بررسی بکارگیری پایش وضعیت براساس آنالیز روغن در ماشین‌های راهسازی و راهداری (مطالعه موردی: ۴۲۹ مورد از ماشین‌های وزارت راه و شهرسازی)

محمود نصیری، حجت احمدی، رضا لبافی، مرتضی صادقی

دانشگاه آزاد اقلید، گروه مکانیک ماشین های کشاورزی

چکیده

در این پژوهش داده‌های مربوط به ۴۲۹ رکورد حاصل از آنالیز روغن از طیف سنجی اسپکتروسکوپی قسمتهای مختلف شاملِ موتور، گیربکس، دیفرانسیل، فاینال درایو، تاندوم و هیدرولیک در ماشین‌های راهسازی و راهداری شامل بلدوزر، لودر، گریدر، غلتک و کمپرسی مورد بررسی آماری و توصیفی قرار گرفت. این رکوردها مربوط به پنج حوزه مهم نظارتی ماشین‌ها که کل استان‌های کشور را در بر می‌گیرد، بوده است. ماشین‌های مورد بحث، در پروژه های ملی در بخش ساخت و توسعه زیر بناهای حمل و نقل کشور شامل راه آهن، راه، فرودگاه و بنادر مورد استفاده بوده‌است. سه نوع آلودگی مهم روغن شامل آلودگی با سیلیس، آب و سوخت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است سهم آلودگی با سوخت بسیار ناچیز است در حالی که خطرناکترین آلودگی یعنی آلودگی با سیلیس بخش عمده این آلودگی‌ها را تشکیل داده‌است. بیش از ۲۵ درصد از رکوردها در شرایط بحرانی و نیز حدود ۶۰ درصد از رکوردها در شرایط مرزی قرار گرفته‌بودند که این وضعیت برای سلامت دستگاه‌ها حالت مطلوبی نبوده‌است که موجب خسارت‌ها و نیز توقف و تاخیر در انجام پروژه‌های عمرانی شده‌است.

لذا از آنجائی که اینگونه ماشین آلات از نظر بهره برداری و بکار گیری در ساخت و توسعه زیر بخش های عمرانی کشاورزی ،راهسازی و راهداری مشترک بوده ، ضمن اینکه شرایط کاری بسیار مشابهی در نحوه بهره برداری آنهاست ،بنا بر این مقاله حاضر می تواند مقدمه ای مفید وموثربرای پژوهش و تحقیق در راستای برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات ماشینهای کشاورزی واقع شود.

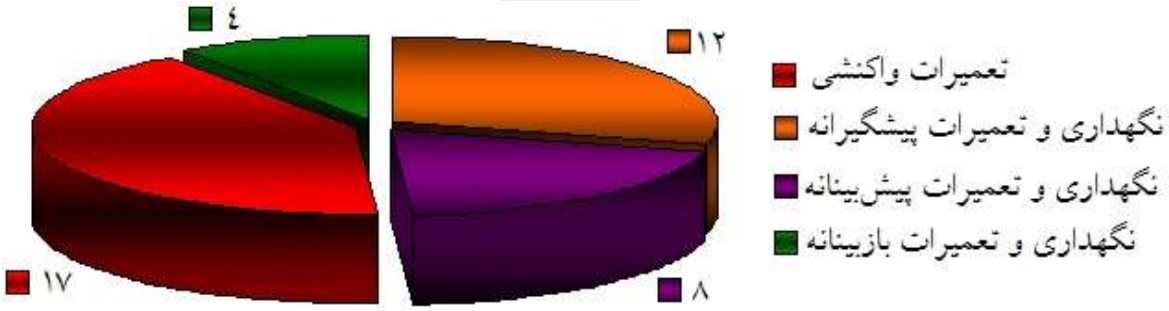
واژه‌های کلیدی: آنالیز روغن ، آلودگی با سیلیس ، طیف سنجی اسپکتروسکوپی، ماشین‌های راهسازی و راهداری

۱- مقدمه

یکی از اقدامات اولیه درافزایش تولید وکاهش هزینه‌ها، بهینه سازی روش‌های نگهداری وتعمیرات ماشین‌های مورد استفاده در پروژه های عمرانی است.

چهار نوع از راهبردهای متداول در نت (نگهداری و تعمیرات) به‌شرح ذیل می‌باشد (شکل ۱):

۱. تعمیرات واکنشی[1]
۲. نت پیشگیرانه[2]
۳. نت پیش‌بینانه[3]
۴. نت بازبینانه[4]



شکل ۱ : درصد هزینه تعمیرات از کل درآمد تولیدی در انواع متداول نت

متخصصین علوم نگهداری و تعمیرات با بررسی سوابق خرابی ماشین آلات، عوامل موثر بر بروز خرابی‌های اضطراری و کاهش میزان عمر اجزاء ماشین را به پنج گروه کلی تقسیم و راهکارهایی را برای رفع آن‌ها پیشنهاد نموده‌اند که به شرح زیر می‌باشد:

۱. بی توجهی به شرایط اساسی ماشین:

عدم انجام بموقع و صحیح فعالیت‌هاي نظافت، روانكاري و آچاركشي پيچ و مهره‌ها منجر به تسريع در فرسايش قطعات و كاهش عمرمفيد آنها مي‌گردد. به همين خاطر از اين سه فعاليت بعنوان فعاليت‌هاي موثر بر حفظ شرايط اساسي ماشين ناميرده مي‌شود. اين گروه از عوامل در حوزه ماشين آلات عمراني كه قسمت اعظم آنها با خاك سروكار دارند از اهميت بالايي برخوردار مي‌باشد.

۲. عدم رعایت استانداردهای بهره برداری از ماشین آلات:

[1] Run To Failure
[2] Preventive Maintenance
[3] Predictive Maintenance
[4] Proactive Maintenance

استانداردهاي بهره‌برداري از ماشين آلات، مواردي هستند كه به منظور استفاده از ماشين و افزايش عمر آن مي‌بايست رعايت گردند. بعنوان مثال تنظيم بودن باد لاستيك تاثير زيادي بر افزايش عمر آن دارد و يا وجود مقدار مناسب روغن در مخزن روغن موتور و سيستم هيدروليك ماشين، درجه حرارت روغن، فشار وخلوص روغن بر وضعيت كاركرد تمامي اجزاء سيستم تاثيرمستقيم دارد.

۳. عدم مهارت كافی در بهره برداری، تنظيم و راه اندازی ماشين آلات :

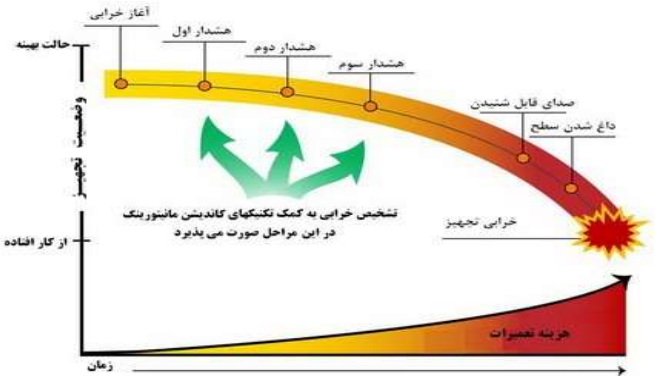
بسياري از خرابي‌هاي اضطراري ماشين آلات به سبب عدم مهارت كافي و اشتباهات انساني رانندگان و تعميركاران ايجاد مي گردد.
بنابراين افزايش سطح تخصص و مهارت‌ها در حيطه‌هاي بهره‌برداري از ماشين، سرويس و تعمير آن (از طريق اجراي آموزش‌هاي تئوري و عملي) تاثير بسيار بالايي بر كاهش خرابي‌هاي ماشين آلات خواهد داشت.

