

SZAKDOLGOZAT

Mika György
Műszaki menedzser

Gödöllő
2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Műszaki Menedzsment tanszék
Műszaki menedzser alapképzés
Termelés- és minőségmenedzsment specializáció

**Nemzetközi biotechnológiai vállalat gyártási egységének karbantartási
tevékenységének fejlesztése**

Belső konzulens:	Dr. Kovács Imre, Mesteroktató
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Műszaki Menedzsment tanszék
Külső konzulens:	Hangai Péter Karbantartás vezető
Készítette:	Mika György DA9LLA

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET
MŰSZAKI MENEDZSER ALAPSZAK
Termelés- és minőségmenedzsment specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Mika György DA9LLA

részére

A szakdolgozat címe:

Nemzetközi biotechnológiai vállalat gyártóegység karbantartási tevékenységének fejlesztése

Feladatkiírás:

Ismertesse szakirodalmi forrásokra hivatkozva a karbantartási rendszerek fajtáit, azok fontosságát! Mutassa be és vizsgálja meg a vállalkozás termelési egységét! A vizsgálat alapján tegyen javaslatot az adott műszaki vállalat karbantartási tevékenységének fejlesztésére! A feladat megvalósítása során a következő kérdésekre keresse a választ:

- rövidíthető-e a karbantartásra fordított idő?
- segíti-e a B. box rendszer a karbantartás munkáját?
- hogyan optimalizálható az alkatrész raktárkészlet?
- mutassa be az offline felújítást, milyen előnyökkel jár az alkalmazása?

Közreműködő tanszék: Műszaki Menedzsment Tanszék

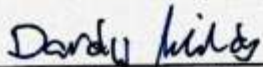
Külső konzulens: Hangai Péter, Karbantartás vezető, Opella Healthcare Hungary KFT (Sanofi – CHINOIN Zrt.) 2112 Veresegyház, Lévai utca 5.

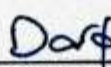
Belső konzulens: Dr. Kovács Imre, mesteroktató, MATE, Műszaki Intézet

A dolgozat beadási határideje: 2024. 04. 22.

Gödöllő, 2023. 09. 12.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)

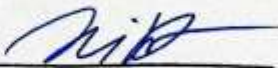

(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

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

Gödöllő, 2023. 09. 12.


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	4
2. A témához kapcsolódó hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése.....	6
2.1. Gyógyszeripar.....	6
2.2. Karbantartás.....	7
2.2.1. Karbantartás jelentősége, miért van rá szükség, karbantartási stratégiák.....	7
2.2.2. TPM (Total Preventative Maintenance – Teljes körű Hatékony Karbantartás)	11
2.2.3. CMMS rendszer.....	14
2.2.4. Rezgésdiagnosztika	16
2.3. Készletgazdálkodás	18
2.3.1. Készletek fogalma, jelentősége és szerepe	18
2.3.2. Készletezési mechanizmusok	19
2.4. Minimum és maximum készletszint.....	21
2.5. Spagetti diagram	21
3. Alkalmazott anyag és módszer	22
3.1. A cég és a szervezeti egység rövid bemutatása	22
3.2. A feladat elvégzéséhez alkalmazott módszerek	23
3.3. Az elérendő célok előzetes megfogalmazása:	24
4. Eredmények és értékelésük	25
4.1. Jelenlegi helyzet bemutatása	25
4.2. Gépek és berendezések karbantartásához szükséges alkatrészek adatbázisának elkészítése.....	30
4.3. Minimum és maximum készlet.....	33
4.4. Mozgások megfigyelése spagetti diagram segítségével	36
4.5. A B. box rendszer előkészítése.....	39
4.6. Példa a PIW100 K. gép 12 hetes. karbantartásához szükséges alkatrészek B-box rendszerbe való összekészítéséhez.	41
4.7. „Offline” felújítás és rezgésdiagnosztika	44
4.7.1. „Offline felújítás”	44
4.7.2. Rezgésdiagnosztikai vizsgálatok	46
4.8. CMMS- rendszer bevezetésének előnyei a B. box rendszerrel.	48
4.9. Gazdaságossági számítások	49
5. Következtetések és javaslatok	52
6. Összefoglalás.....	54
7. Summary.....	56

Irodalomjegyzék.....	58
Ábra- és táblázat jegyzék	59

1. Bevezetés és célkitűzések

A gyógyszeripar elengedhetetlen része a modern társadalom működése érdekében. Legyen szó akár fejfájás vagy láz csillapítására szolgáló készítmények gyártásáról, az étrend kiegészítő vitaminokon át egészen a nemrég lezajlott COVID-19 vakcinák gyártásáig számos olyan készítményt gyárt, ami segíti, illetve lehetővé teszi az egészséges élet fenttarthatóságát.

A gyógyszeripari vállalatok sem különböznek az egyéb termeléssel foglalkozó vállalatoktól abból a szempontból, hogy termelő gépkét, berendezéseket alkalmaznak a gyártási folyamataihoz, ezeket a gépeket pedig rendszerint karban kell tartani. A szakszerű karbantartás rendkívül fontos, ugyanis egy gép meghibásodása esetén akár az egész folyamatnak le kell állnia, amely súlyos költségekkel jár továbbá termelés kiesést okozhat.

Az egyetemi tanulmányaim utolsó évében lehetőségem nyílt, hogy Magyarország egyik legnagyobb nemzetközi gyógyszeripari vállalatánál gyakornoki pozícióba kerüljek. A gyakorlatomat a karbantartás részlegre kezdtem meg, ahol betekintést nyertem a folyamatokba, illetve olyan átfogó tudás elsajátításába kezdhettem, amely megalapozza a későbbi karrieremet.

A vállalat V. telephelyén a karbantartás három részre osztható, amelyek a következők:

- csomagoló üzem karbantartási részlege;
- gyártó egység karbantartási részlege;
- üzemi karbantartás részlege.

A csomagoló részen már bevezetésre került egy a karbantartás munkáját segítő rendszer, amelynek lényege, hogy a karbantartáshoz szükséges alkatrészeket előre kigyűjtik egy kék dobozba (továbbiakban B. box), amely jelentősen lerövidíti és megkönnyíti a karbantartási munkák elvégzését.

Szakedolgozatom céljai közé tartozik, hogy ezt a rendszert a gyártási egység igényeire szabva és tovább fejlesztve bemutassam, hogy milyen előnyökkel járna, ha ezt a rendszert a gyártó karbantartó egység is alkalmazná, továbbá, hogy bevezettessem ezt a rendszert. Céлом továbbá, hogy a gyártóegység berendezéseire kifejlesszek egy adatbázist, amely magában foglalja az egyes gépek karbantartásához szükséges alkatrészeket. Ez az adatbázis segítséget nyújt abban, hogy a raktárkészlet megfelelő szinten legyen, az alkatrészek minimum és maximum szintje naprakész legyen, továbbá lehetővé teszi a karbantartáshoz szükséges alkatrészek B. box-ba való összeállítását, mellyel a karbantartási idő és energia takarítható meg.

Meg fogom vizsgálni, hogy az offline karbantartás miként könnyítené meg a karbantartó kollégák munkáját, megéri-e komplett csere egységeket felújított állapotban tartani, illetve mennyivel gyorsabb az offline felújított darabok cseréje a hagyományos karbantartással elvégzett munkákkal szemben.

Javaslatot fogok tenni a rezgésdiagnosztikai vizsgálatok fejlesztésére, új, korszerűbb berendezések beszerzésére, amelyet előképzettség nélkül is tudnak használni a karbantartó kollégák.

Végezetül bemutatom, hogy a CMMS rendszer miként tudná segíteni a karbantartás munkáját és milyen előnyökkel tudná járni a B. box rendszer bevezetésével együtt, illetve hogyan segítené a készletek optimális szinten tartását.

A szakdolgozatomban az alábbi kérdésekre keresem a választ:

- Rövidíthető-e a karbantartásra fordított idő?
- Mi egy adott alkatrész minimum és maximum készlete, és hogyan optimalizálható a raktárkészlet?
- Segíti-e a B. box rendszer a karbantartás munkáját, milyen módszertannal lehet segíteni a karbantartók munkáját?
- Hasznos-e az offline karbantartás?
- Hogyan lehetséges a gépek meghibásodásának előrejelzése rezgésdiagnosztikai eszközök segítségével?

2. A témához kapcsolódó hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése

2.1. Gyógyszeripar

A gyógyszeripari vállalatok olyan cégek, amelyek gyógyszerek, oltóanyagok, diagnosztikai eszközök és egyéb egészségügyi termékek fejlesztésével, gyártásával és értékesítésével foglalkoznak. Ezek a vállalatok gyakran több évtizedes tapasztalattal rendelkeznek az egészségügyi iparágban, továbbá fontos szerepet játszanak az egészségügyi ellátás fejlesztésében és javításában világszerte.

1. ábra: Gyógyszeripar fő tevékenységei

(Forrás: saját szerkesztés)



A fő tevékenységeik közé tartoznak (1. ábra):

- Kutatás és fejlesztés (K+F): A gyógyszeripari vállalatok folyamatosan kutatják és fejlesztik új gyógyszereiket és termékeiket, valamint javítják a már meglévő termékek hatékonyságát és biztonságosságát.
- Gyártás: Ezek a vállalatok speciális gyártóüzemekkel és technológiákkal rendelkeznek, amelyek lehetővé teszik a gyógyszerek és egyéb egészségügyi termékek hatékony és biztonságos gyártását.
- Értékesítés és marketing: A gyógyszeripari vállalatok világszerte értékesítik termékeiket, ezzel egyidőben marketingtevékenységet is folytatnak az orvosok, egészségügyi szakemberek a közönség felé, hogy megismertessék termékeiket és szolgáltatásaikat. (Antalóczy, 1997)

A gyógyszeriparban a szigorú nemzetközi előírások és feltételrendszerek elengedhetetlenek a biztonságos gyógyszergyártás érdekében. A gyógyszerkészítés és gyógyszergyártás csak a hatóság által jóváhagyott, minőségi követelményeknek eleget tevő helységekben történhet, az erre a célra gyártott és jóváhagyott berendezéseken, továbbá a megfelelő kompetenciával rendelkező személyzettel. Elengedhetetlen továbbá az olyan minőségbiztosítási rendszer alkalmazása, ami minden szempont alapján garantálja a termék vagy készítmény biztonságos és reprodukálható gyártását. A gyógyszerek előállításának csak szigorú minőség ellenőrzés mellett lehetséges. (Antalóczy, 1997)

2.2. Karbantartás

2.2.1. Karbantartás jelentősége, miért van rá szükség, karbantartási stratégiák

A karbantartás célja, hogy az üzemek, gépek és berendezések megbízhatóan tudják előállítani a termékeiket. A vállalatoknak meg kell érteniük, hogy csak a hatékony karbantartás tudja biztosítani a megbízható termelést. A legfontosabb karbantartási döntéseket célszerű még a beruházás elkezdése előtt meghozni. 1993-ban Gifford Brown a Ford Motor-tól fogalmazta meg a 1-10-100-as szabályt. Ezalatt azt értette, hogy minden előre elköltött 1 dollár a karbantartásra csökkentését célzó tervezés kiküszöböli a későbbi 10 dolláros karbantartási költséget vagy a 100 dolláros meghibásodási karbantartást. (Doc, 2005)

A karbantartás nem más, mint időközönként ismétlődő ápolási, tisztítási, beállítási és ellenőrzési műveletekből álló munkafolyamatok összessége. A karbantartás célja a meghibásodások előfordulásának megelőzése. A gépek használata közben az alkatrészek állapotváltozási folyamatokon mennek keresztül, ilyen változások például a:

- kopás;
- lazulás;
- szennyeződés;
- mechanikai- és termokémiai változások (például: törés, deformáció).

(Bártfai, Blahunka, & Faust, 2022)

A karbantartási rendszerek tervezése és irányítása többféle szempont szerint közelíthető meg.

- karbantartási igény szerinti osztályozás;
- ütemezés módja alapján.

(Bártfai, Blahunka, & Faust, 2022)

A leggyakoribb karbantartási stratégiák a következők:

- Meghibásodás szerinti karbantartás (reaktív): a meghibásodás szerinti karbantartásra akkor kerül sor, amikor a gép vagy berendezés már meghibásodott és a javítást minél hamarabb el kell végezni rajta. Ennél a stratégiánál csak akkor történik beavatkozás amikor az adott gép vagy berendezés leállt vagy a működése nem megfelelő. A karbantartás ebben az esetben nem tervezett, a probléma megoldása azonnali intézkedést igényel. A hirtelen felmerülő probléma miatt a berendezés vagy akár az egész rendszer leállása is bekövetkezhet, amely termelés kiesést okozhat. (Bártfai, Blahunka, & Faust, 2022)

- Megelőző karbantartás (preventív): a megelőző karbantartás olyan karbantartási stratégia, amely célja a berendezések, gépek vagy rendszerek rendszeres és tervezett karbantartása annak érdekében, hogy megelőzze a meghibásodásokat, optimalizálja a teljesítményt és növelje az eszközök élettartamát. Ez a módszer előre meghatározott időközönként vagy meghatározott üzemórák után történő karbantartást jelent, még akkor is, ha a berendezések éppen nem mutatnak hibát vagy meghibásodást. (Bártfai, Blahunka, & Faust, 2022)

A megelőző karbantartást két fő típusra tudjuk felbontani:

- Időalapú karbantartás: ebben az esetben a karbantartást előre meghatározott időközönként végzik el, például havi, negyedéves vagy éves rendszerességgel. Az ide tartozó feladatok közé sorolhatók az alkatrészek ellenőrzése, tisztítása, kenése, cseréje és az olyan tevékenységek, amelyek segítik a berendezés meghibásodásának elkerülését.
- Üzemóra alapú karbantartás: ebben az esetben a karbantartás előre meghatározott üzemóra vagy működési ciklus alapján végzik el. Ez a módszer figyelembe veszi a berendezés vagy rendszer tényleges használatát és azt figyelembe véve segít létrehozni a karbantartási tervet.

(Mándoki & Lakatos, 2018)

A megelőző karbantartás előnyei közé tartozik:

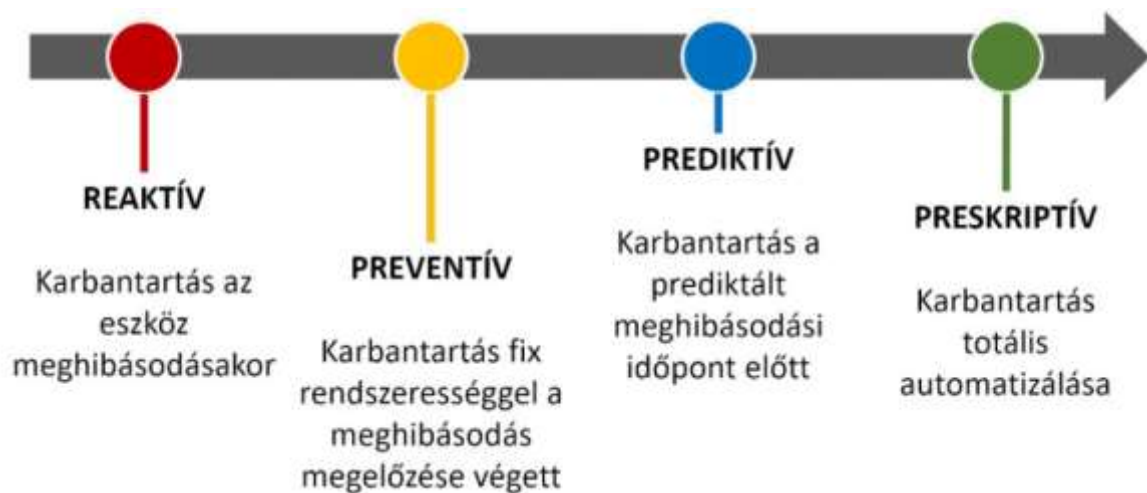
- Meghibásodások elkerülése: az időben elvégzett karbantartási tevékenységek segítenek azonosítani és megelőzni a lehetséges meghibásodásokat mielőtt azok kárt okoznának a gépekben, berendezésekben.
- Hosszabb élettartam: a rendszeresen karbantartás növeli a berendezések és a rendszerek élettartamát azáltal, hogy csökkenti a káros hatások kialakulását, mint például a kopás vagy túlzott terhelés.
- Hatékonyabb működés: a jól karbantartott gépek és berendezések hatékonyabban működnek, energiaveszteségük minimálisra csökkenthető, míg a teljesítményük optimalizálható a legjobb hatásfok elérésére.
- Költségmegtakarítás: az időben elvégzett karbantartások kevesebbe kerülnek, mivel a termelés számolt a gép leállításával, így nem keletkezik termelés kiesés. Ellentétben a meghibásodás szerinti karbantartásnál, a gépet a meghibásodás bekövetkezése után kell karbantartani.

