditions of the sub-units of the engine, the lubrication conditions inside the engine and possible diagnostic processes, which can help to determine if it is necessary to mount the engine for a total overhaul or is it enough to repair just sub-units of it. In the main part I briefly explained the specific engine and the circumstances of the breakdown. Then I continued with the identification of the internal damages inside the engine focusing mainly on the wear of parts important from the tribological point of view. After the complete fault identification I defined what parts are possible to make a restoration on and what parts are necessary to replace.

Using these information I made a calculation for the complete overhaul of the engine. After the customer agreed the calculation I restored the engine to factory status.

In the final part of my Thesis I explained the necessary steps to do the running-in on the engine test bench and the steps prior to complete the measurements. Then I explained the mounting of the machine on the test bench and the connection of the supply and measurement line, the phases of running-in, and finally the power measurement I made.

When making my Thesis, the environmental-, economic- and the agricultural circumstances (weak yields, unfavorable weather conditions, low crop prices) all effected the investments in machines and the full high quality restoration of machines in a negative way. The repair of the machines concentrated on the solution of the most important faults and occasional breakdowns. My suggestion is to keep track of the periodic and daily maintenances, and to comply these -especially regarding this specific machine- thus these high costs of repair and breakdown time can be avoided. Despite the present bad circumstances the Axiál GmbH offers customers high quality services and parts supply.

9. Nyilatkozatok

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Szakáll László hallgató Neptun azonosítója: GGCKOL konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2024. év október hó 25. nap


Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

NYILATKOZAT

A szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Szakáll László
A Hallgató Neptun kódja: GGCKOL
A dolgozat címe: Belsőégésű motor tribológiai vizsgálata
A megjelenés éve: 2024
A tanszék neve: Gépipari- és Anyagtudományi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat 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 október hó 25. nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Alulírott Szakáll László, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Anyagtudományi, és Gépipari folyamatok Campus, Kenéstechnikai és tribo-diagnosztikai 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 Diplomadolgozatomban 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 október hó 21. nap



Hallgató

NYILATKOZAT

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

A Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

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

Kelt: 2024. év október hó 25. nap



Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláírni!

10.Irodalomjegyzék

- [1] Fülöp, Zoltán. *Belsőégésű motorok*. Budapest. 1990. ISBN 963-18-2336-9
- [2] Bereczky Ákos Varga Zoltán *Motor és erőátviteli rendszerek mechatronikája* 2014 ISBN978-963-313-172-5
- [3] Kisdeák L.: Kenéstechnikai alapok In:
http://www.jht.bme.hu/hun/BJJ5_ea_kenestechikai_alapok1.pdf
- [4] Fazekas L. (2019) Tribológiai folyamatok az üzemeltetésben. Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó. ISBN 978 963 318 748 7
- [5] Belső égésű motorok kenése 2024 [Online] Available: www.uni-mate.hu
- [6] Zsidai László *Járműtribológia Motor és segédberendezései Szűrők* 2023
- [7] Siklócsapágyak laboratóriumi vizsgálata [online] Microsoft Word - Meres6.doc
- [8] Belső égésű motorok kenése 2024 [Online] Available: www.uni-mate.hu
- [9] Ráthy I., Fazekas L., Gavallér J., Kugyela P. (2015) *Karbantartás és gépjavítás*, Debrecen: Debreceni Egyetem Műszaki Kar. ISBN 978-963-473-905-0
- [10] Sente László Kereszty Balázs *Tribológia alapjai* ISBN 978-615-5817-49-6
- [11] Zsidai László *Járműtribológia Motor és segédberendezései Szűrők* 2023
- [12] Sente László Kereszty Balázs *Tribológia alapjai* ISBN 978-615-5817-49-6
- [13] Belső égésű motorok kenése 2024 [Online] Available: www.uni-mate.hu
- [14] A hengerek és hengerperselyek helyes megmunkálása [online] www.lapunk.hu
- [15] Csatornáknál jobb a táskák [online] Available: www.autotechnika.hu
- [16] Belső égésű motorok kenése 2024 [Online] Available: www.uni-mate.hu
- [17] A motor mechanikus vizsgálata II. [online] Available: www.injektor.hu
- [18] Nyomásveszteség mérés menete [online] www.hibakod.hu
- [19] Traktorok karbantartása [online] Available: www.agraragazat.hu
- [20] Kiegészítő ismeretek [online] Available: elearning.uni-mate.hu