۴. عدم رفع كامل علل بروز فرسايش:

بطور معمول تعميركاران در هنگام وقوع خرابي اضطراري تنها به رفع عيب و تعميرقسمتها و قطعات آسيب ديده پردا خته و علل وقوع خرابي مورد شناسايي قرار نمي‌گيرد. بعنوان مثال تعمير انجام شده در مقابل شكستن يك شافت، معمولاً تعويض شافت مذكور بوده و علل وقوع آن كه ممكن است لقي يك ياتاقان، بروز لرزش هاي اضافي بعلت سائيده شدن چرخ دنده-ها باشد، رديابي و مرتفع نمي‌گردد.
عدم انجام اين كار منجر به وقوع خرابي‌هاي تكراري گرديده كه در برخي موارد نيز به سبب تعدد تكرار بعنوان حالت عادي تلقي و براي آن نيز بودجه‌اي در نظر گرفته مي‌شود. عوامل متعددي همچون نياز به راه اندازي سريع ماشين براي جلوگيري از به تاخير افتادن پروژه، مهارت ناكافي نفر تعميركار و عدم وجود تيم كارشناسي مناسب براي تحليل خرابيها و غيره در بروز اين نقيصه موثر مي‌باشد. در يك اقدام اساسي براي رفع اين نقيصه لازم است كه اقدام‌هاي لازم براي دستيابي به فرسايش‌ها، پيش بيني فرسايش‌ها و همچنين روشهاي تعمير و تصحيح فرسايشها، استاندارد گردند . عمليات دستيابي به فرسايشها و پيش بيني فرسايشها با استفاده از تكنيكهايي همچون آناليز روغن امكان پذير مي‌گردد. عمليات بازسازي و رفع فرسايش‌ها و بازگردانيدن آنها به شرايط مطلوب براساس استانداردهاي نت انجام مي‌گيرد.

۵. اشكالات در طرح تجهيزات:

در حالت معمول با انجام فعاليت‌هاي مربوط به حفظ شرايط اساسي ماشين آلات، روند استهلاك اجزاء ماشين بصورت طبيعي
درآمده و ميزان نوسان در فواصل بين بروز خرابي‌ها كاهش و عمر ماشين افزايش مي‌يابد. عدم دستيابي به اين نتيجه نشانگر وجود ضعف در طرح ماشين خواهد بود كه در اين راستا عمليات بهسازي طرح اجزاء ماشين توصيه مي‌گردد . از اين استراتژي عموماً با عنوان "بهبود تعميرپذيري" و "افزايش قابليت اطمينان" نام برده مي‌شود.
همانگونه كه اشاره گرديد عوامل پنجگانه فوق از دلايل كاهش عمرمفيد ماشين آلات و افزايش هزينه نگهداري و تعميرآنها
مي‌باشد. ميزان تاثير عوامل مذكور زماني آشكار مي‌گردد كه بدانيم هزينه‌هاي بهره برداري، نگهداري و تعمير ماشين آلات عمراني سهم قابل توجه‌اي از هزينه‌هاي اجراي پروژه‌هاي عمراني (بين ۱۵ الي ۶۰ درصد) را دربرگرفته است.
براي كاهش و حذف عوامل ياد شده نياز به منابع سخت ا فزاري (شامل كارگاه‌ها، نيروي انساني متخصص، ابزار، تجهيزات و
قطعات) ومنابع نرم افزاري (شامل استانداردها، فرايندها و روشهاي گردش اطلاعات و مهندسي نت، دستورالعملها، فرمها و نرم افزارCMMS [1] نت) مي باشد. ايجاد ارتباط صحيح بين اجزاء مذكور، يك سيستم نگهداري و تعميرات (نت) مناسب را تشكيل خواهد داد[3].
پايش وضعيت (CM)[2] هسته اصلی راهبرد نگهداری وتعميرات براساس وضعيت[3] است. مهم ترين مزيت پايش وضعيت تشخيص عيوب در مراحل اوليه مي‌باشد.(شكل۲)



[1] Computerized Maintenance Management System
[2] Condition Monitoring
[3] Condition Based Maintenance

شکل ۲ : افزایش هزینه تعمیرات با گذشت زمان

در سیستمهای مکانیکی که اجزاء با روغن در تماسند ، روش پایش روغن[1] ، قابلیت بالایی را در تشخیص عیوب مکانیکی داشته و به عنوان ابزار مؤثر ، امکان بهینه سازی سیستمها و کنترلهای مختلفی نظیر بررسی روند استهلاک ، کیفیت قطعات و مواد و چگونگی انجام تعمیرات را فراهم می سازد[8] و [9].

آگوستو و همکاران به پیش بینی خرابی موتورهای دیزل به کمک آنالیز روغن پرداختند که این امر موجب افزایش مقبولیت، اطمینان و کاهش هزینه و خرابی ها در عملکرد می شود[5].

دمسی و آفجه مقایسه‌ای بر قابلیت تشخیص عیب بین روش پایش ارتعاشی و پایش ذرات روغن در جعبه دنده سیستم انتقال توان چرخ بال انجام داد. وی از دو الگوریتم FM4 وNA4 برای پایش ارتعاشی بهره جست و به این نتیجه دست یافتند که جرم ذرات و نتایج دو الگوریتم پایش وضعیت ارتعاشی با یکدیگر مطابقت دارند[6].

۲- مواد و روش ها

۲- ۱ طیف تابش اتمی[2]

از طریق این آزمایش مقدار عناصر فلزی و غیر فلزی موجود در روغن (۱۹ عنصر) بر اساس استاندارد ASTM D-6595 مورد آزمایش و شناسایی قرار می‌گیرند. بدیهی است با توجه به جنس قطعات ماشین و عناصر موجود در روغن، می توان قطعه تحت سایش را تشخیص داد.

سه گروه از عناصر مختلف که از طریق این آزمایش شناسایی می شوند عبارتند از :

۱. عناصر فرسایشی: برخی از این عناصر مانند آهن، آلومینیم و کرم، ناشی از فرسایش قطعات داخل موتور می باشند که به همین دلیل به آنها عناصر فرسایشی اطلاق می‌شود.

۲. عناصر افزودنی : عناصر کلسیم، فسفر، و روی نشان دهنده وجود مواد افزودنی در روغن می باشند.

۳. عناصر آلاینده : سیلیس، بور و سدیم نیز که معمولا از محیط خارج وارد روغن می شوند که بعنوان آلاینده های روغن شناخته می شوند. کریستال های عنصر سیلیسیوم که بعضی اشکال آن از نوع کوارتز و بسیار سخت می باشد می تواند بر روی سطوح فلزی و حتی فولادی خراش ایجاد نماید.

این ماده بسیار خطرناک، به وفور در محیط طبیعی و به خصوص در خاک یافت می شود و در صورتی که منفذی به داخل سیستم پیدا شود از آنجا وارد روغن می گردد [7].

