

Szakdolgozat

Gál Tihamér

Gépészmérnöki alapszak
Gyártásinformatikai szakirány
Nappali tagozat

**LEAN eszköztár bemutatása és alkalmazása a Linamar Hungary
Zrt-nél**

Pallasz Athéné Egyetem
GAMF Műszaki és Informatikai Kar
Kecskemét
2017

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS	4
2.	A LEAN FILOZÓFIA.....	5
2.1.	Mi a Lean?.....	5
2.2.	A Lean története	5
2.3.	Veszteség típusok	6
2.3.1.	Túltermelés	7
2.3.2.	Előállítás	8
2.3.3.	Raktározás	8
2.3.4.	Várakozás	9
2.3.5.	Mozgás	10
2.3.6.	Anyagmozgatás.....	10
2.3.7.	Korrekciózás.....	11
3.	LINAMAR CORPORATION.....	13
3.1.	A Linamar jelenléte világszinten	13
3.2.	Linamar Hungary Zrt.	13
4.	A Lean szerepe a Linamar Hungary Zrt.-nél.....	17
4.1.	Linamar Product System	17
4.2.	LPS felülvizsgálat eszközei	17
4.2.1.	Értékáramlás elemzés (VSM)	17
4.2.2.	Szabványosított munka	18
4.2.3.	5S	19
5.	INJEKTOROK	22
5.1.	Denso Injector Body	23
5.2.	A termék útja az alapanyag átvételől a csomagolásig.....	24
6.	FELMERÜLT PROBLÉMÁK A VIZSGÁLT GYÁRTÓSORON	28
6.1.	Furatpozícionálási hiba.....	28
6.2.	Selejtkimutatás	29
6.3.	Dolgozói létszám növekedése.....	31
7.	A Gyártósor jelen állapotának felmérése	33
7.1.	Időmérések	33
7.2.	Leterheltség felmérés	35
8.	Értékáram elemzés a jelen állapotra vonatkozóan (CVSM)	39
9.	Az operátorok létszámában beiktatott változtatások	42
9.1.	OP 100	42
9.2.	OP 200	43
9.3.	OP 300-400	47
9.4.	OP 500	48
10.	Jövő állapot értékáram elemzése (FVSM).....	51
11.	ÖSSZEGZÉS.....	52
IRODALOMJEGYZÉK		53
MELLÉKLETEK JEGYZÉKE		54

1. Bevezetés

A szakdolgozatomban mindenképpen egy olyan témát szerettem volna feldolgozni, amely egy valós tervezési vagy problémamegoldási folyamatot mutat be egy cégen belül, így mikor a Linamar Hungary Zrt.-nél töltött szakmai gyakorlatom során lehetőséget kaptam, hogy részt vegyek egy gyártósor felülvizsgálatában, azonnal elfogadtam az ajánlatot. Bár a lean-nel ekkor nem volt túl szoros a kapcsolatom, mégis belevágtam, mert izgalmasnak és érdekesnek találtam a felmerült problémát és egy számomra viszonylag ismeretlen területen is tapasztalatra tehettem szert.

Mielőtt azonban belekezdtem volna a munkába felmerült bennem egy-két kérdés. Mi is pontosan a lean? Milyen módszerei és eszközei vannak? És leginkább, miért fontos egy vállalat számára? Persze volt ezekről némi fogalmam, hiszen tanulmányaim során érintett téma volt néhány tantárgy keretein belül, azonban ahhoz, hogy a munkámat a lehető legjobban el tudjam végezni, még inkább bele kellett ásnom magam. Dolgozatom első négy pontjában tehát az előbbi kérdésekre próbáltam meg választ adni, és a Linamar Corporation bemutatása mellett egy olyan elméleti összefoglalót írni a lean-ről és eszközeiről, mely által a szakdolgozati munkám is érthetőbbé válik.

Mivel a felülvizsgált gyártósoron Injektor alkatrészek gyártása történik, így a továbbiakban általánosan szeretném ismertetni az injektorokat, valamint magát az érintett gyártósort, továbbá fontosnak tartottam kiemelni azokat a felmerült problémákat, amelyek miatt a gyártósor felülvizsgálata szükségessé vált.

Munkám során az én feladatomban volt meghatározni a gyártósor operátorainak szükséges minimális létszámát. Ennek első lépéseként bemutatom, hogyan mértem föl a gyártósor állapotát gépek és operátorok szempontjából egyaránt, és miként számoltam ki a gépkezelők leterheltségi szintjét. Operációkra bontva szemléltetem a számításaim eredményét, valamint az általam ajánlott és megvalósított változtatásokat. Feladataim közé tartozott továbbá az értékáram elemzések készítése is, melynek folyamatát szintén részletezem a jelen és a jövő állapotra egyaránt. Mindenek előtt azonban a lean filozófiát szeretném ismertetni.

2. A lean filozófia

2.1. Mi a lean?

A lean menedzsment az iparban terjedt el leginkább, de bármilyen iparágban, valamint szolgáltatások és irodai munkák esetén is alkalmazható. Ez egy olyan vállalatirányítási rendszer, melynek célja növelni a termelékenységét, valamint javítani a minőséget az által, hogy a veszteségeket a lehető legnagyobb mértékben csökkentjük. Ezt tükrözi a lean eredeti jelentése is: „karcsú, vékony”. A szemlélet egyik jelentős tényezője az ember tisztelete, hiszen ők képezik a legfőbb értékét egy vállalatnak, ezért fontos az összes alkalmazott bevonása a problémamegoldás folyamatába. [1.]

2.2. A lean története

A lean már az emberiség történetének korai szakaszában is fontos szerepet játszott. Az első dokumentált leanhez hasonló elven működő gyár a velencei Arzenálban működött az 1500-as években, ahol a folyamatos anyagáramlás elvét alkalmazva, rekordidő alatt voltak képesek egy gályát felépíteni.

Az 1700-as években megkezdődött a fegyverek és alkatrészeik tömeggyártása, megkönnyítve a katonák dolgát a harctéren. Az 1800-as évek második felétől a veszteségmentes és minél hatékonyabb gyártási módszerek alkalmazása a civil iparban is teret hódított. [1.]

1890 végén, Frederick W. Taylor tanulmányozta először a munkaszervezést tudományosan, és közzétette megfigyeléseit. A munkája ahhoz vezetett, hogy standardokat állítottak fel az idő és a mozgás meghatározására.

1910-ben Henry Ford bevezette a futószalagos gyártósort (*1. ábra*) a standardizált T-modell gyártásához, később Alfred P. Sloan javította Ford rendszerét az által, hogy az összeszerelést különböző gyártósorokra helyezte. Ezekben az időkben kezdtek el közgazdászok, üzemszervezők, pszichológusok is a munka hatékonyságával foglalkozni.



1. ábra. Futószalagos gyártósor a Ford gyárban (1913.) [1.]

A második világháború után, Taiichi Ohno és Shigeo Shingo megalkotta a "Just In Time" és a "Pull System" fogalmát a Toyota részére, amely más gyártási menedzsment eszközökkel kibővítve létrehozta a Toyota Production System-et (TPS), azaz a Toyota Termelési Rendszert, amely azóta sok fejlődésen ment keresztül.

1990-ben James Womack összegezte ezeket a fogalmakat, hogy megfogalmazza a sorozatgyártást. Abban az időben a japán szakértelem elterjedt nyugaton is és vitathatatlan sikereket hozott az ezeket alkalmazó vállalatoknak. [2.]

Napjainkban kialakulóban és terjedőben van a lean módszereknek speciálisan a szolgáltatások számára való alkalmazása és leírása. [1.]

2.3. Veszteség típusok

Mivel a lean alapelve a veszteségek csökkentése, tisztában kell lennünk azzal, mit is jelent ez pontosan. Fontos, hogy a veszteség csak egy tünete a problémának, nem pedig az oka, azonban meg kell találnunk és azonosítanunk kell ezeket a veszteségeket, hiszen ez segítséget fog nyújtani abban, hogy a probléma forrását megtaláljuk.

Lényeges továbbá az is, hogy tudjuk, milyen típusai vannak a veszteségeknek. Ebből a szempontból 7 kategóriát (2. ábra) különböztetünk meg, ezek segítenek a folyamatokban lévő veszteségek azonosításában.



2. ábra. Veszteség típusok [5.]

2.3.1. Túltermelés

A lehető legrosszabb veszteség típus, mivel a túltermelés által jelentkező felesleges készlet maga után vonja az összes egyéb veszteség fajtát is, továbbá van egy olyan tulajdonsága, hogy elfedi a problémákat. Ebből kifolyólag, ha előre termelünk nem fogjuk észre venni, hogy megállt egy gép, vagy ha észre is vesszük nem lesz rá semmi okunk, hogy azonnal és véglegesen orvosoljuk a problémát. Az által, hogy a túltermelés elkényelmesít, akadályozza a folyamatos fejlődését a termelési rendszerünknek. [3.] A 3. ábrán látható egy példa túltermelésre.



3. ábra. Operációk közötti magas puffer szint, mely minőségügyi problémákat okozhat [5.]

A túltermelés elkerülhető a vásárlói igény alapján szervezett gyártással, folyamatos anyagáramlás kialakításával, valamint nagy darabszámú gyártásindítás kiküszöbölésével.

2.3.2. Előállítás

Veszteség minden olyan művelet végrehajtása amiért a vevő nem fizet. Ide tartozik például, ha az alkatrészen olyan módosításokat hajtunk végre amire a késztermék szempontjából nincs semmi szükség, valamint, ha magasabb minőségben gyártunk, mint ahogy azt a megrendelő elvárja. Ezt a veszteség fajtát tehát okozhatja például az alkatrész rossz tervezése, a nem egyértelmű vásárlói specifikáció, vagy akár a nem megfelelő karbantartás is. [3.] A 4. ábrán például az látható, hogy több operátor mér a gyártósoron, mint amennyi tényleges megmunkálást végez, ez nyilvánvalóan veszteség.



4. ábra. A szükségesnél több operátor ellenőrzi az alkatrészeket [5.]

Megszüntethető a veszteség az eszközök vagy szerszámok módosításával, munkacellák létrehozásával, a vásárlói követelmények egyértelműsítésével, esetleg az alkatrész alakjának megváltoztatásával.

2.3.3. Raktározás

Ahogyan erről a túltermelés esetén is szó volt azt hihetnénk, hogy ha készletünk van nem kell azonnal beavatkozni egy felmerülő probléma esetén, ugyanis a vevő igényét van honnan kielégíteni. Azonban a raktározásnak jelentős költségei vannak. A termékek, alkatrészek, készleteinek felszámolása nem csak azért indokolt, mert a készlet nem teremt értéket, hanem mert számos szervezeti, szervezési problémát is elfed, elrejt. A kisebb készlettel járó rövidebb átfutási idő, kisebb amortizáció, kevesebb sérült áru, kisebb szállítási és raktározási költség is eredménynek tekinthető. Vegyük észre azonban, hogy a készletek önmagukban nem, csak a készletképzés okainak felszámolásával csökkenthetőek. Arra is gondolni kell, hogy a készletek a folyamatok időbeli és térbeli szakadása miatt keletkezhetnek, vagyis jelenlétük biztosíthatja a folyamatosságot. [4.] A raktározás által romolhat a késztermék minősége is, valamint, ha a megrendelő változtat a konstrukción, nem fogjuk tudni értékesíteni a felhalmozott terméket. Az 5. ábrán egy raktározási veszteségre látható példa.



5. ábra. Raklapok raktározása egy elrontott megrendelés miatt [5.]

Néhány példa a veszteség kiküszöbölésére:

- Csak annyi terméket gyártunk, amennyi a következő operációhoz szükséges,
- Fent kell tartani a különböző operációk azonos kapacitását, és a folyamatos anyagáramlást,
- Csökkenteni kell a nagy mennyiségű anyagvásárlásokat.

2.3.4. Várakozás

A várakozás veszteségéről akkor beszélünk, amikor az előállítás során gépre, alapanyagra, információra, emberre, utasításra stb. kell várnunk. Ide soroljuk például, ha az operátorok egymásra várnak, vagy ha arra kell várni, hogy a gép végezzen a művelettel (6. ábra), de ide tartozik az anyaghiány, valamint a géphiba miatti várakozás is. Ezek okozója lehet esetleg a rosszul meghatározott munkafolyamat, vagy a gyártósor kiegyensúlyozatlansága. [3.]

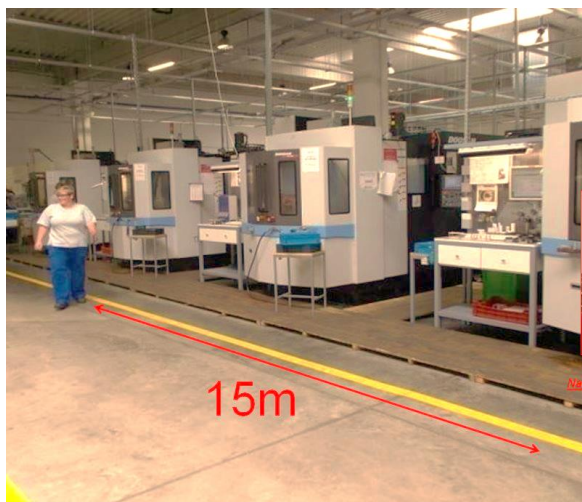


6. ábra. A gépkezelő arra vár, hogy a gép befejezze a műveletet [5.]

Elkerülhető a várakozás a munkafolyamatok hatékony kialakításával, továbbá a munkakörnyezet megfelelő tervezésével.

2.3.5. Mozgás

A mozgás vesztesége bármely olyan mozdulat, ami nem ad értéket a termékhez, illetve értékteremtő, de nem optimális mozdulatsor (pl. hajolni, emelni nagyobb mértékben, mint amennyire szükséges). Azt gondolhatnánk, hogy ezeknek semmi jelentősége nincs, pedig ez nem így van. Egyrészt a sok mozdulat munkahelyi ártalomnak minősül, egészségre ártalmas és hosszútávon csökkenti a munkaképes napok számát, másrészt, ha gyakran kell ezt a mozdulatot elvégeznie az alkalmazottnak, a néhány másodperces időkiesések egy nap alatt akár órákká is duzzadhatnak. [6.] Tipikus ilyen veszteség, amikor a dolgozónak túl nagy távokat kell bejárnia a különböző operációk között, erre az esetre látható példa a 7. ábrán.



7. ábra. Nem megfelelő gépelrendezésből adódó mozgásvesztesség [5.]

A szükséges anyagok felhasználási helyükön való tárolása, munkacellák létrehozása, esetleg eszköz- és szerszám módosítása is opció lehet ennek a problémának az kiküszöböléséhez.

2.3.6. Anyagmozgatás

Az anyagmozgatás a termelés kiszolgálásának egyik fontos része, a vállalat részére azonban teljes egészében veszteség. A mozgáshoz hasonlóan veszteségnek tekintjük azt az anyagmozgatást, amely több, mint a termelés fenntartásához szükséges minimális mozgatás. Tehát ahelyett, hogy egy anyagmozgatási műveletet hogyan lehetne produktívabban megoldani, inkább azon kell elgondolkodnunk, hogy szükséges-e

egyáltalán. A 8. ábrán az látható, hogy a dolgozónak túl nagy távot kell megtennie a munkaállomása, és az általa elviendő raklap kirendelt helye között. [3.]