11. Mellékletek jegyzéke

1. számú melléklet: Szervizperiódusok
2. számú melléklet: Motorfelújítás kalkuláció
3. számú melléklet: Teljesítménymérési jegyzőkönyv
4. számú melléklet: Gyári teljesítménymérési jegyzőkönyv

1. számú melléklet: szervizperiódusok

Szerviz intervallum	Meghatározás	Munka	Cikkszám	Mennyiség Liter/ Db	Megjegyzés
50 üzemóra	Motorolaj	Csere	06-805-8050-00	8	Agrolube Solea LD9
	Motorolaj szűrő	Csere	06-805-0404-80	1	
	Hidraulika és váltószűrő	Csere	06-805-0799-30	1	
	Kormányoszár	Csere	06-805-4220-40	1	
	Szelephézag ellenőrzés	Beállítás			
	Nyomatékváltó olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8031-00	36	Agrolube Vela Universal
250 üzemóra	Motorolaj	Csere	06-805-8050-00	8	Agrolube Solea LD9
	Motorolaj szűrő	Csere	06-805-0404-80	1	
	Hidraulika és váltószűrő	Csere	06-805-0799-30	1	
	Kormányoszár	Csere	06-805-4220-40	1	
	Nyomatékváltó olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8031-00	36	Agrolube Vela Universal
	Első híd olaj	Csere	06-805-8040-00	6	Agrolube Carina 80W-90
	Első végrehajtás olaj	Csere	06-805-8040-00	2	Agrolube Carina 80W-90
	Hátsó végrehajtás olaj	Csere	06-805-8040-00	4	Agrolube Carina 80W-90
	Levegőszűrő (külső)	Ellenőrzés	6503092M1	1	
	Levegőszűrő (belső)	Ellenőrzés	6501484M1	1	
	Üzemanyag szűrő	Ellenőrzés	06-805-0635-80	1	
	Üzemanyag szűrő	Ellenőrzés	06-805-1230-00	1	
	Klíma szűrő	Ellenőrzés	6502162M91	1	
500 üzemóra	Motorolaj	Csere	06-805-8050-00	8	Agrolube Solea LD9
	Motorolaj szűrő	Csere	06-805-0404-80	1	
	Hidraulika és váltószűrő	Csere	06-805-0799-30	1	
	Kormányoszár	Csere	06-805-4220-40	1	
	Nyomatékváltó olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8031-00	36	Agrolube Vela Universal
	Első híd olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	6	Agrolube Carina 80W-90
	Első végrehajtás olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	2	Agrolube Carina 80W-90
	Hátsó végrehajtás olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	4	Agrolube Carina 80W-90
	Levegőszűrő (külső)	Csere	6501484M1	1	
	Levegőszűrő (belső)	Csere	6501484M1	1	
	Üzemanyag szűrő	Csere	06-805-0635-80	1	
	Üzemanyag szűrő	Csere	06-805-1230-00	1	
	Klíma szűrő	Csere	6502162M91	1	
750 üzemóra	Motorolaj	Csere	07-000-0116-15	8	Agrolube Solea LD9
	Motorolaj szűrő	Csere	06-805-0404-80	1	
	Hidraulika és váltószűrő	Csere	06-805-0799-30	1	
	Kormányoszár	Csere	06-805-4220-40	1	
	Nyomatékváltó olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8031-00	36	Agrolube Vela Universal
	Első híd olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	6	Agrolube Carina 80W-90
	Első végrehajtás olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	2	Agrolube Carina 80W-90
	Hátsó végrehajtás olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	4	Agrolube Carina 80W-90
	Levegőszűrő (külső)	Ellenőrzés	6501484M1	1	
	Levegőszűrő (belső)	Ellenőrzés	6501484M1	1	
	Üzemanyag szűrő	Ellenőrzés	06-805-0635-80	1	
	Üzemanyag szűrő	Ellenőrzés	06-805-1230-00	1	
	Klíma szűrő	Ellenőrzés	6502162M91	1	
1000 üzemóra	Motorolaj	Csere	06-805-8050-00	8	Agrolube Solea LD9
	Motorolaj szűrő	Csere	06-805-0404-80	1	
	Hidraulika és váltószűrő	Csere	06-805-0799-30	1	
	Kormányoszár	Csere	06-805-4220-40	1	
	Nyomatékváltó olajsztint	Csere	06-805-8031-00	36	Agrolube Vela Universal
	Első híd olaj	Csere	06-805-8040-00	6	Agrolube Carina 80W-90
	Első végrehajtás olaj	Csere	06-805-8040-00	2	Agrolube Carina 80W-90
	Hátsó végrehajtás olaj	Csere	06-805-8040-00	4	Agrolube Carina 80W-90
	Levegőszűrő (külső)	Csere	6501484M1	1	
	Levegőszűrő (belső)	Csere	6501484M1	1	
	Üzemanyag szűrő	Csere	06-805-0635-80	1	
	Üzemanyag szűrő	Csere	06-805-1230-00	1	
	Klíma szűrő	Csere	6502162M91	1	
	Fülkeszűrő	Csere	06-805-1115-00	1	
	Szelephézag ellenőrzés	Beállítás			