با توجه به اینکه ذرات با اندازه بیشتر از ۵ میکرون از طریق طیف سنجی قابل شناسایی نمی‌باشند لذا برای شناسایی ذرات بزرگتر از ۵ میکرون لازم است تا از آزمایشات شمارنده ذرات[3]، فروگرافی مستقیم[1]، شاخص ذرات درشت آهنی[2] و آزمایش فروگرافی مشاهداتی[3] کمک گرفت.

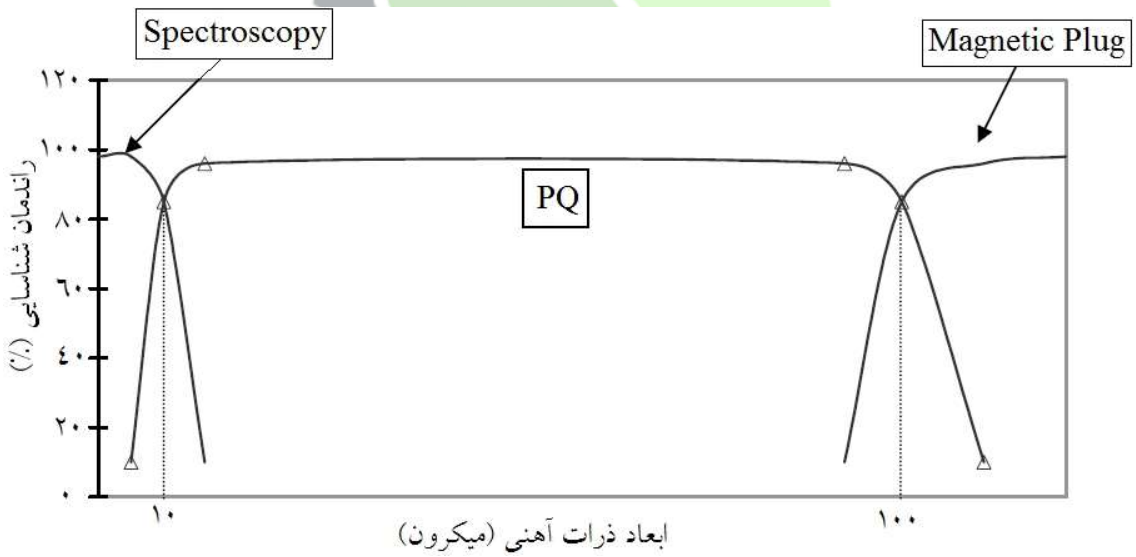
---

[1] Oil Monitoring
[2] Atomic Emission Spectroscopy (AES)
[3] Particle Counter (PC)

واحد اندازه گیری عناصر در آزمایش‌های طیف تابش اتمی و آنالیز ذرات درشت آهنی ،PPM[4] می‌باشد.

۲- ۲ آنالیز ذرات درشت آهنی

ذرات کمتر از ۵ میکرون عملا از فیلتر عبور کرده و از فاصله لقی بین قطعات و سطوح نیز به راحتی عبور می کنند و آثار فرسایشی زیادی ندارند. ذرات با اندازه بزرگتر از ۲۵ میکرون معمولا در فیلتر جذب و از سیستم روغن خارج می شوند و یا به دلیل ابعاد بزرگ قادر نیستند وارد فواصل لقی کوچک بشوند و در نتیجه تاثیر فرسایشی روی سطوح نخواهند داشت . بنابراین ذرات با ابعاد بین ۵ تا ۲۵ میکرون که تقریبا هم اندازه اکثر لقی‌ها و فواصل بین سطوح هستند و بیشترین خراش و ساییدگی بر روی قطعات را ایجاد می نمایند از نظر فرسایش حایز اهمیت می باشند. بنابراین جدا از اینکه چه عاملی باعث افزایش فرسایش و تولید ذرات درشت گردیده، صرف حضور این ذرات در داخل روغن و دستگاه برای هشدار کافی است. وقتی فرسایشی در موتور،بین دو سطح فلزی اتفاق می‌افتد. حداقل یکی از آن دو سطح از جنس آهن می باشد. بنابراین شناسایی ذرات درشت خصوصاً آهن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برای اینکه بتوانیم ذرات آهنی را تا محدوده ی ابعاد ۱۰۰ میکرون شناسایی کنیم می بایست از شیوه‌های دیگری کمک بگیریم. آزمایش PQ که شاخص ذرات آهنی بزرگتر از ۱۰ میکرون است روشی است که طی آن بدون اینکه روغن مصرف شود از طریق میدان مغناطیسی ذرات آهنی تشخیص داده می‌شوند. همانطور که از شکل (۳) پیداست با استفاده از این سه تکنیک Spectroscopy, PQ و Magnetic Plug تمامی گستره‌ی ابعادی ذرات آهنی قابل شناسایی می باشد.



شکل ۳ : شناسایی تمامی گستره ی ابعادی ذرات آهنی با سه تکنیک Spectroscopy, PQ و Magnetic Plug

[1] Direct Reading Ferrography (DRF)
[2] Particle Quantifier (PQ)
[3] Analytical Ferrography
[4] Parts Per Million

اجزای موتور در حین کار مقادیر میکروسکوپی از عناصر به روغن اضافه می کنند. در شرایط طبیعی فرسایش موتور به آرامی صورت گرفته و مقدار عناصر فرسایشی در روغن بطور پیوسته و آرام زیاد می شود[4].

البته انتظار نیست که روند PQ همواره صعودی باشد ولی در اثر عوامل مختلفی از جمله آلودگی آب، تجمع ذرات در اثر کارکرد طولانی روغن، نا مناسب بودن گرانروی و ورود آلودگی از محیط(سیلیس) به داخل روغن شیب افزایش PQ، بیشتر می‌گردد. در طی عملکرد هر دستگاهی حتی در حالتی که وضعیت روغن و دستگاه کاملا نرمال می باشد در نتیجه ی فرآیند سایش و اصطکاک مرتبا ذرات فلزی با اندازه های مختلف از سطوح قطعات جدا شده و وارد روغن می گردد ، ولی مقدار آنها از یک حد مشخصی بیشتر نمی شود. فقط زمانی که در اثر عواملی وضعیت روغن و یا دستگاه از حالت عادی خارج می شود تعداد ذرات رو به افزایش می گذارد. هرچه سرعت و مقدار این افزایش بیشتر باشد پایان عمر قطعه نزدیک تر خواهد بود. پس از مشاهده افزایش‌های غیر عادی عناصر بررسی و شناسایی علت و یا علل آن مهم می باشد . به این منظور بررسی نتایج سایر آزمایشات مانند آزمایش گرانروی یا آلودگی آب کمک موثری خواهد نمود.

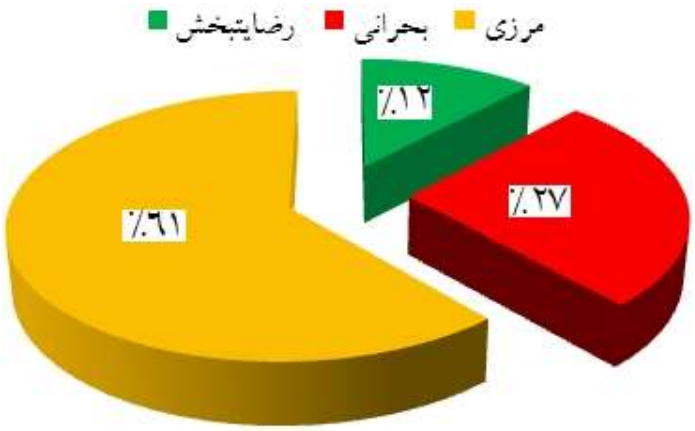
افزایش ذرات درشت همراه با افزایش ذرات ریز توام است. هرچند هر دو لزوما با یک نرخ افزایش پیدا نمی کنند و معمولا با افزایش PQ طی دوره‌های متوالی انتظار داریم مقدار آهن نیز افزایش یابد.