8. ábra. Túl nagy távolság okozta anyagmozgatási veszteség [5.]

Alapanyagok, alkatrészek, mérőeszközök felhasználási helyükön való tárolásával, valamint műveletek, operációk áthelyezésével elkerülhető lehet az anyagmozgatás problémája.

2.3.7. Korrekciózás

A legkevesebb magyarázatot talán ez a veszteségforma igényli. Ha első alkalommal nem csinálunk meg jól egy műveletet, akkor azt még egyszer el kell végeznünk, azonban ez további mozgást, előállítást és várakozást von maga után. A javításból adódó veszteség akár raktározást is igényelhet (9. ábra), ami szintén növeli a költségeket. [3.]



9. ábra. Újramunkálásra váró alkatrészek [5.]

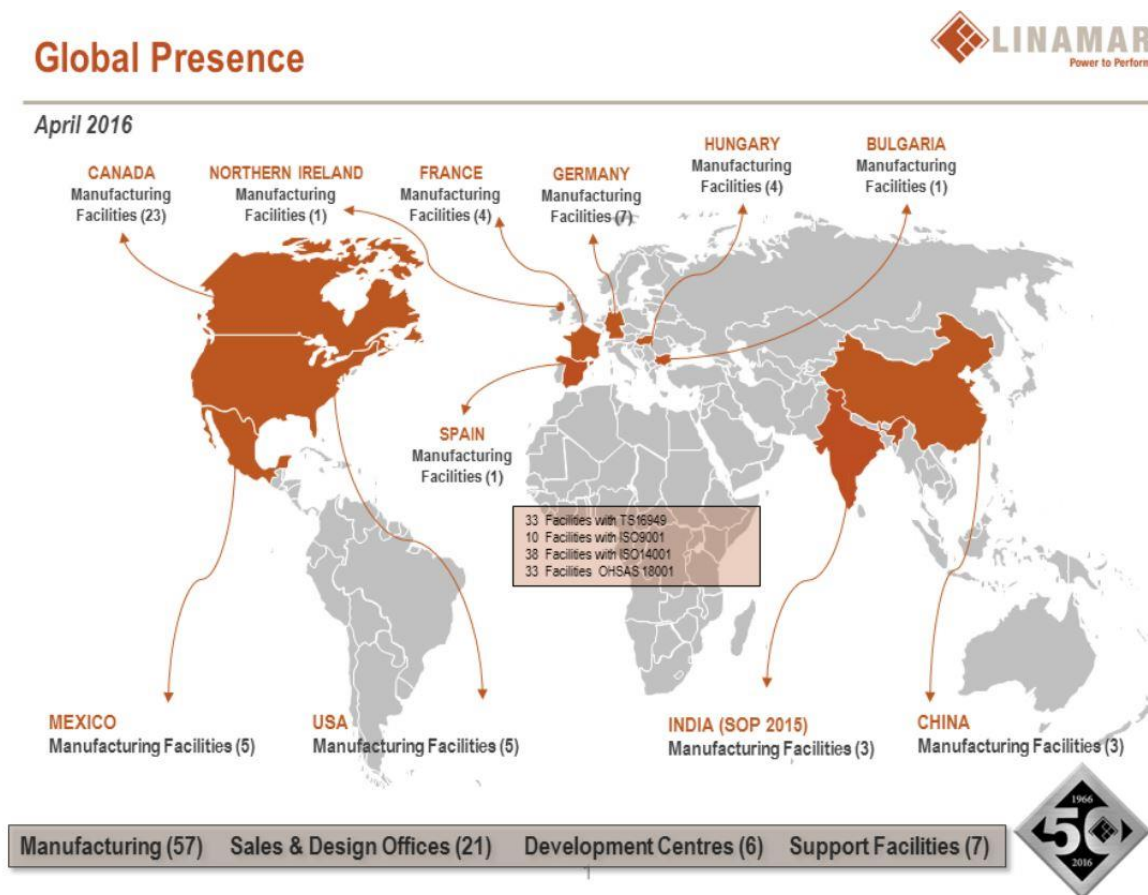
A korrekciózás veszteségére néhány megoldás:

- Hibakizárás,
- Az egy indításbeli alkatrészek számának csökkentése,
- Vizsgálatok alkalmazása a gyártási folyamatokban,
- „Bolond biztos” (Poka-Yoke) megoldások bevezetésével.

3. Linamar Corporation

3.1. A Linamar jelenléte világszinten

A Linamar Corporation 11 országban, 57 gyáregységet működtet, és közel 23000 alkalmazottat foglalkoztat. (10. ábra)



10. ábra. A Linamar gyáregységei világszerte (2016.) [5.]

Diverzifikált gyártóként a Linamar termékei számos globális iparágban megtalálhatók. A vállalat hírneve az autóipar számára gyártott fémhajtómű és erőátviteli termékek precíziós megmunkálására épült, azonban a Linamar szakértelme, rendszerei és tapasztalata messze túlnő az autóipari ágazaton.

3.2. Linamar Hungary Zrt.

A Linamar Hungary Autóipari és Gépgyártó Zártkörű Részvénytársaság a Linamar Corporation európai csoportjának egyik legnagyobb tagja, valamint Békés megye és Délkelet-Magyarország legnagyobb mezőgazdasági gépgyártó és autóipari társasága. (11. ábra)

A vállalat Magyarországon, 2 telephelyen 3 divíziót működtet:

- OROS Division (Orosháza)
- LPS - Linamar Product Division (Orosháza)
- PPM - Precision Part Manufacturing (Békéscsaba)

A foglalkoztatottak száma jelenleg a három divízióban 2500 fő.



11. ábra. A Linamar területi elhelyezkedése Magyarországon [5.]

1992-ben a Linamar Corporation a magyarországi privatizációs program keretében megvásárolta a Mezőgép Rt.-t, a békéscsabai Mezőgép Vállalat pedig 1994. december 1-től került a LINAMAR kanadai részvénytársaság 100%-os tulajdonába. A társaság 2003. július 8.-án névváltoztatást hajtott végre, így a vállalat új neve Linamar Hungary lett.

A PPM 1999-ben kezdte meg működését Békéscsabán, nevükből adódóan precíziós alkatrészek gyártásával. Gyáregységük a közép és alacsony volumenű, viszonylag nagyméretű és nagy pontosságú alkatrészek megmunkálására, szükség szerinti szerelésére jött létre. Ma már gyártanak gépjármű üzemanyag adagolórendszer alkatrészeket, gépkocsi és erőgép csapágytartókat, személy és teherfelvonókhoz szerelt egységeket, kompresszor alkatrészeket, ipari berendezésekhez tengelyeket, valamint szélérőmű alkatrészeket is.

A növekvő termékpaletta és termék mennyiség az üzem bővülését is jelentette. 2003-ban a társaság a megnövekedett autóiipari megrendelések teljesítése érdekében egy új üzemcsarnok építéséről döntött. Ez a döntés a PPM divízió bővítésére terjedt ki, melynek területe ez által 18.000m²-re növekedett. Ma a részvénytársaságon belül a PPM divízió több mint 900 főt foglalkoztat.

A PPM termelési profilja 2 fő részre osztható: A gyár egyik felében nagy darabszámú autóiipari alkatrészeket (12. ábra),



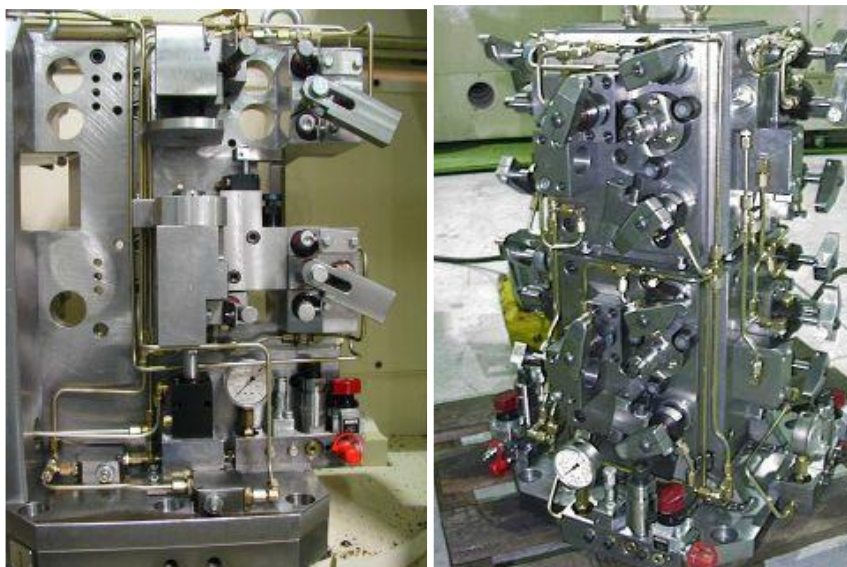
12. ábra. PPM-ben gyártott autóiipari alkatrészek [5.]

a másik felében pedig kis darabszámú, vagy egyedi gyártású, az iparban használatos alkatrészeket (13. ábra) gyártanak.



13. ábra. PPM-ben gyártott egyedi gyártású alkatrészek [5.]

Lényeges megemlíteni ezek mellett a szerszámüzem fejlődését is, ugyanis már nem csak saját felhasználásra, hanem külső megrendelőknek is gyártanak készülékeket (14. ábra), valamint szerszámokat.



14. ábra. A PPM szerszámüzemében gyártott készülékek [5.]

A gyár vezetésének célja a dolgozók munkakörülményeinek javítása, az árbevétel növelése mellett, a hatékonyság és a gazdaságosság nagymértékű emelése. A gyár jelenleg valamennyi tevékenységét erőteljesen fejleszti. Az eddigi számottevő fejlődés azért vált lehetségessé, mert a cég eleget tett azon minőségbiztosítási elvárásoknak, melyek e munkák megszerzése érdekében szükségessé váltak, továbbá saját programot működtet Vision 2020 néven a vevői és dolgozói elégedettség, valamint a pénzügyi megfelelés fenntartására.

Mindezek mellett a vállalat alapstratégiája, hogy kapacitást csak szerződéssel vagy megrendeléssel alátámasztott termékek gyártására épít ki. Az autóiipari és a precíziós megmunkálás területén a jelenlegi kapacitásokat a vevők elvárásaiban szereplő mennyiségekre hozták létre. A cég az autóiipar és a precíziós gépgyártás területén a legkorszerűbb technikák alkalmazására törekszik, hiszen a piaci igények teljesítése csak így lehetséges.

A gyártási folyamatok felügyeletéhez a minőségellenőrzés eszközeit is folyamatosan fejlesztik, bővítik, ugyanis a mai vevői elvárások megkövetelik a világszínvonalú gépek, berendezések, eszközök alkalmazását. [5.]

4. A lean szerepe a Linamar Hungary Zrt.-nél

4.1. Linamar Product System

A Linamarban a lean az 1980-as években került bevezetésre, Kanadában, egy vevő kezdeményezésére. A magyarországi üzemekben 2004-től kezdték alkalmazni a módszert.

A PPM 2005-ben kezdte el a Toyota Production System elveken alapuló lean gyártási rendszer, az LPS (Linamar Product System, magyarul Linamar Gyártási Rendszer) bevezetését, melynek célja a gyártási folyamatok leghatékonyabb kialakítása. Ennek segítségével csökkenteni lehet a megmunkálás időszükségletét, valamint minimalizálni lehet gyártási költségeket.

A békéscsabai PPM üzemben a gyártósorok minden évben LPS felülvizsgálat alá kerülnek, amely minden esetben a lean rendszer keretein belül történik. [5.]

4.2. LPS felülvizsgálat eszközei

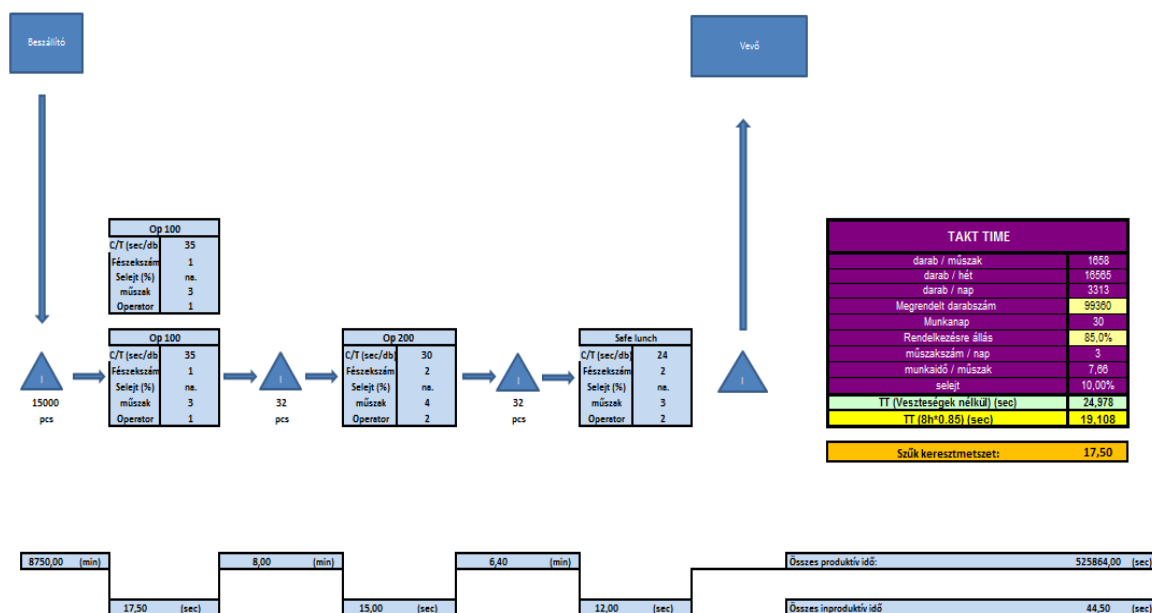
A felülvizsgálat folyamata 2 részből áll össze: indirekt- és direkt fázis. Az indirekt fázis eszközei például a hibakizárás vagy a gyors átállás, a direkt fázisnak a 3 fő eleme van: értékáramlás elemzés, szabványosított munkafolyamatok, és az 5S. A továbbiakban a direkt fázis elemeit szeretném részletesebben bemutatni. [5.]

4.2.1. Értékáramlás elemzés (VSM)

Mit takar az értékáramlás elemzése?

- Azon tevékenységek összessége, amelyek elvezetnek az alapanyagtól a vásárlóig
- Egy dokumentációs eszköz, ami az alkatrészhez kapcsolódó anyag- és információáramlást ábrázolja
- Tervrajz az LPS bevezetéséhez
- A felesleges raktárkészletek és egyéb veszteségek, valamint problémák felderítésének és azonosításának az eszköze
- Előre vetíti a jövőbeli állapotot
- Mindössze egy oldalon foglalja össze az összes információt

Az értékáramlás elemzésének lépései: a gyártósor jelenlegi működésének a megértése, a jelen állapot ábrázolása (CVSM), jövő állapot és annak megvalósításának megtervezése (FVSM), majd tesztje, végül a jövőbeli állapot megvalósítása, amely egy kiindulópont lesz a további fejlesztésekhez.



15. ábra. Taktusidő meghatározására használt VSM táblázat [5.]