Szerviz intervallum	Meghatározás	Munka	Cikkszám	Mennyiség Liter/ Db	Megjegyzés
1250 üzemóra	Motorolaj	Csere	06-805-8050-00	8	Agrolube Solea LD9
	Motorolaj szűrő	Csere	06-805-0404-80	1	
	Hidraulika és váltószűrő	Csere	06-805-0799-30	1	
	Kormányoszár	Csere	06-805-4220-40	1	
	Nyomatékváltó olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8031-00	36	Agrolube Vela Universal
	Első híd olaj	Ellenőrzés	06-805-8040-00	6	Agrolube Carina 80W-90
	Első végrehajtás olaj	Ellenőrzés	06-805-8040-00	2	Agrolube Carina 80W-90
	Hátsó végrehajtás olaj	Ellenőrzés	06-805-8040-00	4	Agrolube Carina 80W-90
	Levegőszűrő (külső)	Ellenőrzés	8503092M1	1	
	Levegőszűrő (belső)	Ellenőrzés	8501484M1	1	
	Üzemanyag szűrő	Ellenőrzés	06-805-0835-80	1	
	Üzemanyag szűrő	Ellenőrzés	06-805-1230-00	1	
1500 üzemóra	Klíma szűrő	Ellenőrzés	8502182M91	1	
	Fülkeszűrő	Ellenőrzés	06-805-1115-00	1	
1500 üzemóra	Motorolaj	Csere	06-805-8050-00	8	Agrolube Solea LD9
	Motorolaj szűrő	Csere	06-805-0404-80	1	
	Hidraulika és váltószűrő	Csere	06-805-0799-30	1	
	Kormányoszár	Csere	06-805-4220-40	1	
	Nyomatékváltó olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8031-00	36	Agrolube Vela Universal
	Első híd olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	6	Agrolube Carina 80W-90
	Első végrehajtás olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	2	Agrolube Carina 80W-90
	Hátsó végrehajtás olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	4	Agrolube Carina 80W-90
	Levegőszűrő (külső)	Csere	8501484M1	1	
	Levegőszűrő (belső)	Csere	8501484M1	1	
	Üzemanyag szűrő	Csere	06-805-0835-80	1	
	Üzemanyag szűrő	Csere	06-805-1230-00	1	
1750 üzemóra	Klíma szűrő	Csere	8502182M91	1	
	Fülkeszűrő	Csere	06-805-1115-00	1	
1750 üzemóra	Motorolaj	Csere	07-000-0116-15	8	Agrolube Solea LD9
	Motorolaj szűrő	Csere	06-805-0404-80	1	
	Hidraulika és váltószűrő	Csere	06-805-0799-30	1	
	Kormányoszár	Csere	06-805-4220-40	1	
	Nyomatékváltó olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8031-00	36	Agrolube Vela Universal
	Első híd olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	6	Agrolube Carina 80W-90
	Első végrehajtás olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	2	Agrolube Carina 80W-90
	Hátsó végrehajtás olajsztint	Ellenőrzés	06-805-8040-00	4	Agrolube Carina 80W-90
	Levegőszűrő (külső)	Ellenőrzés	8501484M1	1	
	Levegőszűrő (belső)	Ellenőrzés	8501484M1	1	
	Üzemanyag szűrő	Ellenőrzés	06-805-0835-80	1	
	Üzemanyag szűrő	Ellenőrzés	06-805-1230-00	1	
2000 üzemóra	Klíma szűrő	Ellenőrzés	8502182M91	1	
	Fülkeszűrő	Ellenőrzés	06-805-1115-00	1	
2000 üzemóra	Motorolaj	Csere	06-805-8050-00	8	Agrolube Solea LD9
	Motorolaj szűrő	Csere	06-805-0404-80	1	
	Hidraulika és váltószűrő	Csere	06-805-0799-30	1	
	Kormányoszár	Csere	06-805-4220-40	1	
	Nyomatékváltó olajsztint	Csere	06-805-8031-00	36	Agrolube Vela Universal
	Első híd olaj	Csere	06-805-8040-00	6	Agrolube Carina 80W-90
	Első végrehajtás olaj	Csere	06-805-8040-00	2	Agrolube Carina 80W-90
	Hátsó végrehajtás olaj	Csere	06-805-8040-00	4	Agrolube Carina 80W-90
	Levegőszűrő (külső)	Csere	8501484M1	1	
	Levegőszűrő (belső)	Csere	8501484M1	1	
	Üzemanyag szűrő	Csere	06-805-0835-80	1	
	Üzemanyag szűrő	Csere	06-805-1230-00	1	
2000 üzemóra	Klíma szűrő	Csere	8502182M91	1	
	Fülkeszűrő	Csere	06-805-1115-00	1	
	Hűtőfolyadék	Csere	06-805-2965-00	15	
	Fékfolyadék	Csere	06-805-0351-80	1	
	Szelephézag ellenőrzés	Beállítás			