زمانی که نرخ تغییرات PQ نسبت به مقدار آهن بالاتر است، می بایست حساسیت بیشتری به خرج داد. از نقطه نظر فرسایش همه‌ی ذرات آهنی دارای اهمیت یکسان نیستند.

یکی از موارد مهم در انجام آزمایش‌های روغن انجام صحیح و درست نمونه‌گیری از روغن موتور می‌باشد. در این تحقیق قواعد کلی انجام شده‌است و نمونه‌های گرفته شده موتور در ظرف‌های تمیز جمع آوری و برای آزمایش به آزمایشگاه ارسال شده است. درون ظرف کاملاً تمیز و عاری از هر گونه رطوبت بوده‌است و برای اطمینان حاصل کردن از این مطلب درب ظرف تا لحظه نمونه گیری بسته نگه داشته شده است و پس از نمونه گیری نیز بلافاصله بسته شده است. در این پژوهش داده‌های مربوط به ۴۲۹ رکورد حاصل از آنالیز روغن از طیف سنجی اسپکتروسکوپی قسمتهای مختلف شامل موتور، گیربکس، دیفرانسیل، فاینال درایو، تاندوم و هیدرولیک در ماشین‌های راهسازی و راهداری شامل بلدوزر، لودر، گریدر، غلتک و کمپرسی مورد بررسی آماری و توصیفی قرار گرفت. این رکوردها مربوط به پنج حوزه مهم نظارتی ماشین‌ها که کل استان‌های کشور را در بر می‌گیرد، بوده است. ماشین‌های مورد بحث، در پروژه های ملی در بخش ساخت و توسعه زیر بناهای حمل و نقل کشور شامل راه آهن، راه، فرودگاه و بنادر مورد استفاده بوده‌است. سه نوع آلودگی مهم روغن شامل آلودگی با سیلیس، آب و سوخت مورد ارزیابی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

در زیر نتایج مربوط به آنالیز رکوردهای ارسالی به آزمایشگاه آنالیز روغن به صورت نمودار دیده می‌شود.



شکل ۴: وضعیت کلی ماشین آلات براساس آنالیز روغن

براساس شکل ۴، وضعیت کلی ماشین آلات مطلوب نیست و به خوبی مشاهده می‌گردد که بر اساس درصدهای مشخص شده اکثرماشین آلات در وضعیت و شرایط کاری مناسبی نیستند.

علل زیادی باعث شده است که ماشین‌آلات در حالت مرزی قرار بگیرند از جمله آن‌ها می‌توان به مواردی همچون: مواد مصرفی نامرغوب (روغن‌ها، فیلترها، قطعات آب‌بندی مانند واشرها و سیل رینگ‌ها و کاسه‌نمدها و نظیر این‌ها)، عدم سرویس و نگهداری به موقع (از نظر زمانی) و همچنین عدم رعایت نکات فنی و ایمنی بر اساس دستور عمل و توصیه‌های سازنده ماشین آلات، به کارگیری افراد بی‌تجربه و بدون دانش فنی در امر سرویس و نگهداری و عدم ارتقاء دانش فنی افراد قبلی متناسب با ماشین آلات جدیدالورود به پروژه ها، به کارگیری افراد بی‌تجربه و آموزش ندیده در بخش رانندگی و اپراتوری ماشین آلات، بهره برداری غیر اصولی از ماشین آلات، شرایط کارعمرانی در پروژه ها، عدم داشتن یک برنامه منظم سرویس و نگهداری و تعمیرات در کارگاه های اجرائی، عدم توجه به نقش ماشین‌آلات در پروژه‌های اجرائی، عدم توجه به ارزش اقتصادی ماشین آلات، پنهان ماندن هزینه‌های تعمیرات و خرید قطعات، پنهان ماندن هزینه‌های ضررو زیان مستقیم و غیر مستقیم ناشی از توقف‌های ماشین آلات و بخصوص توقف‌های زنجیره‌ای، به طور کلی مهم ترین علت در بخش مدیریتی حاکم بر ماشین آلات بوده که از دید مدیران کلان و ارشد در پروژه‌های عمرانی پنهان مانده‌است و این موضوع باعث شده که بسیاری از مشکلات در بخش ماشین آلات بوجود آید[1].

با توجه به چنین وضعیتی اگر در این خصوص چاره اندیشی نشود در حداقل زمان ممکن نمودار فوق شکل دیگری پیدا خواهد کرد و وضعیت موجود بسیار، بسیار بدتر از این خواهدشد. برای روشن شدن موضوع یک تحلیل آماری را مد نظر قرار می دهیم، اگر کل ماشین آلات را۱۰۰دستگاه در نظر بگیریم تنها فقط ۱۲دستگاه شرایط رضایت بخش دارند،۲۷ دستگاه شرایط بحرانی داشته که می بایست در اسرع وقت نسبت به شناسائی عیب و تعمیرات آن اقدام شود و۶۱ دستگاه نیز هم شرایط مرزی دارند و می‌بایست در حین کار و یا توقف کوتاه مدت به آن-ها رسیدگی شود و با کنترل اوضاع و آنالیز مجدد روغن، وضعیت جدید آن‌ها مشخص گردد. بنابر این تحلیل کلی را می‌توان به دو حالت زیر ارزیابی نمود. الف: حالت خوش بینانه، ب:حالت بد بینانه. در حالت اول،اگر شرایط را در همین وضعیت ارزیابی نمائیم ماشین‌آلات دارای شرایط بحرانی می‌بایست تحت تعمیر قرار گرفته و رفع عیب شوند و در حالت‌های مرزی، چنانچه حد وسط را در نظر بگیریم،۵۰ درصد این تعداد و یا

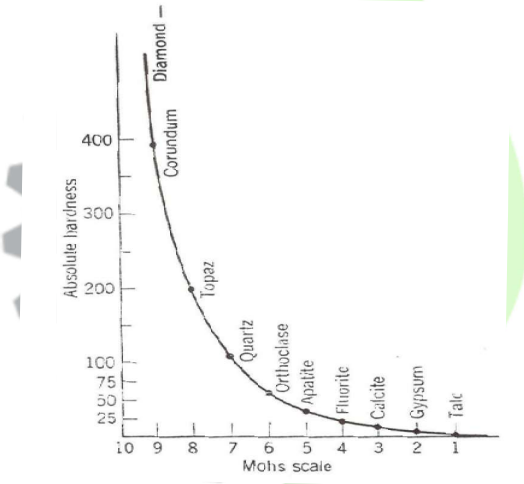
حتی با آزمایش مجدد شرایط بحرانی را داشته باشند، شرایط بحرانی کلی به ۶۰درصد تبدیل خواهد شد و این یعنی توقف بالای۵۰ درصدی ناوگان کلی ماشین‌آلات و در حالت دوم (بد بینانه) در شرایط بحرانی اگر وسعت عیوب مشخص شده در ماشین الات زیاد باشد و از طرفی قسمت‌های اساسی نظیر موتور، سیستم انتقال قدرت (ترانسمیشن، دیفرانسیل، فاینال‌درایو، تاندم‌درایو) و سیستم هیدرولیک نیاز به تعمیر داشته باشد، یعنی توقف چندماهه هر ماشین برای انجام تعمیرات، در حالت مرزی اگر همه آن تعداد و یا اکثر آن‌ها پس از مدتی شرایط بحرانی پیدا نمایند، آن وقت تعداد ماشین آلات در وضعیت بحرانی بیشتر خواهد شد، ضمن این‌که در شرایط رضایت بخش هم ممکن است تعدادی به وضعیت مرزی تبدیل شوند و این یعنی یک فاجعه در انجام پروژه ها