- Állapotfüggő karbantartás: a mai modern és nagy értékű gépeknél és berendezéseknél felmerültek új követelmények a karbantartással kapcsolatban. A karbantartásra szánt költségek csökkentése és az elhasználódási tartalék jobb kihasználása nem megoldható a merev ciklikus karbantartási stratégiákkal. Az állapotfüggő karbantartás alapja, hogy a gépeket, berendezéseket vagy rendszereket időszakosan vagy folyamatosan műszeres állapotvizsgálatnak vetik alá, ezt műszaki diagnosztikának nevezzük. A gépek, berendezések és rendszerek rendszerint jelzik, ha a meghibásodás kezd kialakulni, vagy kezdeti stádiumban van. Ez a stratégia lehetővé teszi azt, hogy a karbantartás tervezése rugalmas legyen és alkalmazkodjon a gép állapotához. (Bártfai, Blahunka, & Faust, 2022)
- Üzemidő alapú karbantartás: a gépeken és berendezéseken a működési idejük alapján végzik el rendszeres időközönként az ellenőrzéseket és karbantartásokat. Lényege, hogy az eszköz állapotának és meghibásodásának becslése az üzemeltetési idő alapján történik és nem feltétlenül a tényleges állapot figyelembevételével. Például, ha egy gépnek elő van írva, hogy fel évente kell csapágyat cserélni, akkor azt ki kell cserélni akkor is, ha a csapágy még nem mutatott meghibásodásra utaló jeleket. (Bártfai, Blahunka, & Faust, 2022)
 - Előnye, hogy a karbantartás jól tervezhető és minimalizálhatók a karbantartás elvégzése miatti gyártási folyamatok megszakításai. Hátránya azonban, hogy az alkatrészeket akkor is kicserélik, ha azokat még nem kellene, ezzel pedig plusz költség keletkezik mind munka, mind pedig az alkatrész részéről. Ez a stratégia olyan gépeknél alkalmazható jól, ahol az üzemeltetési idő megbízható mutatója a berendezés állapotának, illetve ahol az alkatrészek élettartama jól előre látható. (Bártfai, Blahunka, & Faust, 2022)
- Prediktív karbantartás: A prediktív karbantartás egy következő generációs karbantartási módszer, amely az Ipari 4.0 technológiáit, szenzorokat és állapotmonitorozási megoldásokat alkalmazva lehetővé teszi a gépek és berendezések üzemállapotának folyamatos nyomon követését. Az IoT-eszközök valós idejű adatainak elemzésével pontosan ütemezhetővé válnak a karbantartási feladatok, így minimalizálva a leállási időket és növelve a termelékenységet. Hátránya, hogy a rendszer kiépítése és finomhangolása minden gyárnál egyedi, és a hatékony eredmények elérése érdekében állandó fejlesztést és tanulást igényel.

- Preskriptív karbantartás: A preskriptív karbantartás olyan módszer, amely az automatizáció felé haladva a gépi tanulás és az AI alkalmazásával lehetővé teszi a gépeknek saját döntések meghozatalát karbantartási lépésekben. Az adatok elemzése alapján ajánlásokat tesznek, sőt akár automatikusan is végrehajthatják a karbantartást, és optimalizálják a termelés volumenét a hosszabb élettartam érdekében, ezzel jelentősen növelve a termelékenységet.

2. ábra: A karbantartás előrelátás 4 szintje

(Forrás: CNC MEDIA, Bergman Júlia, Gyulai Dávid, EPIC InnoLabs)



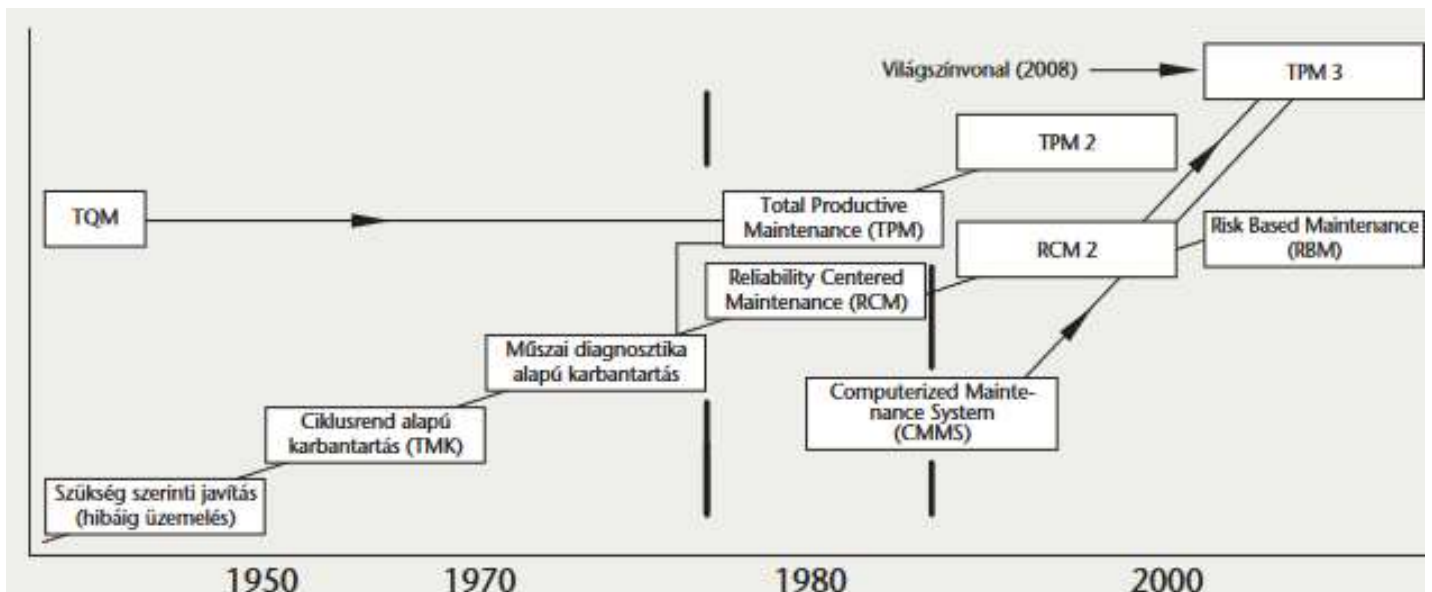
2.2.2. TPM (Total Preventative Maintenance – Teljes körű Hatékony Karbantartás)

Az elmúlt évtizedekben a fejlett ipari országok vállalatainál a karbantartás jelentős fejlődésen ment keresztül, ami egyfajta robbanásszerű változást hozott magával (3. ábra). Ezt a fejlődést gyakran a karbantartás forradalmának nevezik, amely új fogalmakat vezetett be a mindennapi gyakorlatba, és elterjedtté tette olyan megközelítéseket, mint a(z):

- TPM (Total Productive Maintenance, - Teljeskörű hatékony karbantartás),
- RCM (Reliability Centered Maintenance, - Megbízhatóság központú karbantartás)
- CMMS (Computerized Maintenance Management System - Számítógépes karbantartás-vezetési rendszerek).

3. ábra: A karbantartási megközelítések fejlődése

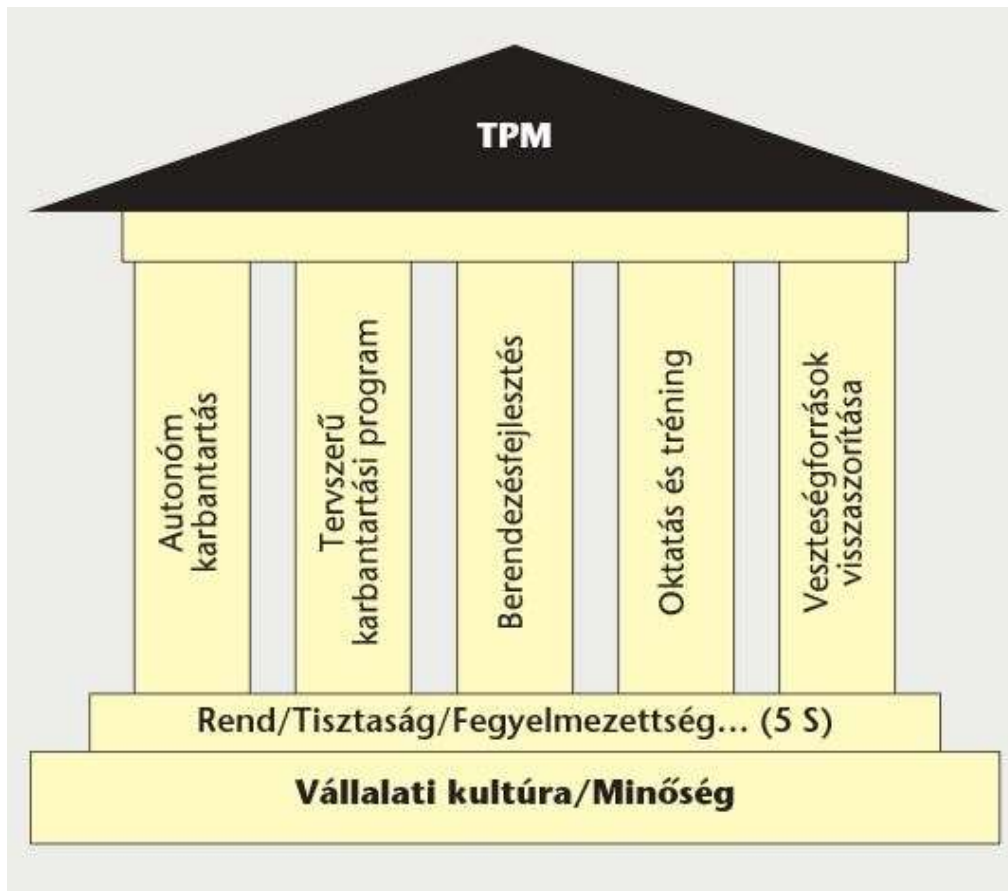
(Forrás: A karbantartás-menedzsment korszerűirányzatai és módszerei)



A Teljeskörű Hatékony Karbantartás (TPM) egy karbantartási és termelési rendszer, melynek célja a folyamatos termelékenység növelése, valamint a kényszerleállások és meghibásodások kiküszöbölése a termelés során. Ehhez a vállalat valamennyi dolgozóját aktív részvételre ösztönzi. Szorosan kapcsolódik a teljes körű minőségmenedzsmenthez (TQM), és az állapotvizsgálati technikákra támaszkodik. Alapelvei közé tartozik a folyamatos belső fejlődés támogatása. (Péczy, 2009)

4. ábra: Klasszikus TPM épület

(Forrás: Lean és TPM együtt, A.A. Stádium Kft., Péczely Csaba)



A TPM részei (4. ábra):

- Autonóm karbantartás: olyan rendszert jelent, amelyben minden dolgozó felelősséget érez a saját munkaeszközeiért és berendezéseiért. Ennek lényege, hogy mindenki aktívan részt vegyen a berendezések rendben tartásában és karbantartásában, figyelve azok állapotára, és azonnal jelezzenek, ha bármilyen rendellenességet észlelnek. Emellett az autonóm karbantartás célja, hogy az egyszerűbb karbantartási tevékenységeket, mint például a tisztítást, az ellenőrzést és más rutinfeladatokat, átvegyék a gépkezelők, ezzel megkönnyítve és tehermentesítve a karbantartó személyzetet. (Péczely, 2009)

Fontos kihangsúlyozni, hogy az autonóm karbantartás nemcsak a berendezések fizikai állapotának megóvását célozza, hanem a dolgozók tudatosságát és felelősségérzetét is erősíti a munkaeszközökkel kapcsolatban. Ezáltal a dolgozók jobban értékelik és törődnek azokkal a gépekkel és berendezésekkel, amelyeken dolgoznak, ami hozzájárulhat a hosszabb élettartamhoz és az optimálisabb működéshez. Az autonóm karbantartás implementálása tehát nemcsak a karbantartási folyamatok hatékonyságát növeli, hanem a munkahelyi kultúrát és teljesítményt is javítja. (Péczely, 2009)

- Tervszerű karbantartási program: a tervezett karbantartási program célja, hogy megelőzze a váratlan meghibásodásokat. Ennek eléréséhez azonban szükséges a hibajelzések hatékony kezelése, a megfelelő karbantartási módszerek kiválasztása és alkalmazása, valamint a felesleges karbantartási tevékenységek megszüntetése. Ezen feladatok végrehajtása során kiemelt fontossága van a műszaki diagnosztikák alkalmazásának, amelyek lehetővé teszik a berendezések állapotának folyamatos figyelemmel kísérését és az esetleges hibák előzetes azonosítását. Emellett a karbantartási tevékenységek hatékonyabb tervezéséhez és végrehajtásához elengedhetetlen a Computerized Maintenance Management System (CMMS) bevezetése és használata. Ez az informatikai rendszer lehetővé teszi a karbantartási folyamatok optimalizálását, a karbantartási tevékenységek tervezését és nyomon követését, valamint az erőforrások hatékonyabb felhasználását, mindezek összességében hozzájárulnak a gépek és berendezések megbízhatóbb és gazdaságosabb üzemeltetéséhez. (Péczely, 2009)
- Berendezésfejlesztés (valójában két oszlopból áll): Egyrészt az aktív kommunikáció a gépgyártók felé, amely során részletesen megosztjuk velük az elvárásainkat és azon berendezések specifikációit, amelyekre szükségünk van. Ez a kommunikáció lehetővé teszi, hogy a gyártók pontosan megértsék az igényeinket, és olyan gépeket vagy berendezéseket szállítsanak, amelyek teljesítik az elvárásainkat és a működési követelményeinket. (Péczely, 2009)

Másrészt, a már meglévő berendezéseink fejlesztése, tervezési vagy installációs hibáinak elhárítását. Ezen a területen a karbantartási csapatok célja az, hogy azonosítsák és kijavítsák a meglévő berendezések esetleges hibáit vagy hiányosságait. Ez magában foglalhatja a rendszeres ellenőrzéseket, a problémák diagnosztizálását és a hibás alkatrészek cseréjét, valamint az installációs folyamatok optimalizálását a jövőbeni problémák elkerülése érdekében. (Péczely, 2009)

Ez a kétoszlopos megközelítés lehetővé teszi, hogy mind az új berendezések beszerzése, mind a meglévő rendszerek hatékony működése és fejlesztése szempontjából optimalizált eredményeket érjünk el. A gépgyártókkal való kommunikáció segítségével pontosan megfelelhetünk az aktuális igényeinknek, míg a meglévő berendezéseink fejlesztése révén maximalizálhatjuk a jelenlegi berendezéseink teljesítményét és megbízhatóságát. (Péczely, 2009)

- Oktatás és motiváció: igazi hatékonysága akkor érhető el, ha széles körű emberi erőforrásokat vonunk be a folyamatba, és megfelelően felkészítjük őket a feladataik ellátására. (Péczy, 2009)
- Veszteségforrások csökkentése: termelési veszteségek csökkentése mérőszámok alapján történő szabályozással. Az OEE (Overall Equipment Effectiveness/Efficiency / teljes eszközhatékonyság) az egyik legelterjedtebb mérőszám, amely segít számszerűsíteni és elemzésre alkalmas formában megjeleníteni a váratlan meghibásodások, átállási idők, sebességcsökkenések, mikroleállások, indulási problémák és selejt termelés okozta veszteségeket. Az ilyen alapú szabályozás célja a termelési hatékonyság növelése és a veszteségek minimalizálása. (Péczy, 2009)

A technológia fejlődésével a megelőző karbantartást egyre gyakrabban alkalmazzák a TPM kiegészítéseként. Az IoT (Internet of Things / Dolgok Internete) és az I4.0 (Industry 4.0 / Ipar 4.0) megoldások széles körű elterjedése lehetővé teszi, hogy szinte korlátlan mennyiségű mérési adatot gyűjtsünk a gépek kritikus elemeiről. Ebből az adathalmazból képesek vagyunk olyan mintákat levezetni (Big Data analysis / Nagy Adat elemzés), amelyek megfelelnek a döntő fontosságú alkatrészek kopási és elhasználódási állapotának. Az ilyen típusú nyomon követéssel az alkatrész cseréje vagy javítása nem egy előre meghatározott idő vagy futásteljesítmény, hanem annak állapota szerint történhet. Ez nemcsak a folyamatbiztonságot növeli, hanem a költségeket is csökkenti. (Ászity, 2018)

2.2.3. CMMS rendszer

A számítógépes karbantartásirányítási rendszer (CMMS) egy olyan szoftver, amely összegyűjti és központosítja a karbantartási információkat ezzel pedig megkönnyíti a karbantartási műveletek folyamatait. A CMMS rendszer segít optimalizálni a fizikai berendezések például járművek, gépek, üzemi infrastruktúra és egyéb eszközök használatát és elérhetőségét. A CMMS rendszerek kulcsfontosságú szerepet töltenek be a különböző iparágakban. Ezek az iparágak közé tartozik a feldolgozóipar, az olaj- és gáztermelés, az energiatermelés, az építőipar, a szállítás és más iparágak, ahol a fizikai infrastruktúra kritikus fontosságú. (Dudley, 2020)

Fontos megjegyezni, hogy a CMMS nem csupán egy karbantartási rendszer, hanem egy olyan eszköz, amely informatikailag támogatja a karbantartási tevékenységeket. Ennek ellenére az információs rendszer és az alapfolyamatok szorosan összefonódnak, és az információs rendszer hatékony működése szerves részét képezi az alapfolyamatok optimalizálásának. (Mándoki & Lakatos, 2018)

A CMMS bevezetése általában több lépcsőben történik, hogy biztosítsa a zökkenőmentes átmenetet és a rendszer hatékony működését. Első lépésként általában egy pilotprojekt keretében a terület egy kisebb részén tesztelik a karbantartási folyamatok digitalizációját és az új rendszer működőképességét. Ez a pilotprojekt általában néhány hónapos időszakot ölel fel, amely alatt folyamatosan értékelik a rendszer teljesítményét és alkalmazkodnak az esetleges kihívásokhoz. (Mándoki & Lakatos, 2018)

Miután a pilotprojekt sikeresen lezárult, a CMMS bevezetése folytatódik a teljes működési területen. Ez a folyamat általában egy-két évet vesz igénybe, és magában foglalja a széles körű alkalmazások beállítását, a karbantartási rendszer és az üzemeltetési tevékenységek szoros összehangolását, valamint a folyamatos rendszerfejlesztéseket az üzemelési környezet változásainak és igényeinek megfelelően. (Mándoki & Lakatos, 2018)

Ezáltal a CMMS nem csupán egy egyszerű informatikai eszköz, hanem egy olyan komplex rendszer, amely lehetővé teszi a karbantartási folyamatok hatékonyabb irányítását és optimalizálását, ami hozzájárul a vállalatok hatékonyságának és termelékenységének növekedéséhez. (Mándoki & Lakatos, 2018)

„A CMMS rendszerrel megvalósítható feladatok:

- berendezések és létesítmények tervszerű megelőző karbantartásának tervezése;
- a karbantartási és javítási adatok gyűjtése és tárolása;
- javítási és csere-munkalapok kiállítása;
- alkatrészraktár és az eszközök nyomon követése és ellenőrzése;
- más gyártók rendszereivel való együttműködés a beszerzésben;
- riportok készítése, hogy mérhető legyen a karbantartás hatékonysága, és optimalizálható legyen a berendezések teljesítménye.”

