



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Kenéstechnikai és Tribo-diagnosztikai szakirányú
továbbképzési szak

Hamu és cinkmentes hidraulikaolajok alkalmazása és
vizsgálata

Belső konzulens:	Dr. Zsidai László egyetemi tanár
Külső konzulens:	Weibert Ferenc OEM Cordinator
Készítette:	Árvai Péter CB66LZ tagozat (nappali, levelező)
Intézet/Tanszék:	Műszaki intézet, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok tanszék

Gödöllő
2023

**MŰSZAKI INTÉZET
KENÉSTECHNIKAI ÉS TRIBO-DIAGNOSZTIKAI
SZAKMÉRNÖK**

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Árvai Péter (CB66LZ)

részére

A diplomadolgozat címe:

Hamu és cinkmentes hidraulikaolaj alkalmazása és vizsgálata

Feladatkiírás:

Bevezetés, Cégbemutató, Szakirodalom feldolgozása, Probléma bemutatása, Hidraulikaolaj kiválasztása, Szilárd szennyeződések szűrése, Hidraulikus rendszerek hűtése, víztelenítése Meleghengermű hidraulikus folyadékok vizsgálata, Gazdasági számítás, Összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék

Külső konzulens: *Weibert Ferenc, MOL-LUB Kft.*

Belső konzulens: *Dr. Zsidai László, egyetemi tanár, MATE, Műszaki Intézet*

Beadási határidő: 2023. november 06.

Gödöllő, 2023. szeptember 04.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

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

Gödöllő, 2023. 10 hó 27 nap



(külső konzulens)

Tartalom

1.	Bevezetés.....	5
2.	Cég bemutatása és szakirodalmi áttekintés	6
2.1.	ISD DUNAFERR ZRT (LIBERTY Dunaújváros) RÖVID ISMERTETÉSE.....	6
2.2.	ALAPFOGALMAK.	9
2.2.1.	A hidraulikus rendszerek jellemzői	10
2.3.	HIDRAULIKAOLAJOK ISMERTETÉSE	11
2.3.1.	A munkafolyadékok követelményei és feladatai	11
2.3.2.	Hidraulikaolaj viszkozitás és teljesítményszint alapján történő osztályozása	12
2.3.3.	A hamumentes hidraulikaolajok és cinktartalmú hidraulikaolajok összehasonlítása	15
2.3.4.	Munkafolyadékok megkívánt tisztasága hidraulikus elemek esetén	15
2.4.	HIDRAULIKUS MUNKAFOLYADÉKBA KERÜLŐ SZENNYEZŐDÉSEK .	18
2.4.1.	Szilárd szennyeződések (részecskék) bekerülése a hidraulikaolajba	18
2.4.2.	Víz, mint „szennyeződés” a hidraulikaolajban	19
2.4.3.	Levegő „szennyeződés” a hidraulikaolajban	19
2.5.	KARBANTARTÁSI RENDSZER	20
2.5.1.	Hidraulikus munkafolyadékok karbantartása	20
2.5.2.	Hidraulikus munkafolyadék karbantartásának javítása	20
	Tervezés / Probléma megoldása.....	22
2.6.	HIDRAULIKUS MUNKAFOLYADÉK KIVÁLASZTÁSA	22
2.6.1.	Hamu- és cinkmentes hidraulikaolajok tulajdonságai, jellemzőik összehasonlítása	22
2.7.	SZILÁRD SZENNYEZŐDÉSEK SZŰRÉSE	27
2.7.1.	Általános szűrési rendszerek	28
2.7.2.	Alkalmazott szűrési módszerek	28

2.7.2.1.	Nyomóági szűrés.....	29
2.7.2.2.	Visszatérőági szűrés	30
2.7.2.3.	Mellékáramköri (keringtető ági) szűrés	31
2.7.2.4.	Feltöltő ági szűrés	32
2.7.2.5.	Légbeszívó oldali szűrés	32
2.8.	HIDRAULIKA RENDSZER VÍZTELENÍTÉSE ÉS HŰTÉSE.....	34
2.8.1.	A hidraulikaolaj víztartalmának ellenőrzése	34
2.8.2.	A bekerült víz eltávolítása	35
2.9.	MELEGHENGERMŰBEN ALKALMAZOTT HIDRAULIKAOLAJOK VIZSGÁLATA.....	37
2.9.1.	Meleghengerműi hidraulikarendszereinek olajvizsgálata és mintavétele	38
3.	Gazdasági számítás és környezetvédelem.....	40
4.	Összefoglalás.....	42
5.	Summary	43
6.	Nyilatkozatok	44
7.	Felhasznált szakirodalom	47
8.	Melléklet.....	48

1. Bevezetés

Napjaink energia átviteli rendszereinek egyik kiemelt csoportja a hidraulikus energiaátvitel. Az ipar világszerte széles skálán használja a hidraulikát és az üzemeltetéshez szükséges hidraulika folyadékokat. A hidraulikus rendszerek megfelelő működtetéséhez folyamatos kifinomult karbantartási rendszereket kell alkalmazni. Nagy odafigyelést érdemes fordítani a munkafolyadékok megfelelő kiválasztására, elkerülve a nem jól megválasztott munkafolyadékból eredő meghibásodásokat, karbantartásokat, állásidőt stb.. Szakdolgozatomban egy konkrét példa szemlélteti, hogy milyen fontos szerepet tölt be egy hidraulikus rendszerben a tökéletes hidraulikaolaj használata.

Diplomamunkámat a dunaújvárosi ISD DUNAFERR ZRT-nél írtam, a hidraulikafolyadék kiválasztása témában. A szakdolgozatom megírása során megismerkedtem a vállalat meleghengermű hidraulikus rendszereivel, az ott használt hidraulikafolyadékokkal és az azokkal kapcsolatos műszaki problémákkal. A Meleghengerműben felmerülő műszaki problémák megismerése során az üzemi körülményeinknek legmegfelelőbb hamumentes hidraulikaolajok kiválasztása után eljutottam egy sor további megoldandó feladathoz, amelyek a hidraulikaolaj állapotának javításához, élettartamának meghosszabbításához, ezzel együtt az üzembiztonság növeléséhez vezettek. Szakdolgozatomban röviden írok az ISD DUNAFERR ZRT nagyobb termelő, illetve szolgáltató egységeiről. Ezt követően ismertetem a hidraulikus rendszerek legfontosabb elemeit. Részletesebben a hidraulikaolajok tulajdonságaival és azok hatásaival foglalkoztam.

Dolgozatom céljai, hogy bemutassam, milyen gondossággal kell eljárni a hidraulikafolyadékok kiválasztásakor. Az általam vizsgált példán keresztül bemutatom, hogy egy magas minőségű termostabil cinkmentes hidraulikafolyadék jellemzői, milyen kiváló eredményeket biztosít egy „kihívást jelentő” üzemi környezetben. A cinkmentes hidraulikafolyadékokat azért választottam a tanulmányhoz, mert tulajdonságaiban kiemelkednek a kenőanyagpiacon kapható HVLP (HV) teljesítményű hidraulikafolyadékok közül. Dolgozatomban bemutatom ezen hidraulikaolajok kiváló tulajdonságait, valamint a karbantartásukra, az üzembiztonság növelésére kialakított módszereket és vizsgálatokat.

2. Cég bemutatása és szakirodalmi áttekintés

A következő fejezetben bemutatom a céget továbbá kifejtem a hidraulika rendszerekkel kapcsolatos információkat.

2.1. ISD DUNAFERR ZRT (LIBERTY Dunaújváros) RÖVID ISMERTETÉSE

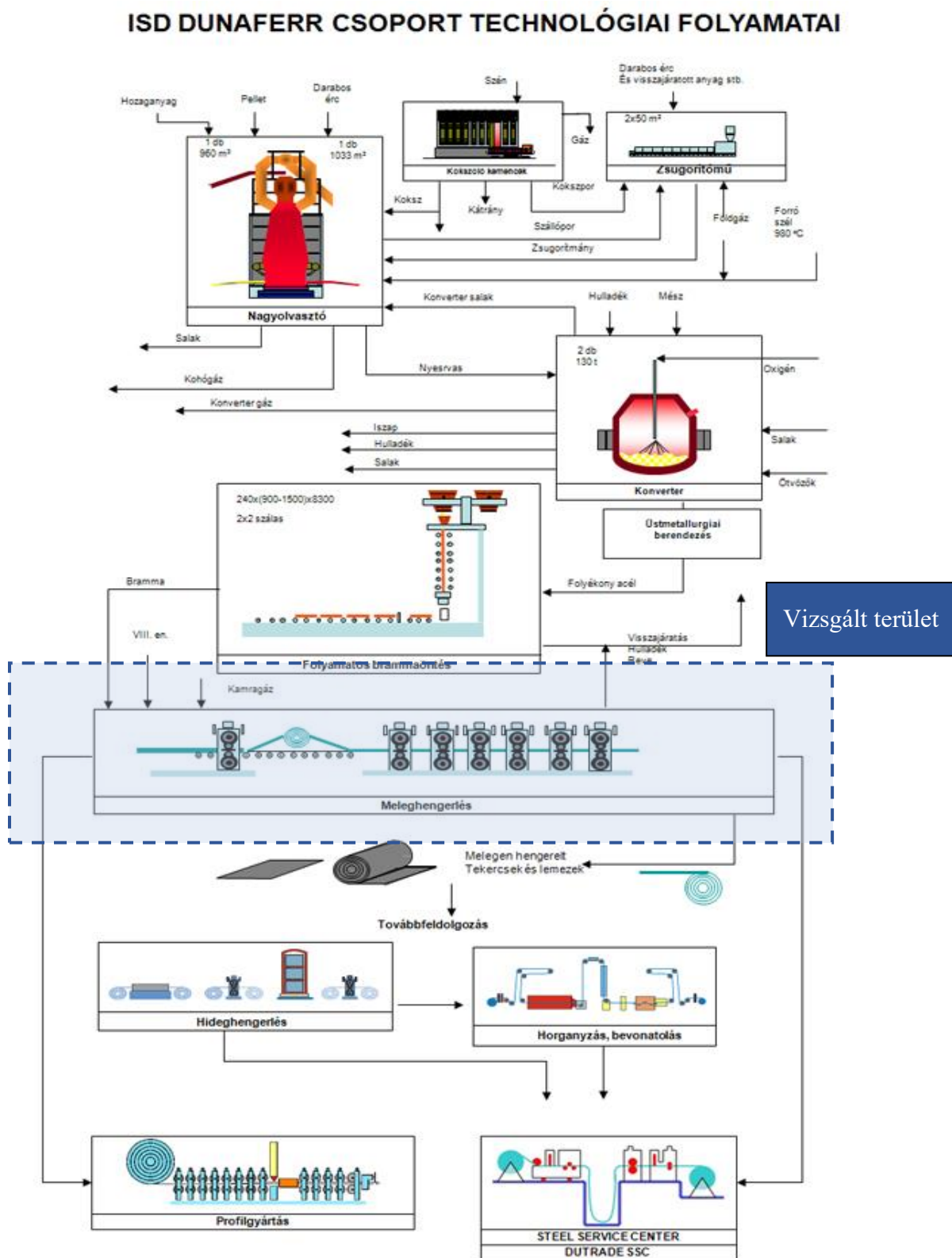


1. Kép Dunai Vasmű

Dunaújvárosi Dunai Vasmű ma az ország meghatározó kohászati és gépészeti komplexuma. A magyar acélipar meghatározó vállalata, hatalmas múlttal, ami több mint hatvan évvel tekint vissza. Termelés szempontjából évi közel 1400 kilótonna nyersvasat, közel 1800 kilótonna LD acélt, és közel 1550 kilótonna melegen hengerelt készárut állít elő. A gyártást tekintve előállítanak melegen hengerelt, hidegen hengerelt, bevonatos lemezeket, hidegen hajlított idomacélokat, acélszerkezeteket, és egyedi gyártású berendezéseket is egyaránt.

A Csoport piaci részesedése a hazai piacon az elmúlt években nagy jelentőséggel bírt. A Dunaferr tevékenysége egyrészt a nagyobb vásárlóknak nyújtott egyéni figyelemre és közvetlen vevő és termelő kapcsolatra alapszik, másik részét a kisebb és középvásárlóknak nyújtott differenciált szolgáltatásokra épül, amit egy országos acélkereskedelmi hálózat. A vállalat a kohászati termékek teljes skáláját lefedi és értékesíti. A terméklistán megtalálható a hengerelt termékek és a hidegen hengerelt idomacélok, valamint a kohászati produktum teljes skálája. [5]

Az 1. képen látható technológiai folyamat lépései, ami a képen nyomon követhető.



2.kép: Technológiai folyamatok (dunaferr.hu)

Gyártó és kiszolgáló művek (2.kép):

Az acél gyártása a Nagyolvasztóműben kezdődik, a technológia első fázisa. A gyártómű termelési profilja a nyersvas alapanyag gyártás. A gyártóműbe két nagy olvasztó lett telepítve, melyek paraméterei 1023 m³ és 960 m³. Az acélminőség kulcsfontosságú, ezért a követelmények kielégítésére az acél homogenizálását és a zárványtartalom csökkentését konverterek segítségével végezzük.

A nagyolvasztómű és a konverter után a következő technológiai egység a FAM (folyamatos acélmű). Az gyártás folyamán folyékony acélt gyártunk acélhulladék-, nyersvas-, és különféle adalékokból (oxigént eltávolító anyagok, salakképzők, ötvözők stb.) A folyós acél vízűtés alkalmazásával szilárdítják (kristályos szerkezet), majd ezt méretre vágják (öntött bramma), és ezt követően a gyártás a meleghengerműben folytatódik.

A gyártás 1960-as években kezdődött a meleghengerműben. Napjainkig a technológiai és a gyártási eljárás folyamatosan fejlesztésen és korszerűsítésen esett át, amíg elérte a meglévő, az igényes piac követelményeinek megfelelő szintjét. Évente körülbelül 1,5 - 1,6 millió tonna melegen hengerelt acélterméket állít elő.

A hengerelt termékek csomagolva, és pántolva kerülnek szállításra a vevők igényeinek megfelelően, széles- és hasított tekercs, valamint táblalemez formájában. A termelési folyamatokat vezérelt rendszerek üzemeltetik.

A szállítómű csoport részéhez tartozik a vasúti és közúti közlekedés és szállítás. A mű 1950-es évek elején alakult, szervezete folyamatosan változott a vállalat fejlődésével. Fő tevékenységeihez tartozik a nyersanyagok szállítása a nagyolvasztókhoz, a kész és félkész áruk szállítása a különböző termelőüzemekbe, valamint a késztermékek szállítása a vevőkhöz.

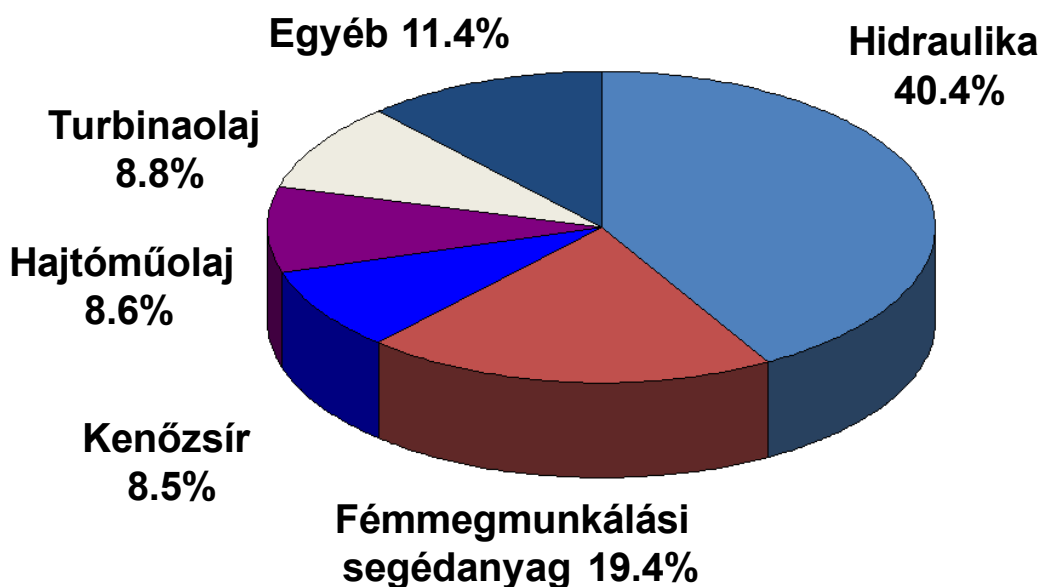
Gyártástechnológiát tekintve a Meleghengermű gyártást követően a technológiai folyamatban a Hideghengermű a soron következő. Itt a termékek további feldolgozásra kerülnek. Meleghengerműben hengerelt tekercseket pácolják, hidegen tovább hengerlik, hőkezelő eljárást végeznek, esetleg méretre darabolják és hasítják a lemezeket a vevő megrendelése alapján.

A technológiai folyamatot a Fémbevonó és -feldolgozó üzem követi, ami folyamatos tűzihorganyzott acéllemeztekercseket gyártó üzeme teszi teljessé. Az üzem éves termelési kapacitása több mint 100.000 tonna tűzihorganyzott acéltekercs és -lemez, valamint 250.000

m² horganyzott és szerves bevonatú építőipari termék évente. Dunaferre az építőipar, a háztartási készülékek, a könnyűszerkezetes épületek és a profil gyártmányok területén működő nemzeti és európai vállalatok beszállítója.

2.2. ALAPFOGALMAK.

A hidraulika ipari alkalmazása jelentősen megnőtt az elmúlt években. Sok esetben lenyűgöző egyszerűségük miatt a hidrosztatikus működtetők különösen alkalmasak automatizálási feladatokra, összetett munkafolyamatok vezérlésére és szabályozására, valamint nagy erők és nyomatékok alkalmazása esetén. A hidraulika ma már életünk szerves része, mint az energiaátvitel modern, de bevált formája. A hidraulikus vezérlések az automatizálás és a gépesítés növekedésével egyre fontosabbá váltak.



1. diagramm: Ipari munkafolyadékok felhasználása (ExxonMobil 2003)

1. diagrammon jól látható a hidraulika olaj felhasználási szerepe. Ipari munkafolyadékok majdnem a felét a hidraulika olaj teszi ki. A legtöbb modern, nagy teljesítményű gépet részben vagy teljesen hidraulikával vezérlik. Pontosan a hidraulikus rendszerek vezérlésre és szabályozásra való alkalmazása tette lehetővé az automatizálásnak ezt a fontos területét. A szabványos hidraulikus alkatrészeket az ipari üzemekben a legkorszerűbb eljárásokkal gyártják, és a gépészet minden területén alkalmazzák. A hidraulikus elemek szabványosított jellemző paraméterei:

-
- nyomás
 - folyadékok áramlása és jellege (lamináris, turbulens)
 - fizikai paraméterek, átmérők
 - sebesség, fordulatszám
 - csatlakozási méretek

Minden hidraulikaelem három névleges nyomásra (alacsony-, közép-, nagy- névleges nyomás) terveztek és fejlesztettek ki, hogy megfeleljen az ipari követelményeknek.

Az alacsony nyomású hidraulikus rendszereket kisebb teljesítményű munkagépekben-, esetleg alacsony nyomású hidraulikus rendszerek (mozgató, megmunkálógépek a különféle könnyű- és nehéziparágak stb.) esetén alkalmazzák.

A közepes nyomású hidraulikus rendszereket, közepes teljesítményű berendezések esetén alkalmazzák. Mezőgazdasági berendezések, szállító egységek stb. esetén használt hidraulikus rendszerek esetén alkalmazzák.

A nagy nyomású hidraulikus rendszereket nagyobb teljesítményű berendezések esetén alkalmazzák, ahol nagy erőkre van szükség a mozgásokhoz és megmunkáláshoz, ahol a hidraulikus rendszer alkalmazva van. Döntő többségében telepített egységekről van szó, megmunkálógépek és nehézipari berendezések.

2.2.1. A hidraulikus rendszerek jellemzői

A hidraulika elnevezés gyakran magára az erőgépek üzemeltetésére utal, munkafolyadékok alkalmazása segítségével (erők és mozgások). Az erőátvitelre munkafolyadékot használnak (hidraulikaolaj). Sok esetben ásványolaj, szintetikus olaj, de lehet víz, vagy esetekben emulzió is (víz és olaj keveréke). A hidraulikus rendszerek jellemzői a következők:

- Nagy erők kis szerkezeti méret mellett.
- Erő alkalmazkodik a terhelés nagyságához.
- Könnyed fokozatmentes szabályozás a sebesség a nyomaték és az emelőerő elérése érdekében
- Túlterhelés elleni védelem.
- Megfelelően alkalmazható gyors-, valamint nagyon lassú precíz mozgások.

- Decentralizált rendszerek alkalmazása esetén jelentős gazdasági javulás érhető el, ha egy hidraulikus energiaközpont látja el a decentralizált berendezéseket, amik a hidraulikus energiát mechanikai energiává alakítják.
- A hidraulikusrendszer telepítése egyszerűen alkalmazható.
- A rendszer részeinek kenése automatikus a munkafolyadéknak köszönhetően.
- Mozgató berendezések bárhol megállíthatók nagy pontossággal (precíziós berendezések).
- Zárt és nyitott rendszer alkalmazása is megoldható.