شکل ۵: وضعیت ماشین آلات براساس نوع آلودگی

بخش عمده کره خاکی را سیلیس تشکیل داده واین ماده به صورت گرد و غباردر هوا معلق می باشد و به تناسب، انواع آن در طبیعت یافت می شود، به طور مثال در هوا پراکنده شده و به آن سیلیکا (SiO_2) می‌گویند، انواع دیگرآن می تواند به صورت آزاد مانند شن،کوارتز و غیره و یا ترکیبی از اکسیدهای فلزی وجود داشته باشد که سیلیکات نامیده می شود. منابع دیگر سیلیس که ممکن است موجب آلودگی شود واشرهای سیلیکونی، پکینگ‌ها، سیل رینگ‌ها هستند. شرایط کاری در پروژه‌های عمرانی به گونه‌ای است که عمدتاً عملیات خاکی را در بر می‌گیرد و خود خاک منشاء اصلی سیلیس می باشد، بنابر این در هنگام عملیات خاکی،گرد و غبار زیادی در هوا پراکنده شده، لذا با توجه به ریز بودن ذرات، امکان نفوذ سیلیس به همراه هوای ورودی به موتور و قسمت‌های دیگر یک ماشین که با روغن ارتباط دارد وجود دارد اگر چه در مسیر هوای ورودی فیلترهایی تعبیه شده اما به دلیل ریز بودن بیش از حد اینگونه ذرات امکان جلوگیری مطلق از ورود آن به موتور میسر نخواهد بود. ورود سیلیس به قسمت‌های مختلف ماشین از راه‌های متفاوتی صورت می‌گیرد که می‌توان به مواردی از قبیل همراه هوای ورودی به موتور، فیلترهای معیوب، قطعات و وسایل و لوازم آب‌بندی مسیر ورودی هوا به موتور، نوع فیلترهای مصرفی از نظر کیفیت واستاندارد بودن با ماشین، تمیز نبودن محیط کار، آلوده بودن روغن نو و همچنین فیلترهای نو به گرد و غباردر اثر عدم نگهداری نامناسب، آلوده بودن وسایل و ابزار تعویض روغن به گرد و غبار، درپوش‌ها و محل‌های سرریز روغن و گیج‌های اندازه گیری سطح روغن و بخارکش‌ها، از طرفی ظروف روغن و ابزار تعویض روغن، شرایط محیطی کاراز نظر پاکیزگی، دقت عوامل انسانی در انجام امور مربوطه سرویس و نگهداری، آلوده بودن روغن‌های و

فیلترهای نو به گرد و غبار در اثر عدم نگهداری صحیح از دیگر عواملی است که در این خصوص نقش زیادی دارد، ضمن اینکه برخی از قطعات و لوازم نظیر سیل رینگ‌ها ،پکینگ‌ها و واشرهای سیلکونی خود حاوی مقداری سیلیس بوده که در اثر فرسایش و خوردگی و معیوب شدن با عث آلودگی مضاعف در سیستم‌ها می‌شود. در خصوص مقدار پایین آلودگی سوخت نسبت به سایر الودگی‌ها، به دلیل اینکه سیستم‌های هیدرولیک، سیستم های انتقال قدرت (ترانسمیشن، دیفرانسیل، فاینال‌درایو، تاندم‌درایو) ارتباطی با سوخت ندارند و طبیعی است که مقدار درصد آلودگی کمتر است، کما اینکه قسمت های فوق بیشتر در معرض سایر آلودگی هاست. تنها جایی که آلودگی سوخت ممکن است به وجودآید در موتور بوده که آن هم به دلیل آب بندی مسیر سوخت و سوخت رسانی به ندرت پیش می آید و اگر چنین اتفاقی رخ دهد و سوخت وارد روغن شود افت فشار در مسیر روغنکاری ایجاد خواهد شد که توسط درجه نمایش داده می شود و قابل رویت راننده و اپراتور می باشد (شکل ۵).

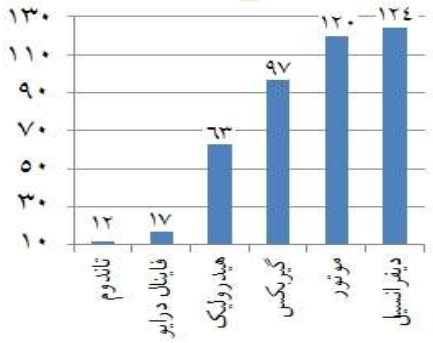
راه های نفوذ آب به درون سیستم‌های مختلف می‌تواند از محل درپوش‌ها، سیل رینگ ها، اورینگ‌ها، کاسه‌نمدها و کولرهای روغن در سیستم-های هیدرولیک و انتقال قدرت و همچنین در موتورها از ناحیه واشر سرسیلندر، بوش و سیلندر،کولرروغن ومحل‌هایی که آب و روغن در مجاورت یک دیگر قرار دارند، باشد (شکل ۵).



شکل ۶: مقایسه میزان سختی سیلیس (کوارتز) با مواد دیگر

آلودگی سیلیس به دلیل اینکه بیشترین آلودگی را به خود اختصاص داده از یک سو و از سوی دیگر شرایط نفوذی آن به قسمت های مختلف ماشین و همچنین نوع جنس سیلیکای آن به خصوص نوع کوارتز که دارای سختی هفت بوده و در مقایسه با اکثر فولادها که دارای سختی ۶/۵ می باشد، می‌تواند موجب خوردگی و فرسایش شدید قطعات شود، نسبت به سایرآلودگی ها خطرناک‌تر است(شکل ۶) [2].