(Mándoki és Lakatos, 2018)

2.2.4. Rezgésdiagnosztika

A rezgésdiagnosztika az egyik legelterjedtebb módszer a gépek állapotának felmérésére, mivel a gépek üzemeltetése során rezgéseket generálnak. A rezgés intenzitása számos tényezőtől függ, mint például a gép konstrukciója, elhelyezése, alapozása, üzemeltetési körülményei, állapota és más körülmények. Minden gép esetében van egy meghatározott szintű normál rezgés. Ha az adott gép mechanikai állapota idővel romlik, például az elhasználódás miatt, akkor annak a gépnek a rezgésintenzitása általában növekszik. A rezgésdiagnosztika célja éppen az ilyen változások felismerése és értékelése, amelyek segítségével időben lehet intézkedni a gép karbantartása vagy javítása érdekében, mielőtt súlyosabb problémák alakulnának ki. (Dömötör, 2019)

A rezgésdiagnosztikai eszközök általánosan elfogadott csoportosítása a következő:

- Egyszerű vagy kézi rezgésmérő eszközök: Ezek az eszközök általában könnyen használhatók, hordozhatók ezáltal lehetővé teszik a gyors rezgésmérést és az alapvető értékelést. Általában a mérő személy közvetlenül tartja a mérőeszközt a géphez vagy szerkezethez.
- Periodikus rezgésmérések hordozható eszközei: Ezek az eszközök már specifikusabbak és pontosabbak lehetnek, mint a kézi eszközök. Általában hordozhatók, így lehetővé teszik a periodikus ellenőrzéseket különböző gépek és berendezések esetében.
- Online rezgés-monitoring rendszerek: Ezek a rendszerek folyamatosan figyelik és rögzítik a gépek rezgéseit az üzemidő során. Ez lehetővé teszi az azonnali értesítést és beavatkozást, ha a rezgési mintázatok megváltoznak vagy nem megfelelők.
- Nagy értékű forgógépek rezgésvédelmi eszközei: Ezek az eszközök speciálisan a nagy értékű forgógépek, például turbinák vagy kompresszorok rezgéseinek monitorozására és védelmére szolgálnak. Általában nagyobb precizitást és érzékenységet kínálnak az ilyen típusú gépek specifikus igényeihez igazítva.
- Különleges diagnosztikai eszközök: Ezek az eszközök általában speciálisabb feladatokra szolgálnak, például bizonyos anyagok vagy szerkezetek rezgésének diagnosztizálására. Ez lehetővé teszi a részletesebb elemzést és speciális problémák azonosítását.

Ezek az eszközök és rendszerek együttesen segítik a rezgésdiagnosztikát, lehetővé téve a gépek és berendezések állapotának folyamatos figyelését és az esetleges problémák időben történő azonosítását és kezelését. (Dömötör, 2019)

5. ábra: Különböző gyártmányú, kézi rezgésmérő eszközök

(Forrás: Járműgyártási folyamatok diagnosztikája - Dr. Dömötör Ferenc)



2.3. Készletgazdálkodás

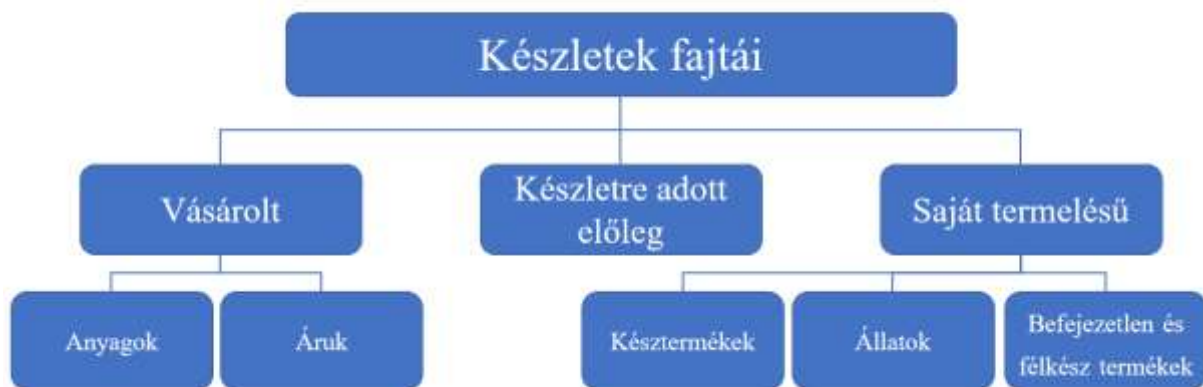
2.3.1. Készletek fogalma, jelentősége és szerepe

A készletek (2. ábra) lehetnek tárolt anyagok, vásárolt alkatrészek, befejezett termelések, félkész vagy késztermékek. Készlet továbbá minden olyan áruba fektetett pénzmennyiség, melyet azért vásároltak meg, hogy feldolgozásuk után vagy feldolgozás nélkül értékesítsenek. Felmérések kimutatták, hogy egy átlagos vállalat forgóeszközeinek 30%-a, működő tőkéjének pedig 90%-a készleteikben jelenik meg. (Goldratt & Cox, 2014)

A vállalkozások tulajdonában lévő készleteket különböző típusú termékek alkotják ezeket az alábbi kategóriák közé tudjuk sorolni: (Vörös, 2018)

6. ábra Készletek fajtái

(Forrás: saját szerkesztés)



A terméket előállító és a szolgáltatást nyújtó vállalkozások között az egyik legjellemzőbb különbség a készleteik szintjében jelenik meg. Minél inkább terméket előállító jellegű a vállalkozás, annál több készlettel rendelkezik. (Vörös, 2018)

A vállalkozások életében a készletek számos fontos funkciót látnak el. Mivel minden vállalkozás fő célja a fogyasztói igények kielégítése, így a készletek legfőbb szerepe az, hogy segítsék a kereslet kielégítését. (Vörös, 2018)

A készletek fontos szerepet játszanak a gyártási folyamatok hatékony működésében. Ezek biztosítják, hogy az alapanyagok, alkatrészek és félkész termékek (6. ábra) mindig rendelkezésre álljanak a termelés során. Ennek köszönhetően a vállalkozások képesek a termelés folyamatosságát fenntartani anélkül, hogy szünetek vagy leállások merülnének fel az alapanyagok hiánya miatt. A készletek továbbá lehetővé teszik a termelési folyamatok rugalmasságát és alkalmazkodóképességét, mivel lehetőséget adnak a gyors reagálásra, az előre nem látható változásokra, például a váratlan keresletnövekedésre, az alapanyag-szállítások

késedelmeire vagy egy hirtelen meghibásodás miatti alkatrészcsere. Ezek alapján a készletek hozzájárulnak a termelés hatékonyságához és a vállalkozás versenyképességének növeléséhez a piacon. (Vörös, 2018)

Az alkatrészkészletek többnyire lassan forgó készletek melyek többségében nem azonnal kerül felhasználásra. Ezeknek a készleteknek a hátránya, hogy amíg nem kerülnek felhasználásra, addig a vállalatnak áll benne a tőkéje. A nagy alkatrészkészlet tehát leköti a vállalat saját tőkéjét ezáltal elvonva a fontosabb beruházásokra fordítható forrásokat.

2.3.2. Készletezési mechanizmusok

A termékszintű készletszint alakulását számos tényező befolyásolja, amelyek közül kettő kiemelkedő fontosságú: az adott termék iránti kereslet és az ellátási mintázat. Fontos megérteni, hogy a készletszint nem csupán a keresletre adott válaszként alakul, hanem az ellátási lánc egészének összetett működése révén is formálódik. (Gelei, 2016)

Az alkatrész készletek abban térnek el, hogy felhasználási szükségességük nem feltétlenül rövid időtávra van tervezve és nem a piaci igények kielégítését szolgálja. Amennyiben nem áll rendelkezésre a megfelelő mennyiségű alkatrész a karbantartásokhoz úgy a gép vagy berendezés leáll, és termelésekiesést fog okozni. A piaci hiány okozta gépleállások elkerülése érdekében a készletépítés stratégiájával tudunk védekezni, hátránya azonban, hogy ennek megvalósítása költség és időigényes folyamat.

Az adott termék készletszintje szorosan összefügg az iránta felmerülő kereslet dinamikájával. Ennek figyelembevételével a vállalatnak tudatosan kell terveznie, hogy mikor és milyen mennyiségű készletre van szükség a kereslet kielégítéséhez, továbbá kiemelkedő jelentősége van annak is, hogy az új készleteket mikor és milyen rendelési mennyiségekben töltik fel. Ez utóbbi folyamatot befolyásolja az ellátási lánc hatékonysága és rugalmassága. (Gelei, 2016)

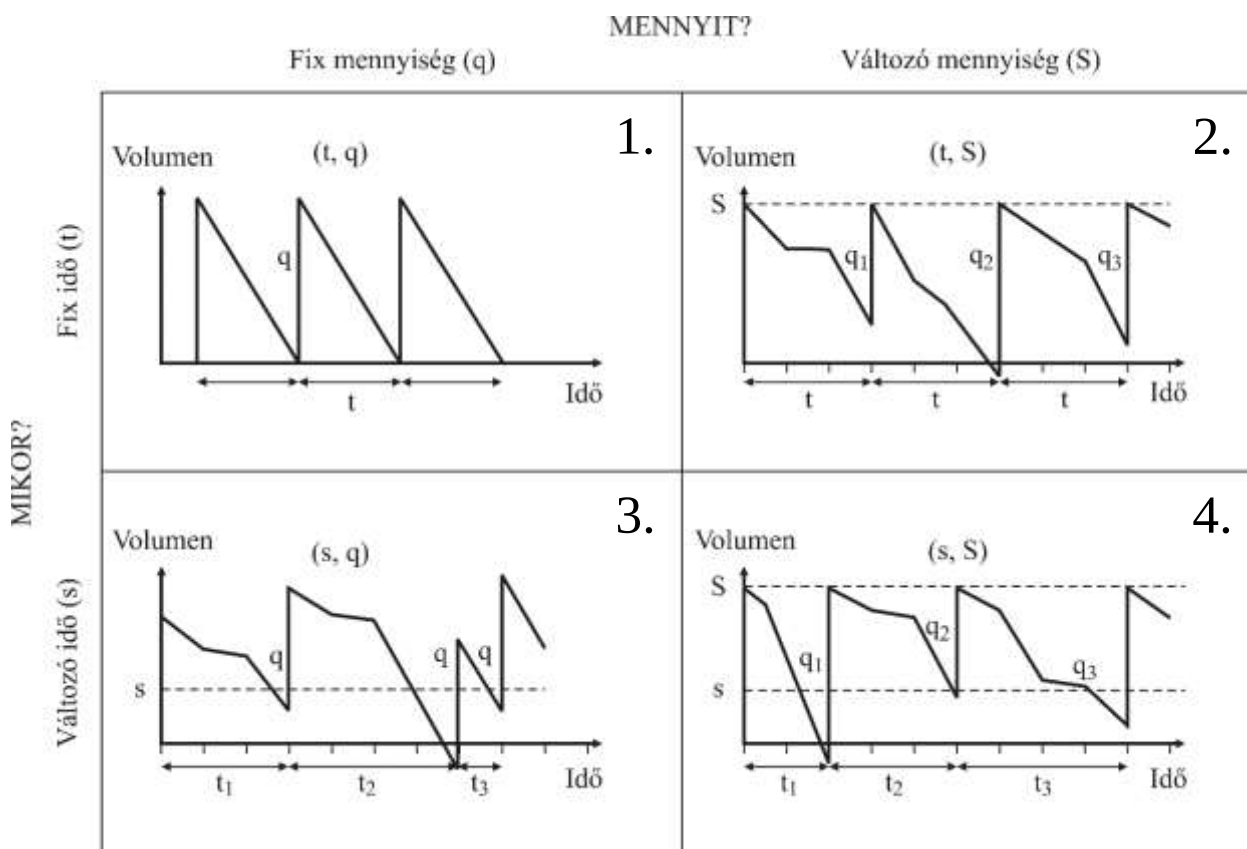
A keresleti mintázatot leginkább a vállalat marketingrészlege alakítja ki, amely számos tényezőt figyelembe véve tervezi és irányítja a termékpiaci megjelenést és promóciós tevékenységeket. Ezzel párhuzamosan az ellátási mintázat kialakításáért, azaz az alkalmazott készletezési mechanizmus meghatározásáért a logisztika a felelős. A logisztika területén dolgozó szakemberek feladata, hogy az optimális ellátási láncstruktúrát és készletezési stratégiát alakítsák ki annak érdekében, hogy hatékonyan reagálhassanak a piaci igényekre és biztosítsák a termék folyamatos elérhetőségét. (Gelei, 2016)

A készletezési mechanizmus kialakítása során fontos meghatározni, hogy adott készletezési egységből mikor és milyen mennyiséget rendeljenek, figyelembe véve a kereslet változásait és az ellátási lánc egészének dinamikáját. Ennek eredményeként biztosítani lehet a termék jövőbeni ellátásának folyamatosságát, minimalizálva a túl- vagy alul készletezés kockázatát, és optimalizálva ezzel a vállalat erőforrásainak felhasználását. (Daróczy, 2021)

A négy alap készletezési mechanizmus a következő:

7. ábra: Készletezési mechanizmusok

(Forrás: Chikán A. (1983): Készletmodellek. KJK, Budapest)



1. „Fűrészfog (7. ábra [1.]): rögzített rendelési időnként (t) rögzített rendelési mennyiség (q);
2. „Ciklikus (7. ábra [2.]): rögzített időközönként (t) maximális készletszintre (S) történő feltöltés;
3. „Kétraktáros (7. ábra [3]): meghatározott jelzőszint (s) elérésekor rögzített rendelési mennyiség feladása (q);
4. „Csillapításos (7. ábra [4.]): meghatározott jelzőszint (s) elérésekor a maximális készletszintre (S) történő feltöltés

(Daróczy, 2021)

2.4. Minimum és maximum készletszint

A minimum és maximum készletszint a készletezési stratégia része. Ezek a szintek segítenek a készletkezelésben és a rendelések időzítésében.

- Minimum készletszint: ez a legalacsonyabb mennyiségű árucikk vagy alkatrész, amelyet a vállalatnak mindig rendelkezésre kell tartania a készletek biztosítása érdekében. Amikor a készlet eléri vagy aláesik a minimum készletszint alá, új rendelés kell leadni. Ez biztosítja, hogy a vállalat mindig elegendő készlettel rendelkezzen a kereslet kielégítéséhez, és megakadályozza a készletek kritikusan alacsony szintre csökkenését.
- Maximum készletszint: ez a legmagasabb elfogadható készletmennyiség, amelyet a vállalat tárolni kíván egy adott árucikkből vagy alkatrészből. Ha a készlet eléri vagy meghaladja a maximális készletszintet, akkor a vállalat leállíthatja az új rendeléseket annak érdekében, hogy elkerülje a túlzott készlet felhalmozódást és a készletek felesleges megőrzését. A maximális készletszintet olyan szinten kell meghatározni, amely biztosítja a kereslet kielégítését, anélkül, hogy feleslegesen sok pénzt költenének készletekre.