2.3. HIDRAULIKAOLAJOK ISMERTETÉSE [4]

A hidraulikus munkafolyadékok elsősorban energiaátvitelre, másodsorban pedig a rendszer kenésére szolgálnak. A jól megválasztott hidraulikafolyadék a hidraulikus rendszerekben döntő fontosságú. A hidraulikafolyadékok kiválasztásánál fontos szerepet játszik, hogy milyen a berendezés, milyen üzemi körülmények vannak az adott felhasználási környezetben.

A hidraulikus berendezések pontossága, műszaki kifinomultsága és érzékenysége, valamint a gépgyártó előírásai korlátozzák az adott rendszerben használható munkafolyadékok körét. A hidraulikafolyadék helyes kiválasztása és a megfelelő karbantartás nem csak a hidraulikafolyadék felhasználhatósági idejét, hanem a rendszerben működő fő- és segédalkatrészek élettartamát is jelentősen meghosszabbíthatja. Az Dunafernnél működő hidraulikus rendszerek esetében nélkülözhetetlen az üzembiztonság, a folyamatos működés és a berendezések hosszú élettartamának biztosítása.

2.3.1. A munkafolyadékok követelményei és feladatai [4]

A munkafolyadékokkal szemben támasztott követelmények az alábbi felsorolásban láthatók:

- Nyírás stabilitás, magas viszkozitási index (termostabilitás)
- Kiváló kenőképesség
- Kiváló szűrhetőség, tisztán tartó teljesítmény (Detergens)
- Meghosszabbított csereperiódus
- Stabil molekulaszervezet
- Alacsony habzási hajlam
- Kiváló víz- és levegőelválogatási képesség

- Kiváló kopásvédelem (AW/EP adalék)

Munkafolyadékok főbb feladatai: [4]

- Energiaátvitel
- Hidraulikus rendszer egységeinek kenése
- Kiváló tisztító és diszpergáló hatás (detergens-, diszpergens hatás)
- Az adott alkalmazások esetén ne legyen gyúlékony / tűzveszélyes
- Káros hatás elkerülése az emberi egészségre és környezetre
- Kedvező ár, és könnyen alkalmazható legyen az adott környezetben (kompatibilitás)
- Könnyen beszerezhető legyen

2.3.2. Hidraulikaolaj viszkozitás és teljesítményszint alapján történő osztályozása [4]

Osztályozás viszkozitás szerint a következők:

Az ipariolajok, köztük a hidraulikafolyadékok viszkozitás szerinti osztályozása az ISO 3448 szabványon alapul. A hidraulikafolyadékokat akár az ISO VG-7-től az ISO VG-150-ig állítják elő. Nagy általánosságban felhasznált viszkozitási osztályok az ISO VG32, ISO VG46 és ISO VG68 hidraulikafolyadékok (1. táblázat).

Viszkozitásiosztály	Kinematikai viszkozitás 40 °C-on, mm ² /s		
	legalább	középérték	legfeljebb
ISO VG 2	1,98	2,2	2,42
ISO VG 3	2,88	3,2	3,52
ISO VG 5	4,14	4,6	5,06
ISO VG 7	6,12	6,8	7,48
ISO VG 10	9	10	11
ISO VG 15	13,5	15	16,5
ISO VG 22	19,8	22	24,2
ISO VG 32	28,8	32	35,2
ISO VG 46	41,4	46	50,6
ISO VG 68	61,2	68	74,8
ISO VG 100	90	100	110
ISO VG 150	135	150	165
ISO VG 220	198	220	242
ISO VG 320	288	320	352
ISO VG 460	414	460	506
ISO VG 680	612	680	748
ISO VG 1000	900	1000	1100

1.táblázat: Hidraulika olajok osztályozása viszkozitás szerint (ISO 3448) [1]

A munkafolyadékok teljesítményszint alapján történő osztályozása:

A hidraulikaolajok másik fontos paramétere a teljesítményszint szerinti besorolás, ami megmutatja a hidraulika munkafolyadékok tulajdonságait és az alkalmazott különféle adalékokat. Ezen paraméterrel határozzák meg a munkafolyadékok alkalmazhatóságának területét. A megfeleléshez laboratóriumi vizsgálatokat végeznek, ahol a hidraulikafolyadéknak minden teljesítési követelménynek meg kell felelni. Ezt követően történik a munkafolyadék szabványosítása. A teljesítményszint kiválasztásakor elkerülhetetlenül fontos figyelembe venni az üzemi viszonyokat, továbbá a hidraulikusrendszer legigényesebb elemeit és alkatrészeit, egységeit. A hidraulikafolyadékokat a két fontosabb ISO 6743/4 és a DIN 51524 szabvány teljesítmény szint szerint osztályozzuk.

A táblázaton lévő jelölés mutatja a Dunafer-nél alkalmazott hidraulikafolyadék teljesítményszintjét (2. táblázat).

ISO 6743/4	DIN 51 524	Adaléktartalom
HH	HH	adalékolatlan ásványolaj finomítvány
HL	HL	oxidáció és korróziógátló adalékot tartalmazó termék
HM	HLP	kopásgátló, oxidáció és korróziógátló anyagot tartalmazó termék
HV	HVLP	emelt viszkozitási indexű „HM” termék
HG	-	stick- slip gátló adalékkal ellátott termék
HS	HS	szintetikus alapú termék
-	HETG	növényolaj alapú környezetkímélő termék
-	HEPG	poliglikol alapú környezetkímélő termék
-	HEES	szintetikus észter alapú környezetkímélő termék
HFA-E	-	olaj a vízben emulziók
HFA-S	-	szintetikus oldatok
HFB	-	víz az olajban emulziók
HFC	-	vizes polimer oldatok
HFD	-	vízmentes szintetikus folyadékok
HFD-R	-	foszfát észterek
HFD-U	-	egyéb anyagok (pl. poliol észterek)

2.táblázat: Hidraulika olajok csoportosítása (ISO & DIN) [1]

A 2. táblázat mutatja a hidraulikaolajok teljesítményszint szerinti csoportosításukat. Jól látható, hogy a hidraulikafolyadékok jelentősen különböznek egymástól az adalékanyagokat

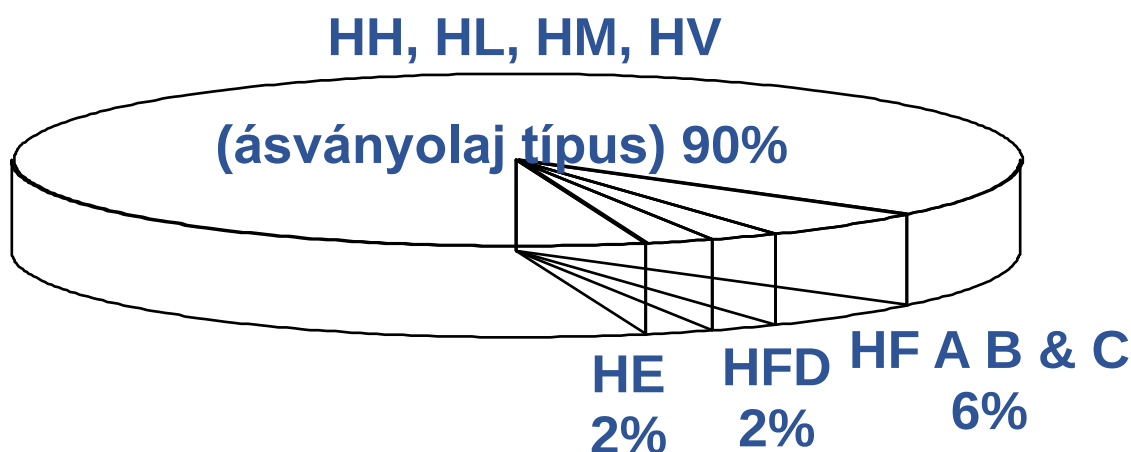
tekintve. A hidraulikaolajokban különféle adalékanyagokat alkalmaznak a hidraulikus rendszerek kopásának a csökkentésére.

Az adalékrendszert tekintve lehet:

- primer cinkben dús
- szekunder cinkszegény
- cink- és hamumentes
- **termostabil cink- és hamumentes (választott hidraulika folyadék)**

A legjobb minőségű hidraulikafolyadékok cink adalékot nem tartalmazó foszfát tartalmú és hamu- és cinkmentes kopásgátló adalékokkal előállított hidraulikaolajok. [1] A Dunafernnél történő hidraulikaolaj kiválasztása esetén egy termostabil hamu- és cinkmentes munkafolyadékra esett a választás, amit a továbbiakban bővebben kifejték.

Következő (2.diagramm) diagrammon jól látható különféle hidraulikaolajok teljesítmény szint szerinti felhasználása. A felhasználás döntő hányadát a HH, HL, HM, és HV hidraulika folyadékok teszik ki. A további szintek speciális esetekben alkalmazott munkafolyadékok lehetnek, ezért látható a kisebb százalékban történő alkalmazás.



2.diagramm: Hidraulikaolaj teljesítményszint szerinti felhasználás [ExxonMobil 2003]

2.3.3. *A hamumentes hidraulikaolajok és cinktartalmú hidraulikaolajok összehasonlítása*

A hamu- és cinkmentes hidraulikafolyadékok kiváló termikus stabilitás mellett, nagyon alacsony iszapképző (üledék és lakk) képző tulajdonsága lehetővé teszi, az állandó tiszta rendszer üzemeltetését, és a hosszú élettartalmat. Emellett nagyon jó a víz- és levegőelváló és habzástgátló tulajdonsággal is rendelkezik. A speciális cinkmentes adaléktechnológiával készült hidraulikaolaj nem képez lerakódásokat a rendszerben ez által folyamatosan tisztán tartja a hidraulika rendszert, detergens tulajdonságának köszönhetően, annak ellenére, hogy a hidraulikaolaj nem tartalmaz detergens adalékot.

Egy hagyományos primer cinket és kopásgátló adalékokat tartalmazó hidraulikafolyadék rövid időn belül elvizesedhet. A cink nagyon hamar felveszi a vizet, ez által a hidraulikaolaj is könnyedén elvizesedik, ami oldott (fehér, opálos szín), és szabad víz formájában fejt ki káros hatásait. Eltömíthetik a szűrőket, továbbá gátolja a rendszer hatékony működését. Ez a hatás nemcsak a hidraulikafolyadékokra fejt ki káros hatást, hanem a hidraulikaolajon keresztül az egész rendszerben komoly károkat okozhat.

2.3.4. *Munkafolyadékok megkívánt tisztasága hidraulikus elemek esetén*

A szilárd szennyeződések számának és méreteloszlásának elemzése, beleértve a kopásrészecskéket is, elsősorban a hidraulikus folyadékokban a leggyakoribb. Ugyanakkor a hajtóműolaj és a sebességváltó állapotának ellenőrzésére is használják. A hidraulikafolyadékok tisztasága rendkívül fontos az érzékeny vezérlőelemek (szervo szelepek) zökkenőmentes üzemelésének biztosítása érdekében, a berendezésre jellemző kis illesztésihézagok miatt.

A szilárd szennyeződések növelik az illesztésihézagokat az abrazív, csiszoló, polírozóhatásával, ezáltal veszélyeztetve a berendezés hatékonyságát, továbbá csökkentve az élettartalmát. 3 táblázat mutatja a Vickers által ajánlott tisztaságot. Esetünkben a Dunafer Zrt.-nél a 16/14/11 ISO tisztaság a megkívánt tisztaság a legtöbb rendszer esetén, mivel a megleghengerműben több mint 100 szervo szelep van a rendszeren. A ISO három számjegyének a megértésére a következő 4. táblázatban fogok magyarázatot adni.

Szivattyúk	nyomás tartomány:		
	<136 bar	136...204 bar	>204 bar
Fogaskerék szivattyú, áll. száll.	20/18/15	19/17/15	
Forgólapátos szivattyú, áll. száll.	20/18/15	19/17/14	18/16/13
Dugattyús szivattyú, áll. száll.	19/17/15	18/16/14	17/15/13
Forgólapátos szivattyú, vált. száll.	18/16/14	17/15/13	
Dugattyús szivattyú, vált. száll.	18/16/14	17/15/13	16/14/12
Szelepek	nyomás tartomány:		
	<136 bar	136...204 bar	>204 bar
Útváltó szelep, mágnes tekercses		20/18/15	19/17/14
Proporcionális szelep		17/15/12	16/14/11
Szervo szelep		16/14/11	15/13/10
Mennyiség szabályzó szelep		19/17/14	19/17/14
Arányos szelep		17/15/13	16/14/12
Csapágys			
Gördülőcsapágys		16/14/12	
Tengelycsapágys magas fordulatszámra		17/15/13	
Tengelycsapágys alacsony fordulatszámra		18/16/14	
Ált. rendeltetésű ipari (fogaskerékes) hajtómű		17/15/13	

3.táblázat: Vickers által ajánlott tisztaság [Vickers]

Az ISO tisztaság meghatározása a mintában lévő összes 4-, 6-, 10-, 14-, 20-, 50-, 75-, 100 µm részecskék számának mérése alapján történik. A részecskék számainak a mérése nagyon nehéz, ami bonyolulttá teszi az olaj tisztaságának meghatározását.

A bonyolult meghatározás miatt az *International Standard Organisation* (ISO 4406) meghatározott egy szabványt, amely alapján határozzák meg az olaj ISO tisztaságát. A részecskék alsó és felső tartományaihoz egy ISO kódszámot rendel, ezzel meghatározva az olaj tisztasági fokát. A tisztaság jelölésének legelterjedtebb módja a háromjegyű kód megadása (pl. 16/14/11).

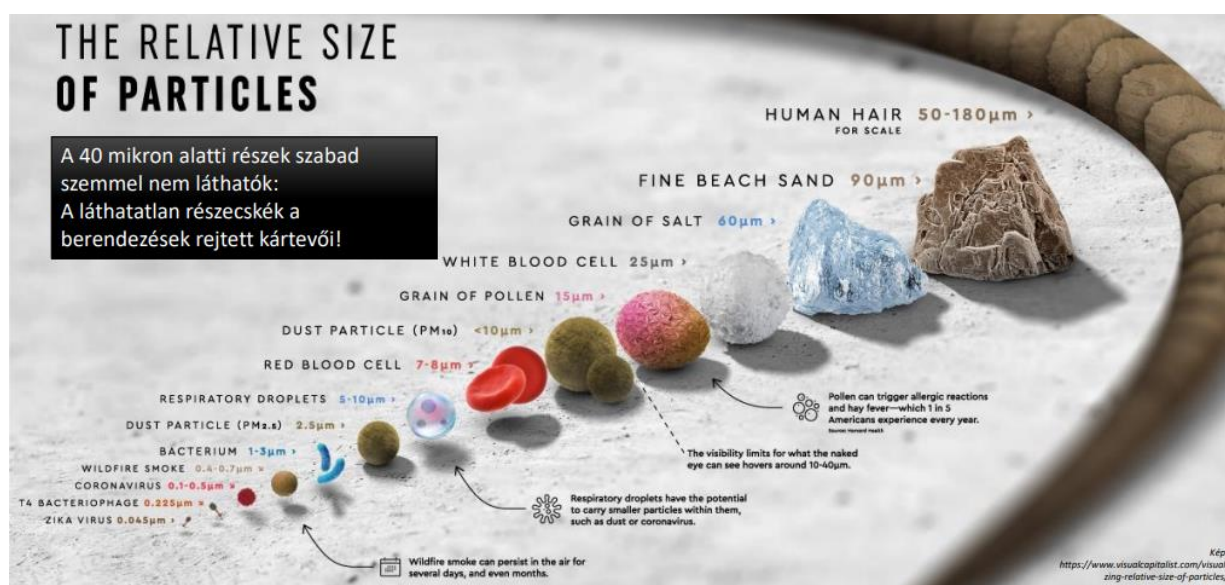
A 3. táblázatban jelölt számunkra fontos információ (szervo szelepek) 4 µm, 6 µm és a 14 µm feletti részecskék számáról ad információt. A 4 µm-os részecskék száma 320 és 640 db között lehet, a 6 µm-es részecskék 80 és 160 db és a 14 µm-os részecskék száma 10 és 20 db között fordulnak elő.

db/ml	db/ml	ISO kód
80000	160000	24
40000	80000	23
20000	40000	22
10000	20000	21
5000	10000	20
2500	5000	19
1300	2500	18
640	1300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8

Tisztaság: 16/14/11 esetén:	
Részecskék:	ISO kód
4 mikron	16
6 mikron	14
14 mikron	11

4. táblázat: ISO 4406 [ISO]

Csak, hogy kézenfekvőbb legyen a részecskék relatív mérete, a következő kép jól szemlélteti a szemmel látható és nem látható részecskék, amelyek káros hatást gyakorolhatnak a berendezésekre (3. kép).



3. Kép: A részecskék relatív méretei (forrás: <https://www.visualcapitalist.com/>)

2.4. HIDRAULIKUS MUNKAFOLYADÉKBA KERÜLŐ SZENNYEZŐDÉSEK [1]

Számos szennyeződés kerülhet be egy hidraulikafolyadékba, ezeket 2 nagy csoportba osztályozzuk (1. ábra).



1.ábra: Szennyeződések fajtái

- külső (bevitt) szennyezők
- a rendszerben képződő szennyeződések

A bevitt, külső szennyező anyagok közül a bekerülő szilárd részecskék, víz és levegő gyakoriságuk alapján különös jelentőséggel bírnak.

2.4.1. Szilárd szennyeződések (részecskék) bekerülése a hidraulikaolajba

A hidraulika rendszerekben képződő szennyeződések főként kopadékfém részecskék, továbbá a hidraulikafolyadék használatából származó szennyezőket is. A szilárd részecskék méretük, alakjuk és keménységük alapján főként abrziós és eróziós hatásúak. A szilárd részecskék nagyrésze a környezetből bejutó por (kvarcsemcsék).

A nagy nyomáson üzemelő hidraulikarendszerek esetén a 14-25 és az 4-14 μm -es szennyeződések mellett a 2-4 μm közötti szennyeződések is nagy jelentőséggel bírnak. A 300-400 bar-on üzemelő hidraulikus rendszerek, ahol a vezérlés minimális illesztési hézagokon történik (szervo szelepek) itt számottevő abrazív kopást fejthet ki, ez által rontva a rendszer hatékonyságát.

A rendszert alkotó berendezések érzékenysége változhat a szilárd szennyeződések méretei függvényében. Egy hidraulikus rendszert alkotó legérzékenyebb eleme (szervo szelep) határozza meg a megengedhető legnagyobb szennyező részecske méretét.

2.4.2. *Víz, mint „szennyeződés” a hidraulikaolajban*

A hidraulikafolyadékba kerülő nagyobb mennyiségű víz káros hatással van a hidraulikus rendszer minden egyes elemére és az olajra is egyaránt. A víz, mint katalizátor kémiai bontja az olajat és felgyorsítja a reakciókat, oxidációs hatásokat, redukálva az olajélettartalmát. Tehát a rendszerünket védeni kell a víz ellen. Ha bekerült a rendszerbe akkor kémiai reakcióba lép a hidraulikaolaj adalékaival ez által savas vegyületeket alkot, csökkentve az olaj pH értékét, nem utolsósorban lakkot üledéket, és lerakódásokat képez a felületeken. Az ipari berendezésekben a víz behatolásának a megakadályozása nagyon nehéz feladat. A hidraulika rendszer bármely részén a hidraulikaolaj felületei érintkezhetnek levegővel, és a levegőben lévő vízgőz nagy részét magukba szívják. A levegő és az olaj folyamatosan cserélődik, ami könnyedén lehetővé teszi a további vízgőz felvételt a hidraulikaolajba. A hőmérséklet növekedésével a víz oldhatósága tovább nő. A már beoldódott víztartalom nem fog kioldódni a hidraulikaolajból. Kisebb víz mennyisége vizuálisan nem tapasztalható, viszont, ha már nagyobb mennyiségű víz jutott be a rendszerbe akkor a színe opálos, és fehéres lesz. 1000 ppm víztartalom mellett az olaj fehér színű lesz, teljesen tej szerű.

A beoldódott víz, alacsony nyomáson buborékokat alkothat, ami kavitációt okoz. Ez redukálja az olaj és a berendezések élettartalmát. Ezért játszik fontos szerepet a víztelenítés folyamata.

2.4.3. *Levegő „szennyeződés” a hidraulikaolajban*

A korábbi fejezetben említettem, hogy a levegő és az olaj felületek folyamatosan találkozhatnak egymással így segítve a levegő beoldást a hidraulikafolyadékba. Maga a beoldódott levegő nem okoz magában problémát, csak ha légbuborékokat alkot. A légbuborékok a hidraulika szivattyúk rángatásához, vibrálásához vezet. Sűrítéskor nagy nyomáson magas hőmérséklet emelkedést (diesel-hatás), kavitációt, és az olaj öregedését idézi elő. A légbuborékok jelenléte még akkor is károsíthatja a hidraulikafolyadékot, ha tartály hőmérséklete normál értéken van (50-55 °C). Ezért a szennyezőket folyamatosan vizsgálunk és szűrni kell.