A jelen állapot felmérésének eszköze lehet például a taktusidő meghatározása (15. ábra), a ciklusidő felmérése, kombinációs táblák elkészítése, valamint mester lista készítése.

A jövő állapotot úgy határozzuk meg, hogy optimalizáljuk a gyártósor területét, meghatározzuk a szükséges dolgozói létszámot, valamint a szükséges gépeket és raktárkészletet.

A veszteségi tényezők kiküszöbölése után az összes információt ábrázoljuk, ezzel az értékáramlás elemzés folyamata befejezettnek tekinthető. [5.]

4.2.2. Szabványosított munka

A szabványosított munka, a munkaelemek hatékony szervezése, olyan sorrendbe, amely ciklusosan ismételhető. Ez különböző elemekből épül fel:

- Munkaelem sorrend – A munka fázisainak az a sorrendje, amellyel az adott folyamat a maximális biztonság, hatékonyság, és minőség biztosítása mellett végrehajtható. Ennek betartására szolgál a szabványosított munkautasítás (16. ábra).
- Taktusidő – Az az idő, amely alatt a terméknek el kell készülnie, hogy elérjük a vevő igényelte mennyiséget. A taktusidőt a következő összefüggéssel tudjuk kiszámítani:

$$\text{Taktusidő} = \frac{\text{Műszakonkénti működési idő (sec)}}{\text{Műszakonkénti szükséges darabszám}} \quad (1)$$

- Gyártásközi raktározás – A legkisebb szükséges mennyiség ahhoz, hogy minden ciklusban, ugyanabban a sorrendben, ugyanazokat a mozdulatokat végezhessük.

Mik a szabványosított munka előnyei?

- Rávilágít a veszteségekre
- Megakadályozza a túlermelést
- Biztosítja a biztonságot és minőségi munkavégzést
- Egyszerűsíti a problémamegoldást
- A gépkezelők tudják egymást helyettesíteni
- Lehetővé teszi a vizuális irányítást [5.]

LINAMAR Power to Perform		SZABVÁNYOSÍTOTT MUNKAUTASÍTÁS STANDARD WORK INSTRUCTIONS				E3 BODY	
Part number :	7244-0048, 7244-0053, 7244-0192, 7244-0120, 7244-0121, 7244-0122,	Part Name:			Date:	2011.03.17	Operation #:
Eng. Ch. Nr.:		Rev:	V4	(Dátum):			OP 600
(Mém. vált. sz.):							Doc. #
KIERTÉKELŐ LAP (SPAGETTI DIAGRAM) ANALYSIS SHEET (SPAGHETTI DIAGRAM)							
NO.	MŰVELETELEMEK (ELEMENTS OF OPERATION)						
MÉRTÉKELŐ TEVÉKENYSÉGEK							
A. Szükség esetén mérjük az az operációhoz szükséges anyag							
B. A munka végén minden műanyag csomagot a közeli csomagolóba kell							
C. A csomagolóba helyezzük a műanyag csomagot a közeli csomagolóba							

16. ábra. Szabványosított munkautasítás [5.]

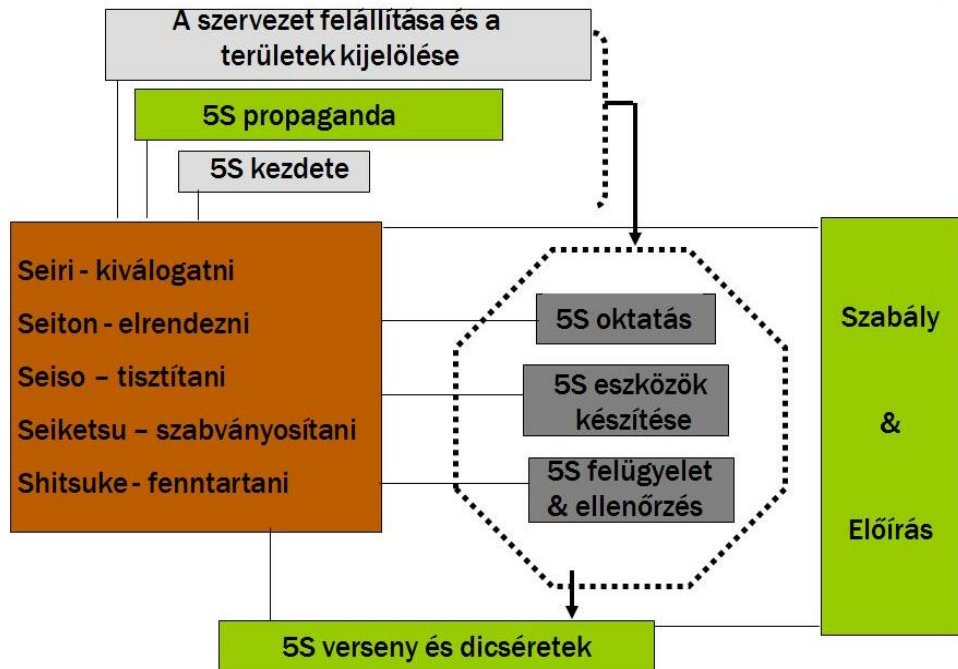
4.2.3. 5S

Célja: a hatékony, biztonságos és minőségi munkavégzésre alkalmas munkakörnyezet kialakítása és fenntartása (17. ábra). A módszer megteremti azt a vállalati kultúrát és tevékenységrendszert, amelyben az emberek odafigyelnek a munkakörnyezetükre és tudatosan rendben tartják és fejlesztik azt.

Az egyes „S”-ek, és magyarázatuk:

- **Seiri:** A szükségtelen dolgok kiválogatása és eltávolítása a munkahelyről.
- **Seiton:** A szükséges dolgok sorba rendezése, hogy könnyen elérhetők legyenek.

- **Seiso:** A munkahely (gépek, szerszámok, padló) teljes kitisztítása.
- **Seiketsu:** A munkahely szervezésének, és a rendtartásnak a szabványosítása.
- **Shitsuke:** A dolgozók képzése, hogy a rendszer alapelveit önállóan kövessék.



17. ábra. Az 5S bevezetése és fenntartása [5.]

A Linamar PPM üzemében minden dolgozónak kötelessége műszak vége előtt munkakörnyezetében az 5S eltérések megszüntetése, ugyanis csak így adhatják át a műszakot. A csoportvezetők kötelessége ellenőrizni, hogy a dolgozók elvégezték-e ezen feladatokat. A 18. ábrán látható a különbség például egy 5S szerint nem megfelelő és egy megfelelő mérőasztal között.

A művezetők egymás sorait rendszeresen auditálják, valamint a projekt mérnökök is a saját sorukat, amelyek kiértékelésre kerülnek az 5S programban.

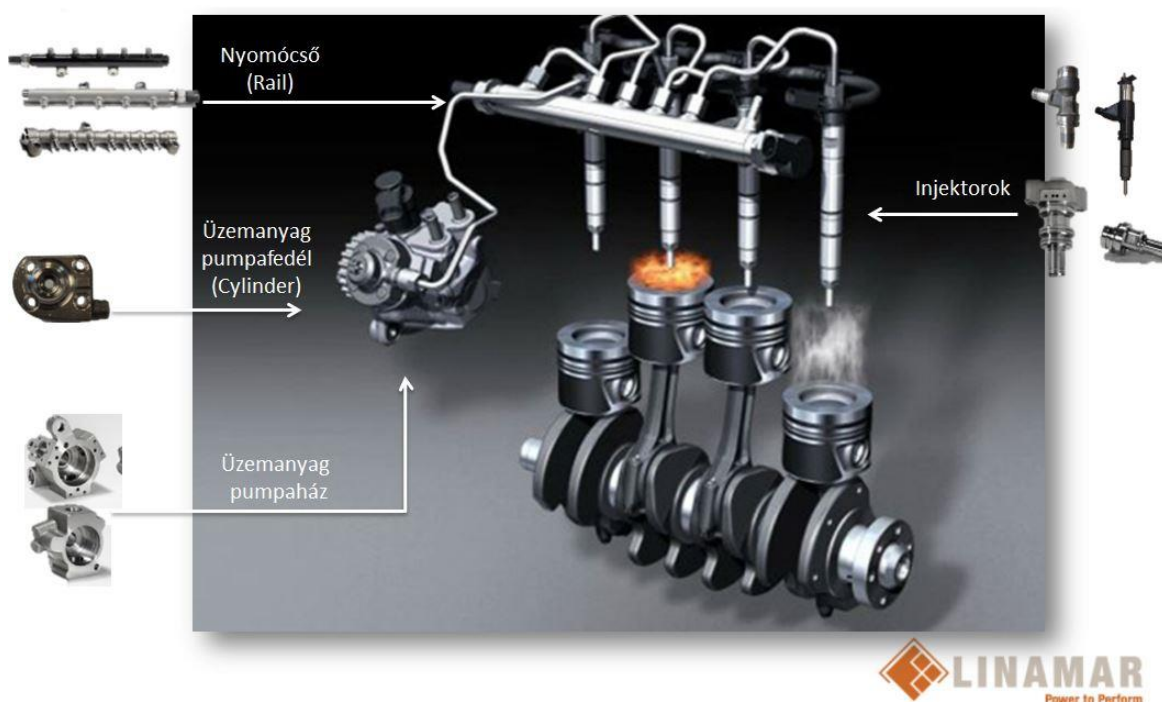
Ha az 5S rendszeresen nem megfelelő, az LPS koordinátorok „rendkívüli” 5S auditot tartanak, amelyen a feltárt 5S eltéréseket jelentik a felső vezetők felé, és az adott soron dolgozó mérnököknek, termelésirányítóknak. [5.]



18. ábra. Mérőasztal állapota az 5S bevezetése előtt (bal) és után (jobb) [5.]

5. Injektorok

Autóipari beszállító lévén a Linamar PPM divíziójában különböző típusú alkatrészeket gyártunk több megrendelőnek, melyek fontos feladatokat látnak el azokban a gépjárművekben, amelyekbe beépítésre kerülnek. Ennek következtében üzemanyag befecskendező rendszerek különféle alkatrészeit is gyártjuk, mint például nyomócsöveket, üzemanyag pumpafedeleket, üzemanyag pumpaházakat, valamint injektorokat. Ezek az alkatrészek beépítési helyükkel együtt láthatók a 19. ábrán.



19. ábra. A Linamar PPM-ben gyártott különböző, üzemanyag befecskendező rendszer alkatrészek [5.]

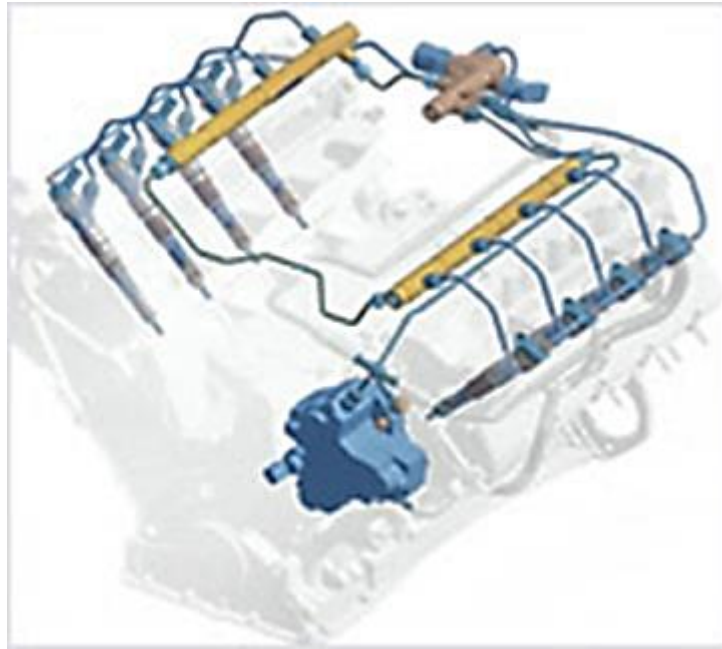
Mivel az általunk vizsgált gyártósoron injektorok gyártása történik, ezért szeretném kicsit részletesebben bemutatni ezen alkatrészek működési elvét.

A üzemanyag adagolásának a gyors vezérlését a befecskendező szelep, vagy más néven injektor látja el. Az injektorok a tüzelőanyagot közvetlenül a motor égésterébe fecskendezik be, és a nyomócsőből kapnak nagy nyomású tápellátást, rövid tüzelőanyag-csöveken keresztül.

A motor-vezérlőegység az injektorba integrált szelepet vezérli, aminek hatására a befecskendező fűvókat nyit és zár.

Az injektor élettartama során több mint egymilliárd nyitást-zárást hajt végre, mindezt 2000 bar nyomáson, továbbá el kell viselnie a gyors nyitás és zárás okozta lökéseket,

amely másodpercenként ezerszer is megtörténhet. Ha ez nem lenne elég, az injektornak rendkívül nagy hőmérsékleten kell működnie, közvetlenül az égéstér közelében. A 20. ábrán látható, hogyan helyezkedik el az üzemanyag befecskendező rendszer a motorblokkon belül.



20. ábra. Komplet üzemanyag befecskendező rendszer [5.]

A befecskendezett üzemanyag mennyisége széles tartományban változik. Az alapjárat és a csúcsteljesítmény között lehet, hogy 50-szeres mennyiségi különbség is van, tehát amíg alapjáraton kb. egy fél gombostűnyi üzemanyag kerül a motor égésterébe, addig csúcsteljesítményen 50-szer ennyi. Mindez egy akkora furaton keresztül, amely 30-szor vékonyabb egy emberi hajszálnál. [5.]

5.1. Denso Injector Body

A szakdolgozat témájául szolgáló gyártósoron a DENSO Gyártó Magyarország Kft. megrendelésére gyártunk üzemanyag befecskendező szelepeket (injektorokat), melyek a GM és a Mazda egyes típusaiba kerülnek beépítésre. A két különféle márka típusaiba került alkatrészek nem egyeznek meg 100%-ban, ezért gyakorlatilag két, párhuzamos gyártósoron, a GM D-Max Injector Body, és a Mazda Injector Body soron történik a megmunkálás. A két fajta alkatrész közötti főbb különbségek jól megfigyelhetők a 21. és 22. ábrán.



21. ábra. A GM (felül) és a Mazda (alul) Injector Body (1)



22. ábra. A GM (balra) és a Mazda (jobbra) Injector Body (2)

5.2. A termék útja az alapanyag átvételtől a csomagolásig

A folyamatot csak a Mazda Injector body terméken keresztül szeretném bemutatni, tekintve, hogy a két típusú injektor gyártása közel azonos lépésekből áll.

A kovácsolt alapanyag, amely a 23. ábrán látható, ömlesztve érkezik a beszállítótól, melyet egy mennyiségi ellenőrzés után a Linamar PPM munkatársai átvesznek.

Ha a mennyiségi átvétel sikeresen lezajlott, egy minőségi átvétel következik, ahol történik egy vizuális ellenőrzés (sérülések, rozsdá), valamint megméri az alapanyag méreteit és keménységét. Ha mindkét átvételnél megfelelt az alapanyag, akkor azt az ezeket igazoló matricákkal ellátják.

Ez után az alapanyagraktárba kerül, ahol szintén kap egy matricát, miszerint az alapanyag felhasználható megmunkálásra.