2. számú melléklet: Motorfelújítás kalkuláció.



Kézpont:
H-6500 Baja, Szegedi út 147., 652 6501 Baja, Pf. 4.
Telefon: (36) 79/525-400
Szervizközpont:
Telefon: (36) 79/526-411
www.axial.hu, email: szerviz@axial.hu



Motorfelújításra vonatkozó szolgáltatási és javítási ajánlat

Motorszám: NL38966U05559T			
Alvázsám: LUULU39223			
<i>Cserélendő alkatrészek listája:</i>			
Megnevezés	Darabszám	Ár nettó	Érték nettó
Főtengely nyugvó csapágyasor	1	9288	9288
Hajtókar csapágyasor	1	22081	22081
Dugattyú+gyűrű+csapszeg Klt.	4	72025	288100
Hajtókar csavar	8	2134	17072
Csapszegpersely	4	5536	22144
Támcsapágy alsó	2	1163	2326
Támcsapágy felső	2	1163	2326
Vezértengely persely	1	12615	12615
Tömítés készlet felső	1	81322	81322
Hengerfej csavar	7	3267	22869
Hengerfej csavar	3	4431	13293
Tömítés készlet alsó	1	99540	99540
Üzemanyag szűrő	1	4826	4826
Olajszűrő	1	4858	4858
Kartergáz cső	1	7848	7848
Rugó kartergázcsőhöz	1	2018	2018
Összekötő vízcső	1	5395	5395
Szelepemelő töke	8	7900	63200
Szelep	4	16153	64612
Szelep	4	17664	70656
Vizpumpa	1	68708	68708
Termosztát	1	28746	28746
Főtengely szimering hátsó	1	22187	22187
Főtengely szimering első	1	4786	4786
Motorolaj	12	3078	36936
Rezsianyag	1	35000	35000
Gépi munka: Hajtókarok derékszögelése, csapszegperselyek cseréje, blokk fúrása túlméretre, hengerek hónolása, blokk síkköszörülése, hengerfej nyomáspróba, szelepek becsiszolása, hengerfej síkköszörülése			
	1	380000	380000
Adagoló javítása (Maximált ár!)	1	450000	450000
Porlasztók javítása (Maximált ár!)	4	36909	147636
Turbó javítása (Maximált ár!)	1	270000	270000
Szolgáltatás külön munkalapon:			
Szolgáltatás (motor szétszerelése)	10	22900	229000
Szolgáltatás (motor összeszerelése)	35	22900	801500
Motor féktermi illesztése (Le-felszerelés)	8	22900	183200
Motor féktermi járattása	10	22900	229000
		Összesen:	3703088