Egy hidraulikus rendszer legérzékenyebb eleme (szervo szelep) határozza meg, hogy milyen szűrést kell alkalmaznunk az adott rendszeren.

2.5. KARBANTARTÁSI RENDSZER

A DUNAFERR nagyobb üzemekben, nagy mennyiségű kenőolajat és hidraulikaolajat használnak. Az üzemeknél használt kenőanyagok értéke megközelíti az évi 240-250 millió forintot. Az üzem központi kenési és hidraulikus rendszereiben 6-12 ezer liter, sok esetben 16-22 ezer liter olajat használnak. Nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy a kenőanyag degradálódása miatt az egyes berendezések olajcseréje akár 5-20 millió forintba kerülhetnek. Főként ezen költségek miatt nagy odafigyelést igényelnek, és nem elhanyagolható a munkafolyadékok karbantartása.

2.5.1. Hidraulikus munkafolyadékok karbantartása

Rendszeren belül dolgozó hidraulikus berendezésekben áramló hidraulikaolajok különféle hatásoknak van kitéve, ami hátrányos hatással lehetnek a munkafolyadékok élettartamára és a berendezések működőképességére. Részben ezek a hatások maradó károsodást okoznak a munkafolyadékban. Egyik részük maradandó károsodást okoznak, a másik részük pedig még helyreállíthatót. A hidraulikus munkafolyadékok karbantartása, a hidraulikafolyadék állapotában történő változások rendszeres javítását jelenti.

A munkafolyadék karbantartásainak elmulasztásai olyan eredményhez vezet, amelyeket már nem lehet helyre állítani, csak esetleg egy teljes töltet lecserélésével.

Ezen jellemzőket figyelembe kell venni, így az Dunafernél egyedi karbantartási rendszer lett kialakítva, ami magába foglalja a hidraulikus munkafolyadék szakmai kiválasztását, állapotának folyamatos ellenőrzését és karbantartását.

2.5.2. Hidraulikus munkafolyadék karbantartásának javítása

A jelenlegi hidraulikus rendszerek esetében a további lépésekkel lehet fokozni a megbízható üzemállapotot.

- Felül kell vizsgálni a már meglévő hidraulikus rendszer szűrési rendszerét, meg kell állapítani a kívánt olaj ISO tisztaságot, továbbá a szűrési eljárást.
- A rendszerben lévő lerakódások kioldásából keletkező szennyeződések hidraulikaolaj váltása esetén újabb szűrőket (Iker szűrő) kell telepíteni, esetleg mobil by-pass szűrést kell alkalmazni ideiglenes megoldásra.

-
- Meg kell akadályozni a víz bekerülését a hidraulikus rendszerbe. Deszikkáns szűrők alkalmazása továbbá megoldani, hogy az olaj lehető legkevesebbet érintkezzen a levegővel, vízdetektorok telepítése a rendszerre. Ha már bejutott akkor vákuumszeperator alkalmazása a vízleválasztás érdekében.
 - A rendszerek hűtése és hűtésének fokozása levegős vagy vizes hőcserélők alkalmazásával, esetleg a hűtőközeg tulajdonságainak a módosításával.

Tervezés / Probléma megoldása

2.6. HIDRAULIKUS MUNKAFOLYADÉK KIVÁLASZTÁSA

A legelső lépés, a magas minőségű hidraulikus folyadékok kiválasztása volt, amelyek alkalmasak az üzem legigényesebb hidraulikus rendszereinek hosszútávú, és problémamentes üzemeltetésére, hogy elkerüljék a hidraulikus folyadékok keveredése miatti üzemzavarokat.

A hidraulika rendszert hidraulika szervo szelepek üzemeltetik, egyes esetekben az üzemi nyomás 350-400 bar is lehet, ami egy nagyon fontos paraméter a munkafolyadék kiválasztása esetén. A hidraulikamunkafolyadékok több szempont alapján is kiválaszthatók. Az egyik legfontosabb ilyen paraméter a Vickers kopásállósági vizsgálat. A vizsgálat eredményei jelentősen befolyásolják a rendszer élettartamát és megbízhatóságát. A munkafolyadék kiválasztásánál figyelembe kell venni a korábban említett fontos paramétereket, így mindenféleképpen a hamu és cinkmentes hidraulikamunkafolyadékok kerültek a középpontba, ellenben a hagyományos primer cinkben dús hidraulikaolajokkal.

2.6.1. Hamu- és cinkmentes hidraulikaolajok tulajdonságai, jellemzőik összehasonlítása

Az OEM-Original Equipment Manufacturer (4. kép) azaz a gépgyártók a hidraulikaolaj használatát nemzetközi szabványokhoz (Pl.: DIN, ISO) és ipari előírásokhoz (Pl.: US Steel) és gépgyártói követelményekhez (Pl.: Denison stb.) határozzák meg.



ORIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURER

4.kép: OEM-Original Equipment Manufacturer

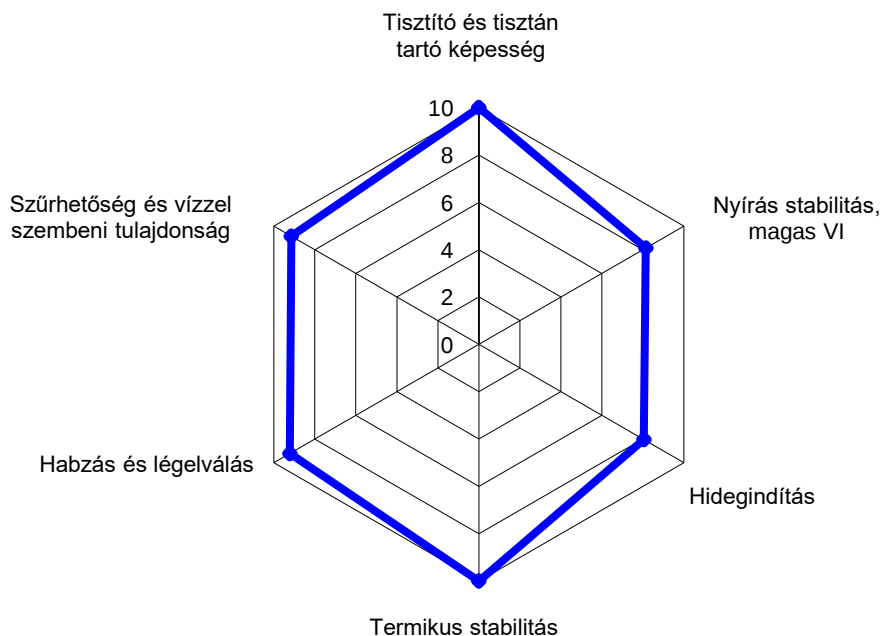
A tesztek szerepe az, hogy a legrövidebb időn belül lássuk és eldönthessük, hogy hogyan viselkedik a választott hidraulikaolaj a valós üzemi egységekben, berendezésekben valós üzemi

környezetben. A minősítéshez és a tesztfuttatásokhoz friss, szennyeződésmentes hidraulikaolajokat használnak. A vizsgált folyadék ezért nincs kitéve olyan környezeti hatásoknak, amelyek az üzemi használat alatt súlyos következményekkel járhatnak, mint például a víz bejutása vagy a rendszerben korábban használt olajmaradékból származó szennyeződések.

Korábban használt hidraulikamunkafolyadék váltása esetén figyelembe kell venni a műszaki és gazdasági szempontokat. A választott hidraulikafolyadék esetében fontos, hogy az elérhető műszaki maximumot biztosítsa minden jellemzőben.

Fontos, hogy a hidraulikafolyadékok kiváltásánál a hidraulikaolaj nemcsak olyan tulajdonságokkal rendelkezzen, amely az előírt vizsgálatok során magas színvonalon mérhetők, hanem olyan jellemzőkkel is, amelyek előnyei az alkalmazás közben is tapasztalhatók.

Nehezen megoldható a hidraulikus rendszer hatékony védelme a víz ellen, de minden hidraulikus rendszeren el kell kerülnünk a víz bejutását. A víz hosszan tartó jelenléte negatív hatással van az olaj és ez által a berendezésekre és a rendszerbe egyaránt.



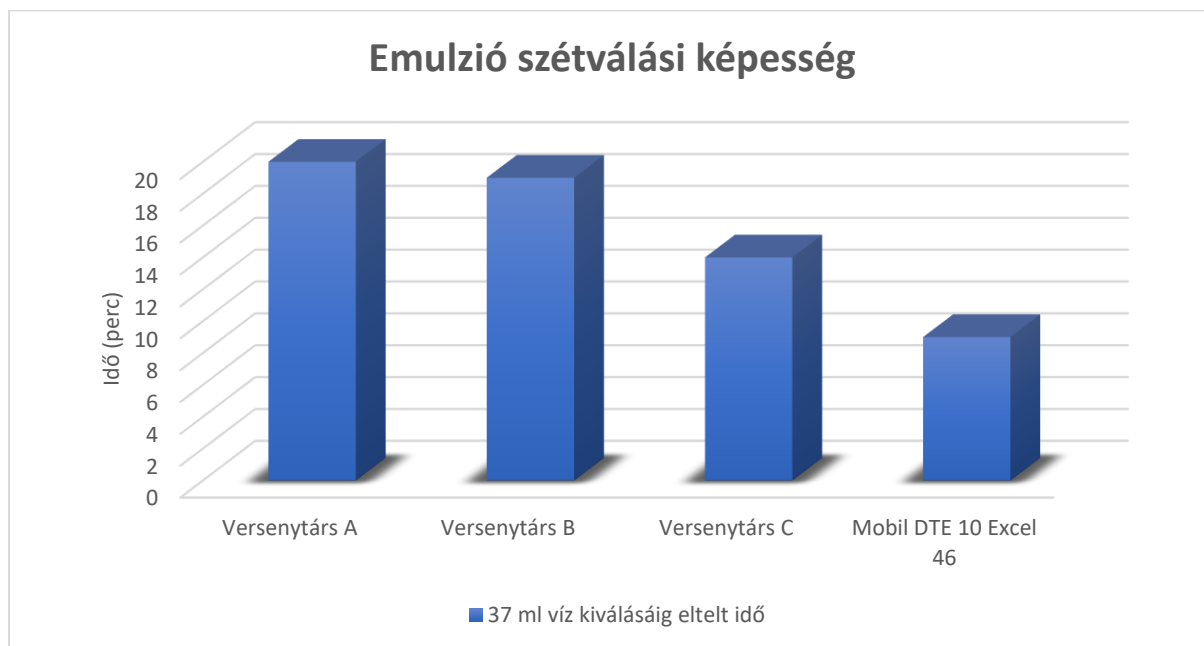
3. diagramm: Termék profil (ExxonMobil 2014)

A víz egyik leggyakoribb forrása a kondenzvíz formájában lehetséges, ami a hőmérséklet változásából ered. Sok rendszer van, amelynek az nagyobb víz terhelést is el kell viselnie. Az olaj és a rendszer vizesedésének a legkézenfekvőbb megoldása az olaj sajátosságában rejlik. Az olajnak a lehető leggyorsabban el kell válnia a víztől, hogy le tudjuk engedni a hidraulikaolaj tartályából leeresztőn keresztül.

Ezek alapján a választásunk a Mobil DTE 10 Excel 46 hidraulikaolajra (3 diagramm) esett mivel kiváló vízelváló tulajdonsággal rendelkezik, amit a 4. diagramm is alátámaszt.

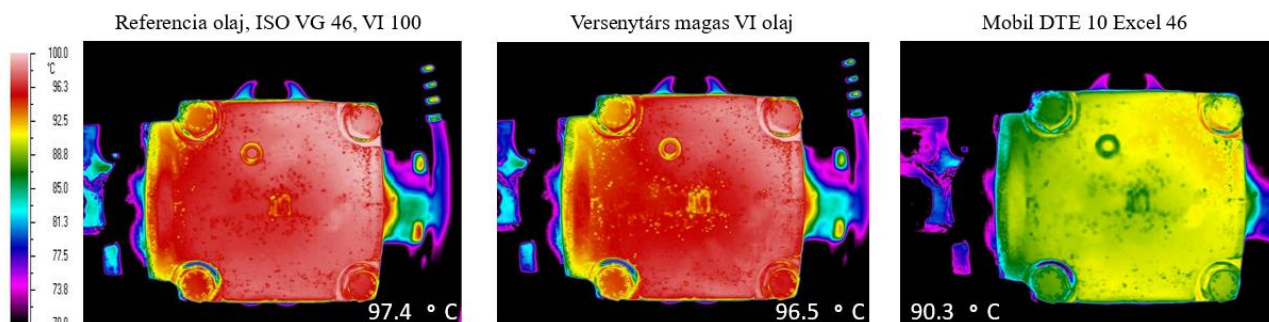
A Mobil DTE 10 Excel 46 egycsúcseljesítményű HVLP termostabil hamu és cinkmentes hidraulika olaj kiváló kopásgátló-, tisztító-, vízelváló-, levegőelváló- habzásgátló tulajdonsággal és magas VI-el (viszkozitás index), oxidációs és termikus stabilitással rendelkezik, amit laboratóriumi tesztek is igazolnak. Továbbá kompatibilitás szempontjából kitűnően teljesít különböző fémek jelenlétében, amik az alábbi tesztek igazolnak (Melléklet 2.).

A tökéletes vízelváló képesség alapvető fontosságú, mivel az új hidraulikus rendszereket kisebb térfogatú tartályokkal tervezik, ami nem alkalmas az emulzió szétválására a vízleeresztés érdekében, így a szivattyúk, a rendszer és az olaj is erős igénybevételnek vannak kitéve.



4. diagramm: Hidraulikaolajok vízelváló képessége (ASTM D 1401) (ExxonMobil 2014)

Egy olyan kenőanyag, amely növeli a volumetrikus és a mechanikai hatásfokot, kevesebb hőt generál a berendezésben. A három kenőanyag hőkamerás képe összehasonlítható egymással és megállapítható a magasabb hatásfokú olaj a berendezések hőképei alapján. Továbbá, a kenőanyag hőmérséklet változása (dT) a szivattyúban bizonyítja a jobb relatív hatásfokot. (5. Kép)

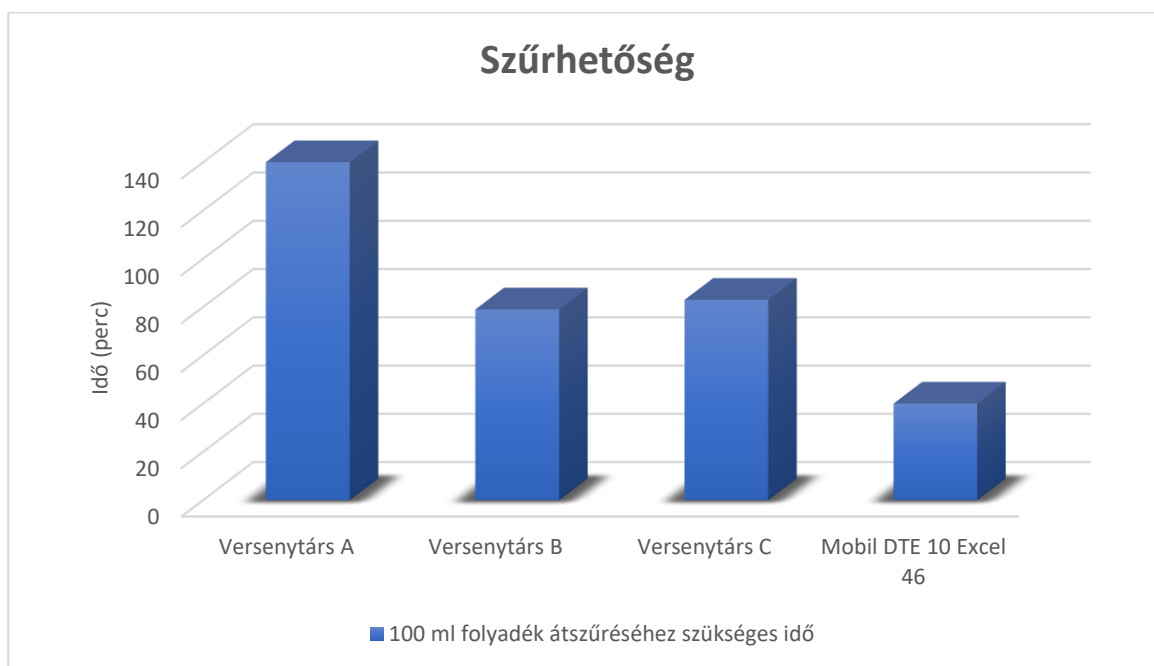


Mobil DTE 10 Excel kisebb szivattyú hőmérséklet = Nagyobb hatásfok

* Megjegyzés: az átlagos szivattyú hőmérséklet, mivel termo kamerával lett mérve, a szivattyú burkoló lemezének egy előre meghatározott felülete felett. A teszt időtartama különböző volt, a rendszer hőmérséklet emelkedésének függvényében. A teszt időtartama sorrendben 23, 24.5 és 26.5 perc volt.

5. Kép: Termo stabilitás teszt (ExxonMobil 2014)

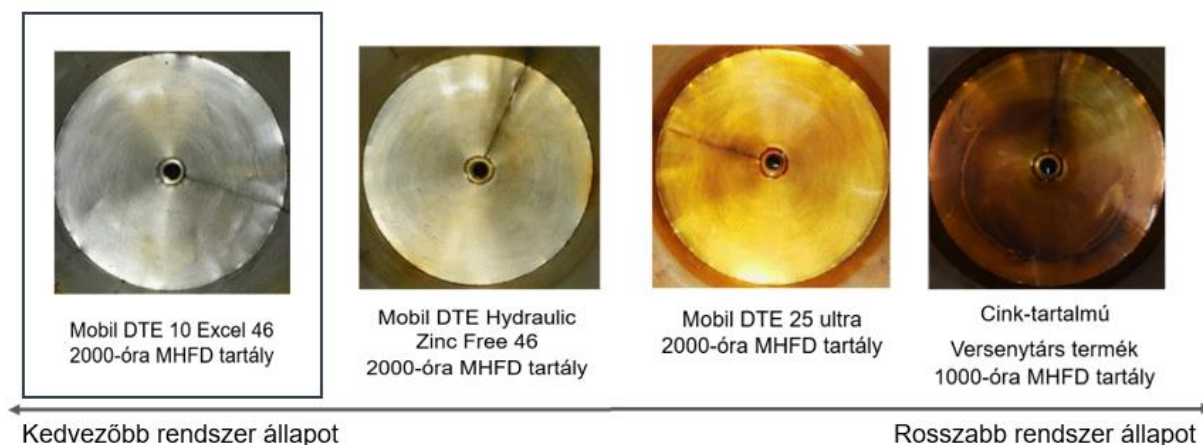
A víz katalizátorként működik, ami redukálja az olaj élettartalmát és ez hatással van az egész hidraulikus rendszerre. A hátrányos hatások kimutatásának a legegyszerűbb módja az úgynevezett nedves szűrhetőség vizsgálata (5. diagramm)



5. diagramm: Hidraulikaolajok szűrhetősége (ASTM D 8277) (ExxonMobi 2014)

Ha a víz bejut a rendszerbe és elkezdte kifejteni a káros hatásait, a keletkező kisebb mennyiségű lakkréteg és lerakódások (iszap), csökkentik a szűrők porozitását, ami lassítja a szűrést. Ez a gyakorlatban nagyobb nyomást eredményez a szűrőn, és rendszeresebb szűrőcserét eredményez. Ezen összessége megerősíti, hogy nem minden esetben a legmegfelelőbb választás az olcsó hidraulikaolaj választása. A hosszú távú megoldásokat mindig szem előtt kell tartani

A Mobil DTE 10 Excel hidraulikus hamu- és cinkmentes sorozat kiváló tisztasági teljesítményt nyújt, hogy megakadályozza a lakk kialakulását, továbbá erős tisztasági teljesítménye hosszabb olajélettartamot eredményez, amit az ExxonMobil tesztjei is alátámasztanak (6.kép).



6.kép: Mobil Hydraulic Fluid Durability (MHFD) teszt, tisztán tartó teljesítmény teszt
(ExxonMobil 2022)

A hidraulikus rendszerek kialakításra nagy figyelmet kell fektetni. Ahol csak lehetséges minimalizálni kell a rendszerbe kerülő vagy a rendszerben maradó szennyeződések hányadát. Csökkenteni kell a hidraulikaolaj degradálásának idejét, ahol csak tudjuk. A rendszerben maradt vagy esetleg keletkezett úgynevezett katalizátor szennyeződések gyorsíthatják az olaj kémiai lebomlását (5.táblázat).