A minimum és maximum készletszintek meghatározása általában adottak a termék értékesítési előrejelzéseiből, az átlagos fogyasztási arányokból, a beszerzési időkből és más készletezési tényezőkből. Ezek a szintek dinamikusan változhatnak az idő múlásával és az üzleti környezet változásával. (Benkő, 2018)

2.5. Spagetti diagram

A spaghetti-diagram egy olyan vizualizációs eszköz, melyet gyakran az anyagáramlás, logisztikai folyamatok vagy egyéb mozgások ábrázolására használnak. Az elve az, hogy az egyes mozgási útvonalakat pontosan feltüntetjük egy alaprajzi ábrán vagy térképen, amely általános képet nyújt a mozgásokról és az egyes helyszínek, útvonalak igénybevételéről. A vonalak megszámlálásával gyakorisági elemzést is végezhetünk, ami segít az esetleges problémás területek vagy túlzott terhelési pontok azonosításában. (Kovács, 2017)

Az anyagáramlás vagy mozgás útvonalainak megjelenítése a spaghetti-diagramon lehetővé teszi, hogy egyetlen pillantással átlássuk a folyamatot és azonosítsuk a lehetséges optimalizálási lehetőségeket. (Kovács, 2017)

A spaghetti-diagram készítése és értelmezése lehetővé teszi a folyamatok hatékonyabbá tételét és a javítási lehetőségek azonosítását az anyagáramlás vagy mozgás területén. (Kovács, 2017)

3. Alkalmazott anyag és módszer

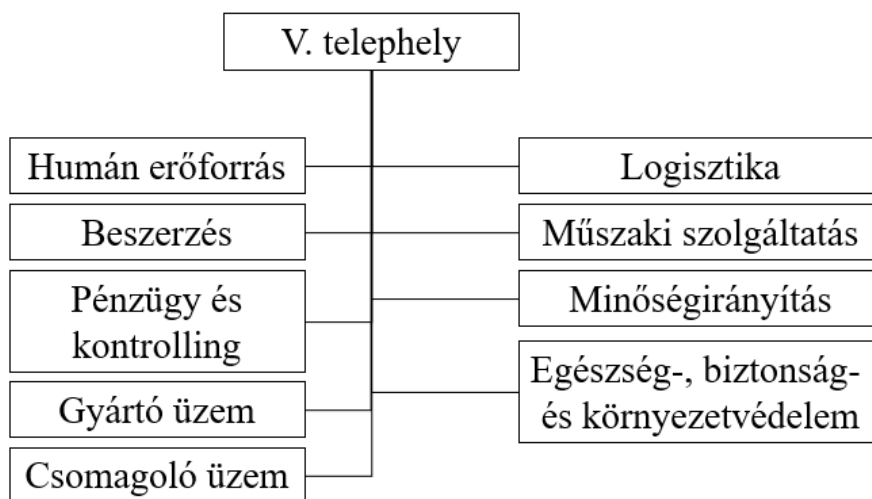
3.1. A cég és a szervezeti egység rövid bemutatása

A szakdolgozatot egy innovatív nemzetközi biotechnológiai vállalatnál írom, melynek elsődleges célja az emberek életének javítása továbbá a minél magasabb profit elérése. A céljuk elérése érdekében, elkötelezetten kutatják és fejlesztik a tudomány legújabb csodáit. 91 ezer munkatársukkal 90 országban, dolgoznak, hogy innovatív megoldásokkal az alapoktól változtassák meg az orvoslást és elhozni az eddig elérhetetlennek tűnő lehetőségeket az emberek számára.

Termékeik millióknak nyújtanak gyógyulást és életminőség-javulást, valamint biztosítanak védelmet fertőzések ellen, sok esetben életet mentve. A fenntarthatóság és a társadalmi felelősségvállalás mindig középpontban áll azért, hogy hosszú távon is pozitív hatást gyakoroljon a világra. Az árbevételét tekintve Magyarország második legnagyobb gyógyszergyártó vállalata és a 34. legnagyobb cége.

8. ábra: A V. telephely szervezeti felépítése

(Forrás: saját szerkesztés)



A V. telephely fő tevékenysége a vény nélkül kapható (CHC - Consumer Healthcare) szilárd alapanyagú tabletták, dragsék és kapszulák gyártása és csomagolása. Összesen 14 termékcsaládba tartozó terméket állítanak elő, melyek főként vény nélkül kapható készítmények, de a portfóliójuk tartalmaz vényköteles és generikus gyógyszereket is. Termékeik 45 különböző piacon értékesítik, főként a fájdalomcsillapítás, görcsoldás és stresszkezelés területén. A V.-i gyáregységben közel 380 munkatársunk közreműködésével

évente 150-200 millió doboz gyógyszer kerül forgalomba, hogy segítséget nyújtsunk a betegeknek.

A szakdolgozatomat a karbantartási egységen belül írom, amely három részre bontható, ezek a csomagoló, a gyártó egységek, valamint a telephelyen történő karbantartási területek. A gyártó karbantartás feladatai közé tartozik a gyártó- és segédgépek karbantartása. Ezek a gépek gyártják a tablettákat, kapszulákat és drazsékát. A karbantartási feladatok közé tartozik a gépek tervszerű karbantartása és a véletlen meghibásodások kijavítása is.

3.2. A feladat elvégzéséhez alkalmazott módszerek

Mielőtt belekezdtem a feladat részletes kidolgozásába konzultáltam a külső és belső konzulensemmel és megbeszéltük, hogy mely módszerek alkalmasak a feladat megoldására. A B. box rendszer bevezetéshez segítségemre voltak a karbantartó kollégák, akiknek a véleményük meghallgatása után tisztázódott bennem, hogy mennyire megkönnyítené a munkájukat a rendszer bevezetése.

Mint azt korábban leírtam, a rendszer már működik a csomagoló részlegen, az ott megtanultak és a saját meglátásom alapján fogom elkészíteni a gyártó egységhez tartozó B. box rendszer bevezetésének folyamatát, amelyet dokumentálni fogom.

Ahhoz, hogy a rendszer jól működjön elengedhetetlen a megfelelő adatbázis létrehozása. Ezen adatbázisok elkészítéséhez Excel táblázatokat fogok létrehozni, melyek tartalmazni fogják a gépek és berendezések, adott karbantartásához szükséges alkatrészeknek a listáját, más néven az anyagjegyzéket (Bill of Materials).

A karbantartási idők lerövidítéséhez a spagetti diagramot fogok alkalmazni. Ez a diagram jól szemlélteti, hogy mennyi veszteséges mozgás történik a karbantartások során az alkatrészekért való ki- és bejáráskor. Itt is kikértem a karbantartó kollégák véleményét azzal kapcsolatban, hogy mi a tapasztalatuk egy-egy karbantartás során. Tapasztalatuk is azt mutatja, hogy túl sok veszteséges mozgás történik.

A készletek optimális szinten tartásához először is meg fogom vizsgálni, hogy melyek azok a kritikus alkatrészek, amelyek a legnagyobb számban vannak felhasználva a karbantartások és javítások során. A feladat elvégzéséhez ABC analízist fogok alkalmazni melyez a P. pick szoftver előzménylistájának a feldolgozásával fogok megvalósítani.

Be fogom mutatni egy konkrét berendezés B. box rendszerének a megvalósítását, kezdve az anyagjegyzék elkészítésével, az anyagok kigyűjtésén át, a doboz összekészítésével befejezőleg. Meg fogom vizsgálni, hogy az offline karbantartás milyen módon tudja lerövidíteni, illetve megkönnyíteni a karbantartásokat. Ajánlást fogok tenni, hogy mikor érdemes elvégezni ezt a

fajta felújítást, illetve, hogyan és milyen módon szükséges az ilyen módszerrel karbantartott alkatrészek, vagy egységek tárolása, továbbá a felújított alkatrészeknek is létrehozok egy adatbázist, hogy nyomon követhető legyen, mely berendezéseknek vannak felújított alkatrészei. Ezeket az alkatrészek vagy részegységeket is hozzárendelem a karbantartási ciklusokhoz, hogy amikor szükséges elő lehessen azokat készíteni a karbantartásokhoz.

Végezetül elemezni fogom, hogy milyen módon könnyíteni meg a jövőben bevezetendő CMMS rendszer a B. box rendszerrel való együttműködés a karbantartás munkáját.

3.3. Az elérendő célok előzetes megfogalmazása:

A szakdolgozatom fő célja a karbantartási idők rövidítése felsorolt módszerek alkalmazásával. A megfelelően karbantartott gépek és berendezések elengedhetetlen szerepet vállalnak a termelő szervezetek tevékenységében. A szakdolgozatomban azt fogom vizsgálni, hogy a vállalat milyen módszerekkel és hogyan tudná csökkenteni a karbantartási időket.

A karbantartási idők rövidítése lehetővé teszi a termelés hatékonyságát ezáltal a bevétel növelését. Ezen módszerek közül az alkatrész és anyag optimalizálására, és a B. box rendszer kidolgozására fektettem a legnagyobb hangsúlyt, mivel véleményem szerint ez a két módszer tudná leginkább támogatni a már meglévő rendszert.

A szakirodalom áttekintése és a cég áttekintést követően olyan területeket kerestem, melyekben potenciát láttam, illetve olyan folyamatokat elemeztem, amelyeken véleményem szerint még fejleszteni lehetne.

A karbantartási tevékenység fejlesztésére az alábbi javaslatokat teszem:

- Gépek és berendezések karbantartásához szükséges adatbázisok elkészítése.
- Készletek optimalizálása, alkatrészek, alap- és segédanyagok minimum és maximum készletének meghatározása és beállítása.
- Mozgások megfigyelése, veszteséges mozgások kiszűrése és megszüntetése.
- B. box rendszer bevezetése a karbantartási idők csökkentése és a karbantartói munka megkönnyítése érdekében.
- Bemutatom a B. box rendszer összekészítésének folyamatát egy konkrét termelő gépre.
- Az Offline felújítást és azt, hogy milyen előnyökkel jár a jelenleg alkalmazott felújításokkal szemben.
- Rezgésdiagnosztikai vizsgálatok fejlesztése, új eszköz beszerzése.
- A CMMS rendszer bevezetése hogyan segítené a karbantartás munkáját, illetve hogyan tudna együttműködni a B. box rendszerrel.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Jelenlegi helyzet bemutatása

A gyártó egységen jelenleg a fő karbantartási stratégia a TPM alapú teljes körű hatékony karbantartás. A gépek karbantartásának periódusát a karbantartástervező mérnökök készítik el, a munkájukat segítik a berendezések gépkönyvei melyben meg vannak határozva, hogy milyen alkatrészeket milyen periódusonként kell cserélni, továbbá az évek alatt felhalmozódott, a karbantartó kollégák által gyűjtött tapasztalat.

A TPM alapú karbantartás jelenleg három részre van bontva. Ezek a periódusok a berendezések gépkönyvei alapján lettek meghatározva, a gépkönyv leírja, mely beavatkozásokat milyen gyakorisággal kell elvégezni, hogy a berendezés a megfelelő minőségben tudjon termelni. A 12 és 24 hetes karbantartások rendszerint csak ellenőrzések míg az éves karbantartás során egy nagyobb karbantartási beavatkozás történik a gépen mely széles körben kiterjed a gép alkatrészeinek felülvizsgálatára, cseréjére és tisztítására. A periódusok kialakítását továbbá segítik a tapasztalatok, illetve a munka- és minőségbiztonságra utaló kockázatelemzések. Előfordulhat, hogy bár a gépkönyv szerint egy alkatrészt elég lenne 24 hetente cserélni, de a feldolgozott anyag koptató hatása miatt szükséges a 12 hetente történő felülvizsgálat és az alkatrész cseréje. A három periódust a TPM alapú karbantartási módszertan alapján alakították ki, hogy elkerüljék a berendezés idő előtti meghibásodását azáltal, hogy az egyes karbantartások során vizsgálják a kopó alkatrészeket és szükség szerint cserélik azokat.

A gyártó egység TPM alapú karbantartás heti hat nap 24 órás termelés mellett lett kialakítva a három karbantartási periódus melyek még mindig érvényesek.

A három karbantartási stratégia a következő:

- 12 hetes karbantartás (12);
- 24 hetes karbantartás (24);
- Éves karbantartás (É).

A karbantartások a karbantartási tervben előre meghatározott időpontokban történnek. Ezek az időpontok viszonylag rugalmasak ugyanis a karbantartásoknak alkalmazkodniuk kell a termeléshez (9. ábra).

(Forrás: karbantartás tervező táblázat 2024)

A karbantartó részlegben dolgozók hétfőtől péntekig három műszakban dolgoznak és ha a termelés úgy kívánja hétvégénként is. A PIW200 K. gépre ráfordított karbantartási időt az alábbi (1. táblázat) mutatja. Ezen látszik, hogy három fő részvételével a 12 hetes karbantartás egy műszakot, a 24 hetes egy napot, míg az éves karbantartás 5 napot vesz igénybe.

(Forrás: saját szerkesztés)

A logisztikai megbeszélésen egy héttel a gyártó berendezés tervezett karbantartásával előtt megtörténik a pontosítás a karbantartással kapcsolatban. Miután a logisztika jóváhagyta a gép karbantartását a rákövetkező héten kikerül a gyártásból. A termelés lejelenti a karbantartásnak, hogy a gép készen áll a karbantartási munkálatok elkezdéséhez. Ezután a géphelység bejáratához kikerül a karbantartás alatt tábla, mely jelzi a gyártásban dolgozó kollégáknak, hogy a gép használaton kívül van.

A karbantartás folyamata a következőképpen zajlik:

1. Gép szétszerelése: miután a gépet átadták a karbantartó kollégák megkezdik a gép szétszerelését.
2. Alkatrészek eltávolítása: a karbantartási tervben megadott alkatrészek a szétszerelés után eltávolításra kerülnek a berendezésből.
3. Alkatrészek tisztítása: a gyártás folyamán az alkatrészek szennyeződhetnek a hatóanyaggal, illetve olajjal vagy zsírral.
4. Alkatrészek vizsgálata: miután a gépet szétszerelték, és megtörtént az alkatrészek megtisztítása az alkatrészek vizsgálata következik. Itt a karbantartó kollégák megnézik, hogy az alkatrészek mennyire kopottak, a tapasztalataik alapján következtetéseket vonnak le, illetve előfordulhat, hogy úgy ítélik meg, hogy az alkatrészt nem kell kicserélni mert még megfelelő állapotban van.

10. ábra: Kapszulázó gép 24 hetes karbantartása, alkatrészek vizsgálata

(Forrás: saját kép)



5. Kopó alkatrészek vizsgálata: a kopó alkatrészeknél a kollégák megvizsgálják, hogy az alkatrész az előző karbantartás óta eltelt periódusban kevésbé vagy jobban ment tönkre, például egy csapágó jobban elkopott, mint az előző karbantartáskor. Ilyenkor következtethetnek arra, hogy a gép esetlegesen nem jól volt üzemeltetve, vagy egyéb hibák fordulhatnak elő a berendezéssel, bár a kopó alkatrészeket általában minden esetben cserélik, ha úgy ítélik meg, hogy az alkatrész még olyan állapotban van, hogy legalább a következő karbantartásig hibamentesen tud vele a berendezés üzemelni, akkor a cserét elhalasszák és a használt alkatrész kerül visszaszerelésre.
6. Alkatrészek kigyűjtése a raktárgépből: amennyiben az alkatrészt cserélni szükséges, úgy a karbantartó kollégák a külső raktárban található automata raktározó gépből egy szoftver segítségével kigyűjtik a cserére szoruló alkatrészeket, majd ezeket a gyártó egységbe, az éppen karbantartás alatt álló géphez viszik.
7. Alkatrészek beszerelése: miután az alkatrészek kigyűjtése és bevitele megtörtént következhet azok beszerelése.
8. Dokumentáció: minden berendezés rendelkezik check listával (1. táblázat), ez lehet 12 és 24 hetes, illetve éves. A karbantartás folyamán a check listában szereplő feladatokat végzik el a karbantartó kollégák és ha végeztek egy feladattal aláírásukkal hitelesítik azt.
9. Gép lejelentése a termelésnek: ha az előzőleg felsorolt lépések teljesültek akkor a karbantartás lejelenti a gép használatba vételi állapotát a termelésnek. Fontos, hogy az éves karbantartás után a metrológiának is le kell jelenteni, mivel szükséges annak kvalifikálása, továbbá abban az esetben is szükséges a kvalifikálás, ha olyan alkatrészt cseréltek, amely kritikusan befolyásolhatja a gépet mely a kvalifikálási checklista alapján dől el. Ha mindez megtörtént a gép visszakerül a termeléshez és elkezdődhet rajta a termelés.

2. táblázat: 12 hetes check lista (részlet)

(Forrás: saját szerkesztés a 12 hetes check lista alapján)

Részegység	Tevékenység	Sztenderd idő (perc)	Tevékenységen ráfordított idő (perc)	Egyéb beavatkozás szükséges	Megjegyzés	Beavatkozást végezte(k), (aláírás)
				Igen (karbantartási jegyzet sorszáma) / Nem "-"		
1.	LOTO	LOTO kizárások elvégzése				
2.	Kvalifikált státuszt jelölő címke eltávolítása	Leszedés, megsemmisítés				
3.	Hegesztések	Ellenőrzés, tisztítása				
4.	Kötőelemek	Ellenőrzés, tisztítása				
5.	Hidraulika rendszer (hidraulika akkumulátor is)	Ellenőrzés, tisztítása, szivárgás keresés				
6.	Daráló és szitáló egység (csapágycseréje amennyiben indokolt)	Ellenőrzés, tisztítása				
7.	Behordó csiga és hajtás	Ellenőrzés, tisztítása				
8.	Kardáncsuklók	Ellenőrzés, tisztítása, kenése				
9.	Préselőgörgők (csapágycseréje amennyiben indokolt)	Ellenőrzés, tisztítása				

A TPM közül a 12 és a 24 hetes csak ellenőrzésre térnek ki, ellenőrzik és megtisztítják az alkatrészeket, valamint megvizsgálják a kopó alkatrészeket és ha szükséges cserélik azokat, illetve, ha elő van írva elvégzik a kenési feladatokat.

Az éves karbantartásnál egy héten keresztül történik a karbantartás. A gépet tüzetesen átvizsgálják és kicserélnék minden olyan alkatrészt, amelyet a gépkönyv előír, illetve, ha a karbantartó kollégák úgy ítélik meg hogy az alkatrész állapota nem megfelelő, akkor azokat az alkatrészeket is kicserélik. Ilyenkor a karbantartó kollégák többször járnak ki a raktárba, hogy behozzák az éppen szükséges alkatrészeket. Átlagosan a gyártóegység műhelyéből a raktárba ki- és visszajutni 7-8 perc, mivel a zsilipeknél minden egyes alkalommal újra be kell öltözni és be kell mosakodni, továbbá az alkatrész megkeresése és lekérése a raktár gépből további 5-10 percet vesz igénybe így összességében elmondható, hogy átlagosan 15 percet vesz igénybe mire a kollégák behoznak egy alkatrészt, nem beszélve a plusz költségekről, amelyeket az egyszerhasználatos köpenyek, lábszákok, hajhálók jelentenek. Ha figyelembe vesszük, hogy egy éves karbantartás folyamán akár több mint ötven alkatrészt is ki kell cserélni és ha nem is mind az ötvenért kell egyesével kimenni akkor jól látható, hogy az oda-vissza járkálással rengeteg idő elmegy.