23. ábra. Kovácsolt alapanyag

Következő lépésben a 100-as operációhoz szállítják, ahol megmunkálás előtt egy OP 70-es operációban belegravírozzák az alkatrész Belső Rendelési számát, sorszámát, valamint egy ezeket az információkat tartalmazó QR kódot. Ez után tovább kerül az alapanyag a 100-as operációra. A tényleges megmunkálás műveletei az 1. táblázatban láthatóak, felsorolás szintjén.

1. táblázat. A Mazda Injector Body megmunkált felületei, adott operációkon

A Mazda Injector Body megmunkálásának műveletei		
Megmunkált méretek	Műveletelem sorszáma	Megmunkáló gép
„Nozzle” homlokfelület	OP 100	Okuma LU-S1600
D6,7 60°-os kúp		
D16,265 átmérő		
M17x0,5 menet		
2db D18,85 átmérő		
D19,345 átmérő (tömítő felület)		
D21,945 átmérő (tömítő felület)		
60°-os kúp	OP 200	Chiron DZ12 W
Lapolás		
„Valve” homlokfelület		
„Valve” tömítő felület		
D11,5 átmérő		
M6x1 menet		
„Terminal” furat		
D13,1 átmérő		
D6 átmérő		

„Inlet” szár homlok felület	OP 200	Chiron DZ12 W
„Inlet” furatai		
60° tömítő felület		
M14x1,5 menet		
D16,025 átmérő		
D2 magas nyomású ágyúfurat	OP 300	TIBO E15-4-375S0
D1,8 alacsony nyomású ágyúfurat	OP 400	TIBO E15-4-375S0
„Solenoid” lépcsősfuratok	OP 500	Doosan HC-400
D1,905 tájoló furatok		

OP 500 után sorjázó, valamint ellenőrző állomások következnek. Ezek szintén operációkra bontva láthatóak a 2. táblázatban.

2. táblázat. A Mazda Injector Body gyártásának végső műveletei

Sorjázó és ellenőrző műveletek	
Művelet megnevezése	Műveletelem sorszáma
Vizuális ellenőrzés	OP 600
Boroszkópos ellenőrzés	
Robotsorjázás	OP 700
Vizuális ellenőrzés, sorjázás	OP 800
Safe Launch	OP 900
Vizuális ellenőrzés (Harmadik fél által)	OP 1000
Leolajozás és csomagolás	
Késztermék kiszállítása megrendelőnek	OP 1100

A 600-as operáción vizuális ellenőrzés mellett különböző lényeges méreteket is ellenőriznek mérőeszközök, valamint idomszerek segítségével. Boroszkópos ellenőrzés során a furatok belsejét, valamint a furat átszakadásokat ellenőrzik.

A 700-as operáció során nem csak sorjázási műveleteket végez a robot, hanem minden alkatrészt egy sűrített levegős nyomáspróbának is alávet.

OP 800-on a vizuális ellenőrzésen kívül a szükséges sorjázási műveleteket is el kell végezniük az operátoroknak, melyek a szabványosított munkautasításban megtalálhatóak. A vizuális ellenőrzés könnyítéséhez minden, ezt végző dolgozó rendelkezésére áll egy asztali körlámpás nagyító.

A következő operációban minőségileg ellenőrzik a kész darabokat, és amennyiben megfeleltek, leolajozás után lefóliázzák a bedobozolt késztermékeket és elszállítják a készáru raktárba. Egy késztermék látható példaként a 24. ábrán.

Utolsó műveletként a csomagolt készárut kiszállítják a DENSO Gyártó Magyarország Kft. számára.

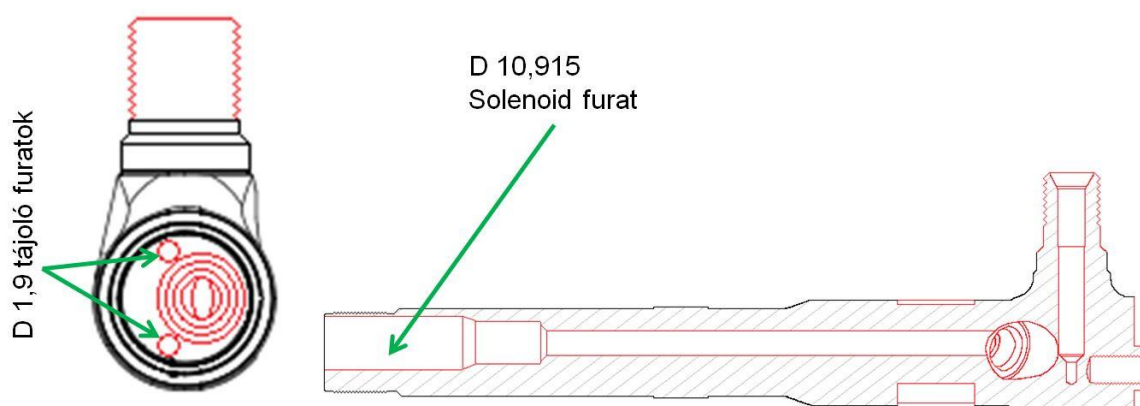


24. ábra. Mazda Injector Body késztermék

6. Felmerült problémák a vizsgált gyártósoron

6.1. Furatpozicionálási hiba

A Mazda és a GM alkatrészek esetében egyaránt, a 200-as operáción dolgozó Chiron gépeken történő Solenoid lépcsősfurat megmunkálása során furatpozicionálási problémák léptek föl. Ez a probléma a befogókészülékek hibájára volt visszavezethető, melyek nem bizonyultak megfelelőnek az alkatrész stabil megfogásához a művelet közben. Ennek következtében a furat megmunkálását, a D1,905 tájoló furatokkal együtt egy új, 500-as operációra helyezték át. Ezek a furatok zöld nyíllal jelölve láthatóak a 25. ábrán.

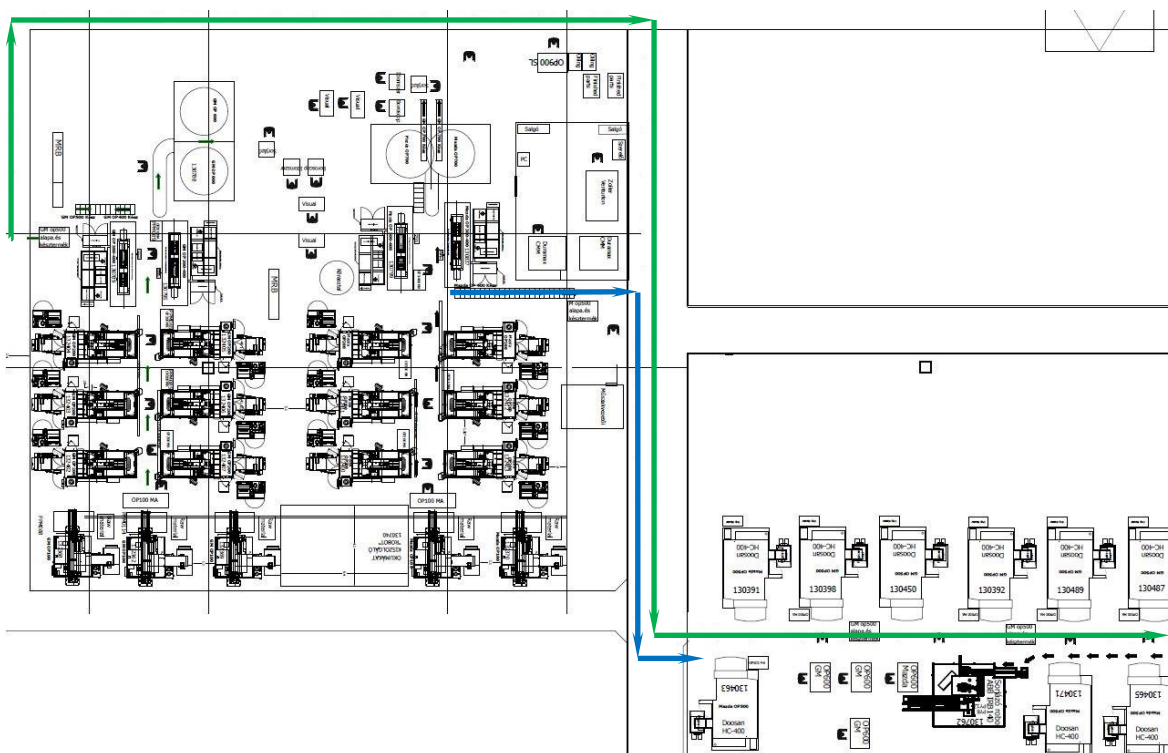


25. ábra. A Solenoid- és tájoló furatok helyzete az alkatrészben (Mazda) [5.]

Az új operációra 9db Doosan megmunkáló központ lett beüzemelve, ez a gyártósor tervezett futásához képest egyértelműen veszteségeket vont maga után, ilyen veszteségek például:

- a gyártófolyamatba bevont megmunkáló központok üzemeltetési, felszerszámozási költsége
- a folyamatba bevont gépek által elfoglalt hasznos gyárterület
- az új operációra felvett plusz gépkezelők
- nagy mozgási veszteség - az új operáció messze van a gyártósortól (26. ábra)
- előállítás ciklusideje

Ennek a problémának a megoldása folyamatban van, ugyanis a vállalat szerszámüzemében új, saját tervezésű készülékeket gyártanak a Chiron gépekre. Az új készülékekkel várhatóan megfelelő lesz az alkatrészek befogása, és így a furatok megmunkálása visszakerülhet a 200-as operációra.

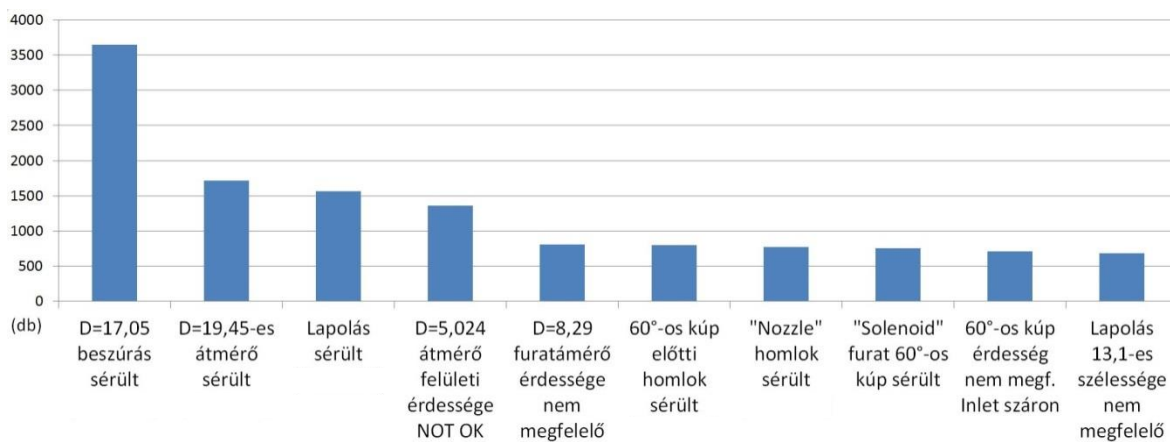


26. ábra. A termékek útja az 500-as operációhoz (GM-zöld, Mazda-kék) [5.]

6.2. Selejtkimutatás

A gyártósoron egy másik fellépő probléma volt, hogy amíg a gyártósor tervezésénél 3,5%-os hibaszázalékkal való működéssel számolt a vállalat, addig a gyártósorról lejött, és vevőnek kiküldött késztermékek közötti selejtes alkatrészek aránya meghaladta ezt a maximálisan elfogadható értéket.

A 27. ábrán a GM Injector Body szeptemberi selejtkimutatása látható, a leggyakoribb sérülések megnevezésével és azok eloszlásával.



27. ábra. Selejtkimutatás a szeptemberi hónapban (GM)

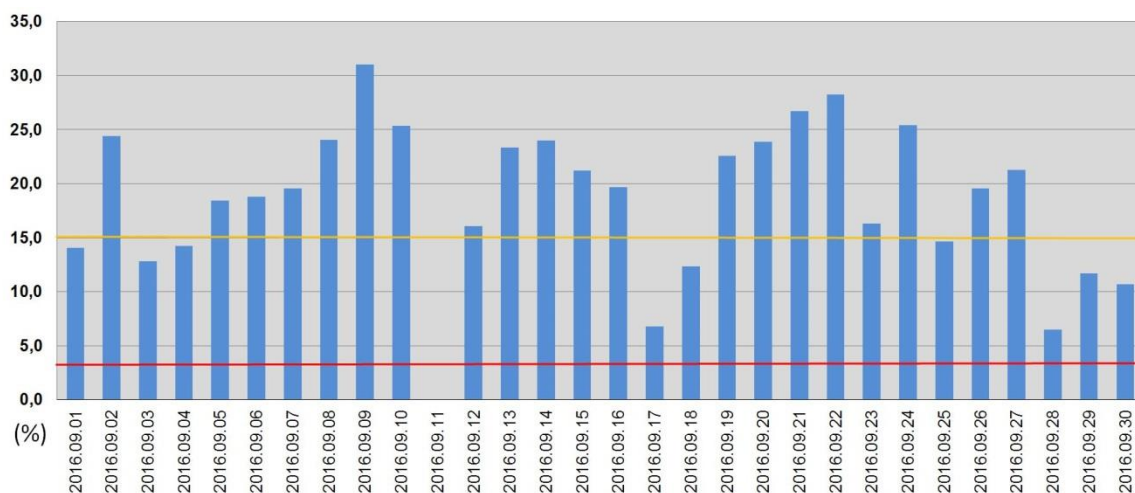
A szeptemberi hónapban összesen legyártott alkatrészek száma 126487 db volt, ebből a selejtes termékek száma 37015 db. A selejtes termékek százalékos aránya az alábbi képlet alapján számolható ki:

$$Selejt \% = \frac{Selejtes\ termékek\ (db)}{\text{Összes legyártott termék}\ (db)} \times 100 \quad (2)$$

Ez alapján az összefüggés alapján a GM Injector Body termékek szeptember havi selejtszázaléka:

$$Selejt_{szept.}\% = \frac{37015}{126487} \times 100 = 29,26 \% \quad (3)$$

A selejtek százalékos aránya a 28. ábrán látható, napi bontásban, a szeptemberi hónapra vonatkoztatva. Piros vonallal jelöltem a vállalat által tervezett eredeti 3,5%-os selejthatárt, a sárga vonal a nagyarányú selejtgyártás következtében, az adott időszakban másodlagos célként kitűzött selejthatárt ábrázolja, mely 15% volt. Az ábrából egyértelműen látható, hogy az eredmények nem túl pozitívak.



28. ábra. Szeptemberi selejtszázalékok (GM)

A magas selejtszázalékkal való gyártás egy autóiipari beszállító vállalat esetén egyértelműen nem megengedhető, így a dolog mindenképpen beavatkozást igényelt.

A vállalat intézkedése ez ügyben az volt, hogy a termék gyártási folyamatába plusz ellenőrzési állomásokat iktattak be, ettől várva azt az eredményt, hogy a selejtes alkatrészeket nagyobb mértékben ki tudják szűrni.

6.3. Dolgozói létszám növekedése

A GM-Mazda Injector Body alkatrészek gyártásának kezdetekor tervezett operátori létszámot a 3. táblázat mutatja. A gyártósor optimális teljesítéséhez és az előzetesen megcélzott pénzügyi mutatószámok eléréséhez ezzel a műszakbeosztással és operátori létszámmal számolt a vállalat.