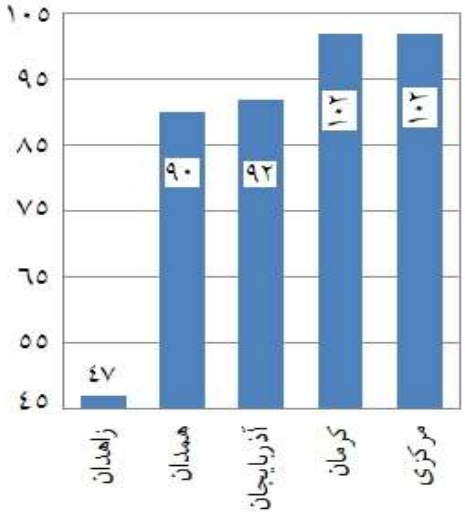
۳-۱ بررسی تعداد نمونه‌های ارسال شده



شکل ۷: تعداد نمونه‌های ارسال شده به تفکیک نوع سیستم

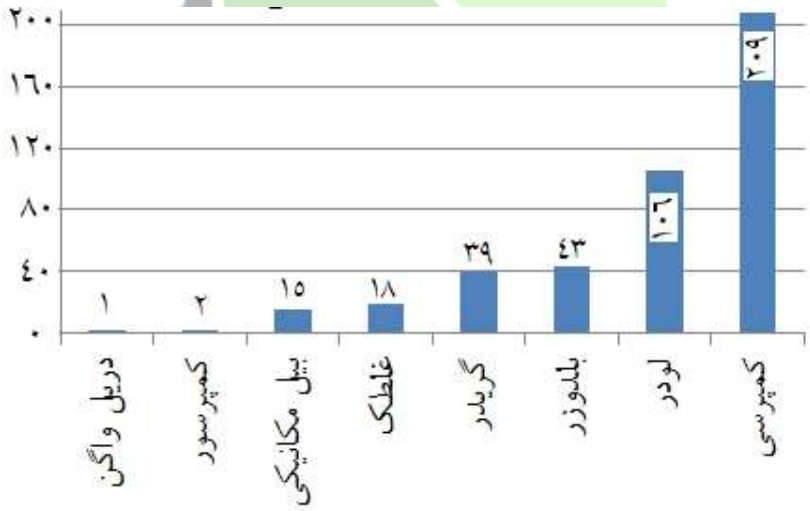
فاینال درایو و تاندم درایو بیشتر در بلدوزرها وگریدرها می‌باشد و معمولاً این نوع دستگاه‌ها نسبت به بکارگیری و استفاده سایردستگاه‌ها در پروژه ها کمتر است، به طور مثال در یک اکیپ معمولی راهسازی ، چهار دستگاه کامیون کمپرسی، یک دستگاه بلدوزر، یک دستگاه لودر، یک دستگاه گریدر،یک دستگاه غلطک یک دستگاه آبپاش کار می‌کند این در حالی است که موتور در همه این‌ها مشترک است اما قسمت‌های یاد شده در همه یکسان نیست، لذا گرفتن نمونه از این قسمت‌ها سخت نبوده بلکه تعداد این قسمتها کم بوده است.گرفتن نمونه روغن از قسمت‌های مختلف از نظر نیروی انسانی یکسان است اما هر کدام از قسمت‌ها شرایط خاص خودش را دارد، به عنوان مثال در سیستم هیدرولیک به دلیل اینکه تانک روغن تحت یک فشار خاص بوده و حجم آن تحت فشار می باشد (به دلیل افزایش دما در سیستم) می‌بایست از نظر زمانی صبر نمود تا این قسمت کاهش دما پیدا کند و خنک گردد. در مورد دیفرانسیل‌ها،گیربکس‌ها، فاینال درایوها و تاندم‌درایوها به دلیل نوع روغن که واسکازین می باشد و از غلظت (ویسکوزیته) بالایی بر خوردار است با توجه به نوع شیلنگ و ابزار نمونه‌گیری برای گرفتن نمونه کمی مشکل تر از سایر قسمت‌ها می‌باشد.

منبع اصلی تولید قدرت موتور می‌باشد و چون تحت یک شرایط احتراقی وحرارتی کار می کند، قطعات آن بیشتر در معرض فرسایش قرار می گیرند، لذا کنترل وضعیت آن، حیاتی‌تر است.



شکل ۸: تعداد نمونه‌های ارسال شده به تفکیک حوزه

در حوزه های مرکزی وکرمان که هر کدام چند استان رادربرداشته، تعداد ماشین آلات موجود در این حوزه ها نسبت به سایر نقاط دیگر بیشتر بوده واز طرفی کارکنان بخش نظارتی فعالیت بیشتری را داشته اند. در حوزه زاهدان به علت کم بودن تعداد ماشین آلات، تعداد نمونه‌ها کم بوده و از طرفی بعد مسافت و کمبود نیروی کار نیز سبب این کاهش شده است.



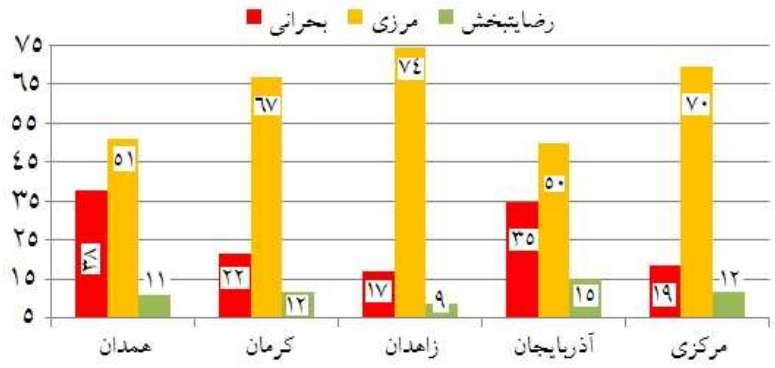
شکل ۹: تعداد نمونه‌های ارسال شده به **تفکیک نوع دستگاه**

نقش ماشین الات سنگین راهسازی نظیر بلدوزر، لودر،گریدر و غلطک مهم‌تر از سایر دستگاها می‌باشد که به دلیل گستردگی بحث در این نوشته نمی‌گنجد اما به طور کلی می‌توان گفت که عملیات راهسازی عمدتاً شامل خاک برداری، خاک‌ریزی، کوه بری، پخش،کوبش و نظیر این‌هاست که توسط این‌گونه ماشین آلات انجام می‌پذیرد ضمن اینکه تهیه نمودن و دسترسی به آن‌ها در کشور مشکل بوده چون امکان ساخت آنها در کشور نیست و تعداد آنها کم بوده و همچنین قیمت آنها گران می‌باشد.

کامیون کمپرسی به دلیل اینکه در عملیات حمل و نقل مصالح فعالیت می کند، هم در خاک برداری و هم در خاک ریزی از یک نقطه به نقطه دیگر به دلیل مکانیزم حرکتی و کار، نقش فراوان دارد، زیرا دستگاه‌های سنگین که قبلاً به آن‌ها اشاره شد، به دلایل متعدد فنی قادر به حمل و نقل مصالح در مسافت‌های زیاد و دور نمی باشد. بنا براین به دلیل حجم جابه جایی مصالح در مسافت‌های زیاد، تعداد کامیون‌های کمپرسی در پروژه‌ها بیشتر از سایر ماشین آلات است.