A spaghetti diagram (15. ábra) jól mutatja, hogy egy 12 hetes karbantartás során a kollégák hányszor teszik meg az utat a különböző helyiségek között, a kritikus útvonalait én a zsilip és az alkatrész raktár között határoztam meg. A B. box bevezetésével a mozgások csökkenthetők lennének.

4.2. Gépek és berendezések karbantartásához szükséges alkatrészek adatbázisának elkészítése.

Ahhoz, hogy a karbantartás jól ütemezhető legyen tudunk kell, hogy az adott gép vagy berendezése karbantartásához milyen alkatrészekre, alap- és segédanyagokra lesz szükségünk. Ehhez én egy Excel táblázatot alkalmazok, amelyben látható a gép neve, a 12, 24 és az éves karbantartáshoz szükséges alkatrészek, segéd- és alapanyagok megnevezésük és mennyiségük. Hogy milyen alkatrészek tartoznak egy adott gép adott karbantartásához azt a karbantartó kollégák tapasztalataiból és a gyártók által meghatározott kritikus alkatrész listából derítettem ki. Minden gépnek külön Excel-t hozok létre melyeket egy a karbantartó mérnökök által is hozzáférhető mappában helyezek el.

Fontos továbbá a minőséget befolyásoló alkatrészek kockázatelemzése a karbantartás és a gyártás folyamatában. Ennek során azonosítani és értékelni kell azokat az alkatrészeket, amelyek kritikusak lehetnek a termék minőségére és teljesítményére nézve. A kockázatelemzés segít felmérni, hogy az adott alkatrész mennyire veszélyeztetheti a termék minőségét, a berendezés működőképességét, biztonságát és megbízhatóságát.

Az alábbi hat lépésben bemutatom a minőséget befolyásoló alkatrészek kockázatelemzésének folyamatát:

1. Azonosítás: Azonosítom azokat az alkatrészeket, amelyek befolyásolhatják a termék minőségét. Ezek általában olyan alkatrészek lehetnek, amelyek kritikus funkciókat látnak el, vagy olyan alkatrészek, amelyek nagyobb valószínűséggel hibásodnak meg.
2. Kockázatbecslés: Megbecsülöm az egyes alkatrészek kockázatát. Ennek során figyelembe kell venni olyan tényezőket, mint például az alkatrész meghibásodásának valószínűsége, az ebből adódó következmények súlyossága, valamint a hibás alkatrész cseréjének vagy javításának költségei.
3. Priorizálás: Rangsorolom az alkatrészeket kockázatuk szerint. Azokat az alkatrészeket, amelyek nagyobb kockázatot jelentenek a termék minőségére nézve, magasabb prioritással kell kezelnem.

4. Kockázatkezelés: Létrehozok egy tervet az alkatrészek kockázatainak kezelésére. Ez magában foglalhatja például redundáns alkatrészek használatát, szigorúbb minőségellenőrzéseket, vagy a kritikus alkatrészek gyakoribb karbantartását.
5. Megfigyelés és ellenőrzés: Megfigyelem és ellenőrzöm az alkatrészeket a termelés során és azután is, hogy azok megfelelnek-e a tervezett minőségi szabványoknak és követelményeknek.
6. Visszajelzés és tanulás: Összegyűjtöm a tapasztalatokat és visszajelzéseket az alkatrészek minőségével kapcsolatban. Ez lehetővé teszi számomra, hogy folyamatosan fejlesszem a minőségellenőrzési folyamatokat.

A minőséget befolyásoló alkatrészek kockázatelemzése tehát fontos része a karbantartási és gyártási folyamatnak, és hozzájárulhat a termék minőségének és a berendezések megbízhatóságának javításához.

A következő táblázatban a PIW200 K. gép alkatrészeinek egy része látható.

3. táblázat: PIW200 K. géphez tartozó alkatrészek listájának egy része

(Forrás: saját szerkesztés a gyártó által meghatározott alkatrészek szerint)

Azonosító szám:	Rendelési szám	Rendelési megnevezés:	Magyar megnevezés:	Gép:	Rajz azonosító:
4965	1012644	Double-thread screw	Dupla menetes csavar	PIW200 K. gép	E02383-0405
7799	147114	Roller, knurled	Recézett görgő	PIW200 K. gép	E02149-0310
2091	1713055	Star filter cartridge QX200 Ti07 0,14 OF OD= 200 mm / L= 300 mm	Csillag szűrőbetét	PIW200 K. gép	NA
2724	135918	Lower scarper	Alsó kaparó	PIW200 K. gép	E1142-0095
3855	1725378	Rotor Ø147 angle 45° finish 7	Rotor	PIW200 K. gép	E02244-1390
6811	1013234	Roller, milled	Mart görgő	PIW200 K. gép	E02149-0320

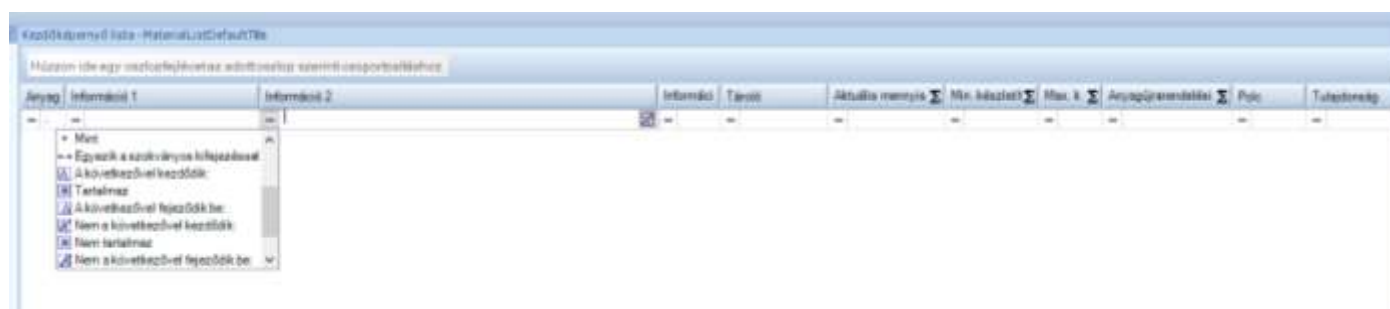
Az adatbázis segítségével meg tudom határozni, hogy az alkatrészekből mennyit és milyen gyakran kell rendelni. Itt figyelembe kell venni azt is, hogy bizonyos alkatrészek rendeléstől számított átfutási ideje nagyobb lehet, mint a többi alkatrésze.

Az adatbázisnak tartalmaznia kell a gépek, berendezések kritikus kopó alkatrészeit. Ezen alkatrészekből jó, ha van plusz tartalék a raktárban, ugyanis, ha ezek meghibásodnak és nincsen készleten csere alkatrész akkor a termelés megáll és kiesés keletkezik.

Az alkatrészeket a P. pick szoftverrel tudjuk lehívni az automata raktárból. A szoftver egyszerűen kezelhető, nem igényel különösebb előképzettséget. A kezdőképernyőn egyszerűen tudunk keresni adott gépre vagy alkatrészre. Az alábbi (11. ábra) láthatjuk a P. pick kezdőképernyőjét. Minden alkatrész és anyag rendelkezik egy anyagszámmal mely egyben egy egyedi azonosító is, utána következik az Információ 1 ide rögzítjük az alkatrész megnevezését, fontos, hogy a szoftver nem kezeli jól az ékezetes betűket ezért ezek alkalmazását kerülni kell, a következő oszlopban található az információ 2, ide az alkatrész gyártási vagy rendelési számát rögzítjük, illetve, ha gépspecifikus az alkatrész akkor ide kerül az is, hogy melyik géphez használják azt. A következő oszlopok a készletezés szempontjából fontosak, látható az aktuális-, a minimum- és maximum készlete az alkatrésznek. A polc oszlop mutatja, hogy melyik polcon található az alkatrész. A többi oszlop nem tartalmaz lényeges információt. A lenyíló fülön látható, hogy a keresési feltételeket milyen paraméterek alapján tudjuk beállítani, leggyakrabban a tartalmaz opciót választjuk, ugyanis ilyenkor elég az alkatrész, gép, vagy rendelési szám egy részét beírni, de számos egyéb opció közül is választhatunk.

11. ábra: P. pick szoftver kezdőképernyő, részlet

(Forrás: P. pick szoftver kezdőképernyő)



Miután az adatbázisok elkészültek összetett képet kapok arról, hogy mely alkatrészekből mennyit kell minimum raktárkészleten tartani. Amely alkatrészeket több berendezésnél is használunk, például tömítések, o-gyűrűk vagy pneumatikus csatlakozók a táblázatokból összesítem és úgy állítom be azok minimum és maximum szintjét, hogy mindig rendelkezésre álljon a megfelelő mennyiség.

A karbantartó kollégákkal egyeztetve arra jutottam, hogy legalább kétszer annyi alkatrész álljon rendelkezésre, mint amennyi a gép karbantartásához szükséges plusz két darab, hogyha az alkatrész nem lenne megfelelő akkor is legyen pótdarab. A maximum készlet szintet az alacsony költségű alkatrészeknél úgy határoztam meg, hogy a karbantartáshoz szükséges darabszám többszöröse legyen. Például egy Festo pneumatika csatlakozót tíz, illetve ötven darabos

csomagolásban tudunk rendelni, mivel ezek gyorsan forgó készletek, így általában húsz és ötven darab között rendelék belőlük, hogy mindig meglegyen a kellő darabszám.

12. ábra: E-mail részlet cenzúrázva a minimum készlet szint alá csökkent alkatrészekről

(Forrás: belső levelezés)

Üdvözljük!

Az alábbi táblázat tartalmazza a minimum készlet alá csökkent alkatrészek listáját a KARDEX rendszer alapján.

Anyagnév	Leírás	Leírás2	Minimumszint	Mai készlet	Tegnapi készlet	Tegnapi fogyás
7613	Fenyecsó mini gepter lampa F6W/33		10	7	7	0
5272	Kuplung		2	1	1	0
5112	Reed rele szurozsak erzekelo KL3087+vezetek		4	2	2	0
7691	Szilikon negyszog profil zsinor 4x4	4x4	10	0	0	0
1291	Terminal, kijelzo, erintokepernyo 6AV6642-0BA01-1AX1 TP177B colr PN/DP		1	0	0	0
943	Hangtompito-d8	SMC-AN200	5	2	2	0
2717	Felfujható tomites betölto ajtóhoz D=708mm		2	1	1	0
1102695	Csatlakozó dugó	STNC-06	5	3	3	0
7887	Felső elonyomó hid merocella komplett		2	1	1	0
5415	Csapagó-6004 2RSR-rozsdamentes	FAG/SKF Kompaktor	10	0	0	0
5314	Awab bilincs	25-40/12-W4	10	4	4	0

A P. pick szoftverben lehetőség van a minimum készlet szint kilistázására, ez jelenleg is működik. A karbantartó mérnökök minden reggel megkapják a minimum készlet szint alá csökkent alkatrészek listáját email-ben, (12. ábra). A karbantartó mérnökök és én is ennek a listának a segítségével, illetve a karbantartó kollégák kérését figyelembe véve rendeljük meg a szükséges alkatrészeket.

4.3. Minimum és maximum készlet

A karbantartáshoz szükséges alkatrészek egy automata raktárban találhatók, az alkatrészeket egy program (P. pick) segítségével lehet lekérni a raktárból. Az alkatrészek rendelkeznek névvel, cikkszámval, ha gépspecifikusak akkor a gépegység megnevezésével, továbbá meg kell adni a minimum és maximum (későbbiekben min. max.) darabszámot, amelyet tartani kívánunk belőlük. A meglévő alkatrészek min. max. készletét a kollégák már korábban beállították, de ha egy beruházás keretében új berendezés kerül a vállalat tulajdonába akkor a hozzá tartozó alkatrészek esetében nekem kell megadnom a szükséges adatokat. Az információkat a karbantartó kollégákkal egyeztetve adom meg. Ez azért fontos, mert a karbantartáshoz szükséges alkatrészeket egyelőre nekik kell összeszedni, és ha nem tudják

milyen néven keressék az alkatrészt, akkor a megkeresésük időigényes és hosszú folyamat lesz, amely hátráltatja a munkájukat.

A helyes min. max. készlet beállítása elengedhetetlen a folyamatok megfelelő működéséhez. Figyelembe kell venni, hogy egy bizonyos alkatrészt több berendezésnél is használhatunk vagy egy berendezésen belül több darabra is szükség van. Továbbá a beérkezési időt számításba kell vennem, ugyanis egyes alkatrészeknél akár egy év is lehet, és ha nem áll rendelkezésre az alkatrész, akkor a karbantartást se lehet elvégezni.

Példa erre a gépspecifikus, csak a gyártó által forgalmazott nem kopó alkatrészek melyek szállítási ideje nem ritkán három hónaptól egy évig is eltarthatnak.

13. ábra: P. pick szoftver, tárolási szabályok beállítása

(Forrás: P. pick szoftver, tárolási szabályok beállítása menüpont)

The screenshot shows the 'Anyagkezelés' (Material Management) window in the P. pick software. The top menu bar includes 'Alkalmazás', 'Kezelés', 'Rendelés', 'Raktár', 'Jelentéskészítés', 'Eszközök', and 'Súgó'. Below the menu, there are buttons for 'Kezdőképernyő' and 'Kilépés'. The main window has a tabbed interface with 'Anyagkezelés' selected. The 'Anyagkezelés' tab is further divided into 'Alapadatok', 'Speciális', 'Tulajdonság', and 'Tárolási szabályok'. The 'Tárolási szabályok' tab is active, showing a list of storage rules on the left and a detailed configuration panel on the right. The configuration panel includes fields for 'Anyag' (1268), 'Tároló' (K/4.Tároló doboz), 'Max. készlet per tároló' (50,00), and 'Tulajdonság' (EA). The 'Tárolási szabály meghatározása' section shows 'Rendelkezésre álló tárolók' (K/4.Tároló doboz) and a 'Leírás' field. The 'Tárolási szabály tulajdonságai' section includes 'Max. készlet per tároló' (50,00), 'Szükséges kapacitás (%)' (100), and 'Min. készlet per tároló' (5,00). At the bottom, there are buttons for 'Új szabály' and 'Szabály eltávolítása'.

Az itt látható példán az egyik cikk tárolási szabálya látható. Ahogy a kép is mutatja a maximum készlet/tároló-ra 50 darab, illetve a minimum készlet/tároló-ra 5 darab lett beállítva. Ez azt jelenti, hogyha a készlet 5 darab alá csökken akkor új rendelést kell elindítani a termékre, olyan mennyiségben, hogy az újra kielégítse a kívánt mennyiséget. Mivel ezt az adott alkatrész több helyen is használjuk nem készíthető rá előre tervezett fogyás. Az alkatrészt két raktáras készletezési módszerrel kell újra rendelni, ahol sem időközök, sem a rendelés nagysága nem állandóka. A rendelést akkor indítjuk, ha a készlet a minimum szint alá csökkent és mindig a készlet maximuma való mennyiséget rendelünk.

Ahhoz, hogy megtudjuk mely termékek fogynak a leginkább készítettem egy pareto elemzést, amelyből levezettem egy ABC elemzést. Az elemzés adatait a raktározási rendszer előzmény listájából készítettem és a 2023-ban felhasznált anyagokat tartalmazza. A táblázat 1617 cikket sorol fel, jól látható, hogy az 1617 cikkből az első 8 tétel az, amely a kereslet 20%-adja. Ezek között vannak olyan tételek, amelyek fogyó eszközök, illetve olyanok is amelyek egy gép átépítéséhez vagy egy berendezés korszerűsítéséhez lettek felhasználva, de található közöttük olyan is, amelyből nem volt fogyás.

4. táblázat: 2023-ban legtöbbet használt alkatrészek a P. pick szoftver szerint.