Az anyagköltség+a szolgáltatás: 3.703.088.Ft+Afa

Az ajánlat megbontást megelőző, tehát nem minősül pontos ajánlattételnek, tájékoztató jellegű
Az ajánlatban feltüntetett alkatrész árak egyedi fix árak, amelyekből további kedvezmény nem adható! A mindenkor bolti kedvezmény sem vehető igénybe!!
A motor cseréjével egyidejűleg a vízhűtő teljes (külső-belső) tisztításának hűtős szakember által meg kell történnie. Amennyiben nem javítható cserélni kell a vízcsővekkel együtt. Ellenkező esetben nincs a motorra garancia!
A "maximált ár" alatt az egység felújításának lehető legnagyobb költsége, tájékoztató jellegű, pontos árajánlat felmérés, ellenőrzés után!
Megjegyzés: Szolgáltató előzetes árajánlat kiadásakor fent tartja a jogot annak módosítására, ha a kiadása megelőzi a hibafelvételezést, szétszerelést vagy során további előre nem látható vagy csak műszeres diagnosztikával feltárható egység, alkatrész hibáját találja meg.

Fizetési határidő a javítás befejezése után: nap. Fizetési mód:

Ajánlatétel dátuma: 2024.07.23.

Visszaigazolás dátuma:

Tisztelettel:

Szakáll László
Axial Kft.
Tel: 36/30 425 52 50
Fax: 36/30 425 52 51
E-mail: info@axial.hu

Megrendelő vagy képviselője

p.h. vagy szem.ig.szám

3. számú melléklet: Teljesítménymérési jegyzőkönyv



Központ:
H-6500 Baja, Szegedi út 147. 6500 Baja, Pf. 4
Telefon: (36) 79/ 525-400,
Központi fax: (36) 79/ 525-447
<http://www.axial.hu>



Dátum: 2024-09-05
Idő: 14:38
Oldal: 1

Azonosít: **630**

Motor típus:	PERKINS 1104 NL38966U55559T	Motorszám:	LANDINI POWERFARM 100HC
InfoSys:	nincs	Adagoló:	DELPHI
Munkaszám:	-	Turbó 1:	Turbo1
Munkalap szám:	-	Turbó 2:	Turbo2
Megjegyzés:	125		

Maximális teljesítmény mérés

Műszaki specifikáció:

Alapjárat fordulatszám:
Leszabályozási fordulatszám:
Névleges fordulatszám:
Névleges teljesítmény:
Névleges nyomaték:
Alapjárat olajnyomás:
Leszabályozási olajnyomás:
Maximális teljesítmény:
Maximális nyomaték:

Gyári	Teljesítményteszt	
850 [1/min]	842 [1/min]	
2450 [1/min]	2494 [1/min]	
2100 [1/min]	2102 [1/min]	
68 [kW]	110 [LE]	81 [kW]
300 [Nm]		368 [Nm]
2 [bar]		2.02 [bar]
4 [bar]		3.33 [bar]
	2325 [1/min] @	113 [LE] 83 [kW]
	1600 [1/min] @	432 [Nm]

Mérési feltételek:

Léghőmérséklet: 26.2 [°C]
Légnyomás: 1028 [mbar]
Üzemanyag sg: 0.83 [kg/l]

AXIAL JAVÍTÓ, KÉSZKEZELÉSI
ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.
6500 Baja, Szegedi út 147.
Tel.: 79/525-400, Fax: 79/525-447
Adatszám: 11376956-203
48.