3. táblázat. GM-Mazda Injector Body gyártósor tervezett operátori létszáma

	Operátorok / műszak
OP100 Esztergálás	2
Gravírozás	0
OP200 Fúrás – Marás	5
OP300-400 Ágyúfúrás	3
OP500 Marás	0
OP900 Vizuális ellenőrzés - sorjázás	6
Set-up	2
Team-leader	0
Σ 1 műszak	18
Tervezve - 3 műszak	54

A nagyarányú selejtgtyártás miatt szükséges volt a 3 műszakos beosztást 4 műszakra módosítani annak érdekében, hogy a vevő által lehívott darabszámot tartani tudják, tehát plusz egy műszaknyi operátor felvételére került sor.

Az új operáció és ellenőrző állomások létrehozásával, valamint a plusz műszak beiktatásával jelentősen nőtt a dolgozók létszáma a gyártósoron, amely egyértelműen negatívan hatott a termelés jövedelmezőségére. Ehhez az is nagymértékben hozzájárult, hogy szemben a gépkezelőkkel, a vizuális ellenőrök a késztermék szempontjából nem végeznek értékteremtő folyamatot, tehát előállítási veszteséget jelentenek a vállalat számára.

Az növekvő dolgozói létszám mellett a selejtes alkatrészek számában sem mutatkozott radikális csökkenés, továbbá a termelési értékek változása is abszolút aránytalan volt a dolgozók létszámának ingadozásával.

Ez a rendellenesség a kimutatásokban is jól látható volt, ahogyan ez megfigyelhető a 4. és 5. táblázatban. A táblázatban a piros színnel jelöltem, ha a megelőző hónaphoz képest több operátor dolgozott, zölddel, ha kevesebb, és sárgával, ha a létszám nem változott.

4. táblázat. Létszám és termelési érték kimutatása januártól májusig

	Január	Február	Március	Április	Május
Forgácsoló (fő)	29	41	68	84	88
Végellenőr (fő)	22	30	47	52	57
Safe Launch (fő)	0	0	0	0	1
Gépbeállító (fő)	5	6	11	10	11
Összesen (fő)	56	77	126	146	157
Közvetlen létszámba jutó termelési érték (Ft/fő)	1 666 152 Ft	959 074 Ft	593 381 Ft	1 350 094 Ft	1 463 008 Ft
Termelési érték (Ft)	93 304 516 Ft	73 848 667 Ft	74 765 987 Ft	198 463 764 Ft	229 692 244 Ft

5. táblázat. Létszám és termelési érték kimutatása júniustól szeptemberig

	Június	Július	Augusztus	Szeptember
Forgácsoló (fő)	92	101	104	100
Végellenőr (fő)	71	61	61	64
Safe Launch (fő)	0	1	1	1
Gépbeállító (fő)	11	10	10	11
Összesen (fő)	174	173	176	176
Közvetlen létszámba jutó termelési érték (Ft/fő)	1 257 039 Ft	1 430 047 Ft	1 418 012 Ft	847 931 Ft
Termelési érték (Ft)	218 724 799 Ft	247 398 047 Ft	249 570 049 Ft	149 235 886 Ft

Az előzőekben leírt problémák és azok folyamatos fennállása egyértelművé tették a vállalat számára, hogy a gyártósort LPS felülvizsgálat alá kell vonni.

7. A gyártósor jelen állapotának felmérése

A szakmai gyakorlatom során LPS munkatársként részt vettem a GM-Mazda Injector Body gyártósor LPS felülvizsgálatában. Az én feladatomban volt a gyártósoron dolgozó gépkezelő operátorok felülvizsgálata, és a szükséges minimális létszámuk meghatározása. Így tehát kezdő lépésként a gyártósor jelen állapotát kellett felmérnem.

Először is a gyártósor elrendezését térképeztem fel, és készítettem egy vázlatos kivonatból Excel programban. Ez a rajz a teljes gyártósorról a *1. számú mellékletben* található. Ennek megrajzolásához segítségemre volt egy AutoCad-es rajz a gyártósorról, azonban mivel ez a rajz a gyártósor elindulási állapotát ábrázolta, így több részlete nem fedte a valóságot, ezért többnyire saját bejárás során mértem föl a megmunkáló gépek egymáshoz viszonyult helyzetét. Ez után az időmérési feladatok következtek.

7.1. Időmérések

Mivel a gyártósoron összesen 20 gépkezelő dolgozott egy műszakban, így az időméréseket több kollegámmal együtt egyszerre végeztük annak érdekében, hogy az adatok feldolgozása a lehető leghamarabb megkezdődjön. Első sorban meg kellett figyelni az adott operátort munkavégzés közben, meg kellett ismerni a feladatait és azok sorrendjét. Miután teljes képet kaptunk arról, hogy mely feladatokat milyen sorrendben kell elvégeznie, a teljes munkafolyamatát részegységekre tudtuk bontani és azokat akár külön-külön is tudtuk mérni, ez által sokkal pontosabb adatokat kaptunk. Az időmérésekhez szükséges volt egy stopperóra, valamint egy időmérési adatlap, mely a 29. ábrán látható.

Ahogy az ábrán is megfigyelhető, az időmérési adatlapon az alábbi adatokat kell megadni:

- Operáció (Melyik gyártósor, melyik munkafázisa)
- Operáció száma (pl. OP 200)
- A mérést végző személy neve
- Az mért operátor neve
- Dátum
- Műszak jele (A, B, C, D)

Idő mérési adatlap														
Operáció: _____ Op. szám: _____										Dátum: _____				
Mérést végző: _____ Operátor: _____										Műszak: _____				
Lépés	Művelet elemek (Max 5)	Pt:Mérési sűrűség egyéb viszonyszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Átlag	Idő

29. ábra. A felülvizsgálat idő mérései során használt adatlap [5.]

Ezt követően a dolgozó által végzett műveleteket sorrendben felírtuk és megkezdhettük a mérést.

Egy példa a művelet elemek sorrendjére:

1. Alkatrészeket előkészít (6 db)
2. Alkatrész csere gépben (2db)
3. Gépi ciklusidő
4. Alkatrész tisztítása sűrített levegővel
5. Mérés 1/1 (Minden darabon elvégzett méretellenőrzés.)
6. Mérés 1/45 (Minden 45. darabon elvégzett méretellenőrzés.)
7. Mérés MEO (Az operátor elviszi a mérőszobába a bejegyzett alkatrészt és addig nem folytathatja a gyártást, amíg a mérést végző személytől zöld jelzést nem kap.)
8. Alkatrészeket ládába tesz

Mivel az időmérési adatlapon lévő adatokat sok esetben nem a mérést végző személy dolgozza fel, érdemes egyéb észrevételeket, megjegyzéseket feltüntetni a lapon, melyek hasznos információk lehetnek az adatok feldolgozása során. A végső átlagolt adatokat végül egy Excel-es táblázatban gyűjtöttem össze, ennek egy részlete, a GM 200-as operációjának adatai láthatóak a 30. ábrán.

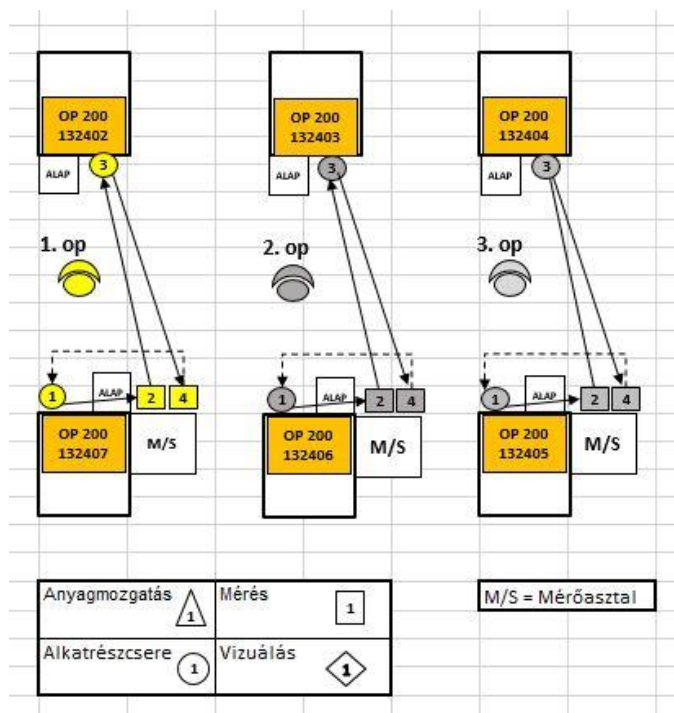
OP 200	Darabszám/ Mérési gyakoriság	sec	1db-ra eső idő	Db/műszak
132402 gépi idő	2	240	120,00	306
132407 gépi idő	2	255	127,50	288
132403 gépi idő	2	259	129,50	284
132406 gépi idő	2	256	128,00	287
132404 gépi idő	2	260	130,00	282
132405 gépi idő	2	246	123,00	299
Mérés	1	12	12,00	
Mérés	5	10	2,00	
Mérés	21	18	0,86	
Mérés	31	10	0,32	
Mérés	41	51	1,24	
Mérés	121	90	0,74	
Sétaidő	4	20	5,00	
Alkatrész csere	2	25	12,50	
Mérés MEO	55	120	2,18	
Mérés MEO	45	120	2,67	
		Összesen:	39,52	1745,43

30. ábra. A GM 200-as operációjára vonatkoztatott időmérési eredmények

7.2. Leterheltség felmérés

A továbbiakban a gépkezelők százalékos leterheltségének számítása következett, melyet szintén a GM 200-as operációjára vetítve szeretnék bemutatni.

A 31. ábrán láthatóak tehát a 200-as operáció gépei és az azokat kezelő operátorok, valamint az is megfigyelhető, hogy a munkavégzésük során milyen sorrendben végzik el feladataikat. A leterheltség számításának bemutatása során az 1. operátort fogom vizsgálni.



31. ábra. A GM sor 200-as operációján dolgozó operátorok, nyilakkal jelölve a gépek közötti mozgásuk egy ciklus során.

Az operátor által végzett feladatokat és mozdulatokat három csoportra bontottam: alkatrészcsere, mérések, és mozgásidő. Első körben az egy darabra jutó időket számoltam ki, melyek a 30. ábrán látható adatokból számíthatóak:

- *Alkatrészcsere*: 2db alkatrész cseréje 25 másodpercbe telik, tehát ez 1 db-ra levetítve:

$$25 \div 2 = 12,5 \text{ s} \quad (4)$$

- *Mérések*: A méréseknél az összes, különböző gyakoriságú mérést levetítettem egy darabra nézve, és ezek idejét összeadtam, tehát:

$$12,00 + 2,00 + 0,86 + 0,32 + 1,24 + 0,74 = 17,17 \cong 17,2 \text{ s} \quad (5)$$

- *Mozgásidő*: Itt a dolgozó által megtett, gépek közötti sétaidők, mozgások összegét számítjuk, tehát nem az egy darabra eső időt vesszük, hanem az egy gépre jutó sétaidőt:

$$(20 \div 4) \times 2 = 10 \text{ s} \quad (6)$$

Ezen adatok birtokában ki tudtam számítani, hogy az adott operátor egy teljes ciklusidő alatt mennyi időt töltött összesen alkatrészcserével, mérésekkel és sétával. Ha ismét vetünk egy pillantást a 30. ábrára, láthatjuk, hogy mindegyik 200-as operáción dolgozó munkagép két fészekkel rendelkezik, tehát két munkadarabot munkál meg egyszerre. Mivel a 31. ábrán azt is látjuk, hogy egy gépkezelő két munkagépet kezel egyszerre, így ez alapján a számításunk a következőként folytatódik:

$$(12,5 \times 4) + (17,2 \times 4) + 10 = 128,8 \text{ s} \quad (7)$$

Az egyenlet szerint tehát, mivel egy ciklus során a két munkagép összesen négy alkatrészt munkál meg, az alkatrészcsere és mérések egy darabra jutó idejét megszoroztuk az egy ciklusban elkészülő alkatrészek számával. A mozgásidőt nem kell megszoroznunk, hiszen mint ahogyan említettem, azt a gépek számára vetítve nézzük.

A három értéket összeadva tehát megkapjuk, hogy az operátor hasznos munka ideje egy ciklus alatt 128,8 másodperc. A dolgozó leterheltségének százalékos értékét úgy kapjuk meg, hogy az általa, a ciklusidő alatt eltöltött hasznos időt viszonyítjuk az általa kezelt gépek ciklusidejéhez. A 31. ábrából megfigyelhető, hogy az 1. operátor az 132402 és az 132407-es számú gépeket kezeli, így a 30. ábráról leolvasható a gépek ciklusideje, melyeknek átlagával számoltam. Így a számítás a következőképpen alakul:

- A gépek ciklusidejének átlaga:

$$\frac{240+255}{2} = 247,5 \text{ s} \quad (8)$$

- Az 1. operátor százalékos leterheltsége:

$$\frac{128,8}{247,5} \times 100\% \cong 52 \% \quad (9)$$

A kapott eredmény azt mutatja, hogy a gépek 247,5 másodperces ciklusideje alatt a gépkezelő átlagosan 128,8 másodpercet dolgozik, és így 118,7 másodpercig várakozik arra, hogy befejezze a gép az alkatrész megmunkálását. Itt szeretnék visszautalni a dolgozatom elején megemlített veszteségforrások közül a várakozás veszteségére. Ezt az eredményt, ha a műszak teljes idejére kivetítjük, elmondható, hogy gyakorlatilag a 12 órás műszakból a

GM 200-as operációján dolgozó gépkezelők átlagosan durván 6 órát töltenek hasznos munkavégzéssel, a másik 6 órában pedig a gépre várnak.

A fent leírt számítások alapján a teljes gyártósor százalékos leterheltségét elkészítettem, melynek eredményei a 2. és 3. számú *mellékletben* található meg.

8. Értékáram elemzés a jelen állapotra vonatkozóan (CVSM)

Az én feladatomban volt az operátorok szükséges minimális létszámának meghatározása mellett az értékáram elemzés elkészítése is. A 4.2.1. pontban már felületesen érintettem, hogy mit is takar az értékáram elemzés, így mindazt alapul véve, most a gyakorlatban való használatát szeretném bemutatni. Terjedelméből adódóan a teljes CVSM kimutatás a 4. mellékletben látható.

Az értékáram elemzést a Linamar által használt Excel-es formátumban készítettem el, a GM és Mazda sorra egyaránt. Az elemzésben ábrázoltam a gyártósor összes operációját és az azokon dolgozó összes gépet gépszám szerint. Az egyes gépekhez kapcsolódóan az alábbi adatokat adtam meg:

- Ciklusidő
- Fészekszám
- Műszakszám
- Operátorszám

A selejtszázalék értékét nem adtam meg külön a szerszámgépekhez, mert a teljes gyártósorra vonatkoztatott selejtszázalékkal számolt a vállalat a taktusidő meghatározása során.

A sorjázó és ellenőrző állomások aktuális állapotát is ábrázoltam, azonban ez volt az egyik legproblémásabb terület a gyártósoron, így a felülvizsgálat során napról napra változtak a számuk és feladataik. Az aktuális időszakban például a kézi sorjázást végző operátorok feladata volt a boroszkópos ellenőrzés is. Ezen kaotikusnak mondható állapotok miatt a veszteségek nélküli taktusidőhöz viszonyítottam a szűk keresztmetszetet, és ez az értékáram elemzésem egyfajta alapot nyújtott a selejtgéártást felülvizsgáló kollegák számára.