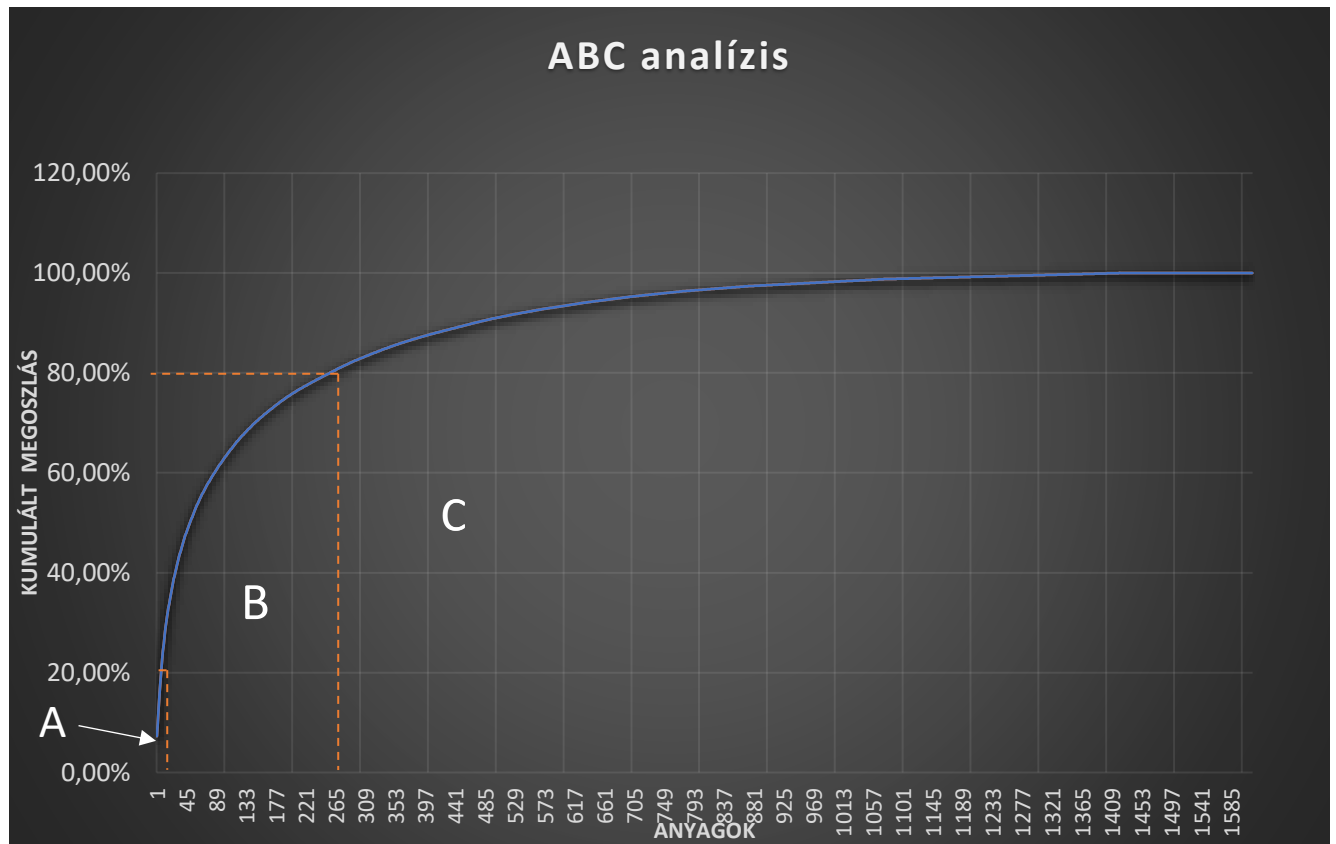
(Forrás: P. pick szoftver, előzménylista)

Anyagszám	Információ 1	Kért mennyiség (db)	Tétel db megoszlás	Kumulált megoszlás	Kategória 20-40-40
3317	Olajfogyó szlikon gyuru EU1"-441 -D41x7	1000	3,51%	7,27%	A
3326	Sorkapocs-(csoki) 2,5 mm	702	2,46%	9,73%	A
3293	SD gyuru 19x27x4-B INA szennylehuzó, olajlehuza EU19	654	2,30%	12,03%	A
7283	Szennylehuzó olajfogyó harmonika EU 1"(feher, kívülől felrakható)	588	2,06%	14,09%	A
2769	Antisztatikus szűrő PTS:200 Nagy	571	2,00%	16,10%	A
7378	Erveghuvely 0,75 mm2 L=14,6 (feher) E050	500	1,76%	17,85%	A
7867	Sorkapocs	481	1,69%	19,54%	A
1042	O-gyuru-6,07x1,78	470	1,65%	21,19%	B

Az számítások elvégzése után az alábbi diagramot kaptam. Az ABC analízis jól mutatja, hogy milyen kevés alkatrész adja a kereslet 20%-át. Ezekre az alkatrészekre érdemes kiemelt figyelmet fordítani, ugyanis a hiányuk jelentős fennakadásokat eredményezhet a karbantartási és termelési munkálatok során.

14. ábra: ABC analízis

(Forrás: saját szerkesztés)



4.4. Mozgások megfigyelése spagetti diagram segítségével

A spagetti diagram egy eszköz a folyamatok vizualizálására és elemzésére, melyet leggyakrabban a Lean gyártási környezetben során alkalmaznak. A diagram célja, hogy feltárja és megértse a folyamatokban felmerülő veszteséges mozgást, amelyek pazarolják az időt és erőforrásokat.

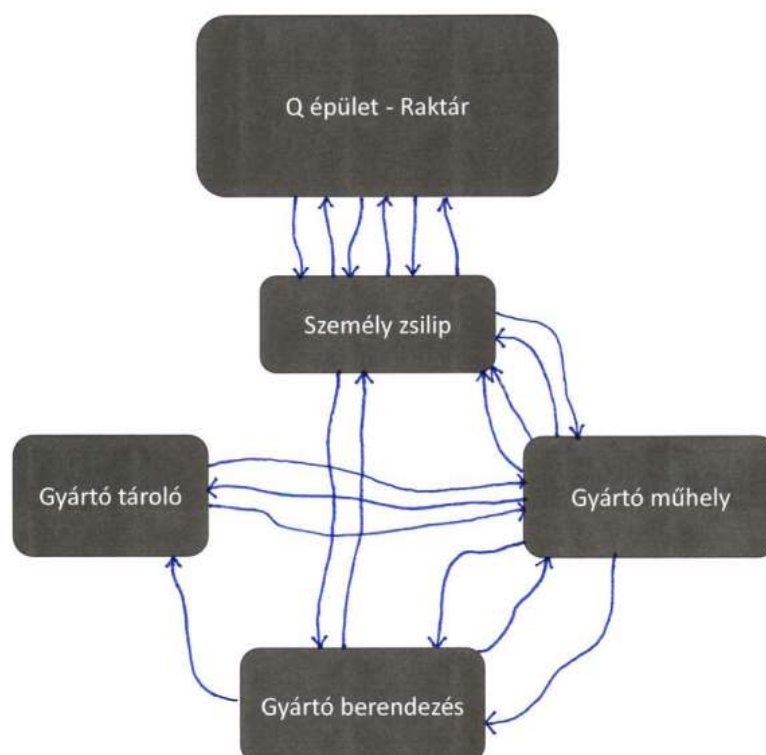
A diagram a nevét jellegzetes kinézetéről kapta, amely hasonlít a spagetti tésztára, mivel a vonalak kuszán fedik át egymást, ahogyan az emberek vagy tárgyak mozognak a munkaterületen vagy a folyamatokban. A diagram általában egy adott munkaterület vagy folyamat térképezésére szolgál, ahol a résztvevők mozgását nyomon követik egy adott időszak alatt.

A diagram elkészítése során a következő lépéseket fogom elvégezni.

1. A folyamat vagy munkaterület térképezése: Először is, az adott folyamat vagy munkaterület térképezése történik. Ez lehet egy gyártósor, irodai környezet vagy bármilyen más munkaterület. Én a gyártó egység és a Q raktár közötti útvonalakat térképeztem fel.
2. Megfigyelés és adatgyűjtés: A résztvevőket megfigyeltem egy adott időszakban, és rögzítettem a mozgásukat, például ahol járnak, milyen gyakran mozognak, és mennyi időt töltenek az egyes helyszíneken. Megkérdeztem őket mely útvonalakat tartották kritikusnak és milyen egyéb meglátásaik vannak az útvonalakkal kapcsolatosan.
3. Diagram elkészítése: Az adatok alapján elkészítem a spagetti diagramot, ábrázolva az emberek mozgását a térképezett területen. A vonalak jelzik az egyes mozgások útvonalát és gyakoriságát.
4. Elemzés és fejlesztés: Miután elkészült a diagram, elemzem az adatokat és az ábrát, hogy azonosítsam azokat a területeket, ahol szükségtelen mozgás fordulnak elő. Ezután lehetőségem adódik a folyamatok fejlesztésére vagy átszervezésére a hatékonyság növelése érdekében.

15. ábra: 12 hetes karbantartás alatti mozgások bemutatása Spagetti diagrammon

(Forrás: saját szerkesztés)



Jól látható a (15. ábra), hogy mennyi mozgásra van szükség, ha csak háromszor kell kimenni a Q épületben található raktárba. A diagrammon az is jól látható, hogy a két legforgalmasabb csomópont a gyártó műhely és a zsilip.

Átlagosan 8 percet vesz igénybe a műhelyből kimenni a raktárba, illetve vissza a műhelybe. Egy 12 hetes karbantartás során körülbelül 15-20 fajta alkatrésze van szükség. Ha 15 alkatrésszel számolunk akkor a ki- és bejutás 8 perc míg egy alkatrész lehozása az automata raktárból (az alkatrész megkeresésétől a polcból való kivételig) átlagosan 5 perc akkor az alábbi egyenletet kapom:

$$4 + (15 * 5) + 4 = 83 \text{ (perc)}$$

Ahol:

- 4: négy perc kimenni a raktárba
- 15: 15 darab alkatrészt kell összekészíteni
- 5: öt perc egy alkatrész megkeresése és lehívása az automata raktárból.
- 4: négy perc visszamenni a gyártó egységbe

Tehát a 15 fajta alkatrész összekészítése ha csak egyszer kell kimenni a raktárba 83 percebe telik. De ez azt jelenti, hogy a karbantartó kollégáknak csak egyszer kell kimenni. Ha legalább háromszor ki kell menniük az alkatrészek behozatala miatt akkor a következő egyenletet kapom.

$$3 \times (4 + 5 \times 5 + 4) = 99 \text{ (perc)}$$

Ahol:

- 3: háromszor kell megtenni az utat a gyártó egység – raktár – gyártó egység között
- 4: négy perc kimenni a raktárba
- 5: öt darab alkatrészt kell összekészíteni
- 5: öt perc egy alkatrész megkeresése és lehívása az automata raktárból.
- 4: négy perc visszamenni a gyártó egységbe

Ebből azt a következtetést vonom le, hogyha csak kettővel több veszteséges mozgás történik akkor egy 12 hetes karbantartásra fordított alkatrész előkészítse 16 perccel vesz több időt igénybe mintha előre összekészített B. box-ba lett volna összekészítve. Nagyobb karbantartások során az az idő nagyságrendekkel lehet több.

4.5. A B. box rendszer előkészítése

A B. box rendszer lényege, hogy a karbantartási tervhez igazodva az adott gép karbantartásához szükséges alkatrészeket előre összekészítve tudjuk odaadni a karbantartást végző karbantartó kollégáknak, ezzel időt és energiát takarítva meg nekik. A karbantartó kollégáknak gyakran többször is ki kell jönniük egy alkatrészért a raktárba mely veszteséget okoz és így több időt vesz igénybe a karbantartás.

A rendszer alapköve az adatbázis, mely lehetővé teszi a raktáros kollégának, hogy az adott gép, adott karbantartásához előre össze tudja állítani a szükséges alkatrészeket. Ezt célszerű a karbantartás megkezdése előtt legalább egy nappal megtenni. Az összeállított dobozt egy erre a célra fenntartott helyre kell helyezni. A dobozon meg kell jelölni a gép nevét, a karbantartás típusát, az alkatrészlistát, összeállító nevét és az összeállítás dátumát. Az alkatrészlista mellé szükséges egy plusz oszlop melyben a karbantartó jelölni tudja, mely alkatrészeket használta fel a karbantartás során, erre azért van szükség mert nem feltétlenül kell minden egyes alkatrészt kicserélni, a karbantartó kollégának felhatalmazása van az alkatrész vizsgálatakor, hogy felülbírálja a csere szükségességét. Az alkatrész felülbírálatát azoknál a gépeknél és berendezéseknél lehet alkalmazni, amelyek nem folyamatosan mennek és ezáltal kevésbé kopnak az alkatrészeik. A doboz mellé célszerű egy robbantott ábrát is mellékelni, mely megmutatja, mely alkatrészek hova kerülnek beszerelésre. Ez segítheti az új karbantartó kollégák munkáját, illetve olyan esetekben lehet hasznos, ha egy új gépen kell a karbantartást elvégezni. Az alkatrészeken megtalálható gyártási számok segítenek a robbantott ábra azonosításában azonban az egyedi alkatrészek nem rendelkeznek cikkszámokkal, ilyen esetekben célszerű a raktározási rendszerben használt számmal ellátni ezen alkatrészeket és a robbantott ábrát kiegészíteni ezekkel az alkatrészekkel.

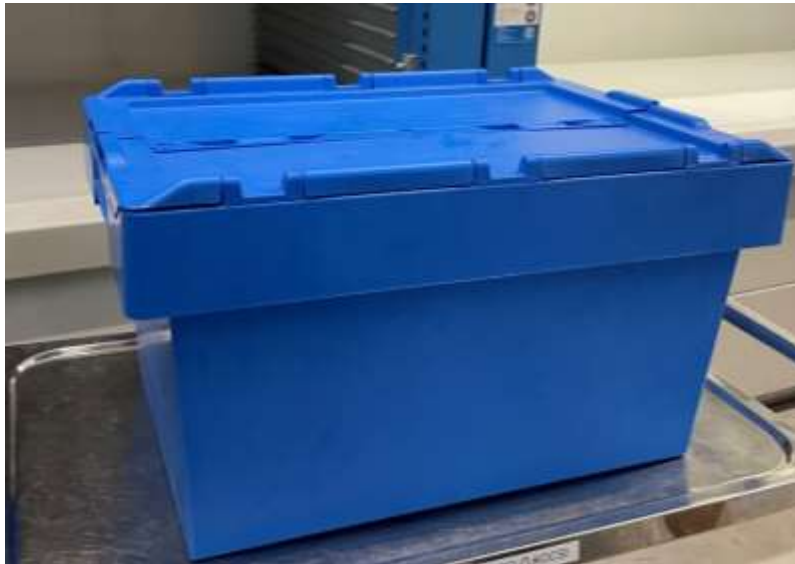
A B. box rendszer másik elengedhetetlen része maga a doboz. A doboz méretének igazodnia kell az adott gép, adott karbantartásához. El kell, hogy férjen benne az összes szükséges alkatrész. Célszerű masszív dobozt választani, ugyanis nem egy alkatrész mind formájában, mind súlyában lehetővé teszi a doboz roncsolását amennyiben az nem rendelkezik megfelelő szilárdsággal.

Három méretet (hossz x szélesség x magasság) választottam, melyek igazodnak a karbantartáshoz szükséges alkatrészek tárolásához.

- S-es méret: többször használható rakásolható tároló
Méret: 600 x 400 x 250 mm
- M-es méret: többször használható rakásolható tároló
Méret: 600 x 400 x 310 mm
- L-es méret: többször használható rakásolható tároló
Méret: 600 x 400 x 400 mm

16. ábra: L-es méretű, többször használható, rakásolható tároló (B. box)

(Forrás: saját kép)



A dobozok tárolására elengedhetetlen egy kellő méretű és teherbírású polcrendszer. Mivel egy héten átlagosan 4-5 gépen végeznek karbantartást a polcrendszernek elég nagyoknak kell lennie ahhoz, hogy az összes dobozt tárolni tudja.

A polcrendszert célszerű könnyen megközelíthető helyre telepíteni, amely mind kézi kocsival, mind kézi raklapmozgató békával elérhető. A polcrendszeren tárolhatjuk az éppen üres dobozokat, melyeket az elkövetkező karbantartásokhoz szükséges B. box-ok elkészítéséhez tudunk a későbbiekben felhasználni.

A (4.4) bekezdésben említett idők alapján megfigyelhető volt, hogy egy 12 hetes karbantartás során 16 perccel volt több idő az alkatrészekért való kijárálás mintha előre összekészített B.box-ban lettek volna összekészítve az alkatrészek. A 12 hetes karbantartásra 16 percet veszek plusz időnek és ehhez viszonyítva a 24 hetes karbantartáshoz 35, míg az éves karbantartáshoz 90 perces plusz időt rendelek akkor (4.9) számolt eredményeket kapom.

4.6. Példa a PIW100 K. gép 12 hetes. karbantartásához szükséges alkatrészek B-box rendszerbe való összekészítéséhez.

A PIW100 K. gépen 12 hetente elvégeznek egy komplex tömítés cserét, amely során egy sor kritikus kopóalkatrész is cserére kerül. Az alábbi (5. táblázat) látható az alkatrészek listája, amelyeket a karbantartáshoz felhasználnak a karbantartó kollégák. Ezeket az alkatrészeket a korábban elkészített adatbázisból nyertem ki, ahol meg vannak adva az alkatrészek anyagkódjai, megnevezései és a karbantartáshoz szükséges darabszámok. A (18. ábra) jól látható a (5. táblázat) tartalmazó alkatrészek hogyan is néznek ki valójában.

5. táblázat PIW100 K gép 12 hetes anyagjegyzéke (Bill of Materials)

(Forrás: saját szerkesztés P. pick szoftver előzménylista alapján)

Anyagkód:	Megnevezés:	Szükséges darabszám:
5826	Szimering 25x36x7	8
2536	Műanyag takaró elem a behordó csigához	1
7863	Garlock- 100x120x12	8
7893	Garlock-30x50x0,8- behordó csiga	8
5415	Csapágy-6004 2RSR-rozsdamentes	4
3075	Csapágy-22315 nyomó henger	4
2178	Szimering 70x90x12	2
3131	O-gyűrű 25x2,5 mm	2
3030	Csapágy-6005	10
855	Élelmiszer kenő zsír tubusos	1
6014	O-gyűrű 100X3 mm NBR70	4
5073	Porvédő lemez 6315.AV	4
5828	Szimering 40x72x7	6
5011	SPRAY féktisztító	1

Az alkatrészeket és segédanyagokat P. pick szoftver segítségével tudom lehívni az automata raktárból (17. ábra). A raktár három modulból áll melyekben összesen 120 polc található, egyenlően elosztva. Az alkatrész kitárolásakor a szoftver lehozza a polcot és pontosan megmondja, hogy az adott alkatrész mely oszlop, mely sorában található, továbbá segítséget ad a tárolókon elhelyezett anyag azonosító szám is. Miután az alkatrészek és segédanyagok kigyűjtésre kerültek egy megfelelő nagyságú dobozba, esetemben L-es méretű B. box-ba kerülnek elhelyezésre.