Stefán László

Aláírás 1

Aláírás 2





Képzőpont:
H-6500 Baja, Szegedi út 147. 652-6501 Baja, PE. 4
Telefon: (36) 79/ 525-400,
Képzőpont fax: (36) 79/ 525-447
<http://www.axial.hu>



Dátum: 2024-09-05
Idő: 14:38
Oldal: 2

Azonosít: **630**

Motor típus:	PERKINS 1104 NL38966U55559T	Motorszám:	LANDINI POWERFARM 100HC
InfoSys:	nincs	Adagoló:	DELPHI
Munkaszám:	-	Turbó 1:	Turbo1
Munkalap szám:	-	Turbó 2:	Turbo2
Megjegyzés:	125		

Maximális teljesítmény mérés

Mért értékek

	Motor fordulát [1/min]	Nyomaték [Nm]	Tej. [kW]	Tej. [LE]	Fajlagos fogyasztás [kg/h]	Fajlagos fogyasztás [g/kWh]	Turbó-nyomás [mbar]
1	2327	341,1	82,2	111,8	0,0	0,0	1108,3
2	2230	349,7	81,8	111,3	0,0	0,0	1118,7
3	2098	368,6	81,1	110,3	0,0	0,0	1124,0
4	1997	385,4	80,3	109,2	0,0	0,0	1149,8
5	1917	378,7	75,8	103,1	0,0	0,0	1159,0
6	1823	372,7	71,9	97,8	0,0	0,0	1174,8
7	1719	422,1	76,2	103,6	0,0	0,0	1180,4
8	1601	429,6	71,8	97,6	0,0	0,0	1147,1





Központ:
H-6500 Baja, Szegedi út 147. 6501 Baja, Pf. 4
Telefon: (36) 79/ 525-400,
Központi fax: (36) 79/ 525-447
<http://www.axial.hu>