<i>Az öregedési stabilitás az adalékrendszer függvényében</i>				
Adalékrendszer koncentráció	Adalékrendszer			
0,9-1,1% között	Cinkben dús	Cinkszegény	Cinkmentes	Cinkmentes termostabil
Adalék hatóelemek	Zn/P/S	Zn/P/S/Ca	PSN	PSN
Vizsgálat DIN 51 587 szerint Öregedési idő óra Savszám=2-ig	1800	2500	1800	3000
Iszaptartalom mg 1000 óra után	429	52	155	48
Olajoldható rész 1000 óra után mg	361	41	75	12

5. táblázat. Az öregedési stabilitás az adalékrendszer függvényében [1]

2.7. SZILÁRD SZENNYEZŐDÉSEK SZŰRÉSE

A hidraulikaolajat szűrő szűrők a hidraulikus rendszer kialakításának fontos részét képezik. A szűrés minősége, azaz a követelményeink mindig attól az optimális olajtisztaságtól függenek, amely a rendszer legigényesebb hidraulikus elemeinek működéséhez szükséges, vagy amelyet minimálisan biztosítani kell. A tökéletesen működő rendszer érdekében nyilvánvaló a hamu- és cinkmentes hidraulikaolajat kell választani a kiváló szűrhetőség tulajdonsága miatt. Egy hamu- és cinkmentes hidraulikaolaj akár hatvanszor (60x) jobban szűrhető, mint egy primer cinkben dús hidraulikaolaj.

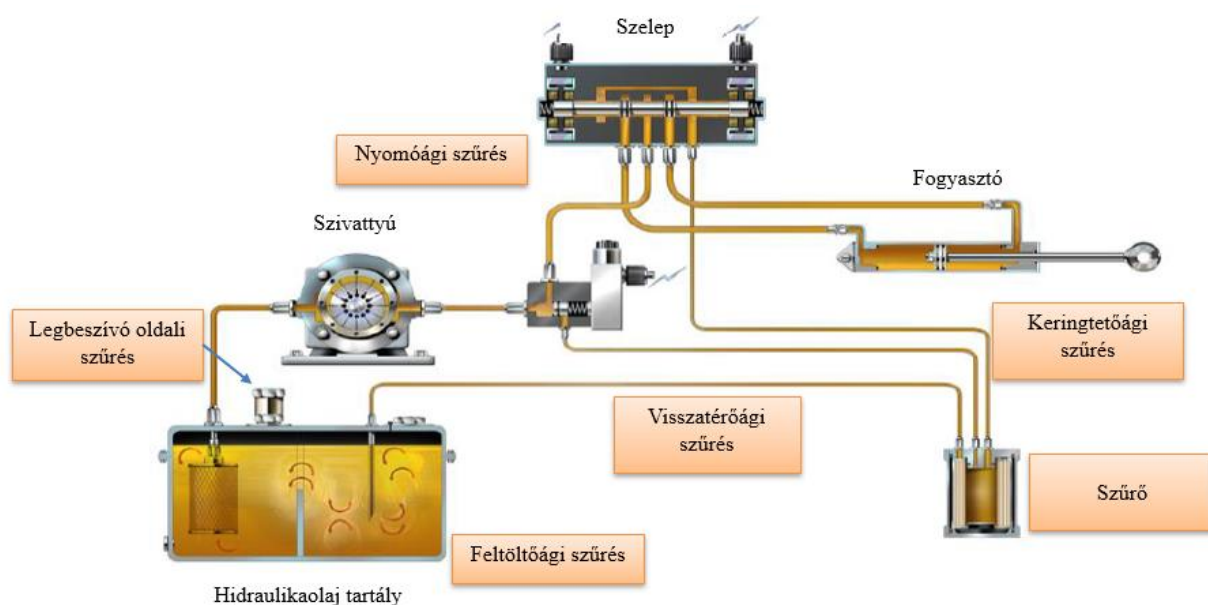
A hidraulikaolaj szűrőképessége idővel változik. Az olaj szűrési tulajdonságai az alkalmazott adalékrendszer függvényében nagymértékben változnak, amint azt a 6. táblázat is mutatja.

<i>A szűrhetőség mértéke az adalékrendszer függvényében</i>					
Szűrési idő 3x10 ml, 5mm-es szűrőn. Adalékrendszer koncentráció 0,9-1,1% között. Adalék hatóelemek	Adalékrendszer				
	Primer, cinkben dús szokásos	Szekunder cinkszegény	Cinkmentes	Termostabil cinkmentes	
	Zn/P/S	Zn/P/S/Ca	PSN	PSN	
100ml min.	33 min.	3,5 min.	2 min.	1 min.	
200ml min.	60 min.	9 min.	2 min.	1 min.	
300ml min.	60 min.	60 min.	2 min.	1 min.	

6. táblázat: A szűrhetőség mértéke az adalékrendszer függvényében [1]

2.7.1. Általános szűrési rendszerek

A Dunafer-nél üzemeltetett hidraulikus rendszerek egyik legfontosabb szempontja a lehető legnagyobb tisztaság elérése és megtartása a rendszerben üzemelő kényes egységek (szervo szelepek) miatt. Ahhoz, hogy a tisztaságot garantálni tudjuk ennek érdekében többféle szűrési eljárást kell alkalmaznunk. Egy általános hidraulikus rendszeren a következő képen (7. kép) látható és a hidraulikus rendszeren alkalmazott szűrési módok.

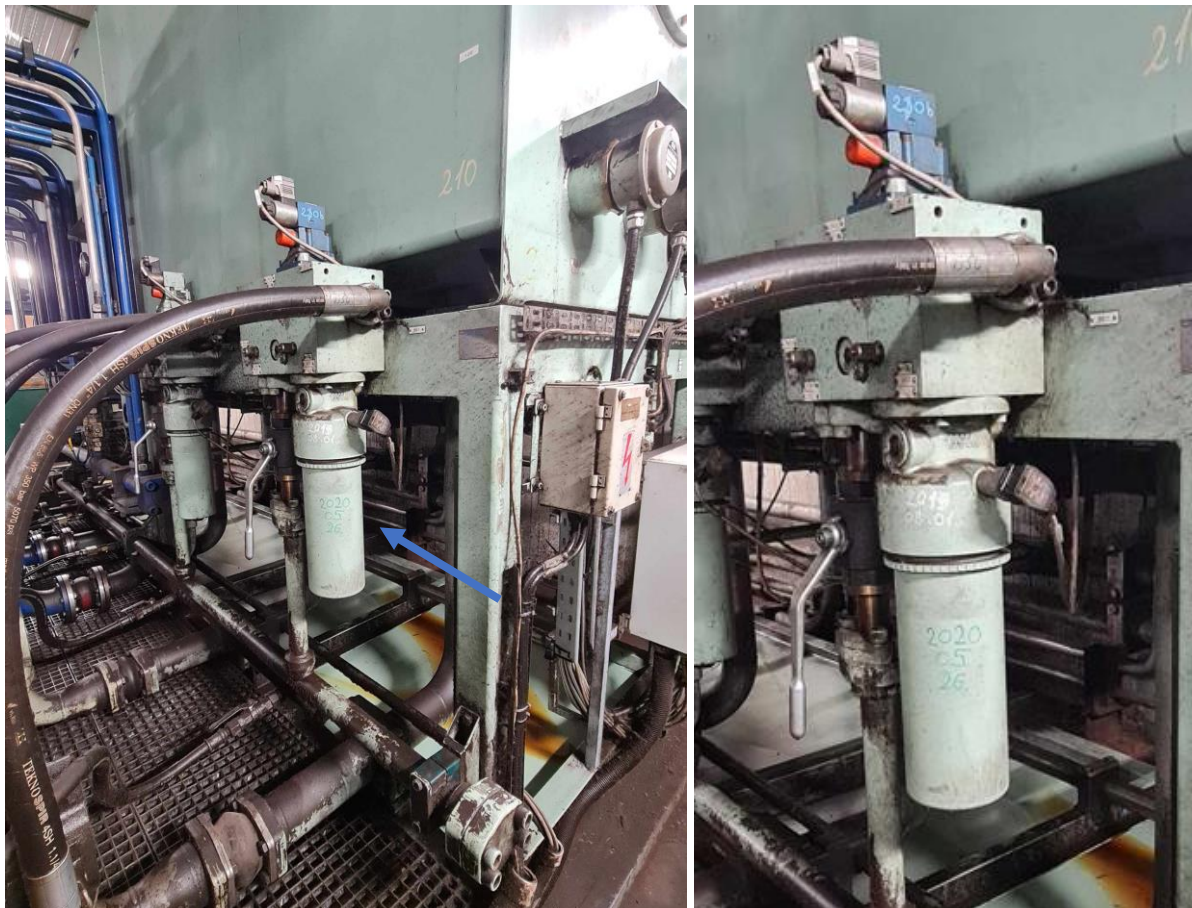


7.kép: Általános hidraulikus rendszer szűrési sémája (ExxonMobil 2014)

2.7.2. Alkalmazott szűrési módszerek

A következő fejezetben a Dunafer-nél alkalmazott szűrési rendszereket mutatom be, amelyek megtalálhatók a megleghengerműben.

2.7.2.1. Nyomóági szűrés



8. Kép Nyomóági szűrő (a nyíl mutatja a szűrő elhelyezkedését) (Forrás: Saját)

A **nyomóági szűrés (8. kép)** célja, hogy megakadályozza, hogy a nyomószivattyú szennyezett hidraulikaolajat juttasson az olajtartályból a hidraulikus rendszert alkotó egységeihez. Az üzemelő szervorendszereknek legalább 2-3 mikronos (μm) tisztaságot kell biztosítani, ezért a nyomóági szűrésnek 5-10 mikronos (μm) szűrőbetétet kell alkalmazni. A szűrők a szivattyú után, és közvetlenül a servoegység előtt is elhelyezhetők, ez által védelmet biztosítva az egység tökéletes működés érdekében. A nyomóági szűrők elektromos eltömődésjelzővel vannak ellátva, amely figyelmezteti a rendszer karbantartót szükség esetén.

2.7.2.2. Visszatérőági szűrés

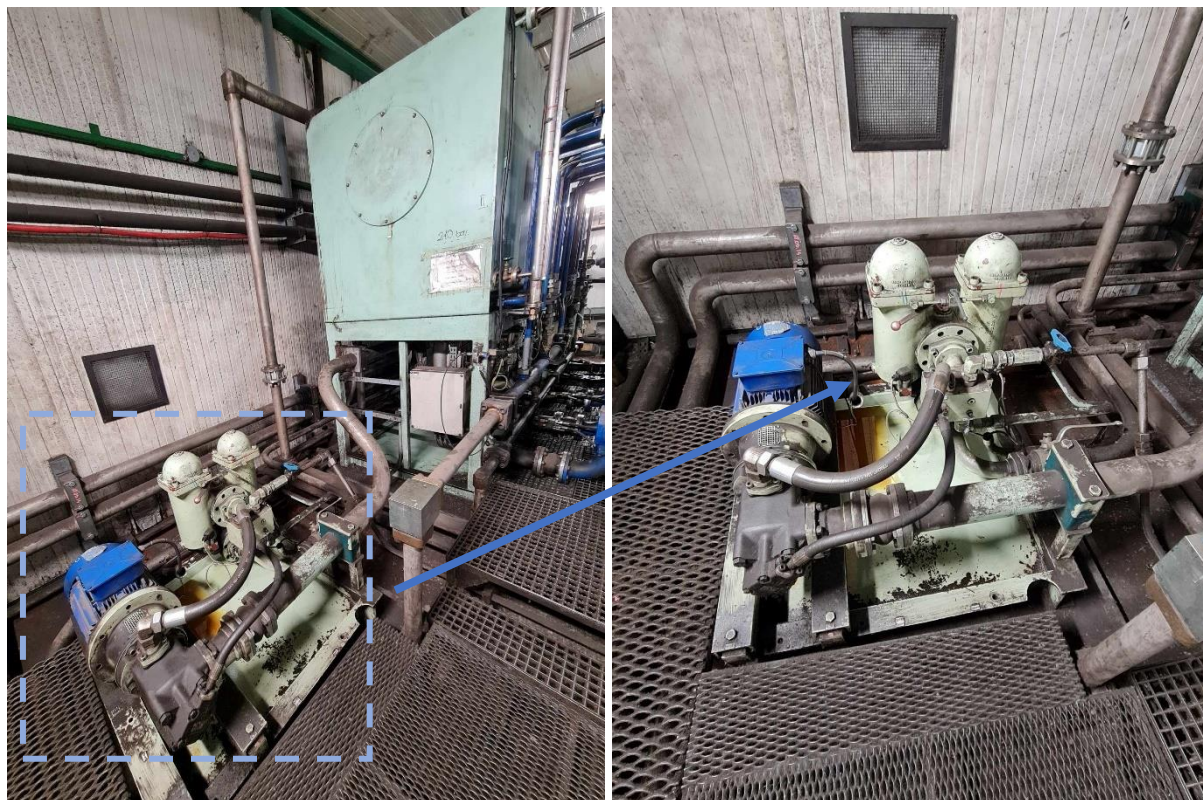


9. Kép Visszatérőági ikerszűrő (a nyíl mutatja a szűrő elhelyezkedését) (Forrás: Saját)

A **visszatérő ági szűrők (9. kép)** célja a hidraulikarendszerből a tartályba visszatérő hidraulikafolyadék taszítása a szennyeződésektől. A rendszerben lévő szennyeződéseket általában 10-15 mikronos (μm) szűrőn keresztül szűrik. Az állásidő minimalizálása és az üzembiztonság garantálása érdekében elengedhetetlen, hogy a használt szűrők és szűrőházak, iker szűrők legyenek. Ezek a szűrők a nyomóági szűrőkhöz hasonlóan elektromos eltömődésjelzővel is rendelkeznek, amely szükség esetén figyelmezteti a rendszer kezelőjét.

A szűrők rendelkeznek egy by-pass szeleppel, amely egy bizonyos nyomáskülönbség hatására kinyit, így az olaj szabadon áramolhat az eltömődés esetén, elkerülve ezzel a meghibásodást. Ikerszűrők használatával jelentősen csökkenthetjük az állásidőt. A szelep átváltásával a rendszer tovább működik miközben az iker másik oldalán szűrőt cserélünk.

2.7.2.3. Mellékáramköri (keringtető ági) szűrés



10. Kép Mellékáramköri ikerszűrő (a nyíl mutatja a szűrő elhelyezkedését) (Forrás: Saját)

A keringtető ági szűrésnek (10. kép) a lehető legfinomabbnak kell lennie. Ez a keringtető ági szűrés (mellék ági) külön is üzemeltethető a rendszer működésétől független. Önállóan is üzemeltethető függetlenül, a hidraulikaolaj tartályban lévő folyadék szűrés alkalmazására. Az igényes szervo szelepek miatt a 3 mikronos (μm) tisztaságot kell garantálni a 3 mikronos (μm) ikerszűrők használata kötelező. A központi hidraulikaolaj tartályban lévő szennyeződések szűrésének a leghatékonyabb módja a by-pass szűrés alkalmazása. Itt is ki kell emelni az ikerszűrők pozitív hatásait az állásidőt tekintve.

2.7.2.4. Feltöltő ági szűrés



11. Kép Feltöltőági szűrő és a szűrőbetétek (a nyíl mutatja a szűrő elhelyezkedését) (saját)

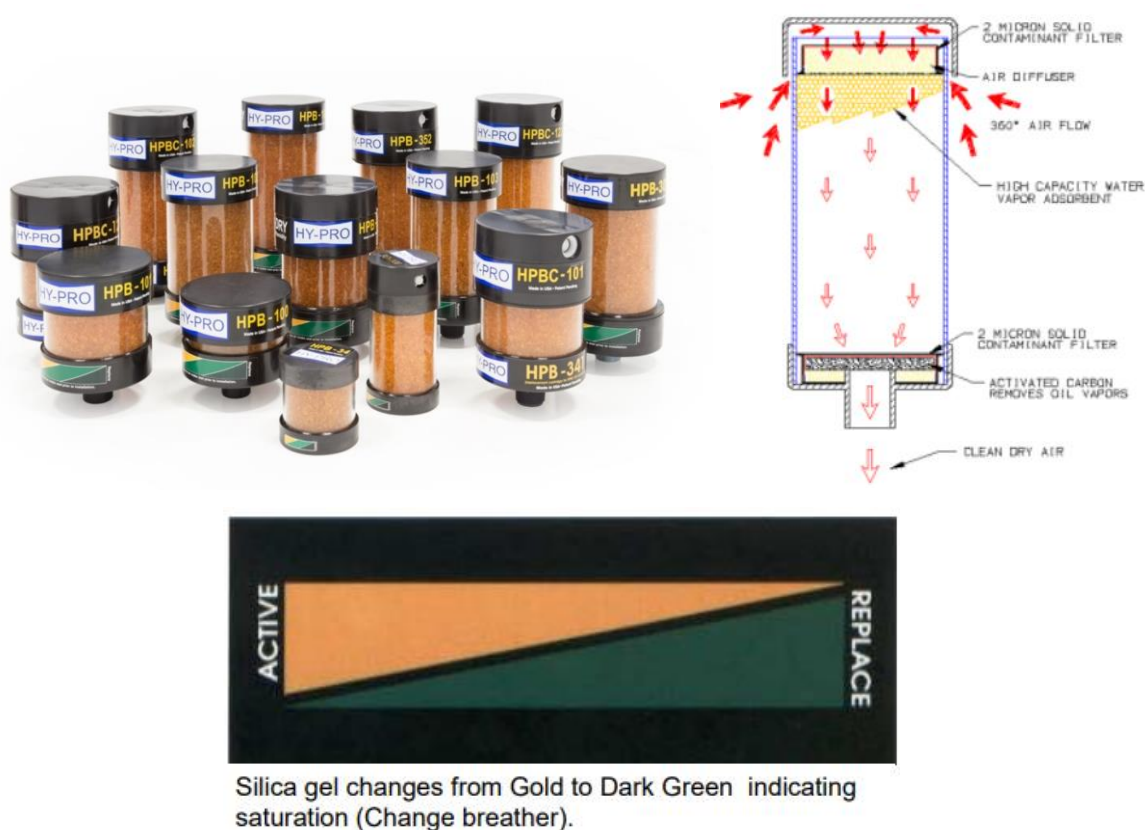
A feltöltőági szűrés (11. kép) esetén biztosítani kell, hogy a rendszer feltöltésekor ne kerüljenek külső szennyeződések a hidraulikarendszerbe. A finomítóból származó hidraulikaolajok jellemzően 6-8 mikronos (μm) tisztaságú olajok. Ahhoz, hogy ezt betöltsük egy tisztább hidraulikus rendszerbe elengedhetetlen fontosságú a 3 mikronos (μm) szűrés alkalmazása. A szűrés alkalmazásának az eredményét folyamatosan mérni kell. A megfelelő tisztaság elérése után a hidraulikafolyadék betölthető a központi hidraulikatartályba.

2.7.2.5. Légbeszívó oldali szűrés

A hidraulikus rendszer üzemelés alatt a központi olajtartályban lévő hidraulikafolyadék folyamatosan mozog, az olajtartályban lévő hidraulikaolaj szintje folyamatosan változik. A hidraulikaolaj tartály tetején lévő légtelenítőkön a rendszerbe kerülhet, el is távozhat a bejutott levegő. A hidraulikaolaj tartályba bekerülő levegő különféle szennyeződések is tartalmazhat. Ez lehet szilárd szennyeződés és a levegő páratartalmából származó víz is. Egy sima légbeszívó szűrőn nem látható a szűrő állapota, hogy milyen mértékben van elhasználódva és eltömődve, továbbá nem választja el a levegő víztartalmát sem. Ezeket az adatokat figyelembe véve olyan

légbeszívószűrők használatára van szükség, amelyek egyszerűen kiküszöbölik ezeket a hátrányokat.

A legkiválóbb megoldás az úgynevezett nedvszívó légtelenítők, azaz deszikkáns szűrők használata. Maga a deszikkáns szűrő szilikagéllel és 2 mikronos (μm) szűrővel van ellátva, melyek egy áttetsző tartályba vannak elhelyezve. Ha a szilikagél felveszi a levegő páratartalmát akkor a színe elváltozik. Pozitív tulajdonsága, hogy információt kapunk arról ha a rendszer levegős lenne, mivel ha a levegős a rendszer akkor a szűrő alja kezd elszíneződni először, ha viszont az teteje akkor környezetből érkező vízpárát kötötte meg a szilikagél. (12. kép)



12. Kép: HY-pro deszikkáns szűrő (Gördülő Kft.; Hy-Dry)

2.8. HIDRAULIKA RENDSZER VÍZTELENÍTÉSE ÉS HŰTÉSE

A Dunafernrél alkalmazott hidraulika rendszerek extrém környezeti viszonyoknak vannak kitéve, ami széles skálán mozgó hőterhelést jelent. Ha a környezeti hőterheléseket hozzáadjuk a rendszerben keletkező üzemeltetésből származó hőterheléshez, akkor nyilvánvalóvá válik, hogy a rendszer hűtése szükséges, a keletkező hőt el kell vezetni, a rendszert pedig hűteni kell. A hidraulikaolajok hűtése kötelező, hiszen a munkafolyadékok tulajdonságai a hőmérséklet növekedés hatására előnytelen irányba változhat. Az üzemi hőmérséklet emelkedése az olaj kémiai lebomlását gyorsítja.