17. ábra: Automata raktár és polca

(Forrás: saját kép)



A következő képen a kigyűjtött alkatrészek és segédanyagok láthatók, ezek kényelmesen elférnek egy M-es méretű B. box-ban (a képen L-es méret látható, mivel jelenleg ez az egyfajta doboz van tesztelés alatt). Az M-es méretet a négy darab SKF csapágy súlya indokolja ezek ugyanis összesen 21 kilogramm.

18. ábra: PIW100 K. gép 12 hetes karbantartásához szükséges anyagok és alkatrészek

(Forrás: saját kép)



Az összekészített dobozra rákerül az anyagjegyzék (5. táblázat), a karbantartandó berendezés megnevezése és a karbantartás típusa, a B. box-t összerakó személy neve és az összekészítés dátuma. A dobozt a szükséges információk ellátása után egy erre a célra kijelölt nagy teherbírású állványra helyezzük, majd, amikor eljön a berendezés karbantartásának ideje a karbantartó kollégáknak átadjuk, akik megkezdik vele a karbantartást.

Az alkatrészek megkeresése és lehívása az automata raktárból, majd a dobozba helyezése és a dokumentáció elkészítése ebben az esetben egy órát vett igénybe.

19. ábra: Összekészített és dokumentált B. box

(Forrás: saját kép)



A karbantartás elvégezte után a doboz visszakerül a Q épületben található raktárba, ahol a dokumentáció eltávolításra kerül és a többi üresen álló dobozba kerül elhelyezésre, majd, amikor eljön az ideje egy másik gép karbantartásához szükséges alkatrészek fognak belekerülni.

4.7. „Offline” felújítás és rezgésdiagnosztika

4.7.1. „Offline felújítás”

Röviden az offline felújítás nem más takar, mint a berendezés egy bizonyos alkatrészének vagy egységének felújított és összeszerelt állapotban lévő készleten tartása, melyet a karbantartás folyamán a karbantartó kollégák egyben kicserélnek a használt alkatrésszel vagy alkatrészek egységével. A folyamat lényege, hogy a karbantartás alatti időt csökkenteni tudjuk és az olyan időpontokban amikor a karbantartás nem annyira terhelt a használt alkatrészt fel tudják újítani, hogy azt újra felhasználhassák.

A folyamat a következőképpen történik. A karbantartó mérnökök meghatározzák, mely berendezéseken használható ez a fajta karbantartási eljárás. Meghatározzák továbbá, mely részegységeket lehet új módon karbantartani. Az adott berendezés részegységének cseredarabja a raktárban található, melyet a karbantartó kollégák a gép karbantartása után kivittek a szerelőműhelybe és bevételezték, mint használt, felújításra váró részegység. Amikor a karbantartásnak holtideje van és nincs egyéb teendője, a karbantartó kollégák megkezdik az alkatrész felújítását,

A felújításhoz szükséges alkatrészeket az alkatrészraktárból tudják kivételezni, fontos, hogy a megfelelő darabszámú alkatrész legyen raktáron ezért fontos, hogy az offline felújítás megkezdése előtt ellenőrizzük azok meglétét és hiány esetén elindítsuk azok rendelését. Az ilyen módon karbantartható egységekhez is létrehozok anyagjegyzékeket és a már említett ciklikus karbantartásokhoz hasonló B. box rendszert készítek el hozzájuk. Bár ezeknek az egységeknek a felújítása rendszerint a Q épületben található technikus műhelyben történik és új módon nincs szükség az alkatrészekért való ki-be mozgásra, úgy gondolom, hogy az összekészített alkatrészek nagyban megkönnyítik a karbantartó kollégák munkáját.

Példa offline felújítással történő időmegtakarításra:

Az éves karbantartás során a gép vagy berendezés egy hétig van kivonva a termelésből. A karbantartáshoz szükséges idő 360 műszakóra, ezt úgy kapjuk meg, hogy műszakonként három karbantartó, három műszakban, műszakonként nyolc munkaóraban a hét öt napján dolgozik a gépen vagy berendezésen. Fontos megemlíteni, hogy amennyiben több mint három karbantartó dolgozik a gépen úgy az előírt időnél kevesebbre van szükség, míg, ha kevesebben dolgoznak több lesz. Az éves karbantartás időszükséglete a következő:

$$360 = 3 \times 3 \times 8 \times 5 \text{ (óra)}$$

A következőkben bemutatom, hogy mennyivel kevesebb időt vesz igénybe, ha a berendezés egy egységét offline-n felújított csere egységgel tartják karban, mint a hagyományos módon.

A gép karbantartás során a jelenlegi helyzet bemutatásában leírt, a karbantartás folyamata alapján zajlik. A hagyományos karbantartás során a lépések megegyeznek a leírtakkal (1), míg az offline felújítás abban tér el, hogy a (2) és a (7) pont közötti feladatokat előre elvégzik a karbantartó kollégák, így a kisserelt alkatrész már felújított, összeszerelt és megtisztított állapotban szerelik vissza a gépbe. Ezzel a módszerrel jelentősen lecsökken a karbantartás ideje. Míg a hagyományos éves karbantartás során egy-egy egység karbantartása akár 16 órát is igénybe vehet, úgy az offline felújított alkatrész cseréje körülbelül 1 óra alatt elvégezhető. Ha a fenti egyenlet alapján számolok akkor a két műszakot igénylő munkafolyamatot offline karbantartással kicsit több mint egy óra alatt el tudják végezni. Ez a gyakorlatban azt jelentené, hogy majdnem két műszakkal többet tudna a gép termelni, amely jelentős árbevételt tudna hozni a vállalatnak.

Az offline karbantartás másik módja a külsős partner bevonásával történhetne. A gépek, berendezések egységeit egy külsős cégnek adnánk át felújításra, így a karbantartástól nem vonnánk el plusz időt és energiát az egységek karbantartásához. Amennyiben az egységek házon kívüli felújítása költséghatékonyabb, mint a házon belüli felújítás vagy a tervezett karbantartások miatt nincs idő az offline felújítás elvégzésére, akkor ez a módszer is lehetővé tenné az egységek hatékony karbantartását.

Összegezve az offline karbantartással lerövidülnének a karbantartási idők, a kihasználatlan idők hasznosítva lesznek, a karbantartások elvégzése gyorsabb és hatékonyabb lenne, végezetül a termelés hatékonyabb lenne mely a vállalatnak plusz bevételt jelentene.

4.7.2. Rezgésdiagnosztikai vizsgálatok

A telephelyen jelenleg is számos berendezésen nagyrészt ventilátorokon és az azokat hajtó motorokon végeznek rezgésdiagnosztikai vizsgálatokat, melyek segítségeteknek a meghibásodások bekövetkeztének előrejelzésében. Ezek többnyire egyszerű és nem annyira modern eszközökkel történnek. A méréseket külsős partner végzi el majd az állapotukról jegyzőkönyvet állít ki. Egy külsős cég által tartott bemutatón új módszereket és kifinomultabb mérési eredményeket nyújtó eszközöket mutattak be. Az egyik ilyen eszköz egy Fixturlaser SMC rezgésmérő és elemző műszer volt, amely képes automatikusan diagnosztizálni a géphibákat, illetve számos egyéb funkcióval rendelkezik, mint például a beépített kamera, hőmérő és stroboszkóp. A berendezés legnagyobb előnye, hogy könnyen hordozható, mivel automatikusan elemzi az adatokat és a laikus számára is érhető eredményt ad a berendezés állapotáról. A műszer számos problémát képes diagnosztizálni legyen szó kiegyensúlyozatlanságról, beállítási problémákról vagy csapágy problémákról. A beépített lézeres hőmérővel könnyedén megállapítható a berendezés hőmérséklete, amellyel további adatok nyerhetők a berendezéssel kapcsolatban. A berendezés további előnye, hogy a méréshez nem szükséges vezetékes érzékelő, mivel egy háromtengelyes vezeték nélküli érzékelővel rendelkezik, mely egyszerre végez méréseket horizontális, vertikális és axiális irányban, továbbá a vezeték hiánya növeli a biztonságosságot. A beépített stroboszkóppal könnyedén mérhető a tengelyek fordulatszáma 30-15.000 fordulat/perc-es tartományban.

Amennyiben a telephely rendelkezik egy ilyen eszközzel úgy a karbantartók akár havonta meg tudnák vizsgálni az adott gépeket és berendezéseket szemben a jelenleg évente egyszer történő külsős cég által végrehajtott vizsgálattal. Sokkal jobb képet kapnánk a gépek állapotáról, mivel sokkal gyakrabban történnének a mérések és ezáltal jobban látszódnának a gépek meghibásodási trendjei.

A mérések során kapott adatok alapján, ha szükséges előre lehet hozni egy gép vagy berendezés karbantartását, hogy a későbbiekben ne okozzon termelés kiesést a tervezett karbantartás előtti megállása, de el is lehet tolni azokat, ha nem mutatnak elhasználódásra mutató jeleket.

Példa egy közelmúltban történt esetre:

Az egyik granuláló egységen felmerült egy váratlan csapágy beállítás. Tegyük fel, hogy rendelkezésre állnak a javításhoz szükséges pótalkatrészek. A gép a lehető legrosszabb időben állt le, péntek éjjel 22:15-kor. A javítást csak hétfőn tudják elkezdni így a szombati termelés teljesen kiesik. A karbantartáshoz négy főre lett volna szükség, de az egyéb feladatok ellátása miatt csak három fő tudott a géppel foglalkozni a külsős cég által küldött személy pedig csak keddre ért a telephelyre. A berendezés egységét kedden szerelték ki, a csapágyazás szerdán

történt. A visszaszerelésre csütörtökön került sor és a gép kvalifikálása a pénteki napra esett. Így tehát 18 műszak kiesése keletkezett a termelésnek.

Ha rendelkezünk volna a rezgésdiagnosztikai eszközzel és rendszeresen vizsgáltuk volna a gépek állapotát akkor ennek a 18 műszaknak a kiesése előre kalkulálható lett volna azáltal, hogy tudtuk volna, hogy a gép hamarosan meg fog hibásodni. Az első lehetőségként mérlegeltük és felkészültünk volna, hogy meghibásodásig üzemeltetjük a gépet, továbbá a termelési tervbe ütemezve lett volna kiesés a váratlan hiba miatt. A második lehetséges forgatókönyv az lett volna, hogy a hiba kialakulásának időpontjában eldöntöttük volna, hogy a következő éves karbantartási ciklusba beütemeztük volna a csapágy cseréjét, előkészítettük volna a szükséges alkatrészeket és plusz külsős erőforrással is felkészültünk volna, hogy ne vegyen el plusz időt a javítás a termeléstől. Az utolsó lehetőség pedig az lett volna, hogy rendelkezünk egy offline felújított motorral, amelyet bármelyik karbantartás alatt egyszerűen és gyorsan ki tudtunk volna cserélni.

20. ábra: Fixturlaser SMC rezgésmérő és elemző műszer egyszerű használata
(Forrás: gordulo.hu)

Gyors, pontos gépipari diagnosztika 3 egyszerű lépésben.

1. Válassza ki az eszközön a diagnosztizálni kívánt gépet.
2. Végezze el a méréseket lépésről lépésre az utasítások szerint
3. Tekintse meg a gép diagnosztikai jelentését, hogy megtudja, mi a gond és milyen javítás szükséges.



-  Jó: Nincs teendő
-  Megfelelő: Fejlemények felügyelete
-  Kritikus: Javítási tevékenység tervezése szükséges

4.8. CMMS- rendszer bevezetésének előnyei a B. box rendszerrel.

Az elkövetkezendő két-három évben tervezés alatt van a CMMS rendszer bevezetése. A rendszer bevezetése rengeteg előnnyel jár. A karbantartás terén elég lenne két ember a karbantartás tervezésére és szervezésére. A rendszer automatikusan küldené a karbantartó kollégáknak a karbantartandó berendezések listáját, már az előző héten értesítést lehetne küldeni a következő heti karbantartásokról. Az erőforrás menedzselése is könnyebben menne, a betegszabadságon vagy szabadságon lévő kollégákat automatikusan levonná a létszámból a rendszer és jelezné, ha a műszak létszáma nem érné el a karbantartáshoz szükséges létszámot.

A B. box rendszert úgy lehetne beleépíteni a CMMS rendszerbe, hogy a karbantartandó gépeknek és berendezésének a karbantartási időpontjukat megadom a rendszernek, a rendszer pedig egy-két héttel korábban jelez a raktárban dolgozó személynek, hogy készítse össze a gép karbantartásához szükséges anyagjegyzék alapján az alkatrészeket. Ezzel a módszerrel, elkerülhető a túl sok előre elkészített B. box, és így hely és idő takarítható meg. Példa erre, az éves karbantartásokhoz szükséges B. box, amelyet feleslegesen tárolnánk hónapokig, várva, hogy eljöjjön a gép éves karbantartása.

A CMMS segítségével könnyen nyomon követhetők azok az anyagok és alkatrészek, amelyek a karbantartási feladatokhoz szükségesek. Ez segíthet elkerülni a felesleges készletezést vagy a hiányosságokat, optimalizálva az anyagfelhasználást és minimalizálva a pénzügyi veszteségeket.

A CMMS hátrányai közé tartozik, hogy a beindítása nagy munkaigényű, az adatok feltöltése, a gyártó egységre számolva két fővel számolva körülbelül két évig tartana. Egy pilot projekt segíthet felkészülni a későbbi bevezetés nehézségeinek leküzdésében.

4.9. Gazdaságossági számítások

Veszteségi idő és költség az alkatrészekért történő mozgások miatt:

12 hetes karbantartások száma 2024-ben: 116 darab

24 hetes karbantartások száma 2024-ben: 189 darab

Éves karbantartások száma 2024-ben: 173 darab

$$116 \times 16 = 1856 \text{ (perc)} \approx 31 \text{ (óra)}$$

$$189 \times 35 = 6615 \text{ (perc)} \approx 110 \text{ (óra)}$$

$$173 \times 90 = 15.570 \text{ (perc)} \approx 260 \text{ (óra)}$$

$$\Sigma_{\text{idő}} = 31 + 110 + 260 = 401 \text{ (óra)}$$

A számítások elvégzése után megkapom, hogy egy évben összesen 401 óra veszteség keletkezik a karbantartások alatt az alkatrészekért történő mozgások miatt.

Ha ezt leosztom nyolcórás műszakokra akkor a következőt egyenletet kapom meg.

$$401 \div 8 = 50,125 \text{ (nap)} \approx 50 \text{ (nap)}$$

A veszteséges mozgások miatt körülbelül 50 nap veszteségi idő keletkezik. A veszteséges mozgások miatt keletkezett idő évi 401 óra volt. A kontrollingtól kapott információk alapján egy karbantartásra fordított óra 7200 Ft-ba kerül.

$$401 \times 7200 = 2.887.200 \text{ (Ft)}$$

A veszteséges mozgások miatt 2.887.200 Ft veszteség keletkezik a vállalatnak évente.

Offline karbantartással megtakarítható idők:

Az offline felújítható egységek száma jelenleg 35 egység. Egy egység átlagos felújítása 16 órát vesz igénybe. Offline felújítás alatt a 16 órát a karbantartók a holtidőkben végzik el így nem keletkezik plusz munka. Hagyományos karbantartás alatt a 16 óra a termeléstől vesz el az időt. Az éves karbantartás időigénye 360 óra.

$$360 - 16 = 344 \text{ (óra)}$$

Az offline egységgel történő karbantartás ideje 344 órára csökkenthető. Ez azt jelenti, hogy a berendezés két műszakkal többet tud termelni. Ez jelentős termelés többletet tud eredményezni, ami végső soron többlet nyereséget jelent a vállalatnak.

A 35 egységre történő számítás:

$$35 \times 16 = 560 \left(\frac{\text{óra}}{\text{év}} \right)$$

Évente 560 órát lehet megtakarítani, ha offline karbantartott egységeket alkalmazunk a karbantartások során. Ez a 7200 forintos óránkénti karbantartás díjával számolva a következő

$$560 \times 7200 = 4.032.000 \left(\frac{\text{Forint}}{\text{év}} \right)$$

Évente 4.032.000 forintot lehet megtakarítani, ha offline felújított egységekkel történne a karbantartás.

A rezgésdiagnosztikával megtakarítható költségek:

A Fixturlaser SMC rezgésdiagnosztikai eszköz ára 2.490.000 forint. Ha minden hónapban elvégzik a belső karbantartók a méréseket akkor a havi ráfordított időkeret 15 óra. A külső cég évente egyszer jön mérni, ennek ára 760.500 Forint.

$$12 \times 15 = 180 \text{ (óra)}$$

$$180 \times 7200 = 1.296.000 \left(\frac{\text{Forint}}{\text{év}} \right) \rightarrow 1.296.000 \div 12 = 108.000 \left(\frac{\text{Forint}}{\text{alkalom}} \right)$$

A rezgésdiagnosztikai eszközt 10 évig szeretném használatban tartani ezért az egyszerűség kedvéért elosztom az árát 10 évvel és 12 alkalommal, mivel egy évben 12 alkalommal tervezem a használatát.

$$2.490.000 \div 10 \div 12 = 20.750 \left(\frac{\text{Forint}}{\text{alkalom}} \right)$$

Ha összeadom az egy alkalommal történő mérés és a berendezés árának alkalmankénti használatának díját akkor a következőt kapom:

$$108.000 + 20.750 = 128.750 \left(\frac{\text{Forint}}{\text{alkalom}} \right)$$

Egy mérés 128.750 Forintba fog kerülni.