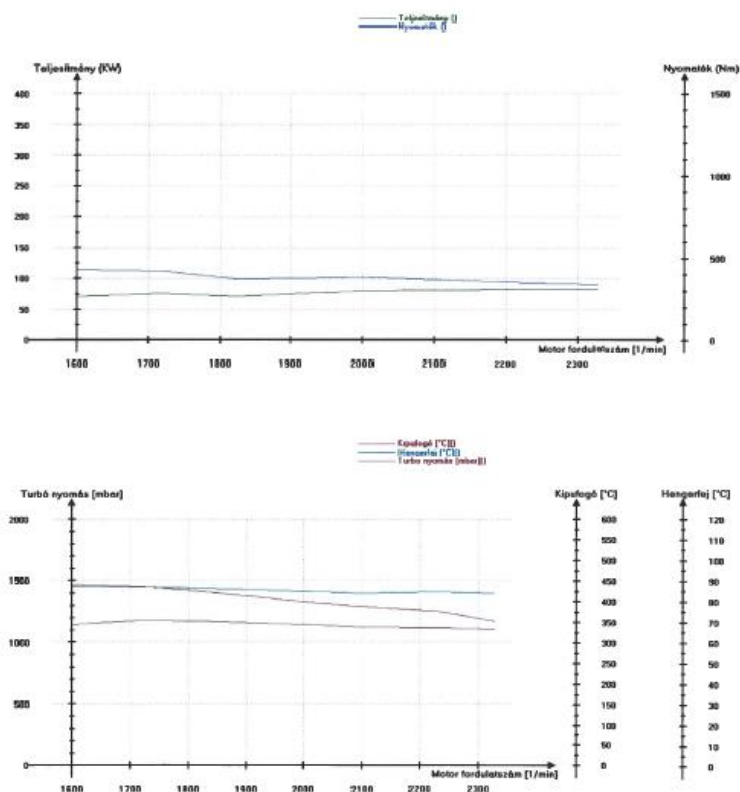


Dátum: 2024-09-05
Idő: 14:38
Oldal: 3

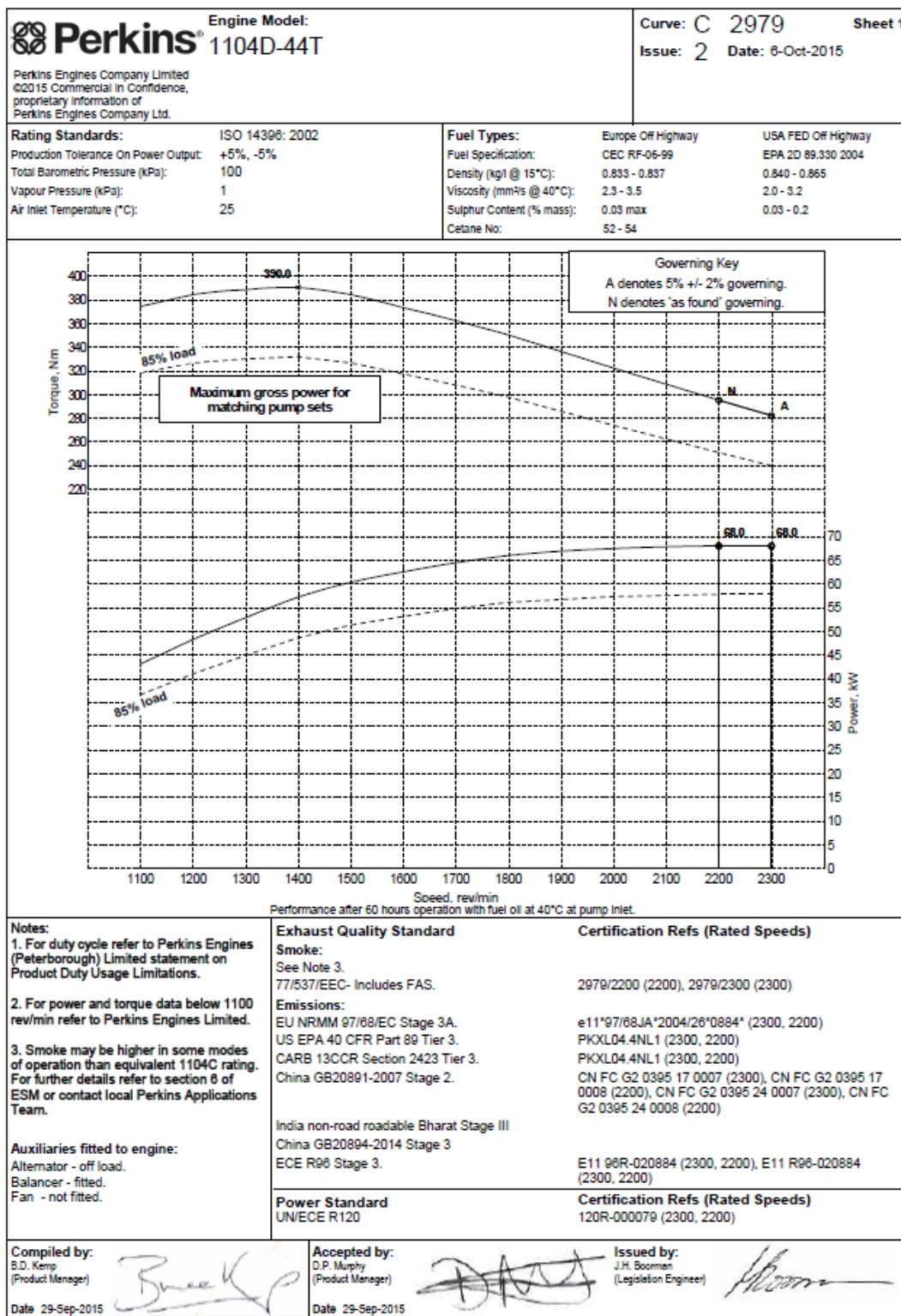
Azonosít: **630**

Motor típus:	PERKINS 1104 NL38966U55559T	Motorszám:	LANDINI POWERFARM 100HC
InfoSys:	nincs	Adagoló:	DELPHI
Munkaszám:	-	Turbó 1:	Turbo1
Munkalap szám:	-	Turbó 2:	Turbo2
Megjegyzés:	125		