3. táblázat. Adatok a taktusidő meghatározásához

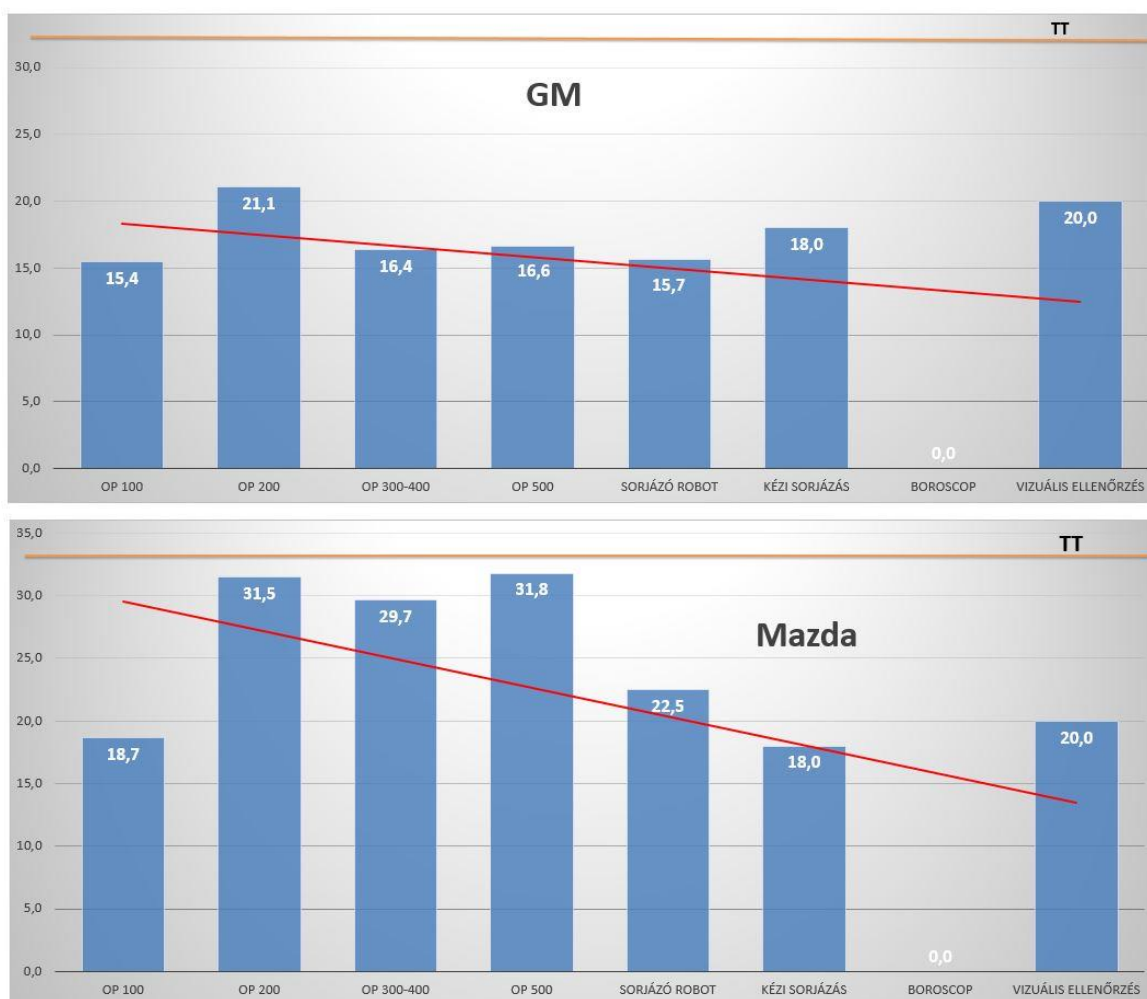
TAKT TIME	
darab / műszak	1244
darab / hét	12433
darab / nap	2487
Megrendelt darabszám	216250
Munkanap	87
Rendelkezésre állás	85,0%
műszakszám / nap	2

munkaidő / műszak	11,25
selejt	10,00%
TT (sec)	32,587

Szűk keresztmetszet GM:	21,06
Szűk keresztmetszet Mazda:	31,78

Taktusidők meghatározása esetén a 3. táblázatban látható adatokkal számol a vállalat. Ebben az esetben nyilván a rendelkezésre állást és a selejtszázalékot nem kalkuláltam bele a számításba, így a taktusidő az (1) összefüggés szerint számítható.

A szűk keresztmetszet a folyamat leghosszabb ciklusidővel rendelkező művelete. Ez a GM esetében a 200-as operáció, a Mazda esetében pedig az 500-as. Ahogyan a 3. táblázatból is láthatjuk mindkét gyártósor szűk keresztmetszete kisebb, mint az általunk vett taktusidő, tehát ebben az esetben mindkét gyártósoron teljesíteni tudjuk a lehívást.



32. ábra. A GM és a Mazda sor ciklusidejei az operációk bontásában.

A 32. ábrán látható diagramokon ábrázoltam a gyártósor operációinak ciklusidejét, melyen narancssárga vonallal jelöltem a taktusidőt.

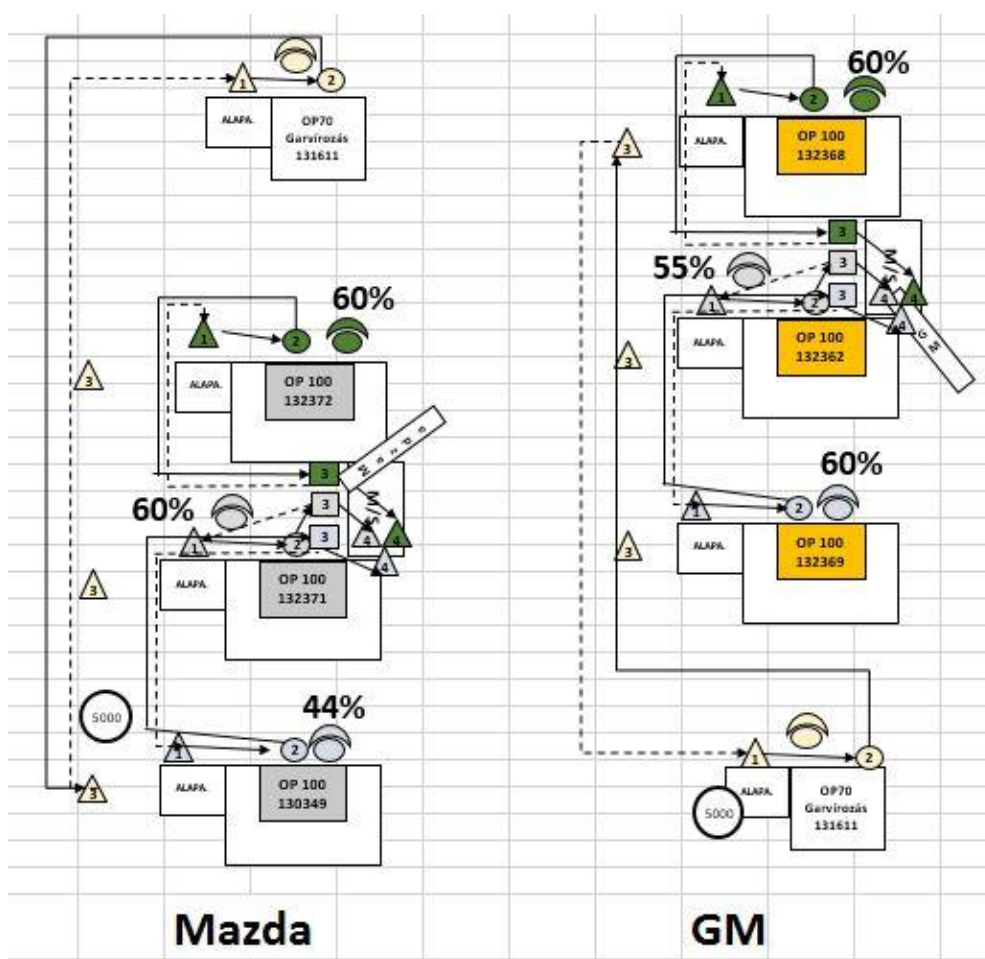
A diagramokra helyezett trendvonalból látható, hogy alapvetően a gyártósor GM és Mazda része is húzott sorként lett tervezve, jelen állapotban ez főleg a Mazda diagramján figyelhető meg. A húzott sor azt jelenti, hogy a folyamat végén lévő operációk ciklusideje rövidebb, mint a közepén lévő operációké. Ezzel ki lehet küszöbölni a pufferra termelést, hiszen, ha a sor végi ciklusidők hosszabbak lennének, nagy pufferek halmozódnának föl az operációk között, mely túltermelési, és adott esetben raktározási veszteséget vonna maga után.

Az értékáram elemzés segítségével a pufferek mennyiségét és a folyamatos anyagáramlást biztosító puffer időt is meghatározhatjuk. A cég a gyártósor esetében a 10 perces pufferidőt célozta meg, ami azt jelenti, hogy ha egy adott operáción probléma lép fel, esetleg a gyártás valamilyen hiba miatt megáll, akkor a puffer 10 percig tudja még kiszolgálni az utána lévő operációkat. Ezt a pufferidőt a jelen állapot szerint 32 darabos pufferekkel körülbelül tartani tudjuk.

9. Az operátorok létszámában beiktatott változtatások

9.1. OP 100

A 100-as operáción sem a GM, sem a Mazda esetében nem történt változtatás a gépkezelők létszámában. Ez annak tudható be, hogy folyamatban volt a teljes operáció automatizálása, beleértve az előtte történő OP 70-es gravírozási műveletet is. Ettől eltekintve a dolgozók létszámának csökkentése csak úgy jöhetett volna létre, ha a három szerszámgépet cellásítjuk, azonban tekintve, hogy az operáción dolgozó gépkezelők párhuzamosan gép beállítói feladatokat is elláttak ez nem bizonyult reális opciónak.



33. ábra. A gyártósor 100-as operációján dolgozók százalékos leterheltsége

A 33. ábrán látható 70-es és 100-as operáció azóta már teljesen automatizálva fut, tehát négy műszakkal számolva összesen 28 emberrel kevesebb operátort igényel a gyártósor. A Linamar Hungary Zrt. 3,6 millió forint éves költséggel számol egy dolgozóra vetítve, így a (10) összefüggés alapján évi 100,8 millió forintot takarított meg a cég a

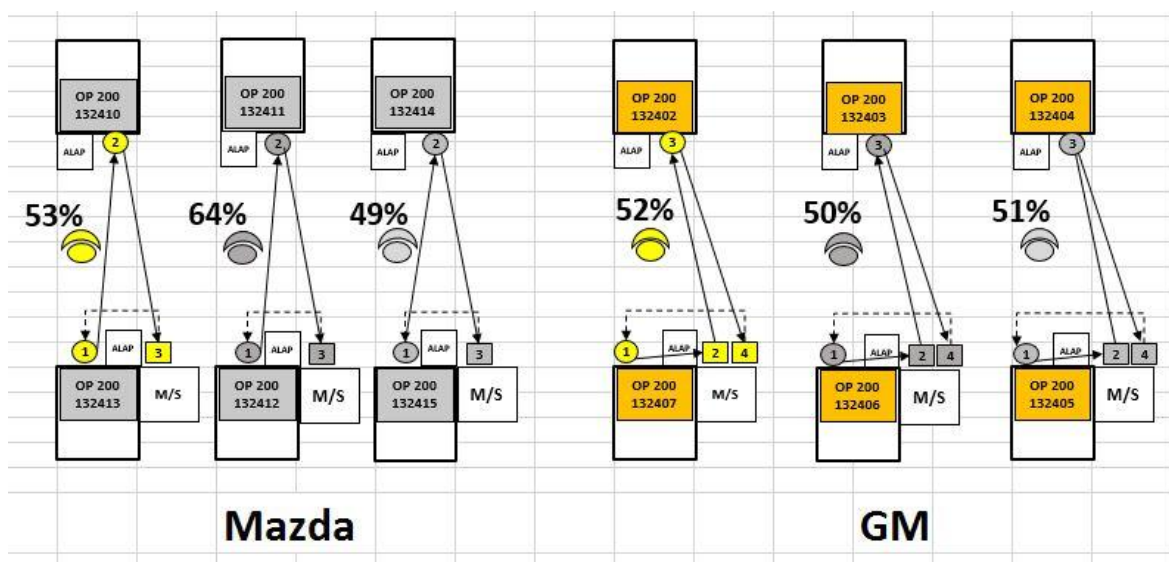
gyártósor ezen részének automatizálásával. Nyilván ez az adat az automatizálás költségeitől függetlenül értelmezendő.

$$3,6 \times (7 \times 4) = 3,6 \times 28 = 100,8 \quad (10)$$

Itt szeretném megjegyezni, hogy a gyártósorról levett dolgozókat természetesen nem bocsátotta el a cég, hanem más gyártósorok operációira lettek átcsoportosítva.

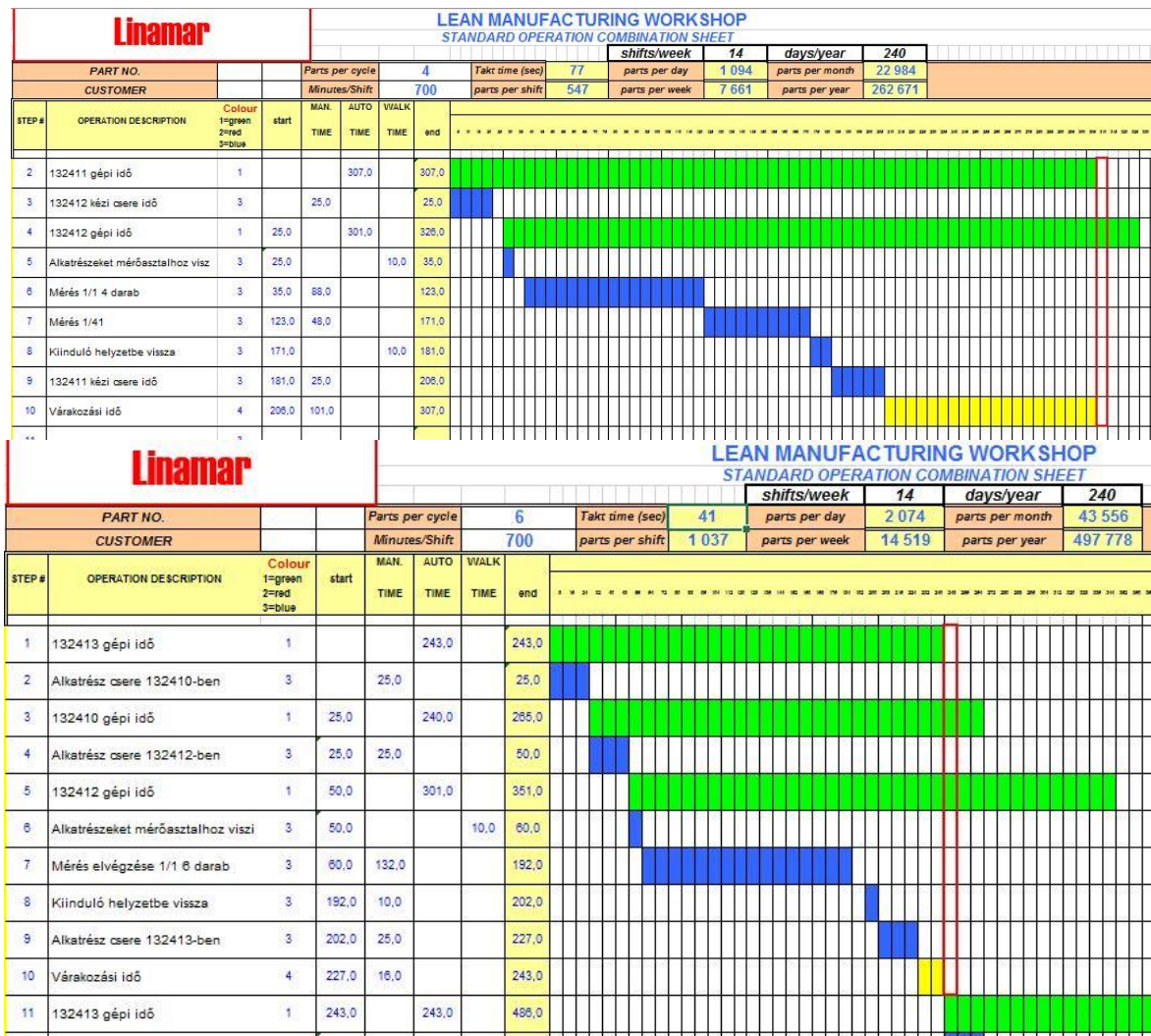
9.2. OP 200

A 200-as operációk tekintetében már történtek változtatások, hiszen a leterheltség felmérése után, melynek eredményei a 34. ábrán láthatóak, már látható volt, hogy valószínűleg egy operátor három gépet is tudna kezelni egyedül.