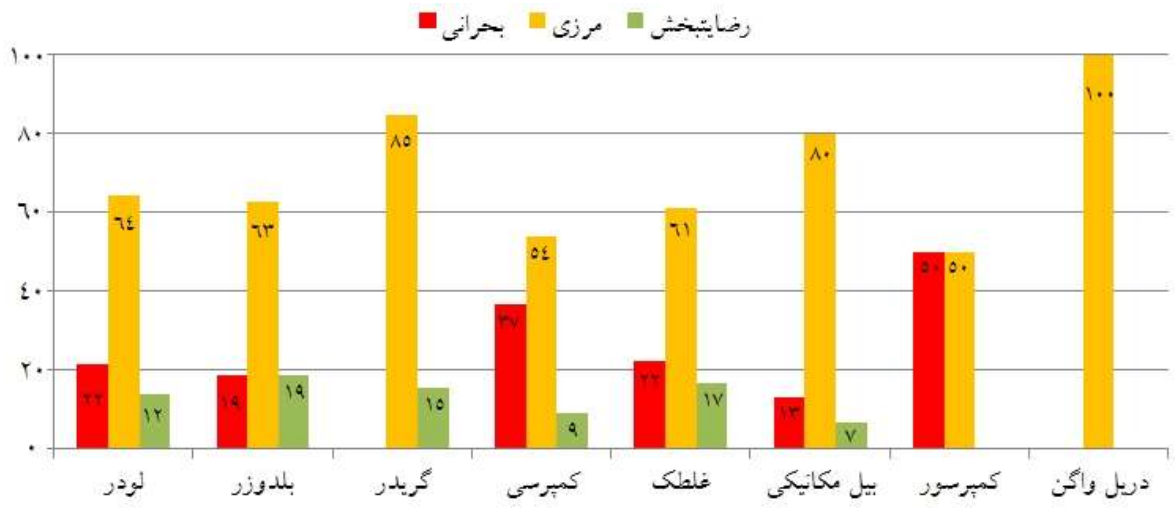
دریل واگن و کمپرسور جزء دستگاه‌های ویژه راهسازی می‌باشند و از این نوع دستگاه‌ها برای عملیات حفاری استفاده می‌شود ،معمولاً در مناطق کوهستانی که صعب العبور بوده، چون بلدوزر در این شرایط قادر به کار نمی‌باشد ابتدا توسط دریل واگن و کمپرسور چال‌هایی زده می‌شود و سپس این به وسیله مواد منفجره آتشباری پر شده و انفجار داده شده، بعد توسط بلدوزر عملیات استخراج صورت می گیرد، معمولاً در یک مسیر راهسازی نقاط کمی به این شکل وجوددارد، به همین دلیل تعداد این دستگاه‌ها در پروژه‌ها کم است.

۳-۲ بررسی وضعیت ماشین آلات



شکل ۱۰: وضعیت ماشین آلات به تفکیک حوزه

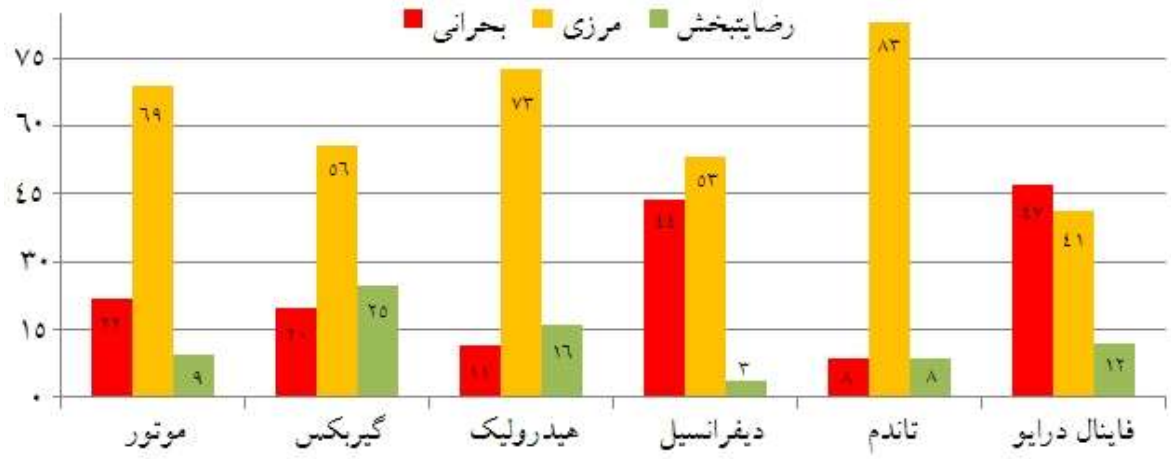
شرایط توانایی وتخصصی شرکت‌های پیمانکاری در پروژه‌ها متفاوت است به خصوص در زمینه توجه به نقش ماشین‌آلات در اموراجرایی و انجام به موقع و دقیق سرویس و نگهداری و تعمیرات آن‌ها در پروژه ها، بنابراین وضعیت فوق نشان از توجه شرکت‌های فعال در مناطق مرکزی و کرمان وداشتن یک برنامه منظم CM و PM برای ماشین آلات و همچنین نظارت مستمرگروه بازرسی فنی بر اوضاع می‌باشد.



شکل ۱۱: وضعیت ماشین آلات به تفکیک نوع دستگاه

از انجایی که تعداد دریل واگن و کمپرسور کم است در مورد آن‌ها نمی‌توان اظهار نظر کرد. در مورد بلدوزرها وگریدرها همان طور که قبلاً اشاره شد نقش حیاتی در اجرای پروژه‌ها را دارند بنا براین به طور طبیعی توجه عوامل دست اندرکار به این قبیل دستگاه‌ها بیشتر است و از طرفی چون تعداد آنها نسبت به کامیون های کمپرسی کمتر است در نمودار وضعیت بهتری را نشان می‌دهند.

چون تعداد کامیون‌های کمپرسی در پروژه ها زیاد است، نمونه‌های بیشتری را به خود اختصاص داده، بنا براین در بررسی آماری بدترین وضعیت را نشان می‌دهد و همچنین با توجه به شرایط کاری و ساختار فنی و عملکردی، آن‌ها در معرض آلودگی و عیوب بیشتری قرار می‌گیرند.

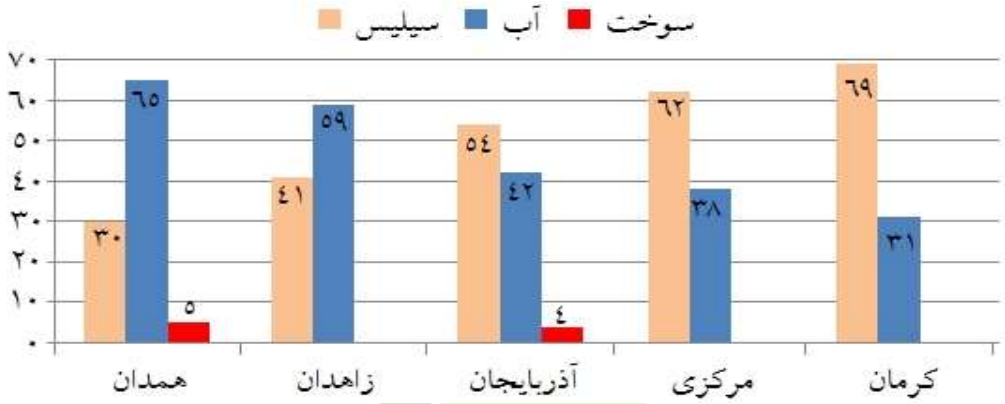


شکل ۱۲: وضعیت ماشین آلات به تفکیک نوع سیستم

ممکن است نمونه‌های ارسالی از دیفرانسیل‌ها که بدترین وضعیت را دارند بعد از چند سال کارکرد آن‌ها، بوده باشد زیرا به دلیل عدم آگاهی و نداشتن دانش فنی کافی سرویس‌کاران، رانندگان و اپراتورها به این قسمت‌ها توجه کامل نشده، طوری که برای بررسی وضعیت دیفرانسیل فقط سطح روغن را کنترل می نمایند نه کیفیت آن را.