Hőcserélők alkalmazásával lehet megoldani a hűtést, amik lehetnek levegős és vizes formában. A levegős hőcserélőt kisebb hidraulikus rendszer esetén kell alkalmazni, akkor amikor biztosított a hűtési határfok a környezeti levegővel. A vizes hűtést nagyobb hidraulikus rendszerek esetén alkalmazzuk, ahol nagyobb hűtési kapacitásra van szükség, ellenben a levegős hűtéssel. A hőcserélő megfelelő működése a rendszerbe belépő és a rendszerből kilépő hidraulikafolyadék hőmérsékletének a méréséből ellenőrizhető.

2.8.1. A hidraulikaolaj víztartalmának ellenőrzése

Egy hidraulikus rendszer nagy ellensége a rendszerbe jutó víz. Ezt mindenképpen szem előtt kell tartani, ha a vízhűtéses hőcserélőket alkalmazzuk. A termotabil hamu- és cinkmentes hidraulikaolajok sokkal reaktívabbak, mint egy hagyományos primer cinkben dús hidraulikafolyadék, víz jelenlétében.

A hidraulikus rendszerekben a bejutó víz és olajjal alkotott emulzió szétválasztása kulcsfontosságú, a víz negatív hatásának megakadályozása érdekében. Ezért a tartályban le kell választani a vizet, így minden kulcsfontosságú hidraulika rendszerre vízdetektorok lett telepítve a ISD Dunafernr Zrt.-nél. A telepített vízdetektorok (13.kép) százalékban jelzik a hidraulikafolyadék oldott víz mennyiségét. Az oldott víz mennyiségének a változása pedig jelzi a rendszerbe jutó víz mennyiségét. Víz bejutása alkalmával az érzékelők figyelmeztetik az operátort, hogy a bejutó víz időben kezelhető legyen. Ha időben megkezdődik a beavatkozás akkor az olaj megfelelő állapota megőrizhető, viszont a magas víztartalom az olaj gyors kémiai lebomlásához vezethet. Ezért fontos időben a gyors beavatkozás.



13. Kép: MS 100 Vízetektáló berendezés (Jobb oldal: Parker Con Mon Brochure; Bal oldal: telepített vízérzékelő; Forrás: Parker; saját kép)

Az érzékelők a hidraulikus rendszerekbe történő telepítéséhez elengedhetetlen a szabványos csatlakozók alkalmazása.

2.8.2. A bekerült víz eltávolítása

A hidraulikaolajba kerülő víz, ami oldott vagy oldatlan formában lehetséges különféle módszerrel leválasztható. A módszer alkalmazása végezhető szűréssel vagy szeparálással. A megfelelő víz- szűrése vagy szeparálása, vákuumszeparátor telepítésével hajtható végre. A vákuumszeparátor alkalmazható (14.kép) a hidraulikaolajok és egyéb kenőolajokba beoldott és szabad víz leválasztására egyaránt. A vákuumszeparátor előnye a hagyományos centrifugál szeparátorral szemben, hogy alacsonyabb hőmérsékleten 65-75 °C helyett akár 45-50 °C hőmérsékleten alkalmas vízleválasztásra. Ez által nem kap plusz hőterhelést az alkalmazott hidraulikaolaj, nincs kitéve további hőterhelésnek, továbbá az alapolaj sem az adalékok nem károsodnak.



14. Kép: HYDAC Mobil vákuumszeparátor alkalmazás közben (Bal felső kép: a szeparátor oldalnézete; Jobb felső kép: A berendezés és az olajtartály; Alsó kép: a leválasztott víz mennyisége a vödörben látható; Forrás: Saját kép)

2.9. MELEGHENGERMŰBEN ALKALMAZOTT HIDRAULIKAOLAJOK VIZSGÁLATA

A hidraulikafolyadékok folyamatos tesztelése kötelező egy igényes hidraulikus rendszer esetén. A tesztek és vizsgálatokat végezhetjük helyszínen történő ISO tisztaság mérő berendezéssel vagy laboratóriumi vizsgálatok segítségével.

A vállalatnál a komplex olajvizsgálati rendszer van alkalmazva, ami tartalmazza a hamu- és cinkmentes hidraulikaolajok rendszeres tisztasági vizsgálatát, amit minimum havi egyszer el kell végezni (15. Kép, LCM mérőberendezés). Ezek a mérések a hidraulikaolaj karbantartása szempontjából elengedhetetlenek, továbbá a hidraulikaolaj tulajdonságai és jellemzői alakulása szempontjából rendkívül fontos.



15.Kép: ISO tisztaság mérő, nyomásszabályzóval (LCM20) (Forrás: saját)

A laboratóriumi vizsgálat elvégzését a lézeres tisztaság mérés mellett kell elvégezni. Az említett vizsgálati módszer nem váltja ki a laboratórium által végzett vizsgálatokat, mivel a labor eredménye tartalmaz további fontos paramétereket a hidraulikaolajról az ISO tisztaságon kívül.

A laboratóriumi vizsgálatokat és a helyszínen elvégzett vizsgálatok eredményeit folyamatosan rögzíteni kell egy adatbázisban, ami lehetővé teszi a rendszerben több év alatt bekövetkezett változások azonosítását. A hidraulikaolaj jellemzőinek alakulásai jelzik a rendszerben bekövetkezett összes változás és az esetleges utántöltést.

Az adatbázist a helyi karbantartók folyamatosan megtekinthetik a vállalat belső informatika rendszerén, ami online adatokat szolgáltat folyamatosan, ez által segítve és megkönnyebbítve a karbantartók munkáját. Az információkból a karbantartás tervezhetővé vált. Az online adatszolgáltatásból előre jelezhető a hidraulikus rendszer egységeinek esetleges elhasználódása és meghibásodása. A meghibásodások megelőzhetők, ezzel javítva az üzembiztonságot.

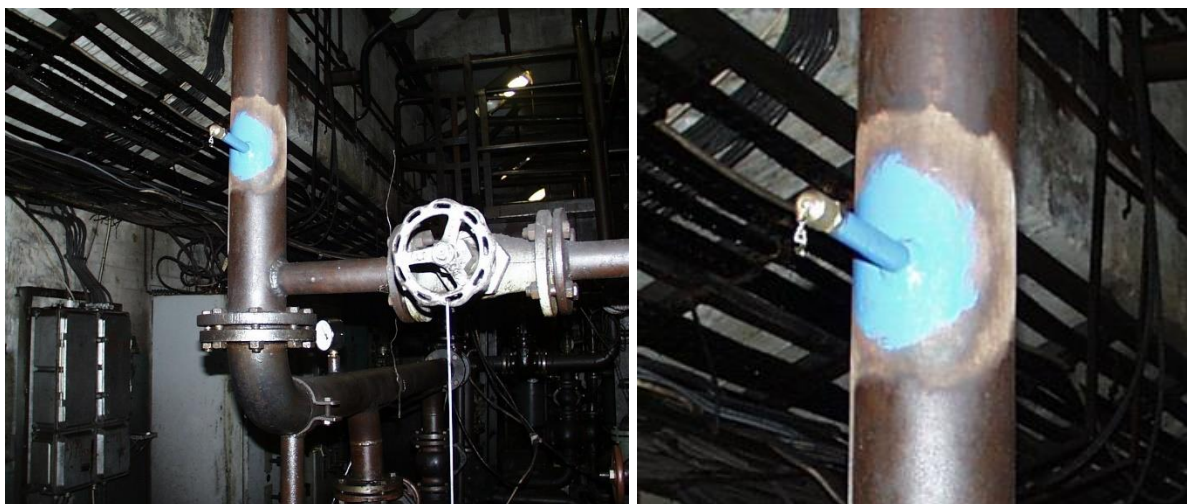
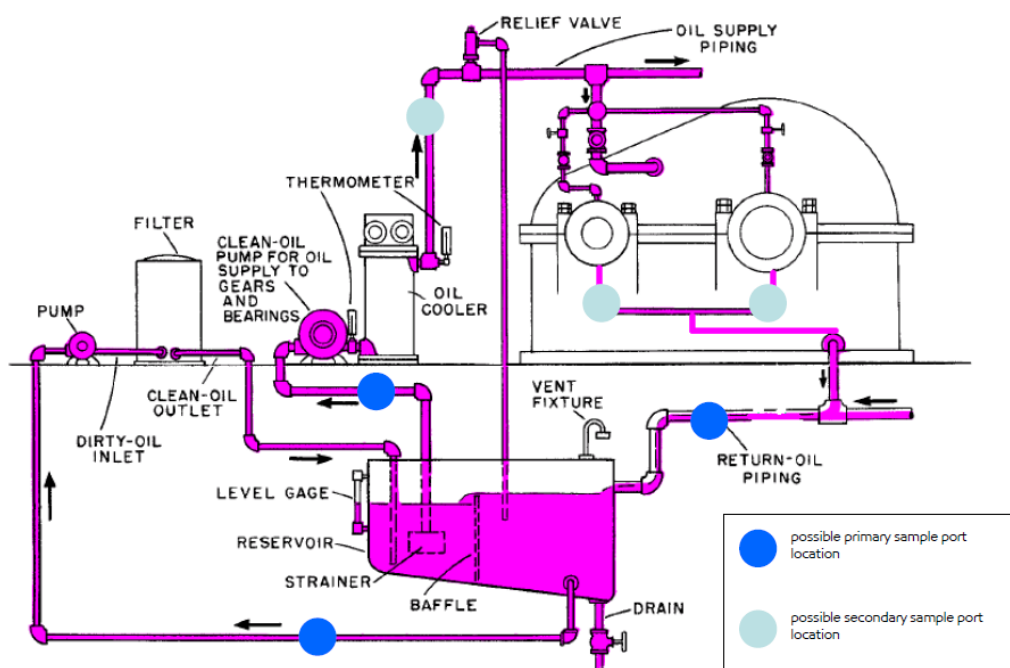
A hidraulikus munkafolyadékokra bevezetett karbantartó intézkedések nem csak a hidraulikus rendszerekre vonatkoznak, hanem a párhuzamosan alkalmazott kenőolajokra is egyaránt. A karbantartó rendszer fejlesztése és az online adatszolgáltatás látható pozitív eredményei a mérési jegyzőkönyveken jól látható. (1. és 3. Melléklet)

2.9.1. Meleghengerműi hidraulikarendszereinek olajvizsgálata és mintavétele

A hidraulikafolyadék és a megfelelően alkalmazott szűrés hatásai a meleghengermű központi hidraulikus rendszerén pozitív hatásokat értünk el. Az olaj tisztasága elérte az ajánlásokban megadott ISO tisztaság fokát. A laboratóriumi kiértékelések és a helyszínen mért LCM20 mérő berendezéssel történő kiértékelések a Melléklet 1. és 3. pontjában találhatók meg. A mérési eredményekben látható, hogy a három kódos ISO tisztasági szintek kiváló értékeket értek el. Ahol magasabb kód olvasható le, mint például 19/16/13 (Támhenger cserélő hidraulika rendszer) ott esedékessé vált a szűrőnek a cseréje.

A Melléklet 1. eredmények alapján jól látható, hogy a 2µm nagyságú szemcsék maradtak csak a rendszerben a nagyobb 5 µm-nél nagyobb részecskék száma konvergál a zerohoz. Kiváló a rendszer tisztasága.

Az olajmintázásra ki kell jelölni állandó mintavételi helyeket az ismételhetőség miatt. Erre a Dunafer-nél a hidraulikus rendszereken több mintavételi csomák lett kialakítva. A laboratóriumba küldendő mintákat flakonba kell leengedni. A flakon töltése előtt mindig ki kell engedni a csomkból legalább 2-3 liter munkafolyadékot a csomkban lerakódott szennyezódések miatt, hogy hiteles eredményt kapjunk a vizsgálatot követően. (16. kép)



16. Kép: Olajállapot felmérés – több ponton történő mintavétel a probléma azonosításához
Felső kép: általános rendszer mintavételi pontok bemutatása; Alsó képek: mintavételi csomák
(Forrás: ExxonMobil és saját kép)

3. Gazdasági számítás és környezetvédelem

Az elért eredmények tisztaságnak köszönhetően a hidraulikus rendszer elemeinek az élettartalma meghosszabbítható és többszörösére növelhető. Ez egyenesen arányos a kisebb kiadási költségekkel mivel a beszerzendő kopó és egyéb alkatrészek mennyisége ez által csökken. A tisztaságnak köszönhetően szervo szelepek nincsenek kitéve a nagyobb szemcsék által okozott abrazív kopásnak. ez által biztosított a hosszú élettartam. A rendszeren több mint 100 ilyen szelep üzemel melynek értéke több mint hárommillió forint darabonkénti ára. A heti/havi meghibásodások leredukálódtak éves egy meghibásodásra

Nagyon fontos a berendezés mellett a kenőanyag mennyiségét is megemlíteni, aminek a korábbi éves 100.000 Liter/év mennyiség helyett 35.000-40.000 Liter/év mennyiségre csökkent a hidraulikaolaj felhasználás a Mobil DTE 10 Excel alkalmazása mellett. Az alacsonyabb mennyiség és a hosszabb csereperiódus csökkenti a környezeti káros hatásokat, mivel az alacsonyabb felhasználással jóval kevesebb használt olaj keletkezik, amivel párhuzamosan a gazdasági oldalról is jóval kedvezőbb mutatószámokat kapunk.

Nem szabad elsiklani mindazok mellett, hogy a magas minőségű hidraulikaolaj hatására a gépek és berendezések állapota javult, ez által a karbantartási periódusok is kitolódtak és minimalizálódtak. Ez pedig kevesebb állásidőt eredményezett. A haváriák bármiféle üzemzavarok száma szinte nullára csökkent, ami nagyon kedvező mivel a működő üzem állásideje óránként jelentős összeget takar.

További lehetőségek:

A diagnosztikai tesztek hosszú távú perspektívája elengedhetetlen az elért eredmények fenntartása érdekében, mivel jelentős technikai és gazdasági előny csak ennek függvényében érhető el. A pozitív eredmények alapján a rendszert üzemeltetni kell, nagy figyelmet kell fordítani a rendszeres olajdiagnosztika kiértékelésére. A kidolgozott rendszer saját fejlesztési és javítási potenciállal rendelkezik, továbbá aktív részévé vált a vállalat olajdiagnosztika rendszernek. A hidraulikaolaj- karbantartási rendszer kiterjesztése más területekre folyamatban van amióta a taglalt pozitív eredményeket azonosították. Ezek alapján tesztek indítottak a Hideghenger-, Nagyolvasztó-, Acél-, és Szállítóművekben.

Környezetvédelem:

- A hidraulikaolaj felhasználása folyamatosan csökken. A Meleghengermű hidraulikus rendszer felújításának a költsége és a Mobil DTE 10 Excel beruházási költsége magas. A beruházást követően a régi hidraulikus rendszer hibák megszűnésének köszönhetően a munkafolyadék igénye megközelítőleg a több mint a felére csökkent. Természetesen ez függ a kiszámíthatatlan üzemzavaroktól.
- Az említett indokoknak köszönhetően környezetvédelem szempontjából kevesebb fáradtolajat kell elszállítani az üzemből. Ez kisebb költséggel és kevesebb környezeti hatással jár.
- Elmondható, hogy a meleghengermű hidraulikus rendszer felújításának és a Mobil DTE 10 Excel használatának köszönhetően, sok pozitív hatásai lettek a gazdasági és környezetvédelmi szempontokra.

4. Összefoglalás

Dolgozatom írása alatt hasznos tapasztalatokat sikerült gyűjtöttem a hidraulikus rendszerrel kapcsolatos tevékenységekben. A tapasztalatom alapján elmondható, hogy az üzemi eredmények kiválóan tükrözik a leírt elméleti dolgokat. Ennek a tanulmánynak a célja, hogy bemutassam, hogy hidraulikafolyadékok között milyen eltérő tulajdonság különbségek lehetnek, és milyen fontos szerepet tölt be a megfelelő kenőanyag alkalmazása egy adott rendszeren, esetünkben a ISD DUNAFERR ZRT (LIBERTY Dunaújváros) megleghengermű üzemegységén. Az általunk választott termostabil hamu- és cinkmentes hidraulikaolaj, nagyon pozitív hatást gyakorolt a megleghengermű hidraulikus rendszereire, csekély beruházás mellett. Megtisztította a rendszert megfelelő szűrés mellett, egy tökéletes ISO tisztaságot értünk el, ennek köszönhetően meghosszabodtak a rendszeren lévő hidraulikus- berendezések, elemek és nem utolsósorban a hidraulikaolaj élettartalma is egyaránt.

A felsorolt hatások mellett bemutatja a dolgozatom, hogy mind ezek fontos szerepet töltenek be, ha egy üzembiztos rendszert szeretnénk üzemeltetni, viszont nagyon fontos ezek mellett a rendszeres diagnosztika, és a rendszerállapot ellenőrzés. A hidraulikaolaj állapotából hasznos információkat nyerhetünk, amiből sok esetben megakadályozhatunk a szilárd szennyeződések számának és a beoldódott víztartalmának a növekedését, az azonnali szűrés és leválasztás alkalmazásával, amik károsítanak a rendszer állapotát. Ez mind minőségi javulást eredményez, ami csökkenti az állásidőket ezzel pedig csökkentve a kiadás költségeket.

Ennek eredményeképpen az ISD DUNAFERR ZRT (LIBERTY Dunaújváros) megleghengerművében alkalmazott hidraulikusfolyadék karbantartási rendszer kiterjesztése folyamatban van más társaságcsoporthoz részlegeire. A diplomamunkámban ismertetett hidraulikafolyadék-karbantartási rendszer alkalmazása és bevezetése jelentős eredményeket hozhat bármely hidraulikus rendszerben.

További fejlesztési lehetőségeket lehet végre hajtani kiterjesztve ezt a tudást a Dunafer további üzemegységeire.

A dolgozatomban szereplő mérési eredmények és adatok közelítő értékek, amik a cég érdekében nem nyilvánosak.

5. Summary

During the writing of my thesis, I managed to gather useful experience in activities related to the hydraulic system. Based on my experience, it can be said that the operating results perfectly reflect the theoretical things described. The purpose of this study is to demonstrate the different property differences between hydraulic fluids and the important role of using the right lubricant on a specific system, in our case the hot rolling mill plant of ISD DUNAFERR ZRT (LIBERTY Dunaújváros). The thermostable ash- and zinc-free hydraulics fluid we chose had a very positive effect on the hydraulic systems of the hot rolling mill, with little investment. He cleaned the system with proper filtration, we achieved a perfect ISO cleanliness, thanks to which the life of the hydraulic equipment and elements in the system and last but not least the life of the hydraulic oil was extended.

In addition to the listed effects, my thesis shows that they all play an important role if we want to operate a reliable system, but regular diagnostics and system status checks are also very important. Useful information can be obtained from the condition of the hydraulic oil, from which in many cases we can prevent the increase in the number of solid impurities and the dissolved water content, by applying immediate filtration and separation, which would damage the condition of the system. All of this results in quality improvement, which reduces downtime and thereby lowers costs.

As a result, the hydraulic fluid maintenance system used in the hot rolling mill of ISD DUNAFERR ZRT (LIBERTY Dunaújváros) is in the process of being extended to other divisions of the company group. The application and implementation of the hydraulic fluid maintenance system described in my thesis can bring significant results in any hydraulic system.

Additional development opportunities can be implemented by extending this knowledge to other Dunafer plant units.

The measurement results and data included in my thesis are approximate values that cannot be published for the sake of the company.

6. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

Alulírott ÁRVAI PÉTER, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, SZENT ISTVÁN Campus, KENÉSTECHNIKA ÉS TRÍKÓ-DIAGNOSZTIKA MÉRNÖK szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

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

Kelt: 2023 év 10 hó 28 nap


Hallgató

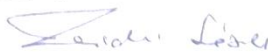
NYILATKOZAT

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

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom /, nem javaslom*.

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

Kelt: 2023 év 10 hó 28 nap


Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: ÁRVAI PÉTER
A Hallgató Neptun kódja: CR66LZ
A dolgozat címe: WAMU ÉS CINQUENTES HIDRAULIKAOLAJ ALKALMAZÁSA ÉS VIZSGÁLATA
A megjelenés éve: 2023
A tanszék neve: ANYAGTUDOMÁNYI ÉS GÉPIPARI FOLYAMATOK TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² 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 állítotam, 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 tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: GÖDÖLLŐ 2023. év 10. hó 28. nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

0

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A KRVAI PÉTER (név) (hallgató Neptun azonosítója: C106647) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023 év 10 hó 28 nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

7. Felhasznált szakirodalom

- [1,] Dr. Valasek István: Tribológiai kézikönyv Budapest Tribtechnik KFT 1996.
- [2,] Dr. Valasek István: Tribológia 1 sorozat Budapest Tribtechnik KFT 2003.
- [3,] Dr. Valasek István: Tribológia 2 sorozat Budapest Tribtechnik KFT 2003.
- [4,] Dr. Valasek István: Tribológia 6 sorozat Budapest Tribtechnik KFT 2003.
- [5,] ISD DUNAFERR <http://dunaferr.hu/>
- [6,] Target Cleanliness Worksheet Vickers <http://www.vickers.sh.cn/pdfs/578.pdf>
- [7,] Lubexpert Hungária Kft. Mobil DTE 10 excel terméklap
- [8,] EXXONMOBIL <https://corporate.exxonmobil.com/>
- [9,] EXXONMOBIL Hydraulic fluid
<https://www.exxonmobil.com/en/marine/products/categories/list/hydraulic-oil>
- [10,] Dr. Valasek István – Törös Mihályné: Tribológia Képzőművészeti Kiadó
- [11,] What Is a Hydraulic System? Definition, Design, and Components
<https://www.vectorsolutions.com/resources/blogs/what-is-a-hydraulic-system-definition-design-and-components/>
- [12,] Karczub Béla - Hidraulikus rendszerek felépítése sajátosságai, jellemzői alkalmazása
https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_mere_si_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/6_0907_003_101231.pdf
- [13,] Prof. Dr. Fenyvesi László - HIDRAULIKUS RENDSZEREK ALAPELEMEI
https://oszkdk.oszk.hu/storage/00/01/58/63/dd/1/Hidraulikus_rendszerek.pdf

8. Melléklet

1. Melléklet:

Meleghengerműi hidraulikus rendszerek olajtisztasági mérése



Dátum: 2023. 09. 14

A Meleghengerműben lévő jelentősebb hidraulikus rendszerek vizsgálata havi rendszerességgel történik. A 2023. 09. havi olajvizsgálatok eredményei táblázatos, valamint diagram formátumban láthatók.