34. ábra. A gyártósor 200-as operációján dolgozók százalékos leterheltsége, ha egy ember két munkagépet kezel

Persze pusztán feltételezések alapján nem vehetünk csak úgy le operátort a gyártósorról, ezért a következő lépésben kombinációs táblákat szerkesztettem, melyek segítségével grafikusán ábrázolva könnyen megfigyelhető, hogy különböző paraméterek változtatása során hogyan alakulnak a ciklusidőn belüli folyamatok.



35. ábra. A Mazda 200-as operációjára készített kombinációs táblák. A fenti esetben egy gépkezelő két gépen dolgozik, míg a lenti esetben egy gépkezelő három gépen.

A 35. ábra felső részén látható kombinációs tábla azt állapotot ábrázolja, amikor egy operátor két gépen dolgozik, az alatta levő kombinációs tábla pedig azt mutatja meg, hogy hogyan alakulnának időintervallumok, ha egy operátor három gépet kezelne. Ezen ábrán látható kombinációs táblák a Mazda sor 200-as operációjára vonatkozóan készültek.

Zöld színnel ábrázoltam a gépek ciklusidejét, kékkel az operátor által végzett mozdulatok és mérések idejét, sárgával pedig azt az időt, amit a dolgozó a gépre várva eltölt. Az ábrán látható sárga csíkok úgy gondolom elég beszédesek. Ha három gépen dolgozna az operátor, akkor a minden darabos mérések elvégzése mellett 16 másodperc várakozási ideje marad, amíg ez két gép esetén 101 másodperc, abban az esetben, ha a minden darabos mérések mellett el kell végeznie a 1/41-es méréseket is.

Ez után kiszámoltam milyen módon változnak a leterheltségi értékek, ha két gépkezelő dolgozik az operáción. Ez ugyan azon az elven történt, mint ahogyan azt a dolgozatom 7.2 pontjában részleteztem.

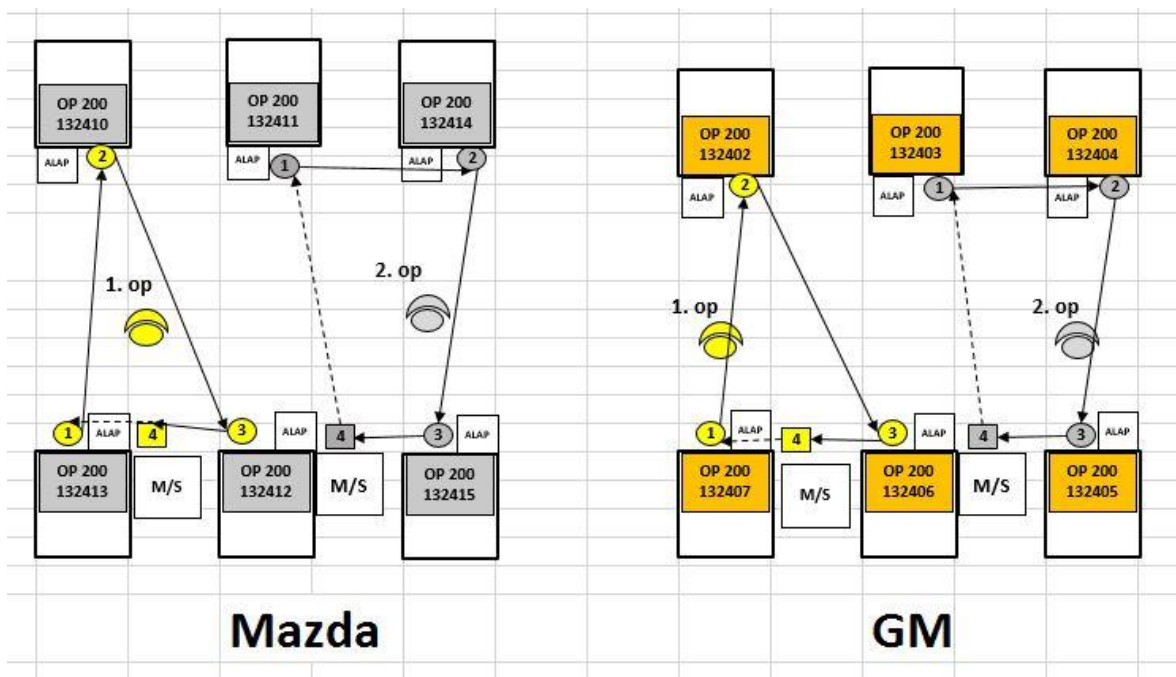
Az alkatrész csere és a mérések ideje ugyan annyi marad, hiszen ezekben nem történik változás, azonban mivel eggyel több gépet kell kezelnie a dolgozónak, így a teljes mozgásidő megnő 30 másodpercre, tehát a mozgásidő a következőképpen alakul:

$$(10 \div 2) \times 3 = 15 \text{ s} \quad (11)$$

A mozgásidő tehát 15 másodpercre nő, a (4) és (5) képletekből pedig tudjuk, hogy az egy darabra eső alkatrészcsere 12,5 másodpercet, a mérések pedig 17,2 másodpercet vesznek igénybe. A számítást a (7) összefüggés szerint folytattam, azonban itt is figyelembe kellett venni, hogy már három munkagépre, tehát hat munkadarabra vonatkozik a számítás. Ennek megfelelően az alkatrészcsere és mérések egy darabra eső idejét nem néggyel, hanem hattal szoroztam, ahogyan ez a (12) összefüggésben látható.

$$(12,5 \times 6) + (17,2 \times 6) + 15 = 193,2 \text{ s} \quad (12)$$

Az operátorok munkasorrendje a 34. ábrához képest a 36. ábra szerint változna, ha fejenként három gépet kezelnének.



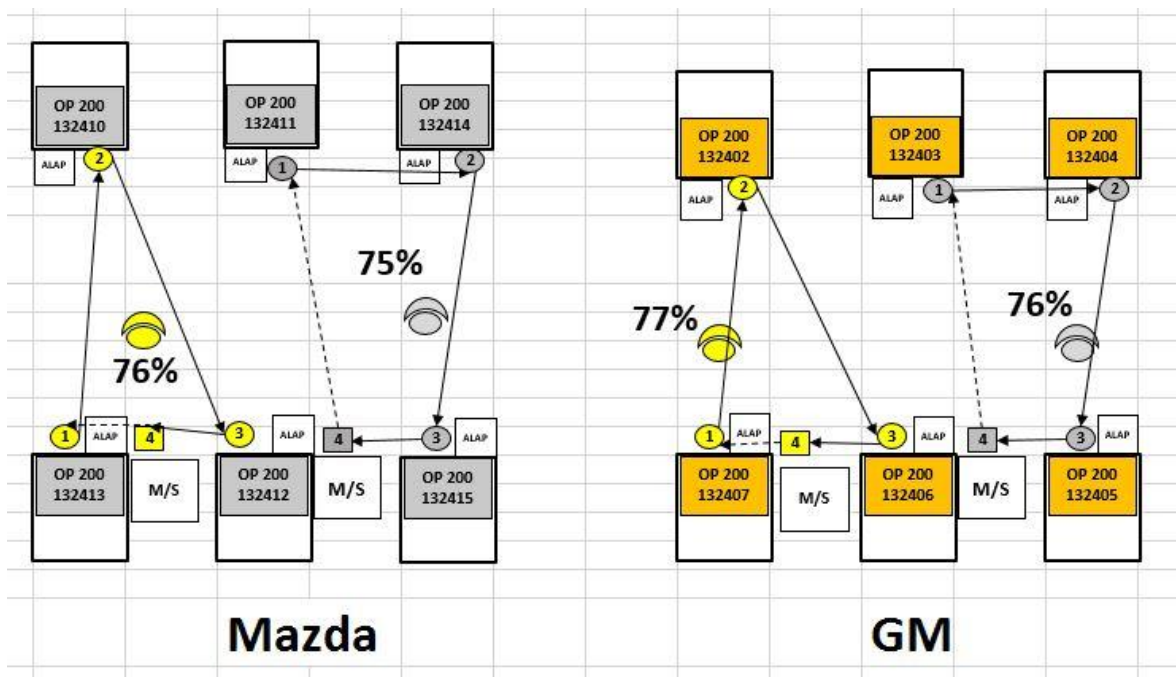
36. ábra. A 200-as operáción történő munkavégzés így oszlana meg, ha egy dolgozó három gépet kezel.

Mivel a 7.2 pontban a GM 200-as operációjának 1. operátorán mutattam be a leterheltség számítását, így ebben az esetben is így tenném. Tehát a számítást a (8) összefüggéshez hasonlóan kellett folytatnom, vagyis ismét átlagolni kellett a dolgozó által kezelt gépek ciklusidejét. A 36. ábrán megfigyelhető, hogy az 1. operátor az új felállásban mely három gépet kezel, és ezen gépek ciklusideje gépszám szerint megkereshető a 30. ábrán lévő táblázatból. Így a gépek ciklusidejének átlaga:

$$\frac{240+255+256}{3} = 250,3 \text{ s} \quad (13)$$

A (9) összefüggés elvét követve tehát kiszámítottam, hogy hogyan alakul az operátor leterheltsége:

$$\frac{193,2}{250,3} \times 100\% \cong 77 \% \quad (14)$$



37. ábra. Az optimalizált operátori létszám után így alakulna a dolgozók százalékos leterheltsége a 200-as operáción.

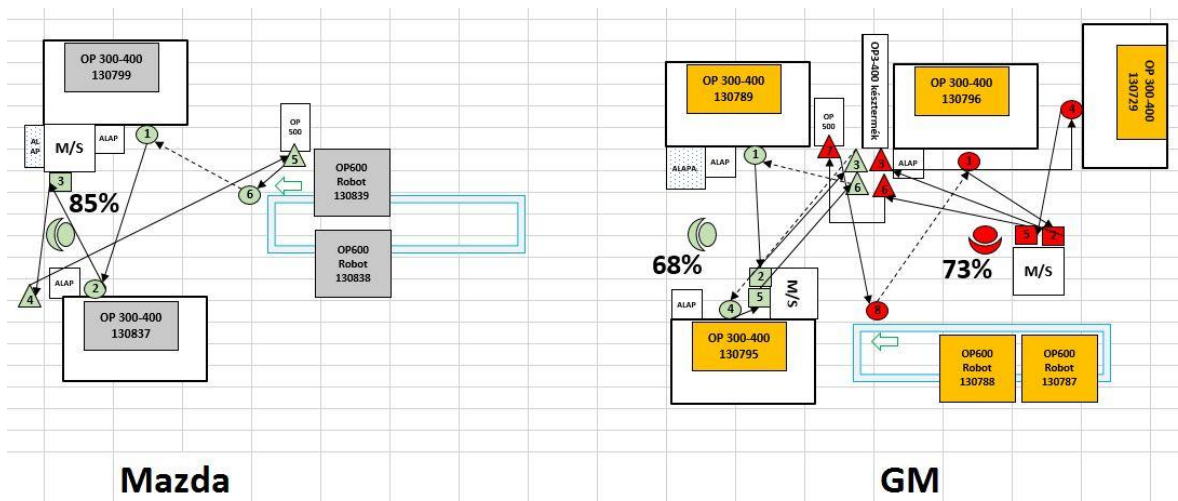
Ha a 34. ábrát összehasonlítjuk a 37. ábrával láthatjuk, hogy mindenképpen előrelépést jelent, ha egy operátort leveszünk a gyártósor ezen részéről, ennek megfelelően ez meg is történt, és az OP 200-as operációkon már a 37. ábra szerint történik a munkavégzés.