معمولاً همزمان با تعویض روغن موتور، سرویس‌های مورد نیاز و بازدید گیربکس‌ها انجام می شود و چنانچه مشکلی باشد رفع می گردد و از طرفی فرسایش قطعات در گیربکس‌ها نسبت به موتور و سیستم هیدرولیک کمتر است. بنابراین شرایط بهتری را نسبت به بقیه سامانه‌ها دارند.

۳-۲ بررسی درصد نمونه‌های آلوده



شکل ۱۳: درصد نمونه‌های آلوده به تفکیک حوزه‌ها

شرایط منطقه کرمان از نظر اقلیمی و وجود گرد و خاک پراکنده زیاد در آن با سایر نقاط کشور متفاوت است ضمن اینکه تعداد نمونه‌های ارسالی نسبت به سایر حوزه‌ها در این حوزه بیشتر می‌باشد. بنابراین طبیعی است که به دلیل شرایط فوق سیلیس بیشترین آلودگی را به خود اختصاص داده‌است.

شکل ۱۴: درصد نمونه‌های آلوده به تفکیک نوع سیستم

سیستم‌های هیدرولیک به دلیل شرایط کار معمولاً دارای نشتی روغن می‌باشند و همیشه دستگاه‌ها نیاز به سر ریز روغن هیدرولیک دارند، لذا چون ماشین آلات در پروژه ها در معرض گرد و غبار کار می کنند، در هنگام سرریز روغن امکان آلودگی روغن به سیلیس زیاد است، ضمن اینکه ظروف و ابزار تعویض روغن و محل نگهداری نیز در شرایط مناسبی نگهداری نمی‌شوند.

دیفرانسیل‌ها در ماشین آلات از نظر سرویس کمتر مورد توجه قرار می گیرند، معمولاً نفوذ آب به داخل آن‌ها کمتر کنترل می شود. ضمن اینکه معمولاً فقط سطح واسکازین را در دیفرانسیل‌ها کنترل می نمایند و ممکن است روغن یک دیفرانسیل چند سال تعویض نشده‌باشد. دیفرانسیل

درزیر دستگاه و در پایین‌ترین قسمت ماشین می‌باشد و هرگاه در مسیر رودخانه ویا آب باشد، ممکن است آب از ناحیه درپوش‌ها وکاسه نمدها و اورینگ‌ها و سیلرینگ‌ها و بخارکش‌ها وارد آن شود .

شکل ۱۵: درصد نمونه‌های آلوده به تفکیک نوع دستگاه

غلطک به دلیل سادگی نوع دستگاه واپراتوری آن و سادگی عملیات کاری که معمولاً در انتهای عملیات زیرسازی و پس از اینکه لایه های اولیه ریخته‌شده مورد استفاده قرار می گیرد و این دستگاه پس از آب پاشی سطح راه ساخته شده مورد نظررا کوبش می نماید عوامل سرویس و نگهداری و اپراتور مربوطه را در خصوص بازدید فیلتر هواکش و همچنین اتصالات مربوطه را گمراه می کند و آنان در این خصوص بی توجهی می کنند ،بنابر این امکان آلودگی سیلیس بیشتر به نظر می رسد.

وضعیت آلودگی بیشتر آب در بلدوزرها می تواند به چند دلیل به وجود آید، معمولا شرایط آب مورد استفاده قرار گرفته در ماشین آلات بسیار مهم می باشد که آثار خورندگی آن بر روی قطعاتی که با آب در ارتباط بوده و در مجاورت با مسیر روغن می باشند به چه میزان است. از طرف دیگر حجم آب در بلدوزرها بیشتر از سایر دستگاه‌های مشخص شده فوق می باشد و سطح بیشتری از قطعات آن در تماس با آب بوده ضمن اینکه در بلدوزرها چند خنک کن روغن (کولرروغن) از جمله:کولر روغن موتور،کولرروغن گیربکس و کولرروغن هیدرولیک وجود داردکه هرکدام روغن مربوطه را به وسیله آب موتور خنک می کند، بنابراین باتوجه به حجم جابجایی آب در مجاورت با مسیرروغن‌های ذکر شده و از سوی دیگر انتقال حرارت فی ما بین آب و روغن خود عامل دیگری بر فرسایش و خوردگی قطعات مربوطه شده و با عث نشت و نفوذ و آلودگی بیشتر آب در بلدوزرها می شود.

۴- تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت علمی دانشگاه آزاد واحد اقلید فارس، دانشگاه تهران و شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی صورت گرفته‌است و مولفین داشته‌های علمی خود را مدیون آن موسسات می‌دانند. نویسندگان این مقاله به علت همکاری بی دریغ و صمیمانه اعضای آزمایشگاه آنالیز روغن شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی نیز از آنها کمال تشکر و امتنان را دارند.

۵- منابع

۱- شرکت فنی و مهندسی البرز تدبیر کاران، ۱۳۹۰، پایش وضعیت در ارتقای بهره‌وری ماشین آلات، ورازت راه و شهرسازی – پژوهشکده حمل و نقل

۲- نصیری، محمود و فرزانه، بهفر، ۱۳۹۱، اثر سیلیس در فرسایش زودرس موتورهای احتراق داخلی(موتور دیزل)، کنفرانس بین المللی مهندسی مکانیک و فناوری های پیشرفته، دانشگاه آزاد واحد شهر مجلسی

۳- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۸، مدیریت نگهداری وتعمیرات ماشین آلات عمرانی (نشریه شماره ۴۴۸)

4- Anderson, D. p.1982. Wear particle Atlas. Prepared for Advanced Technology office support Equipment Engineering Department Naval Air Engineering Center Lakehurt, New Jersey 08733.

5- Augusto, L., R. Baptista, L. Antonio Vaz Pinto, C. Rodrigues Pereira Belchior. 1999. Condition monitoring of engines by lubricating oil analysis.;SAE paper No. 1999-01-3001

6- Dempsey, P. J. and A. A. Afjeh. 2002. Integrating Oil Debris and Vibration Gear Damage Detection Technologies Using Fuzzy Logic. NASA/TM 211126

7- Dikenson, C. F. 1987. Filter and Filtration handbook. 2nd Edition. The trade & Technical press limited.

8- Ellis, E. G. 1970. Fundamentals of lubrication. Scientific Publications, Broseley, Shropshire, England.

9- Masoudi, A. 1994. Utilization of plant Condition monitoring with reference to the Iranian construction industry. Department Of Mechanical Engineering university of Swansea.

10- Verdegan, B.M., L. Thibodeau, SL.Fallon.1998. Lubricating oil condition monitoring through particle size analysis.;SAE paper No. 881824

Abstract :

This experiment examines using condition monitoring according to oil analysis of construction and earthworks vehicles; using data from 429 records, derived from oil analysis of spectroscopy on diverse parts of machines including engine, gearbox, differential, final derive, tandem, hydraulic system in maintenance and construction vehicles such as: bulldozers, loaders, graders, rollers and trucks. These records are related to five main areas which are scattered throughout country .such machines as they have been used in numerous national projects in building and development of transport infrastructure in many places like airports, railways, roads and ports to name by few. Investigating three major oil pollution caused by silica, water and fuel, makes us to draw this conclusion that pollution through fuel accounts for an insignificant portion whereas silica which brings about the most dangerous type of pollution makes up a substantial portion. More than 25 percent of records have been achieved in critical conditions and more than 70 percent in boundary conditions which are hardly desirable regarding machines' lifetime and can call forth variant damages or even delays and pauses in vital national development projects.