A 12 frekventált hidraulikus rendszerből egy rendszer nem lett mérve.

A lefejtő daraboló sor (LDS) hidraulikus rendszere üzemben kívül volt!

A vizsgálat során a hengerhajlító hidraulika rendszerrel merültek fel kifogások a rendszer tisztasággal kapcsolatban.

Kérem a rendszerben a szűrők ellenőrzését, esetleges cseréjét!

Vizsgált meleghengerműi hidraulikaolaj rendszerek:

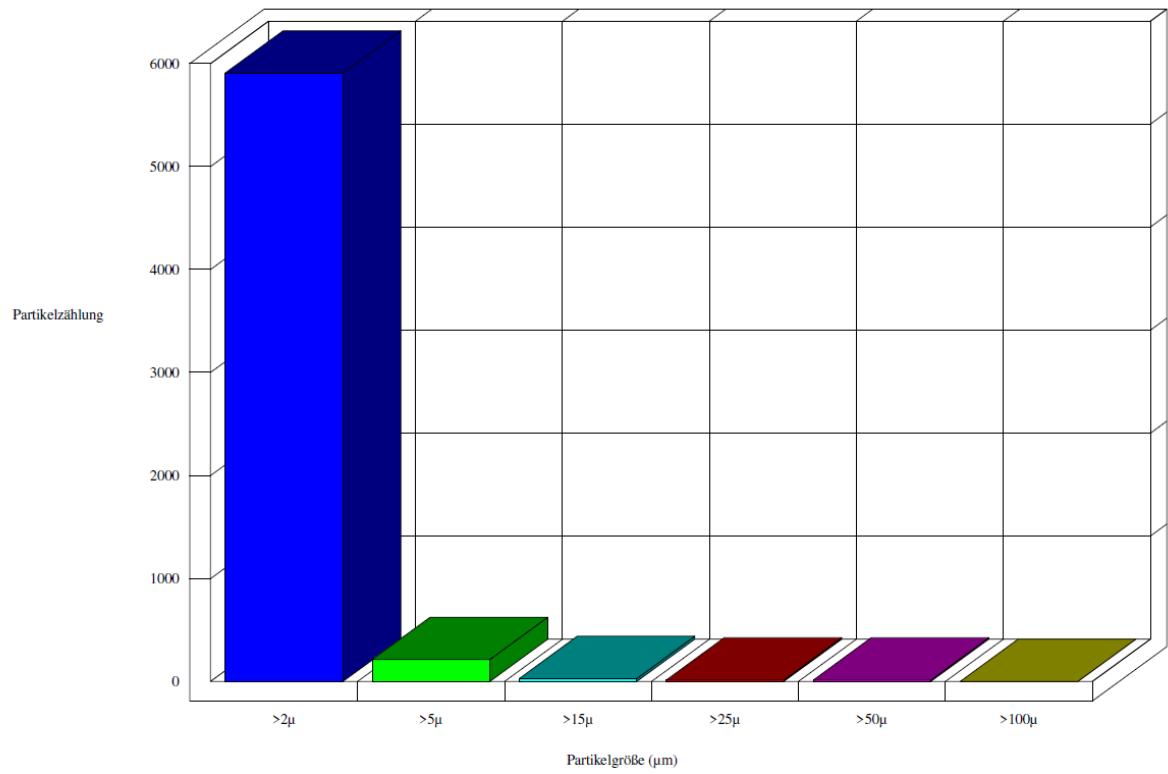
- Léptetőgerendás kemence hidraulika rendszer
- Bugacsiszolói központi hidraulika rendszer
- Coil-box hidraulika rendszer
- Támhenger kiegyensúlyozás hidraulika rendszer
- Támhenger cserélő hidraulika rendszer
- Résállítás hidraulika rendszer
- Hengerhajlító hidraulika rendszer
- 1.-2.-3. állvány vastagság szabályozás h. rendszer
- csévélő 210 bar-os hidraulika rendszer (mérése 14.-én történik)
- csévélő 140 bar-os hidraulika rendszer (mérése 14.-én történik)
- csévélő 140 bar-os elszállító hidraulika rendszer mérése 14.-én történik)
- LDS hidraulika rendszer (üzemen kívül)

Meleghengerműi hidraulikus rendszerek olaj tisztasági mérési eredményei (LMC20)

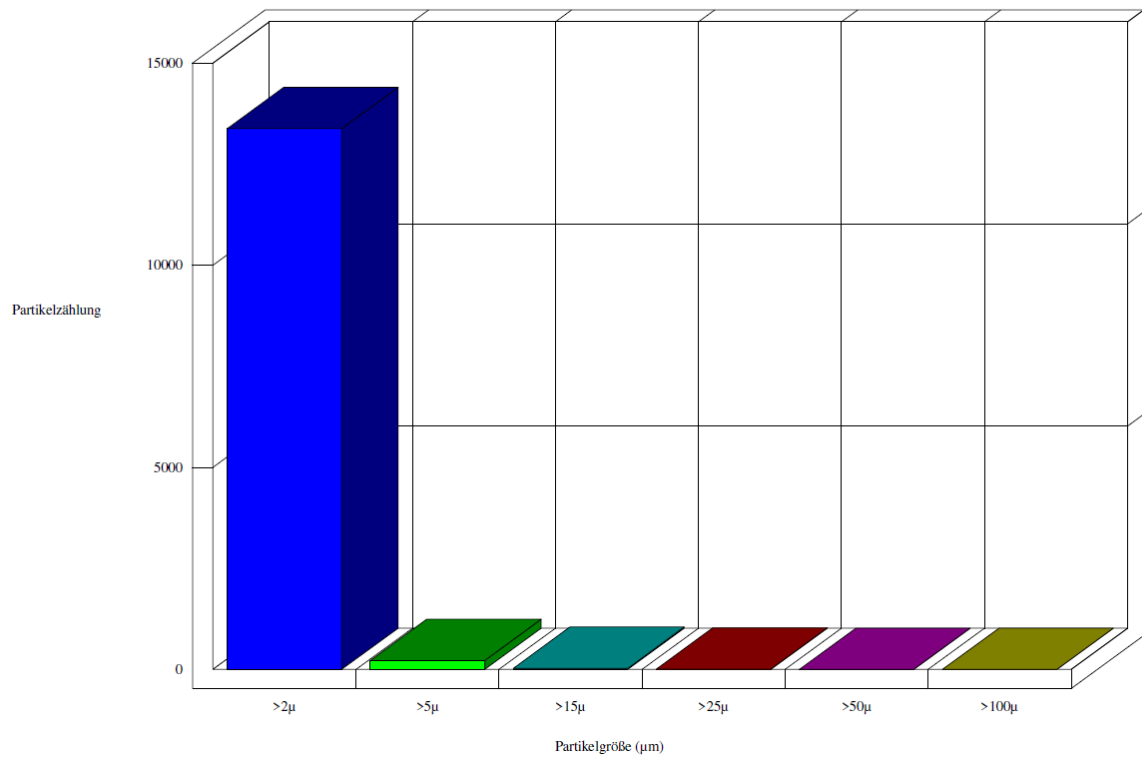
(2023. 09. 14.)

Teszt	Date	>2μ (db)	>5μ (db)	>15μ (db)	>25μ (db)	>50μ (db)	>100μ (db)	ISO2	ISO5	ISO15	ISO Kód	Berendezés azonosító
1	2023.09.14	50907	2014	28	14	14	0	13	8	5	13/8/5	Léptetőgerendás kemence hidraulika rendszer
2	2023.09.14	13378	221	28	7	0	0	14	8	5	14/8/5	Bugacsiszoló hidraulika rendszer
3	2023.09.14	110442	564	0	0	0	0	17	10	0	17/10/0	Coil-boksz hidraulika rendszer
4	2023.09.14	3714	7	0	0	0	0	12	3	0	12/3/0	Támhenger kiegyensúlyozás hidraulika rendszer
5	2023.09.14	283207	63735	4200	464	14	0	19	16	13	19/16/13	Támhenger cserélő hidraulika rendszer
6	2023.09.14	7157	107	14	0	0	0	13	7	4	13/7/4	Résállítás hidraulika rendszer
7	2023.09.14	175200	3357	42	7	0	0	18	12	6	18/12/6	Hengerhajlító hidraulika rendszer
8	2023.09.14	5735	14	0	0	0	0	13	4	0	13/4/0	1,2,3, állvány AGC hurokfesz. hydr. rendszer
9	2023.09.14	7135	21	0	0	0	0	13	5	0	13/5/0	1. Csévélő 210 bar-os hydr.rendszer
10	2023.09.14	35400	292	14	7	0	0	16	9	4	16/9/4	1. Csévélő 140 bar-os hydr. rendszer
11	2023.09.14	36092	171	0	0	0	0	16	8	0	16/8/0	1. Csévélő 140 bar-os elszállító hydr. rendszer
12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	LDS hydr. rendszer (Üzemen kívül)

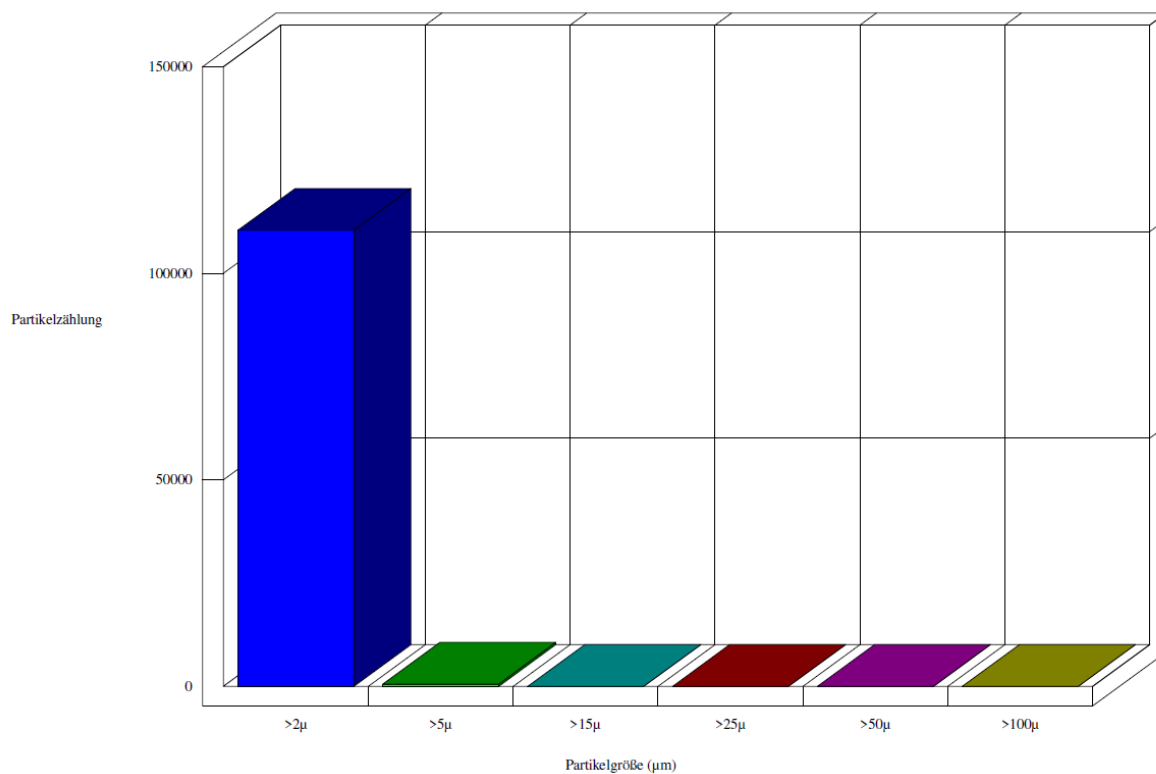
Léptetőgerendás kemence hidraulika rendszer



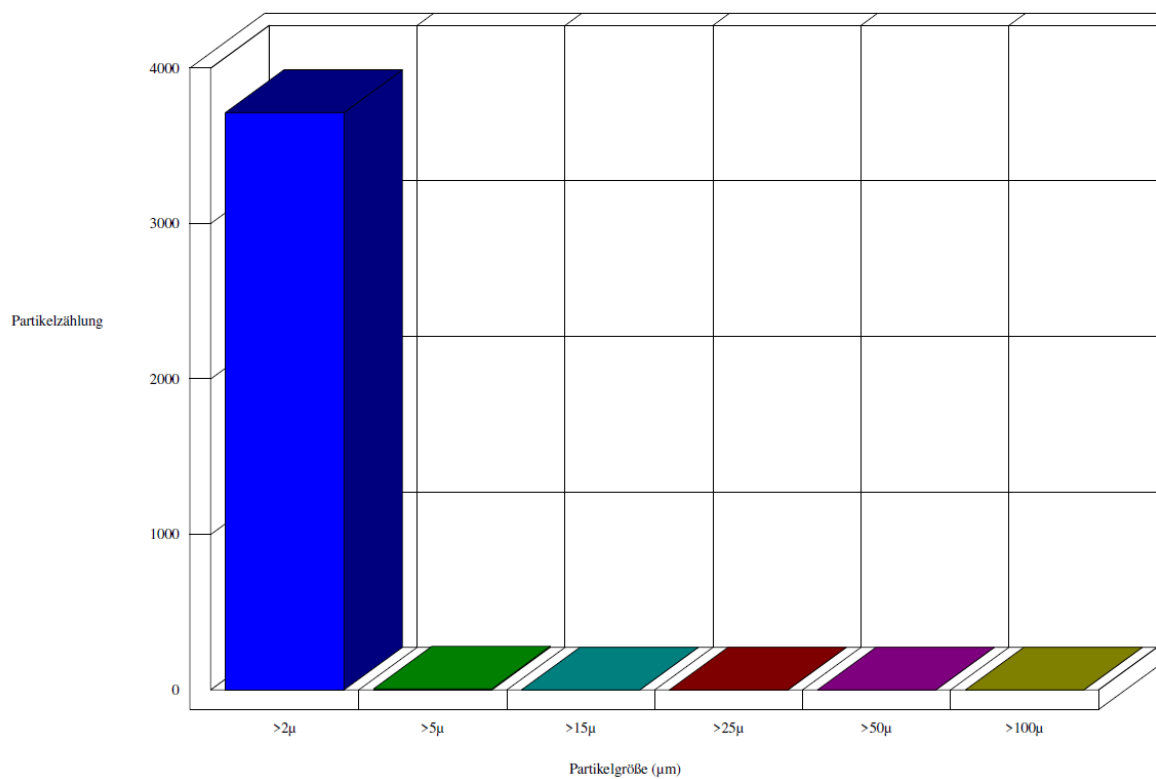
Bugacsiszoló hidraulika rendszer



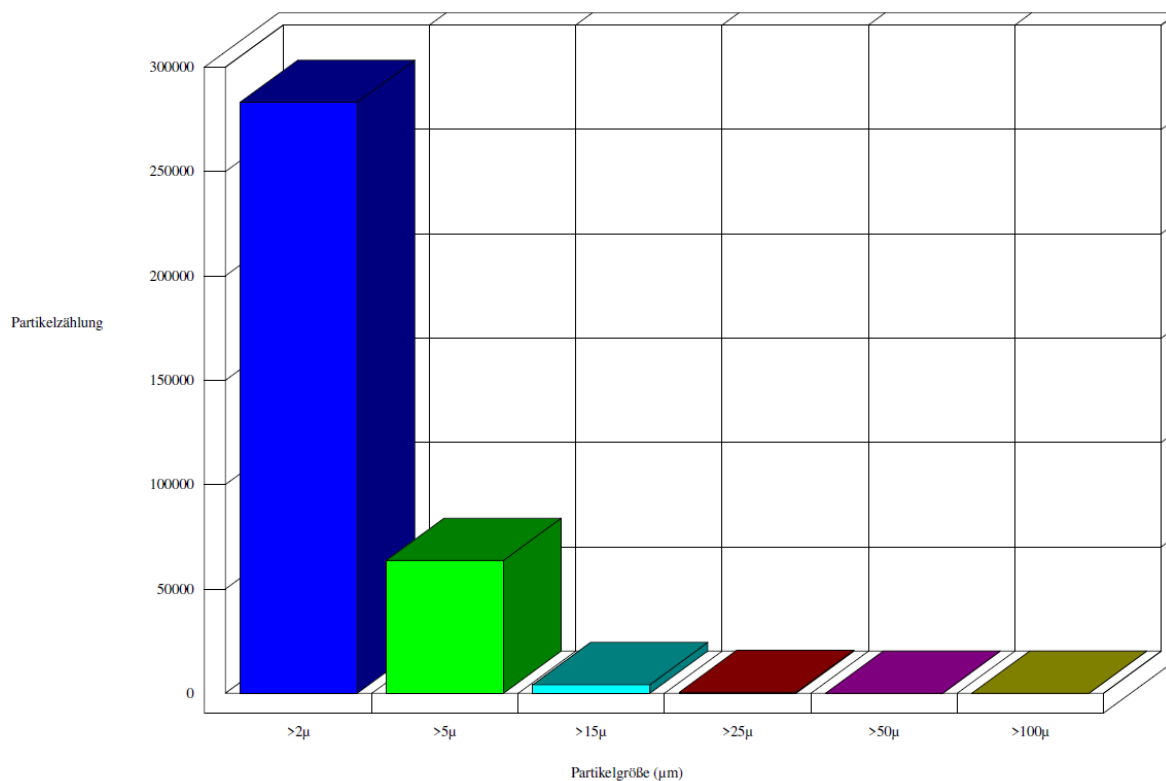
Coil box hidraulika rendszer



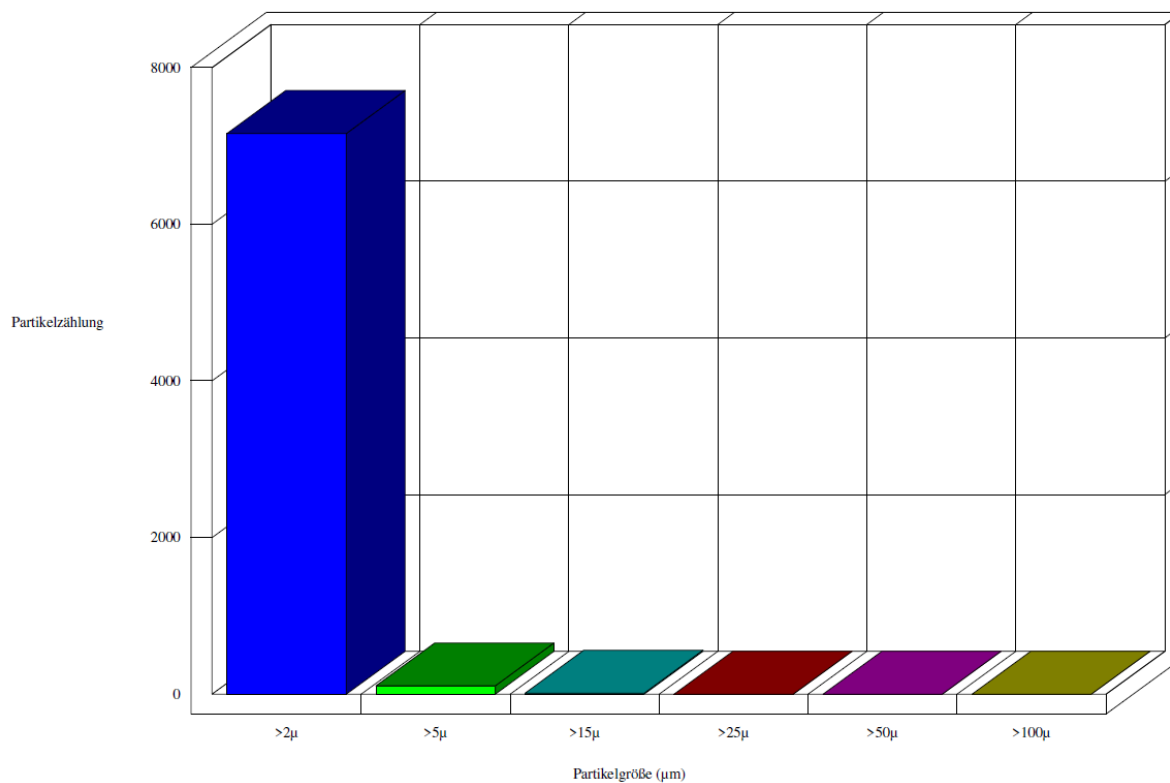
Támhenger kiegyensúlyozás hidraulika rendszer