Ha a 9.1. pontban leírtakhoz hasonlóan megnézzük, egy műszakban két dolgozót sikerült levonnunk az 200-as operációról, ez pedig négy műszakra nézve nyolc ember. Az egy főre jutó 3,6 millió forinttal számolva, amennyibe a cégnek kerül egy operátor éves szinten, a (15) összefüggésben meg is kapjuk, hogy ezzel a módosítással évi 28,8 millió forintot takarított meg a vállalat.

$$3,6 \times (2 \times 4) = 3,6 \times 8 = 28,8 \quad (15)$$

9.3. OP 300-400

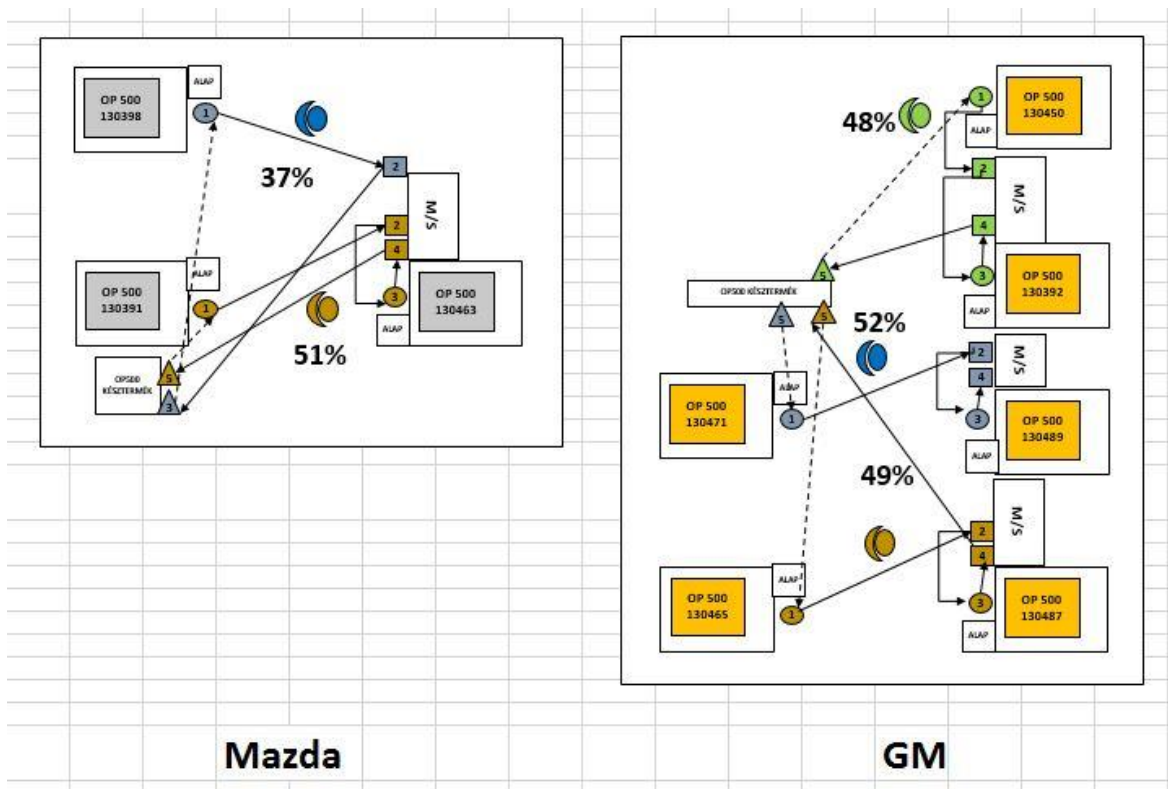
A 300-400-as operációkon dolgozó gépkezelők létszámán nem lehetett faragni, ugyanis a 38. ábrából is jól látható, hogy az operációk így is a szükséges minimális létszámmal futnak.



38. ábra. A 300-400-as operáción dolgozók százalékos leterheltségei.

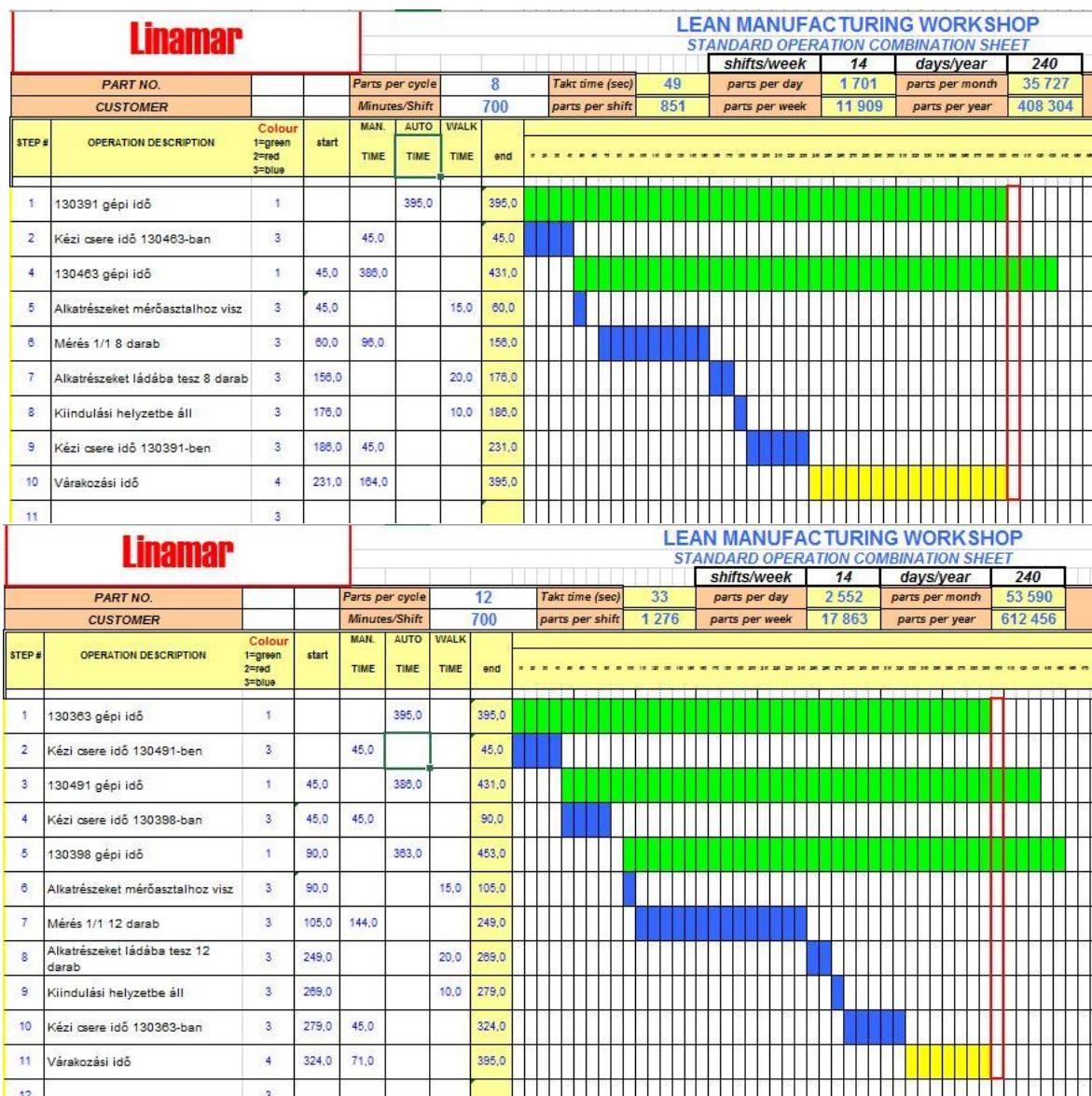
9.4. OP 500

Az 500-as operáción dolgozó gépkezelők leterheltségének százalékos értékei megfigyelhetők a 39. ábrán. A 200-as operációhoz hasonlóan itt is egyből észrevehető, hogy a szükséges minimális létszámnál több operátor dolgozik.



39. ábra. Az 500-as operáción dolgozók százalékos leterheltségének eredményei, mialatt öt ember dolgozott a területen.

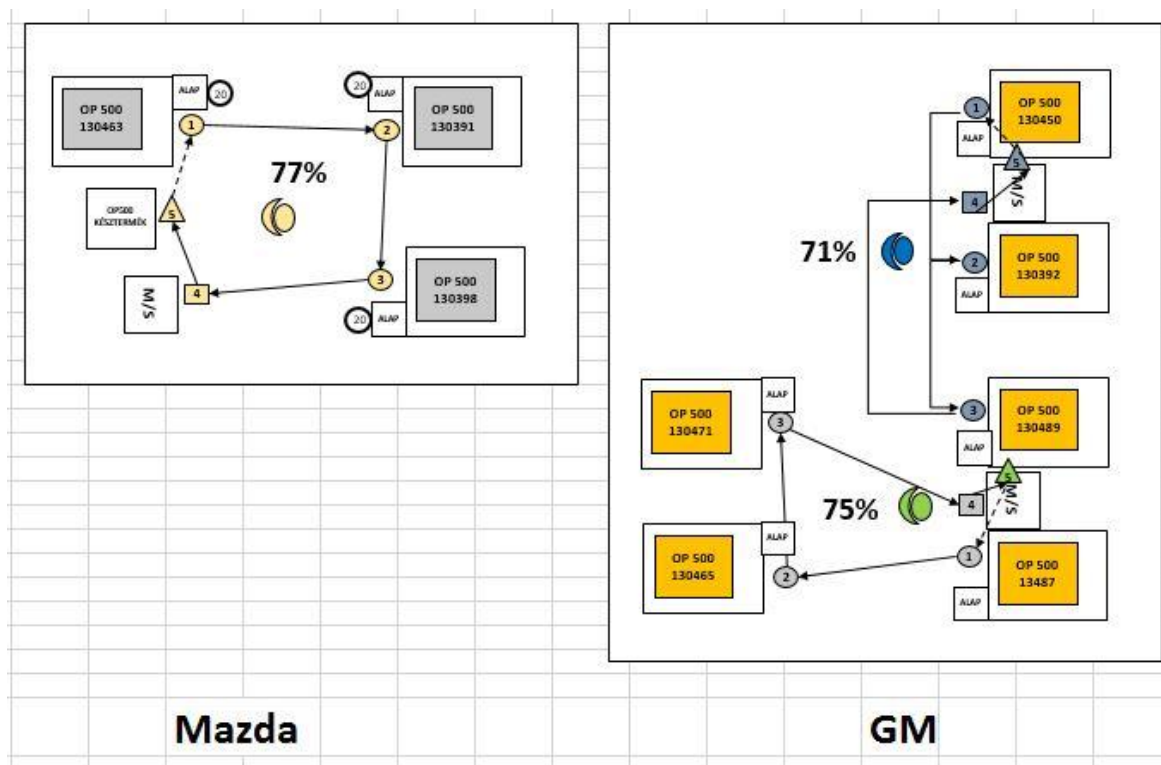
Ebben az esetben is elkészítettem a kombinációs táblákat, méghozzá arra a két verzióra, amikor is egy operátor két gépen, és egy operátor három gépen dolgozik. Az eredményekből ismét jól kivehetőek a különbségek, a 40. ábrán látható, hogy három gép esetén sokkal kedvezőbben alakul a dolgozó hasznos idejének beosztása, mint két gép kezelése során. Ez az ábra a 35. ábrához hasonlóan szintén a Mazda sor adatait mutatja.



40. ábra. Mazda OP 500-hoz tartozó kombinációs táblák. A fenti ábrázolja a két gépre, míg a lent a három gépre vonatkoztatott állapotot.

Két gép esetében, miután a dolgozó letudja az alkatrész cseréket, és a méréseket, 164 másodpercet várakozik a gép ciklusidejének végére, míg három gép esetén ez a várakozási idő 71 másodpercre csökken, azonban vegyük figyelembe, hogy ezekben az esetekben csak a minden darabos méréseket végzi el az operátor, tehát ha egy másik gyakoriságú mérést is végeznie kell, ez az idő még tovább csökken, ahogyan két gép esetén is csökkenne.

A új állapot szerinti leterheltségek számolása teljes egészében a 9.1. pontban leírtak szerint ment végbe, ezen számítások eredményei a 41. ábrán láthatóak.



41. ábra. Az OP 500-on dolgozó gépkezelők százalékos leterheltsége a operátori létszám minimalizálása után.

Ha a 39. ábrát összevetjük a 41. ábrával tisztán látható, hogy ebben az esetben is sikeresnek mutatkozik a létszám csökkentése, így a számításaim alapján az 500-as operáción is bevezette a cég a fent tárgyalt változtatásokat.

Ezen az operáción megint két operátor szabadult fel műszakonként, mely összesen nyolc embert jelent, ha a teljes gépkezelői létszámra, vagyis négy műszakra vonatkoztatunk. Így az előzőekhez hasonlóan itt is ki lehet számítani a cég megtakarítását ezzel a lépéssel, ezt a számítást a (16) összefüggés írja le.

$$3,6 \times (2 \times 4) = 3,6 \times 8 = 28,8 \quad (16)$$

A számítás egyértelműen mutatja, hogy az 500-as operáción dolgozó gépkezelők létszámának minimalizálásával újabb évi 28,8 millió forintot takarított meg a vállalat.

10. Jövő állapot értékáram elemzése (FVSM)

A Jelen állapot után természetesen a jövő állapot értékáram elemzését is el kellett készítenem, azonban ez csak az általam végzett munkának köszönhető változásokat tartalmazza. Mivel feladataim során az operátorok minimális létszámának meghatározása volt a cél, ezért a jövő állapot értékáram elemzésében is csak az operátori létszámban történtek változások, melyek sem a ciklusidőkre, sem a pufferidőkre, sem a taktusidőre nem volt hatással. Azonban mégis szükség volt ezen állapotváltoztatások értékáram elemzésbe való integrálásához, hiszen az általam készített VSM-eket több, a gyártósor felülvizsgálatában dolgozó kollega felhasználta saját munkája során.

A jövő állapotra vonatkozó értékáram elemzésem az *5. számú mellékletben* található.

11. Összegzés

A Linamar Hungary Zrt.-nél töltött szakmai gyakorlatom során lehetőségem volt részletesen megismerkedni a különböző lean eszközökkel, és azok gyakorlati alkalmazásával, mely egy egészen izgalmas és érdekes területet fedett fel előttem. Részt vettem a GM-Mazda Injector Body gyártósor LPS felülvizsgálatában, amely során a munkámmal hozzájárultam ahhoz, hogy pénzügyi szempontból optimális változtatásokat lépjen meg a vállalat. A gyártósoron azóta is folyamatos fejlesztés folyik, azonban a vevői igények a darabszámokat tekintve radikálisan megváltoztak, így már csak GM alkatrészek készülnek az adott gyárterületen. A Mazda injektorok gyártására létrehoztak egy külön „kis” gyártósort, ugyanis kifutó széria lévén ezt az alkatrészt már csak kis darabszámban rendelte meg a vevő.

A munkám alatt, valamint a dolgozatom írása közben is rengeteget tanultam és sok tapasztalatra tettem szert, így ezúton szeretnék köszönetet nyilvánítani külső konzulensemnek Szabó Zsoltnak, valamint belső konzulensemnek Dr. Jakab Sándornak, hogy munkájukkal és támogatásukkal lehetővé tették, hogy ez a szakdolgozat elkészüljön.

Irodalomjegyzék

1. Wikipedia - Lean
Elektronikus forrás: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Lean>
Megtekintés dátuma: 2016.10.06.
2. Vision Lean – A Lean gyártás története
Elektronikus forrás: <http://vision-lean.hu/index-5.htm>
Megtekintés dátuma: 2016.10.06.
3. Lean szótár – 7 veszteség
Elektronikus forrás: <http://leanszotar.hu/page.php?27>
Megtekintés dátuma: 2016.10.07.
4. Losonci Dávid: Bevezetés a lean menedzsmentbe – a lean stratégiai alapjai, Budapest, 2010.
5. Linamar Hungary Zrt. tulajdonában lévő dokumentumok, fényképek, ábrák
6. Lean Center – „Veszteségmentes” logisztikai folyamatok, avagy Lean értékteremtés
Elektronikus forrás: <http://leancenter.hu/erdekessegek/cikkekmenu/cikkek/3455-vesztesegmentes-logisztikai-folyamatok-avagy-lean-ertekteremtes>
Megtekintés dátuma: 2016.10.07.
7. Kvalikon – KAIZEN módszer
Elektronikus forrás: <http://www.kvalikon.hu/cikkek/rejtett-tartalek.php>
Megtekintés dátuma: 2016.10.10.

Mellékletek jegyzéke

1. sz. melléklet – A Denso Injector Body gyártósor egyszerűsített területi rajza
2. sz. melléklet – A Mazda Injector Body gyártósor operátorainak leterheltségi mutatószámai
3. sz. melléklet – A GM Injector Body gyártósor operátorainak leterheltségi mutatószámai
4. sz. melléklet – A gyártósor jelen állapotának értékáram elemzése
5. sz. melléklet – A gyártósor jövő állapotának értékáram elemzése