Összehasonlítva a két árat egy mérésre vonatkoztatva:

$$\frac{760.500}{128.750} = 5,9 \approx 6 \left(\frac{\text{Forint}}{\text{Forint}} \right)$$

Megállapítom, hogy egy mérésre vetítve hatszor drágább a külsős cég alkalmazása, mintha saját magunk végeznénk el a rezgésdiagnosztikai vizsgálatokat, de mivel a meghibásodások elkerülése miatt minden hónapban tervezek mérni így a következő egyenletet kapom:

$$12 \times 128.750 = 1.545.000 \left(\frac{\text{Forint}}{\text{év}} \right)$$

Évente 1.545.00 forintba kerül a mérés, ha saját magunk végezzük el.

A külsős és belső mérés költségének különbsége:

$$1.545.000 - 760.500 = 784.500 \left(\frac{\text{Forint}}{\text{év}} \right)$$

Megállapítom, hogy 10 évig. évente 784.500 forinttal fog többbe kerülni, ha saját magunk végezzük a méréseket, de a hibák korai feltárása és a hirtelen bekövetkezett gépleállások megelőzése miatt ez az összeg többszörösen meg tud térülni.

Összes megtakarítás:

Az összes megtakarítás összegzése után a következőt kapom:

$$2.887.200 + 4.032.000 + (-784.500) = 6.134.700 \text{ (Forint)}$$

Évente 6.134.700 forintot lehetne megtakarítani a felsorolt módszerek alkalmazásával.

5. Következtetések és javaslatok

A szakdolgozatomban a karbantartási tevékenységek fejlesztésének lehetőségeit vettem sorra. Megvizsgáltam mely területeken lehet fokozni a hatékonyságot és a javaslatok kidolgozása után bizonyos fejlesztéseket meg is valósítottam. Itt a B. box rendszer meg tervezésest és megvalósítását emelném ki, mint legfontosabb feladat. Javaslom, hogy a későbbiekben több méretű doboz kerüljön bevezetésre, hogy a kisebb karbantartásokhoz ne kelljen feleslegesen nagy dobozokat alkalmazni. A B. box összekészítése közben megfigyeltem, hogy átlagosan egy óra kell ahhoz, hogy egy 12 hetes karbantartáshoz az alkatrészeket kivételezzem az automata raktárból, a dobozba helyezzem őket és elkészítsem a dokumentációt hozzá. Javaslom, hogy az egy géphez tartozó alkatrészek legyenek csoportosítva a polcokon amennyire a hely és az alkatrészek mérete engedi. Így nem kell annyi polcot lehívni és a kivételezés gyorsítható lenne. Ahogy arra már korábban többször is utaltam, ez a rendszer rengeteg felesleges terhet venne le a karbantartó kollégákról, kezdve a veszteséges mozgások kiiktatásától, a tudatos alkatrész felhasználáson alapuló készletgazdálkodáson és az esetlegesen hiányzó alkatrészek miatti csúszások elkerülésén át egy egységes és átlátható rendszer megalkotásáig. A B.box rendszer bevezetésével X karbantartói munkaóra takarítható meg évente. Javaslom, hogy a felszabadult munkaórákat fordítsuk az offline felújításokat ne külsős cégek végezzék, hanem a saját karbantartói gárda, továbbá a rezgésdiagnosztikai vizsgálatokat is a karbantartók kollégák végezzék el a külsős cég helyett.

A gépek és berendezések karbantartásához készített anyagjegyzékeket a későbbiekben át lehetne konvertálni Microsoft Access adatbázisokba, ahol könnyebben kereshetők lennének a gépek és berendezések, végezetül ezeket az adatbázisokat alkalmazni lehet a CMMS rendszerben.

A minimum és maximum készletek beállítása fontos és állandó feladat lesz a jövőben is. Mindig előfordul egy-egy új alkatrész beérkezése, mely vagy egy régi alkatrészt helyettesít, ez esetben a már meglévő alkatrész nevét kell átírni és a minimum és maximum készletét megtartani, vagy új alkatrészként a mérnökökkel és a karbantartó kollégákkal egyeztetve meghatározni a szükséges minimum és maximum készletszintet.

A veszteséges mozgások további elkerülése érdekében javaslom, hogy az összekészített B. box dobozokat a raktáros kolléga szállítsa az alapanyag zsiliphez. Itt a karbantartók egyszerűen át tudják venni. Nem szükséges beöltözniük és kényelmesen beszállíthatók kézi szállítókocsival. A súlyos dobozok átrakodásához javaslom, hogy minimum két karbantartó emelje át a

megegyeztetésük elkerülése végett. A dobozt így a szállítóközi segítségével egyből a karbantartandó géphez lehet szállítani és a munka azonnal megkezdhető.

Javasolom a jelenlegi rezgésdiagnosztikai vizsgálatok fejlesztését. A mostani vizsgálatok bár valós információt nyújtanak a gép állapotáról, de nem mindenki ért az adatok diagnosztizálásához, illetve nem minden gépen elérhetőek a vizsgálatok. Egy modern, új fajta rezgésdiagnosztikai eszközzel könnyen diagnosztizálni lehetne a gépeket és berendezéseket. Erre javasolom a Fixturlaser SMC rezgésmérő és elemző műszer beszerzését. Így a karbantartó kollégák a karbantartások előtt körbe tudnának menni a gépeken és berendezéseken megállapítva azok állapotát ezáltal fel tudnának készülni a közeljövőben esedékes javításokra a karbantartási tervben szereplő időpontok alatt. Továbbá ezzel a mérési módszerrel elkerülhető a nagy méretű és nehezen hozzáférhető berendezések felesleges szétszerelése és így idő és költség takarítható meg.

Javasolom a CMMS rendszer mielőbbi bevezetését mellyel a karbantartás tervezése és végrehajtása hatékonyabbá válhatna. Csökkennének a leállási idők, ezáltal növekedne a termelékenység. Az eszközöket jobban nyilván lehetne tartani, a hozzájuk tartozó dokumentáció egyszerűbben elérhető lenne. A raktárkészlet és a karbantartási tevékenységek jobban optimalizálhatók lennének ezáltal a fenntartási költségek csökkennének.

Összességében a CMMS rendszer bevezetése segítené a vállalkozásnak hatékonyabbá tenni karbantartási folyamatait, csökkenteni a költségeket, növelni az eszközök rendelkezésre állását és megbízhatóságát, valamint javítani az üzleti folyamatok átláthatóságát és döntéshozatali folyamatait.

6. Összefoglalás

A szakdolgozatom megírása során megvizsgáltam egy nemzetközi biotechnológiai vállalat karbantartását, javaslatokat tettem és meg is valósítottam belőlük. A szakirodalom feldolgozása után végigvettem milyen módszerekkel milyen módon lehetne a karbantartási tevékenységét fejleszteni.

Véleményem szerint akkor tud egy vállalat sikeresen működni, ha nyitott az újdonságok befogadására. Az általam megfogalmazott javaslatok és vizsgálatok azt mutatták be, hogy hogyan lehetne elérni a következőket:

- a karbantartási idők rövidítése;
- egy adott alkatrész minimum és maximum készlete, illetve a raktárkészlet optimalizálása;
- a B. box rendszer bevezetésének előnyei a karbantartás számára, illetve a karbantartó munkatársak munkájának megkönnyítése az előre összekészített alkatrész dobozokkal;
- offline karbantartás, előnyei, alkalmazhatósága;
- milyen előnyökkel járna egy modern rezgésdiagnosztikai eszköz beruházása.

A jelenlegi helyzet bemutatása során kitértem az alapvető karbantartási formákra, illetve bemutattam egy átlagos karbantartás folyamatát. Kitértem arra, hogy milyen gyengeségekkel kell jelenleg szembenézni a karbantartásnak mely közül a leglényegesebb az alkatrészekért való ki-be mozgást emeltem ki. Erre alapoztam meg a továbbiakban megfogalmazott javaslatokat és módszereket mellyel a preventív karbantartásról el lehet indulni a prediktív karbantartási irányába.

Ezek után kitértem arra, hogy a B. box rendszer bevezetéséhez először is elengedhetetlen egy minden gépre és berendezésre kiterjedő adatbázis létrehozása, amely tartalmazza a gépek és berendezések meghatározott karbantartásához szükséges alkatrészek anyagjegyzékét. Bemutattam a jelenleg használt raktározási szoftver alap funkcióit, illetve, hogy hogyan lehet A szakdolgozatomban kitértem arra, hogy a karbantartási idők rövidíthetők a B. box rendszer bevezetésével azáltal, hogy a karbantartó kollégáknak nem kell többször kimenniük alkatrészt a raktárba. Ennek a rendszernek a bevezetése rengetek pozitívummal járna melyeket kifejtettem az eredmények és értékekük fejezetben. Javaslatot tettem konkrét eszközök és tárolók alkalmazására és bemutattam egy konkrét gép, konkrét karbantartásához szükséges B. box

összekészítésének folyamatát, melyet a saját gondolatmenetem és a kollégák észrevételei alapján alítottam össze.

A másik fontos cél az alkatrészek optimális készlet szintjének meghatározása volt. A megfelelő minimum és maximum készlet szint beállítása létfontosságú, hogy elkerüljük az alkatrészhiányt a karbantartások és szerelések során, illetve a túlzott készlet felhalmozást. Megvizsgáltam mely alkatrészek létfontosságúak, melyekből használtak 2023-ban a legtöbbet és készítettem hozzá egy ABC- elemzést.

Végezetül pedig megvizsgáltam, hogy milyen előnyökkel fog járni, illetve milyen módon fogja segíteni a CMMS és a B. box rendszer együttműködése a karbantartók munkáját. A CMMS rendszer utat mutat a jövőbeni elérendő preskriptív karbantartás irányába. Összegezve az alkalmazott módszerek és a megvizsgált területek segíthetnek a karbantartási idők csökkentésében. Amennyiben a dolgozók is megértik, hogy a módszerek és javaslatok az ő munkájukat könnyítik meg továbbá alkalmazzák a javaslatokat és fejlesztéseket a felesleges mozgások megszüntethetők, a karbantartási idő lecsökken, illetve a karbantartások egyszerűbbé válhatnak és a felesleges készletek felhalmozása, illetve az alkatrészhiány elkerülhető.

7. Summary

During the writing of my thesis, I examined the maintenance of an international biotechnology company, made suggestions, and implemented them. After reviewing the literature, I explored methods to improve maintenance activities.

In my opinion, a company can only operate successfully if it is open to innovation. The suggestions and investigations I formulated demonstrated how to achieve the following:

- Reduce maintenance times.
- Optimize the minimum and maximum stock levels of certain components and optimize inventory.
- Introduce the B. box system for maintenance benefits, facilitating the work of maintenance staff with pre-prepared component boxes.
- Explore the advantages and applicability of offline maintenance.
- Investigate the benefits of investing in modern vibration diagnostic equipment.

In presenting the current situation, I discussed basic maintenance forms and presented an average maintenance process. I addressed the weaknesses currently faced by maintenance, emphasizing the movement of components as the most significant. Based on this, I formulated further suggestions and methods.

Subsequently, I discussed that the introduction of the B. box system requires the creation of a comprehensive database for all machines and equipment, including the material list necessary for their specific maintenance. I presented the basic functions of the currently used storage software and how it can be utilized.

I discussed how maintenance times could be reduced with the introduction of the B.box system, eliminating the need for maintenance colleagues to repeatedly visit the warehouse for components. I elaborated on the numerous benefits of introducing this system in the chapter on results and evaluation. I proposed specific tools and storage solutions and presented the process of preparing a B. box for a specific machine's maintenance, which I compiled based on my own thinking and feedback from colleagues.

Another important objective was to determine the optimal stock levels of components. Setting appropriate minimum and maximum stock levels is crucial to avoid component shortages during maintenance and assembly, as well as excessive stockpiling. I examined which components were crucial, which were most used in 2023, and conducted an ABC analysis.

Finally, I examined the benefits and how the collaboration between CMMS and the B. box system will assist maintenance workers. In summary, the applied methods and areas examined can help reduce maintenance times. If employees understand that the methods and suggestions ease their work and implement them, unnecessary movements can be eliminated, reducing maintenance time, simplifying maintenance procedures, and avoiding excess inventory accumulation or component shortages.

Irodalomjegyzék

- Antalóczy, K. (1997. 03 14). A magyar gyógyszeripar versenyképessége - adatok, hipotézisek, töprengések. Budapest, Pest, Magyarország.
- Ászity, S. (2018). Járműipari gyártási folyamatok minőségbiztosítása. Budapest: Akadémia Kiadó.
- Bártfai, Z., Blahunka, Z., & Faust, D. (2022). Karbantartási technológia.
- Benkő, J. (2018). Készletgazdálkodás Eljárások, módszerek. Gödöllő, Pest, Magyarország: Logisztika Oktatásért és Kutatásért Alapítvány.
- Daróczi, M. (2021). Gazdálkodás a forgóeszközökkel. Daróczi Miklós, Gödöllő, Pest, Magyarország.
- Doc, P. (2005). Maintenance Planning and Scheduling Handbook. McGraw Hill Handbooks.
- Dömötör, F. (2019). Járműgyártási folyamatok diagnosztikája. Budapest: Akadémia Kiadó.
- Dudley, S. (2020. Január 1). Forrás: IBM: <https://www.ibm.com/blog/iot-history-cmms/>
- Gelei, A. (2016). Logisztikai döntések - fókuszban a disztribúció. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Goldratt, E., & Cox, J. (2014). The Goal: a Process of Ongoing Improvement. Great Barrington: North River Press.
- Kovács, Z. (2017). A termelő és szolgáltató rendszerek fejlesztésének főbb irányai. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Mándoki, P., & Lakatos, A. (2018). Autóbusz-üzemtan. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Péczely, C. (2009). A karbantartás-menedzsment korszerű irányzatai és módszerei. Magyar Grafika, 15.
- Vörös, J. (2018). Termelés- és szolgáltatásmenedzsment. Budapest: Akadémiai Kiadó.

Ábra- és táblázat jegyzék

1. ÁBRA: GYÓGYSZERIPAR FŐ TEVEKÉNYSÉGEI	6
2. ÁBRA: A KARBANTARTÁS ELŐRELÁTÁS 4 SZINTJE	10
3. ÁBRA: A KARBANTARTÁSI MEGKÖZELÍTÉSEK FEJLŐDÉSE	11
4. ÁBRA: KLASSZIKUS TPM ÉPÜLET	12
5. ÁBRA: KÜLÖNBÖZŐ GYÁRTMÁNYÚ, KÉZI REZGÉSMÉRŐ ESZKÖZÖK	17
6. ÁBRA KÉSZLETEK FAJTÁI	18
7. ÁBRA: KÉSZLETEZÉSI MECHANIZMUSOK	20
8. ÁBRA: A V. TELEPHELY SZERVEZETI FELÉPÍTÉSE	22
9. ÁBRA: KARBANTARTÁS TERVEZŐ TÁBLÁZAT 2024, RÉSZLET	26
10. ÁBRA: KAPSZULÁZÓ GÉP 24 HETES KARBANTARTÁSA, ALKATRÉSZEK VIZSGÁLATA	27
11. ÁBRA: P. PICK SZOFTVER KEZDŐKÉPERNYŐ, RÉSZLET	32
12. ÁBRA: E-MAIL RÉSZLET CENZÚRÁZVA A MINIMUM KÉSZLETSZINT ALÁ CSÖKKENT ALKATRÉSZEKRŐL	33
13. ÁBRA: P. PICK SZOFTVER, TÁROLÁSI SZABÁLYOK BEÁLLÍTÁSA	34
14. ÁBRA: ABC ANALÍZIS	36
15. ÁBRA: 12 HETES KARBANTARTÁS ALATTI MOZGÁSOK BEMUTATÁSA SPAGETTI DIAGRAMMON	37
16. ÁBRA: L-ES MÉRETŰ, TÖBBSZÖR HASZNÁLHATÓ, RAKÁSOLHATÓ TÁROLÓ (B. BOX)	40
17. ÁBRA: AUTOMATA RAKTÁR ÉS POLCA	42
18. ÁBRA: PIW100 K. GÉP 12 HETES KARBANTARTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES ANYAGOK ÉS ALKATRÉSZEK	42
19. ÁBRA: ÖSSZEKÉSZÍTETT ÉS DOKUMENTÁLT B. BOX	43
20. ÁBRA: FIXTURLASER SMC REZGÉSMÉRŐ ÉS ELEMZŐ MŰSZER EGYSZERŰ HASZNÁLATA	47
1. TÁBLÁZAT: PIW200 K. GÉP KARBANTARTÁSI PERIÓDUSAI ÉS HOZZÁ TARTOZÓ IDŐ ÉS LÉTSZÁM SZÜKSÉGLET	26
2. TÁBLÁZAT: 12 HETES CHECK LISTA (RÉSZLET)	29
3. TÁBLÁZAT: PIW200 K. GÉPHEZ TARTOZÓ ALKATRÉSZEK LISTÁJÁNAK EGY RÉSZE	31
4. TÁBLÁZAT: 2023-BAN LEGTÖBBET HASZNÁLT ALKATRÉSZEK A P. PICK SZOFTVER SZERINT.	35
5. TÁBLÁZAT PIW100 K GÉP 12 HETES ANYAGJEGYZÉKE (BILL OF MATERIALS)	41

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Mika György
A Hallgató Neptun kódja: DA9LLA
A dolgozat címe: Nemzetközi biotechnológiai vállalat gyártási egységének karbantartási tevékenységének fejlesztése
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Műszaki Menedzsment Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

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

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

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Gödöllő, 2024. április 15.


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Mika György (hallgató Neptun azonosítója: DA9LLA) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

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

Gödöllő, 2024. április 15.



Dr. Kovács Imre
belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.