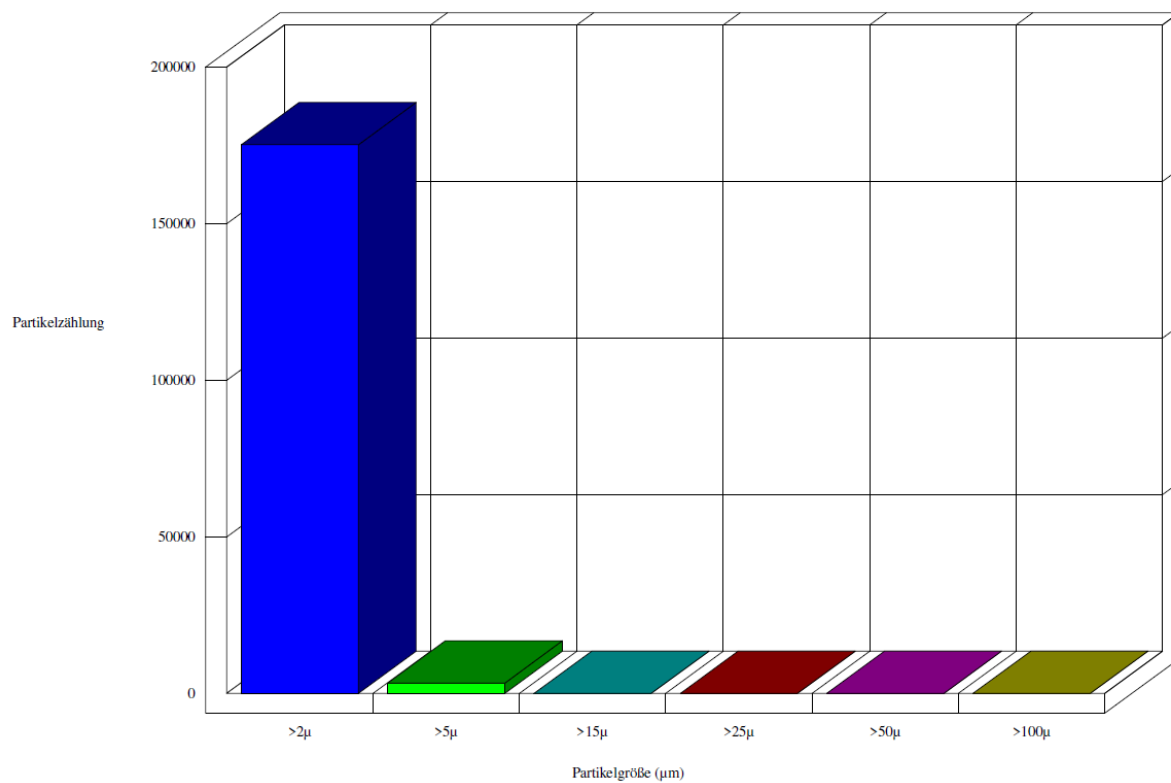
Hengercserélő hidraulika rendszer



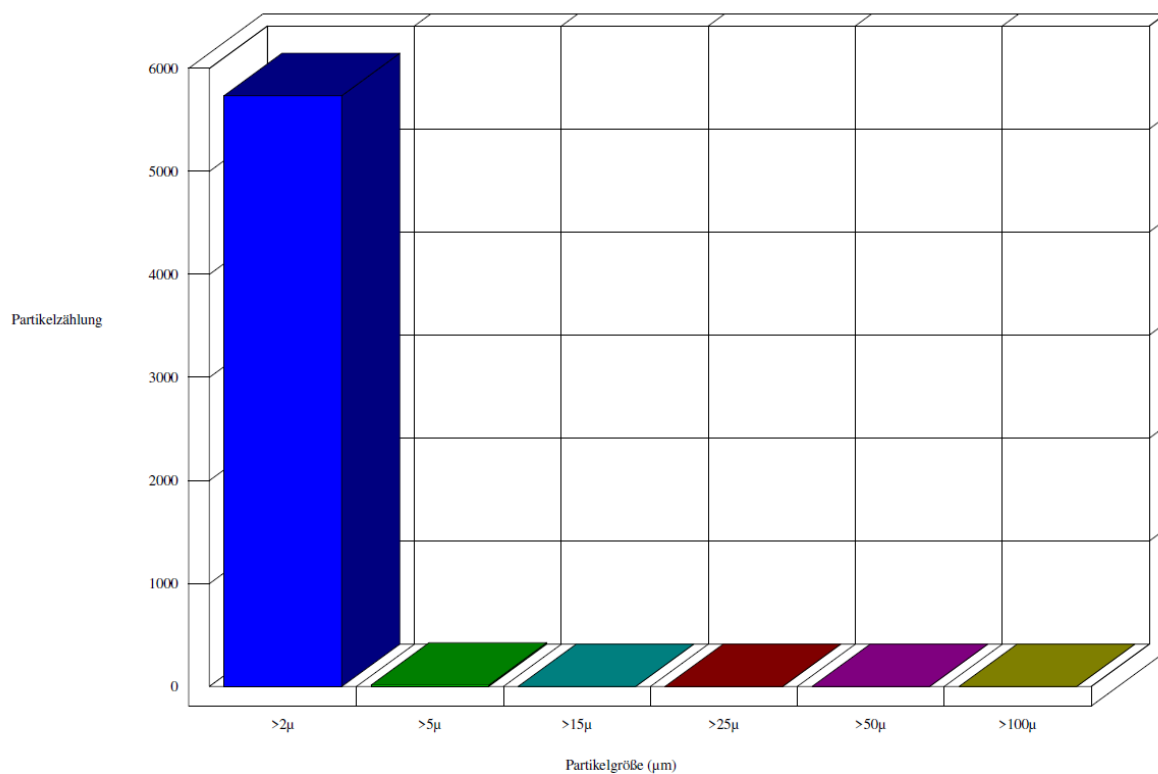
Résállítós hidraulika rendszer



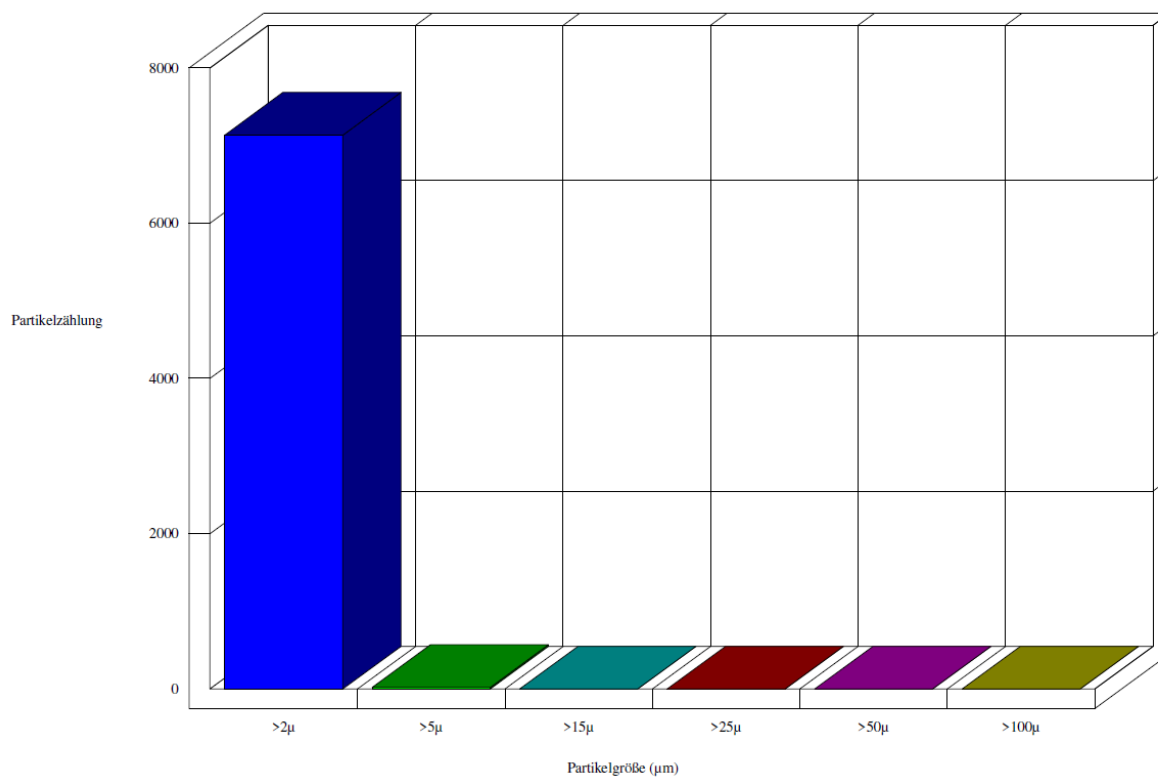
Hengerhajlítás hidraulika rendszer



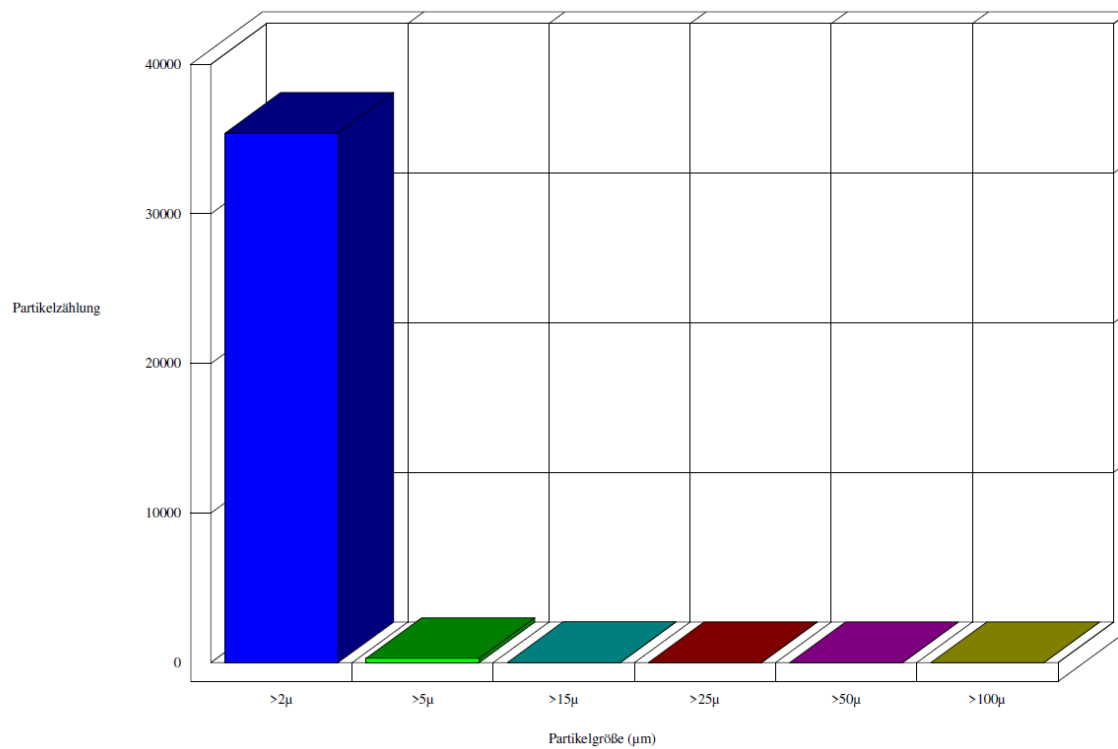
1.-3. hosszúlökötő kapszulák, hurokcszítók hidraulika rendszer



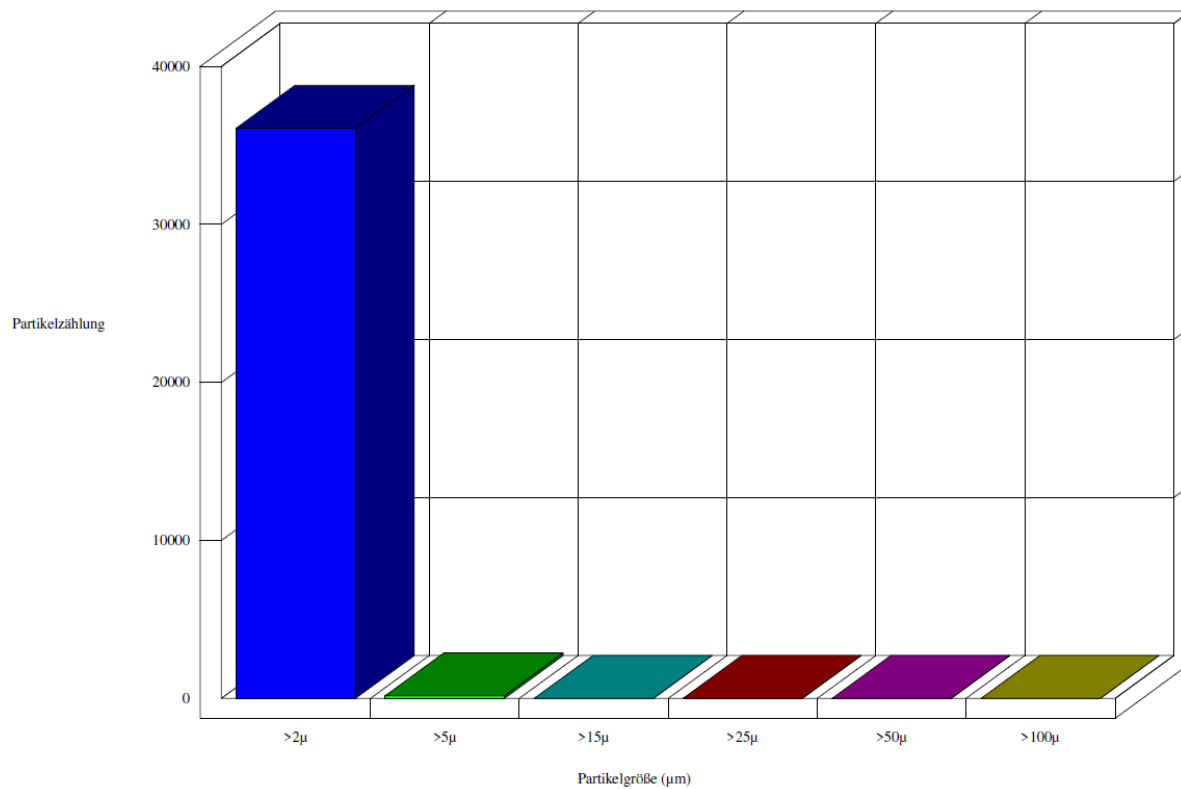
1. Csévéelő 210 bar hidraulika rendszer



1. Csévéelő 140 bar hidraulika rendszer



1. Csévéelő elszállító hidraulika rendszer



2. Melléklet: Mobil DTE 10 Excel sorozat adatlap



Mobil DTE 10 Excel™ sorozat

Kiváló minőségű hidraulikaolajok

A termékek leírása

A Mobil DTE 10 Excel™ sorozat tagjai csúcsteljesítményű, kopásgátló hidraulikaolajok, melyeket kifejezetten a modern, nagy nyomás alatt működő ipari és mobil berendezések hidraulikus rendszerei számára lettek kifejlesztve.

A Mobil DTE 10 Excel™ sorozat tagjait gondosan kiválasztott alapolajokból és szabadalmaztatott adaléksomagból állítjuk elő, így kiegyensúlyozott teljesítményt nyújtanak a felhasználási területek széles körénél. A termékek kiemelkedő oxidációs és termikus stabilitásuk révén hosszú ideig használhatók és minimalizálják a lerakódások képződését még a nagy nyomású és teljesítményű szivattyúkkal szerelt, erős igénybevételnek kitett hidraulikus rendszerekben is. Innovatív, tisztán tartó rendszerük (ultra keep clean performance) védi a hidraulikus berendezések kritikus elemeit, például modern hidraulikus rendszerekben gyakran alkalmazott szoros illesztésű szervó- és nyomáskiegyenlítő szelepeket a meghibásodástól. Magas viszkozitási indexükhöz kapcsolódó kitűnő nyírásstabilitásuk széles üzemeltetési hőmérséklet-tartományt tesz lehetővé, biztosítja a maximális hidraulikus teljesítményt mind alacsony, mind magas hőmérsékleteken. Kiemelkedő levegőelválogatási képességük további védelmet biztosít a gyors mozgású rendszereknek, megelőzik a kavitációt és a mikro-öngyulladások okozta károsodásokat. A gondosan kiválasztott alapolajok és adalékok lehetővé tették a „megfelelt” minősítést az akut vízi toxicitás (LC-50, OECD 203) vizsgálatokon, cinkmentes kopásgátló rendszerük pedig magas szintű védelmet nyújt a fogaskerék-, forgólapátos és dugattyús szivattyúk számára, miközben a lerakódás-képződés minimumra csökken.

A Mobil DTE 10 Excel™ sorozat tagjait széles körű laboratóriumi és üzemi tesztek segítségével úgy alakítottuk ki, hogy a hidraulikus teljesítmény számottevően magasabb, még a többi Mobil™ hidraulikaolajhoz képest is. Mindez csökkent energiafogyasztást vagy megnövekedett gépteljesítményt jelent, a végeredmény pedig további költségmegtakarítás.

Ellenőrzött laboratóriumi környezetben vizsgálva a Mobil DTE 10 Excel™ sorozat tagjai a Mobil DTE 20 sorozatú olajokkal összehasonlítva akár 6% hatékonyság-növekedést okoztak a hidraulikus szivattyúknál.

A Mobil DTE 10 Excel™ sorozat tagjait további laboratóriumi és üzemi tesztek is alátámasztották; a vizsgálatokat számos korszerű hidraulikus berendezés bevonásával végeztük. Ezek a termékek bizonyították, hogy a hagyományos Mobil hidraulikaolajokkal összehasonlítva jóval tovább, akár háromszor annyi ideig használhatók, miközben kiváló tisztaságot biztosítottak a hidraulikus rendszereknek, és megvédték az alkatrészeket. A Mobil DTE 10 Excel™ sorozat bizonyította a magas viszkozitási index-szel kombinált kitűnő nyírásstabilitás értékét, a sikeres működés biztosításával, még -34 °C-on is, miközben megőrizte ISO viszkozitási osztályát.

A Mobil DTE 10 Excel™ sorozat tagjait szabványos forgólapátos szivattyúkban, a versenytárs termékekkel összehasonlítva is vizsgáltuk. A 30 perces tesztek végén a Mobil DTE 10 Excel™ olajok esetében kevesebb hő termelődött a rendszerekben, azonos körülmények között vizsgálva a rendszerek hőmérséklete 6-7°C-kal alacsonyabb volt, mint versenytárs termékek használata esetén.



A Mobil DTE 10 Excel™ termékek esetén a hagyományos Mobil hidraulikus folyadékokhoz képest mért hatékonyság-növekedés kizárólag a folyadékok teljesítményére vezethető vissza. Szabványos hidraulikus berendezésekben, kontrollált környezetben végzett vizsgálatok szerint az ezeknél a termékeknel alkalmazott technológia 6%-al nagyobb hatékonyságot biztosított a hidraulikus szivattyúknak, mint a Mobil DTE 20 termékek. Az energiahatékonyság állítását ezeknél a termékeknel konkrét vizsgálati eredmények támasztják alá, a vizsgálatokat pedig valamennyi ipari szabvány és protokoll betartásával végeztük.

A termékek jellemzői és előnyei

A Mobil DTE 10 Excel™ sorozatba tartozó hidraulikaolajok kiemelkedő hatékonyságot biztosítanak a hidraulikus rendszereknek, rendkívül tisztán tartják őket, és kivételesen magas terhelést is elbírnak. A hidraulikus hatékonyság csökkentheti az energiafogyasztást mind ipari, mind mobil berendezések esetében, csökkentve ezáltal az üzemeltetési költségeket és növelve a termelékenységet. Kiváló oxidációs és termikus stabilitásuk segítségével megnövelhető az olaj- és szűrőcsere intervallumok hossza, miközben továbbra is biztosítják a rendszer tisztaságát. Magas szintű kopásgátló tulajdonságuk és kiváló filmszilárdságuk olyan nagyfokú védelmet biztosít a berendezéseknek, ami nemcsak kevesebb meghibásodást eredményez, hanem segítségükkel a termelési kapacitás is növelhető.

Jellemzők	Előnyök
Kiváló hidraulikus hatékonyság	Csökkenthetik az energiafogyasztást, vagy növelhetik a rendszer reakciósebességét
Kiemelkedő tisztán tartó rendszer	Csökkentik a lerakódásokat, ezáltal a karbantartásigényt, és megnövelik az alkatrészek élettartamát.
Nyírásstabilitás és magas viszkozitás index	széles hőmérséklet-tartományban megőrzi alkatrészeket védő jellemzőiket
Oxidációs és termikus stabilitás	Még nehéz üzemi körülmények között is hosszú ideig használhatók
Jó összeférhetőség elasztomerekkel és egyéb tömítésekkel	A tömítések tovább tartanak, csökken a karbantartás-igény
Kopásgátló jellemzők	Csökkentik a kopást, megvédik a szivattyúkat és egyéb alkatrészeket, hogy a berendezés hosszú ideig működhessen
Kiváló levegőelválogató képesség	Csökkentik a levegő bekerülésével járó kavitációs károsodásokat a gyorsabb járású rendszerekben is
Összeférhetőség sokféle fémrel	Kitűnő teljesítményt és védelmet biztosítanak sokféle, különböző fémeket tartalmazó berendezés esetében is.

Felhasználási területek

- Kritikus felhasználási területeken, nagy nyomáson és magas hőmérsékleten üzemelő ipari és mobil hidraulikus berendezések
- Lerakódásokra érzékeny hidraulikus berendezések, például korszerű numerikusan is vezérelt (NC) gépek, különösen, ahol szervo szelepeket alkalmaznak
- Olyan rendszerek, ahol a hidegindítás és a magas üzemi hőmérséklet a jellemző
- Magas fokú teherviselő képességet és kopásgátló hatást igénylő rendszerek
- Különböző fémekből készült alkatrészeket tartalmazó gépek

Specifikációk és jóváhagyások

A Mobil DTE 10 Excel™ sorozat teljesíti vagy túlteljesíti a következő előírások követelményeit:	15	22	32	46	68	100	150
DIN 51524-2 2006-09	X	X	X	X	X	X	X
DIN 51524-3 2006-09	X	X	X	X	X		
ISO 11158 L-HV	X	X	X	X	X		
JCMAS HK VG32W (JCMAS P 041:2004)			X				
JCMAS HK VG46W (JCMAS P 041:2004)				X			
Arburg				X			
Krauss-Maffei Kunststofftechnik				X			
Voith VN108 4.3..3					X	X	X
HOCNF Norway/NEMS	X	X	X	X	X	X	X

A Mobil DTE 10 Excel™ sorozat rendelkezik a következő gépgyártói jóváhagyásokkal:	15	22	32	46	68	100	150
BoschRexroth Fluid Rating List 90245			X	X	X		
Denison HF-0			X	X	X		
Eaton Vickers 694 (magában foglalja a korábbi I-286-S, az M-2950-S és M-2952-S-t)			X	X	X		
Frank Mohn, Framo hidraulikus töltőszivattyúk				X			
Fives Cincinnati P-69					X		
Fives Cincinnati P-70				X			
ORTLINGHAUS-WERKE GMBH ON 9.2.10				X	X	X	X
STROMAG AG TM-000 327					X		

Tipikus jellemzők

Mobil DTE 10 Excel™	15	22	32	46	68	100	150
ISO VG fokozat	15	22	32	46	68	100	150
Viszkozitás, ASTM D 445							
cSt 40°C-on	15,8	22,4	32,7	45,6	68,4	99,8	155,6
cSt 100°C-on	4,07	5,07	6,63	8,45	11,17	13,00	17,16
Viszkozitás index, ASTM D 2270	168	164	164	164	156	127	120
Brookfield viszkozitás, ASTM D 2983, cP -20 °C-on			1090	1870	3990	11240	34500
Brookfield viszkozitás, ASTM D 2983, cP -30 °C-on			3360	7060	16380	57800	
Brookfield viszkozitás, ASTM D 2983, cP -40 °C-on	2620	6390	14240	55770			
Kúpgörgős csapágyteszt (CEC L-45-A-99), viszkozitás veszteség, %	5	5	5	7	11	7	7
Sűrűség 15°C-on kg/l, ASTM D 4052	0,8375	0,8418	0,8468	0,8502	0,8626	0,8773	0,8821
Korrózió rézen ASTM D 130, 100°C-on, 3 óra	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B
FZG fogaskerékteszt, DIN 51354, meghibásodási fokozat	-	-	12	12	12	12	12
Folyáspont, °C, ASTM D 97	-54	-54	-54	-45	-39	-33	-30
Lobbanáspont, °C, ASTM D 92	182	224	250	232	240	258	256
Habzási jellemzők, I, II, III. sorozat, ASTM-D 892, ml	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0
Átütési szilárdság, kV, ASTM D 877	45	54	49	41			
Akut vízi toxicitás (LC-50, OECD 203)	megfelelt	megfelelt	megfelelt	megfelelt	megfelelt	megfelelt	megfelelt

Egészségvédelmi és biztonságtechnikai információk

A rendelkezésre álló adatok alapján megállapítható, hogy amennyiben a terméket a javasolt felhasználási területeken használják és betartják a biztonságtechnikai adatlapban foglaltakat, a terméknek nincs egészségkárosító hatása. Biztonságtechnikai adatlapot kapcsolattartójuktól kérhetnek, vagy megtalálják az Interneten. Ne használják a terméket a javasoltaktól eltérő célokra. A használt termék elhelyezésénél ügyeljenek a környezetvédelemre.

Valamennyi márkanév az Exxon Mobil Corporation vagy valamely leányvállalatának védjegyei, hacsak másképp nem jelezzük.

03-2019

Hivatalos magyarországi importőr:

Lubexpert Hungária Kft.
2120 Dunakeszi,
Pallag u. 43.

tel: +36 27 343745

A tipikus jellemzők a normál gyártási folyamatban elfogadott tűréshatárral értendők, és nem minősülnek specifikációnak. A termék teljesítményét nem befolyásoló eltérés a normál gyártási folyamat és a különböző keverési helyek alkalmazásának velejárója. A terméklabelben közölt információk külön értesítés nélküli változtatásának jogát fenntartjuk. Előfordulhat, hogy egy adott helyen nem minden termék érhető el. További információért forduljon helyi ExxonMobil képviselőjéhez, vagy tekintse meg a www.exxonmobil.com honlapot. Az ExxonMobil számos leányvállalatának nevében megtalálható az Esso, a Mobil, vagy az ExxonMobil nevek valamelyike. Az ebben a dokumentumban közöltek nem érintik a leányvállalatok önállóságát. Lokális tevékenységükért a helyi leányvállalatok felelősek.

2001-2013 Exxon Mobil Corporation. Minden jog fenntartva.



3. Melléklet: Labor vizsgálati jegyzőkönyvek



Lubetrend Platinum Labs
Conwy
LL32 8FA
United Kingdom
Tel: 01492 574750
www.lubetrend.com

Make:		Sample No:	30273447		
Model:		Location:	DUNAUJVAROS		
Serial No:	I-ES CSEVELO 210 BAR	Client:	DUNAFERR		
System:	HYDRAULIC	Kit Ref/Bottle No:	QB3577392		
Brand:	MOBIL DTE 10 EXCEL	Job No.:			
Grade:	46	Sampled:	30/05/23		
Unique No.:	1747698	Received:	10/07/23		

Diagnosis

Key:

Normal

Caution

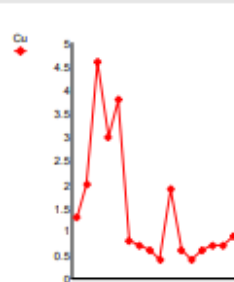
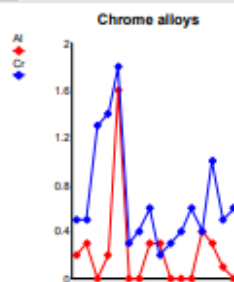
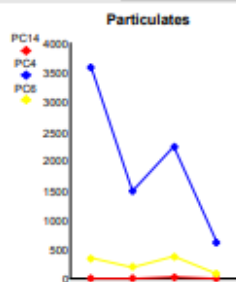
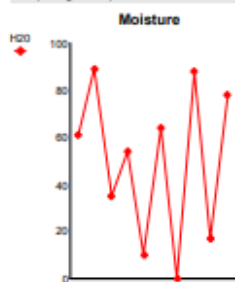
Serious

Diagnostician: Sean George

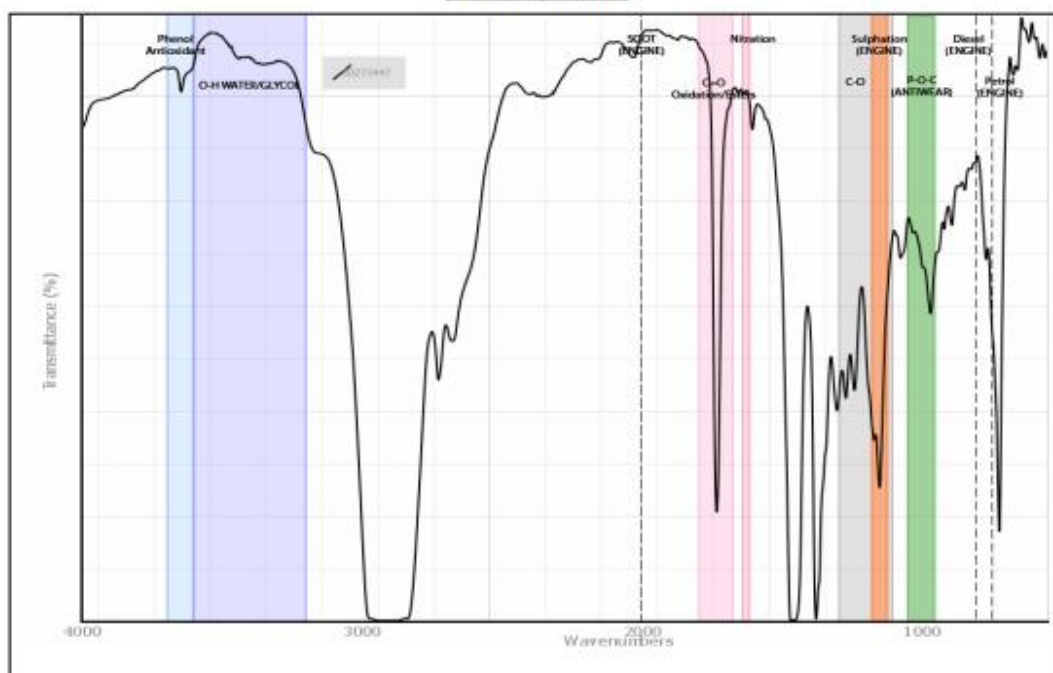
Condition continues to remain satisfactory. Wear appears satisfactory. No significant contamination. Advice : Resample at recommended sampling interval to follow trends.



Results		Current Sample		Historical Samples	
Sample No		30273447		7916125	7701838
Status		✓		✓	✓
Sampled		30/05/23		01/06/22	13/09/21
Fluid Age	HOURS			10/07/23	25/01/21
Unit Age	HOURS			23/06/22	14/10/21
Received		10/07/23		23/06/22	14/10/21
Fluid Condition					
Viscosity @ 40 °C	mm²/s	LM-3*	44.9	45.1	45.4
Viscosity @ 100 °C	mm²/s	LM-3*	8.2	8.2	8.3
Viscosity Index	mm²/s		159	158	160
Appearance	-	LM-12	Debris Present	Debris Present	Debris Present
Acid Number	mg KOH/g	LM-6*	0.14	0.19	0.13
ISO Code	-	LM-11	16/14/12	18/15/12	16/14/11
Ox Area	Abs/0.1mm	LM-13	17.62	17.89	17.51
Nit Area	Abs/0.1mm	LM-13	2.47		
Sul Area	Abs/0.1mm	LM-13	24.13		
Additives					
B (Boron)	mg/kg	LM-5*	0.3	1.1	5.8
Ba (Barium)	mg/kg	LM-5*	0.2	0.0	0.1
Ca (Calcium)	mg/kg	LM-5*	118	74	116
Mg (Magnesium)	mg/kg	LM-5*	0.6	0.0	0.6
P (Phosphorus)	mg/kg	LM-5*	382	438	447
S (Sulphur)	mg/kg	LM-5*	1389	1602	1942
Zn (Zinc)	mg/kg	LM-5*	5.1	0.0	4.4
Contamination					
Water	ppm	LM-33*	78	17	88
Na (Sodium)	mg/kg	LM-5*	1.4	1.8	3.1
K (Potassium)	mg/kg	LM-5*	0.1	0.0	1.4
Si (Silicon)	mg/kg	LM-5*	0.4	0.0	1.7
Li (Lithium)	mg/kg	LM-5*	0.0	1.1	0.8
Wear Metals					
PQ Index	-	LM-10	10	10	10
Al (Aluminium)	mg/kg	LM-5*	0.0	0.1	0.3
Sn (Tin)	mg/kg	LM-5*	1.4	0.0	0.0
Pb (Lead)	mg/kg	LM-5*	0.4	0.0	0.0
Cu (Copper)	mg/kg	LM-5*	0.9	0.7	0.7
Fe (Iron)	mg/kg	LM-5*	1.2	0.9	2.2
Cr (Chromium)	mg/kg	LM-5*	0.6	0.5	1.0
Mo (Molybdenum)	mg/kg	LM-5*	0.0	0.0	0.5
Ag (Silver)	mg/kg	LM-5*	0.0	0.0	0.9
Ni (Nickel)	mg/kg	LM-5*	1.2	0.1	0.5
Mn (Manganese)	mg/kg	LM-5*	0.0	0.0	0.2



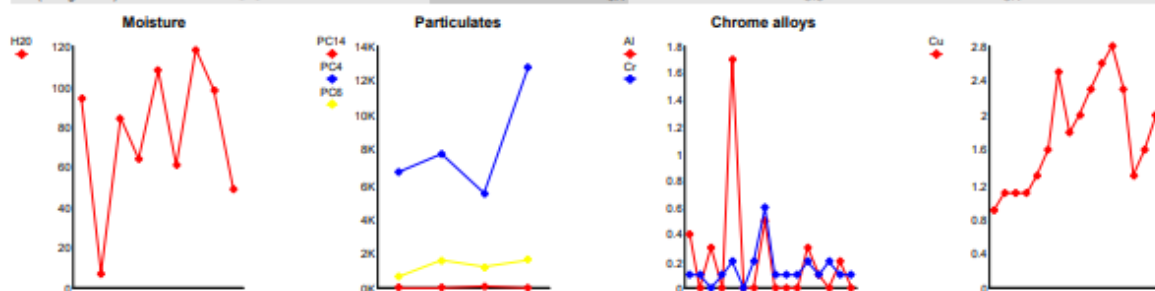
FTIR Spectra



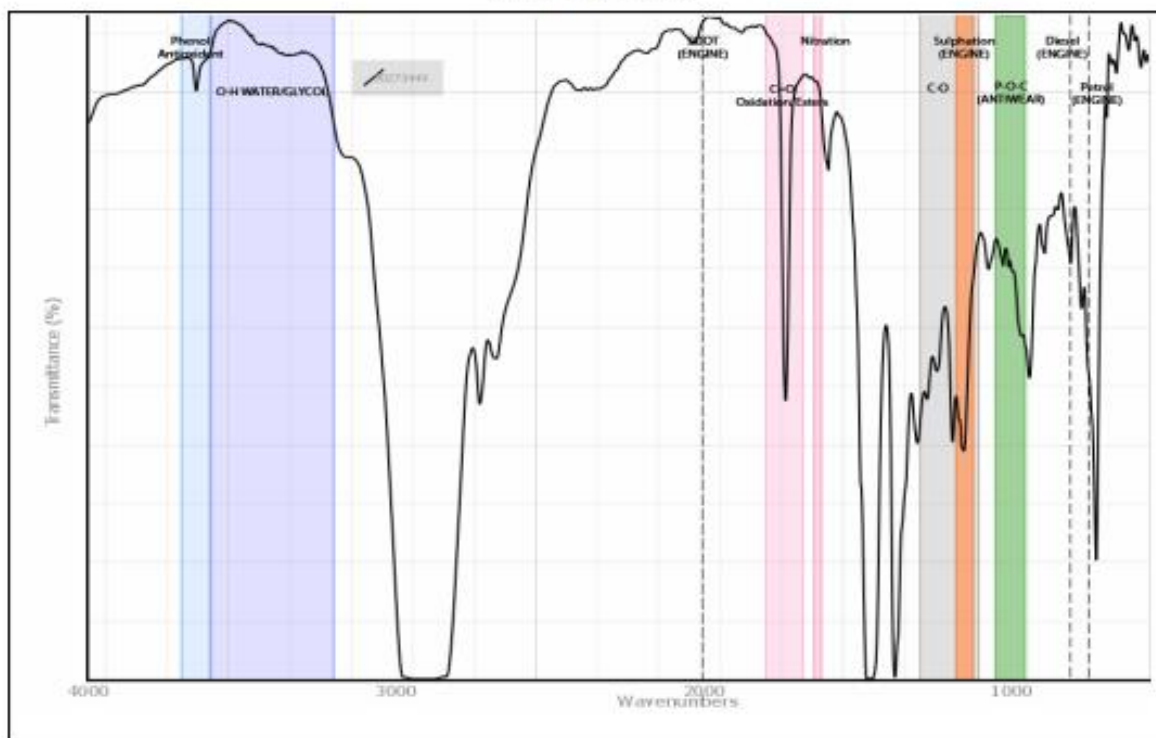
Appearance Photo



SGS		Lubetrend Platinum Labs Conwy LL32 8FA United Kingdom Tel: 01492 574750 www.lubetrend.com	
Make:	Sample No:	30273449	
Model:	Location:	DUNAUJVAROS	
Serial No: II FAM USTEMELO	Client:	DUNAFERR	
System: HYDRAULIC	Kit Ref/Bottle No:	QB3577389	
Brand: MOBIL DTE 10 EXCEL	Job No.:		
Grade: 46	Sampled:	30/06/23	
Unique No.: 1747697	Received:	10/07/23	
Diagnosis		Key: Normal Caution Serious	Diagnostician: Sean George
Condition continues to remain satisfactory. Wear appears satisfactory. No significant contamination. Advice : Resample at recommended sampling interval to follow trends.			
Results		Current Sample	Historical Samples
Sample No		30273449	7916129 7699783 7475439
Status		✓	✓ ✓ ✓
Sampled		30/06/23	01/06/22 13/09/21 10/11/20
Fluid Age	HOURS		
Unit Age	HOURS		
Received		10/07/23	23/06/22 12/10/21 25/01/21
Fluid Condition			
Viscosity @ 40 °C	mm²/s LM-3*	46.4	47.0 46.3 52.1
Viscosity @ 100 °C	mm²/s LM-3*	7.7	7.8 7.8 8.3
Viscosity Index	mm²/s	134	135 138 132
Appearance	- LM-12	Clear & Bright	Debris Present Clear & Bright Clear & Bright
Acid Number	mg KOH/g LM-6*	0.19	0.15 0.16 0.18
ISO Code	- LM-11	17/14/11	21/19/15 22/20/16 22/20/14
Ox Area	Abs/0.1mm LM-13	9.77	9.40 12.50 8.94
Nit Area	Abs/0.1mm LM-13	2.52	
Sul Area	Abs/0.1mm LM-13	18.25	
Additives			
B (Boron)	mg/kg LM-5*	1.7	2.3 1.6 2.5
Ba (Barium)	mg/kg LM-5*	0.1	0.0 0.9 0.2
Ca (Calcium)	mg/kg LM-5*	73	23 82 66
Mg (Magnesium)	mg/kg LM-5*	0.7	0.3 1.2 1.6
P (Phosphorus)	mg/kg LM-5*	517	498 491 475
S (Sulphur)	mg/kg LM-5*	4028	4411 2957 5041
Zn (Zinc)	mg/kg LM-5*	9.6	0.9 10 9.5
Contamination			
Water	ppm LM-33*	49	98 118 61
Na (Sodium)	mg/kg LM-5*	1.7	1.5 3.9 3.9
K (Potassium)	mg/kg LM-5*	0.2	1.6 0.3 0.6
Si (Silicon)	mg/kg LM-5*	1.4	1.2 1.3 2.0
Li (Lithium)	mg/kg LM-5*	0.1	1.2 0.2 0.1
Wear Metals			
PQ Index	- LM-10	10	10 10 10
Al (Aluminium)	mg/kg LM-5*	0.0	0.2 0.0 0.1
Sn (Tin)	mg/kg LM-5*	0.1	0.0 0.0 0.8
Pb (Lead)	mg/kg LM-5*	0.4	0.0 0.0 0.4
Cu (Copper)	mg/kg LM-5*	2.0	1.6 1.3 2.3
Fe (Iron)	mg/kg LM-5*	2.7	2.1 2.4 3.2
Cr (Chromium)	mg/kg LM-5*	0.1	0.1 0.2 0.1
Mo (Molybdenum)	mg/kg LM-5*	0.0	0.0 0.6 0.2
Ag (Silver)	mg/kg LM-5*	0.0	0.0 0.0 0.0
Ni (Nickel)	mg/kg LM-5*	0.2	0.0 0.0 0.4
Mn (Manganese)	mg/kg LM-5*	0.1	0.0 0.1 0.1



FTIR Spectra



Appearance Photo