Maximális teljesítmény mérés



4. számú mellékelt: Gyári teljesítménymérési jegyzőkönyv



Rating Curves Data Sheet

Curve C 2979 Sheet 2

Note1: Unless otherwise specified, all stated data is for maximum rated speed and 100% load.

General Data

Engine Model:	1104D-44T
Number Of Cylinders:	4
Bore (mm):	105.0
Stroke (mm):	127.0
Configuration:	Vertical In Line
Displacement (litres):	4.4
Aspiration:	Turbocharged
Compression Ratio:	18.2 : 1
Combustion Bowl:	Re-entrant

Cooling System

Heat Rejected @ Rated Speed (kW):	50.6
Heat Rejected @ Peak Torque (kW):	40.6
Coolant Flow (litres/min):	193.0
Thermostat - Start To Open (°C):	82
Thermostat - Fully Open (°C):	93
Recommended Cap Pressure (kPa):	50 or 100
Max Top Tank Pressure (kPa):	100 *

* See General Installation Manual

Fuel System

Fuel Pump Model:	Delphi DP310
Injection Timing (°BTDC) - Static:	Not applicable
- Dynamic (needle lift pick-up):	1.2
Lift Pump Pressure (Out) (kPa):	50.0
Fuel Pump Pressure (In) (kPa):	50.0
Fuel Filter Max Particle Size (micron):	10
Fuel Return System Type:	Return to Tank

Air System

Engine Air Flow (kg/min):	7.14 (6.13 m³/min)
Induction Manifold Pressure (kPa):	111.3

Charge Air Cooler System

Charge Air Cooling System:	Not applicable
Max Total Pressure Drop Inc Pipes (kPa):	Not applicable
Charge Air Cooler Heat Rejection (kW):	Not applicable
Manifold Charge Air Temperature (°C):	Not applicable

Lubrication System

Lubricating Oil Specification:	See Engine Specification Manual
--------------------------------	---------------------------------

Turbocharger

Turbocharger Type:	Garrett GT25 with wastegate
Maximum Altitude (m):	3000

Exhaust System

Exhaust Flow (kg/min):	7.44 (15.6 m³/min)
Exhaust Temperature (°C):	562 (ATC)

Performance Data

Friction Power @ Rated Speed (kW):	20.8
Friction Power @ Peak Torque (kW):	9.2
Unboosted Torque @ 800 rev/min (Nm):	Not available
Unboosted Torque @ 1000 rev/min (Nm):	238

Cold Start Capability

Unaided Start Limit (°C):	Not Applicable
Aided Start Limit (°C):	-25
Start Aid (Optional):	Glowplugs fitted as standard
Minimum Cranking Speed (rev/min) - unaided:	Not applicable
- aided:	110

For further performance data see table below.

Performance Data			Rating Standard: ISO 14396: 2002			Further Notes:
Speed (rev/min)	Torque (Nm)	Power (kW)	Max Exhaust Back Pressure (kPa)	Max Inlet Restriction (kPa)	Governing Categories (key on chart 1)	
2300	282	68.0	15.0	5.0	A	
2200	295	68.0	15.0	5.0	N	
2000	322	67.4	0.0			
1800	350	66.0	0.0			
1600	373	62.5	0.0			
1400	390	57.2	0.0			
1200	384	48.3	0.0			
1100	374	43.1	0.0			

Internal References

Curve Issue No:	2	DCP Number(s):	CRDX2269	TAN Number:
Curve Issue Date:	6-Oct-2015			FIE EDR Number: