

Debreceni Egyetem
Műszaki Kar
Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék
4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4
Tel: +36 (52) 415-155



Gyártási folyamat racionalizálása a Partner Pont Kft.-nél

Készítette: **Kocsi Balázs** Műszak menedzser szakos hallgató

Belső konzulens: Dr. Budai István

Külső konzulens: Franyó Gyula

Tanszékvezető: Dr. Szűcs Edit



Debrecen
2012

Tartalom

1. Bevezetés	3
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1 Folyamatmenedzsment	4
2.1.1 Folyamatmenedzsment rendszer felépítése	5
2.1.2 A folyamatmenedzsment koncepció elemei és működése	8
2.2 Folyamatok fejlesztése minőségtechnikákkal	9
2.3 FMEA mint folyamat minőség javító módszer	11
2.3.1 Tradicionális FMEA	12
2.3.2 Költség orientált FMEA	14
2.4 Folyamatmodellezés	17
2.4.1 Folyamat modellezés eEpc alkalmazásával	18
2.5 Folyamat szimuláció	20
3. Szervezet Bemutatása	21
4. Empirikus elemzés	22
4.2 Kutatási terv	22
4.2.1 Problémafelvetése	22
4.2.2 Kutatási célkitűzés	22
4.2.3 Kutatási kérdések és feltételezések	23
4.2.4 Kutatási módszer	23
4.3 A jelenlegi gyártási folyamat bemutatása	26
4.4 FMEA elemzés	30
4.5 FMEA alapján módosított gyártási folyamat	33
4.5.1 Az FMEA alapján módosított folyamat átfutási idő- és költségelemzése	36
4.6 A H1 H2 hibák kijavítási lehetősége	39
4.7 H2 hiba, folyamat FMEA alapján javasolt hibajavító intézkedés	39
4.8 H1 hiba, folyamat FMEA alapján javasolt hibajavító intézkedés	40
4.9 FMEA által javított gyártási folyamat	41
4.9.1 FMEA által javított folyamat átfutási idő- és költségelemzése	44
5 Eredmények összegzése és értékelése	46
5.1 Két folyamat teljes idejének és teljes költségének szignifikancia szint vizsgálata	46
5.2 Informatikai rendszer beruházásának a megtérülése	48
6. Összefoglalás	50
Irodalomjegyzék	52

1. Bevezetés

Minden gyártó- és termelőüzemnek fontos, hogy folyamataik optimálisan fussanak le és ez által emelkedjen a termék minőségének színvonala, a vevői megelégedés és a profit. Nyári gyakorlatomat a Partner Pont Kft faipari cégnél töltöttem ahol megismerkedtem a szervezet bútorgyártási folyamatával. Az ehhez kapcsolódó szakirodalmat kellő alaposággal átjártam. A folyamat megismerése során arra a következtetésre jutottam, hogy a szervezetnél a jelenlegi bútorgyártási folyamat költség és idő eredményein lehetne javítani. Ebből kifolyólag egy kutatási tervet készítettem arra vonatkozóan, hogy a jelenlegi gyártási folyamat hibáit nagyfokú pontossággal feltárjam és azok kijavításával a gyártási folyamatot elméletben racionalizáljam, szimuláljam, kellő alapot adva ezzel a gyakorlati megvalósításhoz.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 Folyamatmenedzsment

Mi is a folyamat? Ennek a megválaszolására lássunk egy átfogó definíciót:

„A folyamat: egy vagy több tevékenység, amely értéket növel úgy, hogy egy bemenetkészletet átalakít a kimenetek készletévé (javakká vagy szolgáltatásokká) egy más személy (a vevő, ill. felhasználó) számára, emberek, módszerek és eszközök kombinációjával.” (1)

A folyamatmenedzsment célja pedig, hogy tervezési, szervezési és kontrolleszközök felhasználásával irányítsa a vállalati értékláncot (a vállalat folyamatait) a minőség, idő, és költség célok elérése érdekében.(2) A folyamatmenedzsmentet sokáig újraszervezésnek tekintették a kilencvenes években elterjed BPR elmélet alapján, amit Michael Hammer alkotott meg.

A BPR folyamatánál az optimalizálás top-down, azaz felülről lefelé halad. A sikeres újraszervezéshez nem szükséges ismerni a jelenlegi folyamatokat, hiszen azokat az alaphelyzetükből kiveszik és teljesen átalakítják. A cél olyan folyamatok kialakítása, amikkel maximálisan kielégíthető a fogyasztói elvárás. A BPR nem a folyamatteljesítmény tartós irányítása mellett van, mert ha újabb követelmények jelennek meg akkor az újjáalakítást meg kell ismételni. A sikeres BPR-hez szükséges, megfelelő informatikai háttértámogatás, elegendő erőforrás, és a vevői igények folyamatos nyomon követése. (3)(4)

2002-ben mutatta be James Champy az X-engineeringet, a BPR egy tovább fejlesztett változatát, aminek a lényege a teljesítmény valamennyi dimenziójának optimalizálása a vállalatok határain átívelő folyamatok hatékony megvalósításával. A teljes értéklánc szétbontása és újraalkotása során az üzleti folyamatokat megújítják, újraszervezik a vállalati stratégiának megfelelően. A lényeg a vállalat alapvető belső képességeire történő koncentráció, és belső funkciók kiszervezése. A folyamat központi hajtó ereje a tranzakciós költségek csökkentése, valamint a céltudatos informatikai rendszer használata. Manapság versenyhátrányt jelent az informatikai rendszerek használatának hiánya.(4)

Üzleti folyamatok optimalizálása (BPM) a BPR-el ellentétben alulról induló (bottom-up) és az érintettek bevonásával jellemezhető folyamat. Célja a folyamatjavítás annak érdekében, hogy azok optimális költséggel, megfelelő időben, megfelelő minőségben folyjanak le. A módszernél fontos a jelenlegi folyamatok jellemzőinek az ismerete és a munkatársak részvétele.

- ✓ A gyakorlatban megvalósítható megoldásokhoz szükség van a folyamatokban résztvevő alkalmazottaknak a folyamat részleteire vonatkozó ismereteire
- ✓ A meglévő folyamatok általában nem hibásak minden elemükben és jellemzőjükben

Az üzleti folyamatok optimalizálásánál egy módszerbe integráljuk a rendelkezésre álló folyamattudást és az új megoldásokhoz szükséges kreativitást. A vállalatoknak a sikeresség érdekében meg kell felelniük a külső és belső változásoknak, ami egy személyre szabott jól definiált folyamatmenedzsment módszer bevezetésével valósítható meg.(4)

A folyamatmenedzsment bevezetéséhez és hatékony alkalmazásához fontos a folyamatszemplélet elsajátítása, ugyanis a problémák nem a funkciókon belül, hanem a funkciók között jelentkeznek. A tradicionális szervezeti struktúra a főnökre koncentrál, ellenben a mai vezető szervezetek a vevőre koncentrálnak. (4)

2.1.1 Folyamatmenedzsment rendszer felépítése

Dolgozatomba a folyamatmenedzsment rendszer felépítését az IFUA Horváth & Partners folyamatmenedzsment koncepciója alapján mutatom be. Azért ezt a megoldást választottam, mert az általuk összeállított koncepció egy továbbfejlesztett változat, ami megállja a helyét a mai fejlettebb szervezeteknél, és az alábbi elvárásoknak megfelel:

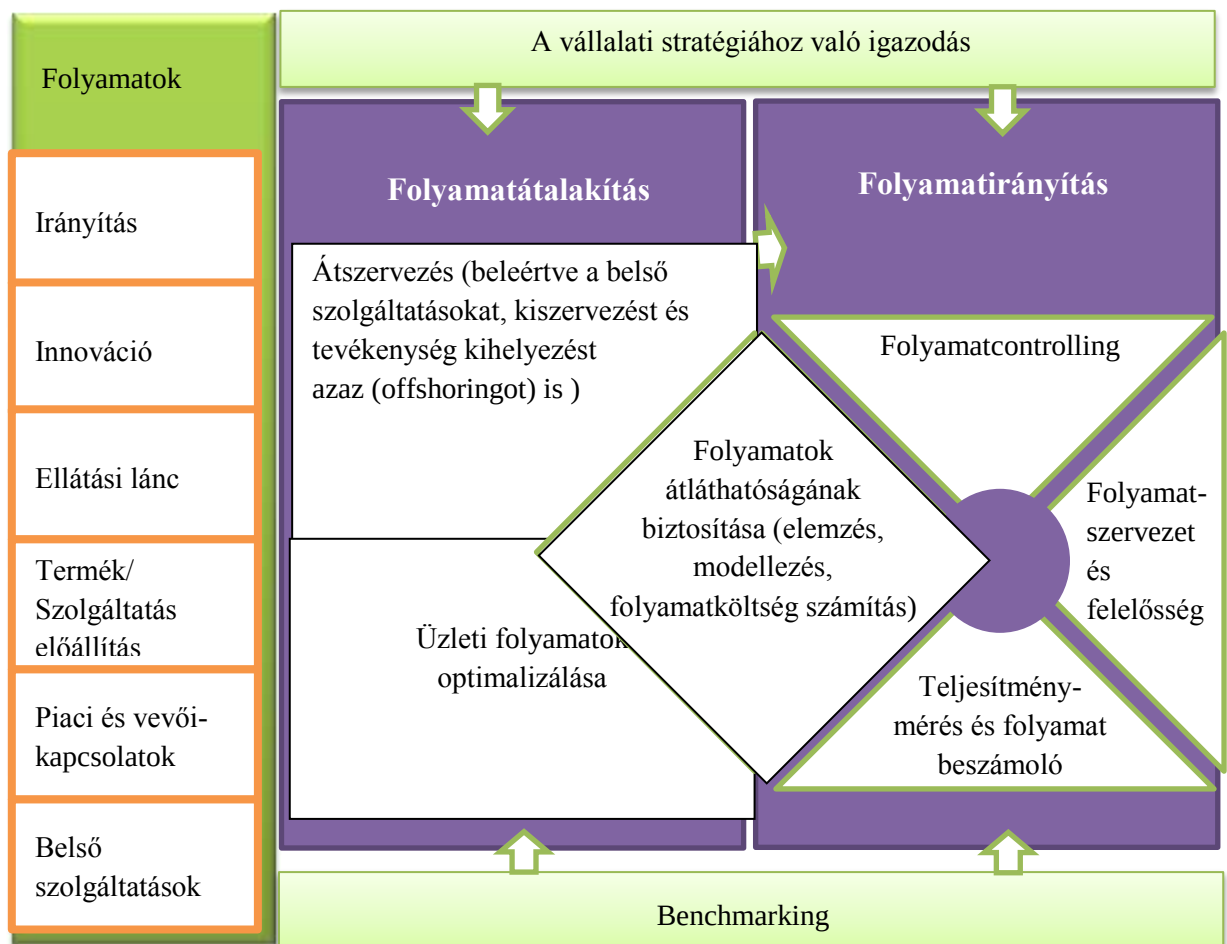
- ✓ Tartósság: A folyamatmenedzsmentnek hosszútávon kell biztosítania a teljesítményt
- ✓ Minden ágazatban alkalmazható: Folyamatmenedzsment koncepciónak mindenhol, ágazattól függetlenül meg kell állnia a helyét.

- ✓ Az eredmény orientált kritikus folyamatok teljesítmény növelése: A vállalati folyamatokat minden szervezetnek a vállalat sajátosságainak megfelelően kell kialakítani és irányítani
- ✓ Különböző vállalati helyzetekben való alkalmazhatóság: Többféle helyzetben lehet szüksége egy vállalatnak a folyamatmenedzsment bevezetésére, legyen szó akár költségcsökkentésről, akár vállalati növekedésről.
- ✓ Fokozatos bevezetés: Az alkalmazottaknak nem csak alkalmazni kell tudni jól a módszertant, hanem meg is kell élniük azt

A koncepció a vállalat összes folyamatára érvényes. Hat folyamat típust tudunk megkülönböztetni.

1. irányítási folyamat
2. innovációs folyamat
3. ellátási láncához kapcsolódó folyamat
4. működési folyamat
5. piaci és vevőkapcsolatokkal összefüggő folyamat
6. belső szolgáltatási folyamat

A koncepciónak két alappillére van folyamatátalakítás és folyamatirányítás. A vállalat stratégiája határozza meg a folyamatmenedzsmentet. Stratégia keretein belül tisztázni kell az üzleti modell szempontjából fontos folyamatokat, és azonosítani kell azokat, ahol beavatkozásra van szükség. A stratégia határozza meg a folyamatok elvárásait és követelményeit. Folyamatmenedzsment egyik fontos eleme a benchmarking. A benchmark adatok megfelelő alapul szolgálnak a legjobb gyakorlat elérésére a kritikus folyamatok céljainak a meghatározásánál.



1. ábra IFUA H&P folyamatmenedzsment koncepció saját szerkesztésben (forrás [4])

A folyamatteljesítmény növelésének az egyik eszköze a folyamatátalakítás, Ilyenkor egyszeri mélyreható változás következik be és a folyamatokat megváltoztatjuk a stratégiai irányelvek vagy az operatív követelményeknek megfelelően. A folyamatátalakítás után a folyamatirányítás feltételrendszerét meg kell teremteni és alkalmazni, az optimális folyamat teljesítmény szint megtartásához. A koncepció vállalatba integrálásánál nem minden esetben szükséges a folyamatátalakítással kezdeni, hiszen a jól működő folyamatokat nem kell átalakítani. Ezeket a teljesítmény szinten tartásához vagy növeléséhez menedzselni kell, amihez megfelelő eszköz folyamatirányítás. A folyamatok átláthatóságát megteremtő módszerek és eszközök erős alapja mind a folyamatátalakításnak, mind a folyamatirányításnak, ezek az eszközök a

folyamatmenedzsment támogatását szolgálják, nem pedig magát a folyamatmenedzsmentet.(4)

2.1.2 A folyamatmenedzsment koncepció elemei és működése

Az egész koncepció alapköve a folyamatok átláthatóságának a biztosítása. Ha ez az elem nincs megfelelően kalibrálva, akkor a teljesítményünk nem lesz optimális. A komponensek szinergiában való együttműködését biztosítja ez az alappillér, a vevői igények maximális megfelelésének érdekében. A továbbiakban bemutatom a koncepció egyes elemeit részletesen.

- Folyamatok átláthatóságának a biztosítása

A lényege hogy tisztán lássuk folyamataink lefutását, az input-okból létrejött output-okat, valamint a funkciók közötti attribútumok kialakulásáról elegendő információt kapjunk. Ehhez használt eszközök a folyamatmodellezés, és folyamatelemzés. A módszerek segítségével költség, idő és minőség adatokat gyűjtünk a folyamat lefolyása során, és meghatározzuk a gyengepontokat.

- Folyamatátalakítás

A jelenlegi folyamatok megváltoztatása, vagy új folyamatok létrehozása a cél az optimális folyamatteljesítmény elérése érdekében. Ez döntően a folyamatmodell széleskörű átgondolását, és átalakítását jelenti, valamint hatással lehet a vállalat stratégiai vagy üzleti modelljére is. A folyamatátalakítás átszervezéssel újraszervezéssel, vagy üzleti folyamatok optimalizálásával hajtható végre.

- Átszervezés, újraszervezés

A mélyreható változás alkalmazására akkor kerül sor, amikor a meglévő folyamatok optimalizálásával nem tudunk olyan jó eredményt elérni, mint a folyamat átalakításával. Ilyenkor a folyamatokat alapvetően megváltoztatjuk, vagy likvidáljuk a folyamatmodellből és egy teljesen új folyamatot alakítunk ki. Az átszervezés radikális változásokat jelent, általában több területet érint.

- Üzleti folyamatok optimalizálása

Az üzleti folyamatok optimalizálása a meglévő folyamatokhoz kapcsolódik. Célja a gyengepontok felszámolása, és a folyamat javítása hogy

megfeleljen a jelenlegi vagy új követelményeknek. Ez a módszer team orientált, ahol a team feladata a folyamatok lefutásának szisztematikus vizsgálata, a gyengepontok feltárása és a javítási lehetőségek megtalálása. A folyamatban érintett részleg képviselői közösen elemzik, modellezik, és dolgozzák ki a lehetőségeket, így az új, optimalizált folyamatot könnyebb bevezetni, hiszen az érintettek is részesei a kidolgozásnak.

- Folyamatirányítás

A cél a folyamatteljesítmény tartós biztosítása és javítása, amihez minden fontos elemet tartalmaznia kell a folyamatirányítási rendszernek. Ide tartozik a folyamatos folyamatteljesítmény-mérés, és a kulcs-teljesítménymutatók nyomon követése, az egy oldalas folyamatriport dokumentummal. Ez a dokumentum fontos információkat tartalmaz a folyamatcontrolling intézménynek. A folyamatcontrolling egység feladata a kulcs-teljesítménymutatók tervezése, és azoknak az irányítása valamint a célértékek érdekében tett intézkedések menedzselése. A folyamatirányítás három elemből áll:

- ✓ Teljesítménymérés és folyamat-beszámoló
- ✓ Folyamatcontrolling
- ✓ Folyamatszervezet és –felelősség

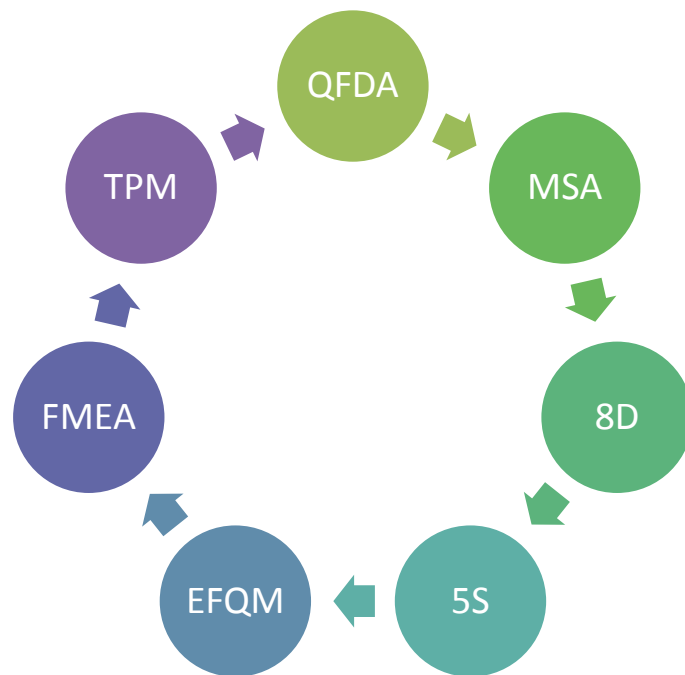
2.2 Folyamatok fejlesztése minőségtechnikákkal

Számos módszer és technika tartozik a minőségtechnikák gyűjtőnév alá. Eredményességének a sikeressége abban rejlik, hogy használatuk egyszerű, könnyen elsajátítható és széles körben alkalmazható. Az elvekre épülő minőségtechnikák jellemzői, hogy megvezetik a gondolkodást és a szakmai tudást keverik a kreativitással. A különböző technikák együttes jellemzői:

- ✓ általában egyszerűek és könnyen elsajátíthatóak
- ✓ kihasználják a csoportmunkában rejlő előnyöket
- ✓ dokumentáltak szemléletesek jól áttekinthetőek
- ✓ visszakövethető
- ✓ kis mértékben avatkoznak be, a működtetett folyamatokba azokat nem zavarják meg

✓ viszonylag kis költséggel hajthatunk végre fejlesztést, javítást

A módszerek alkalmazásánál figyelembe kell venni, hogy elsajátításuk, alkalmazásuk időt vesz igénybe, amit be kell tervezni a szervezet mindennapjaiban, de a ráfordított idő többszörösen megtérül. Pár technikát csak a választék miatt prezentálok egy kis ábrában, a teljesség igénye nélkül.(5)



2. ábra Folyamatfejlesztő minőségtechnikák saját szerkesztésben (forrás: [5])

A minőségtechnikák eredményes alkalmazásához több feltételnek meg kell felelni, az alábbiak szerint:

1. Ügyeljünk arra, hogy a megfelelő technikát válasszuk ki és alkalmazzuk az adott feladatra.
2. A szervezet sajátosságai meghatározzák a bevezetés, és alkalmazás módját
3. Mindig határozzuk meg a felelősöket, aki irányítja az alkalmazást
4. Elengedhetetlen a megfelelő erőforrás és feltételrendszer biztosítása
5. Használjuk ki az informatika erősségeit a módszer alkalmazásában vagy az eredmények kiértékelésében.
6. Szükséges a folyamatos vezetői támogatás
7. Az elért eredmények legyenek mindenki számára elérhetőek.

Ezek a technikák nem okoznak fenn akadást, vagy zavart a meglévő folyamatokban. A szervezetek folyamatjavítást, fejlesztést belső szakembereik tudására támaszkodva, vagy külső szakértők, tanácsadók bevonásával valósíthatják meg. Mivel a munkám során én is egy ilyen módszert alkalmaztam a sok közül, nevezetesen az FMEA hibamód és hatáselemzés tradicionális változatát, ezért fontosnak tartom, hogy a módszer sajátosságait, jellemzőit bemutassam a folyamatokra nézve.(5)

2.3 FMEA mint folyamat minőség javító módszer

A gyakorlatom során a gyártás javítása céljából egy tradicionális FMEA módszert alkalmaztam, ezért fontosnak tartom, hogy a módszert bemutassam. Az FMEA hibamód és hatás elemző módszert, amit már az 1920 években is használtak. A NASA fejlesztette ki a katonai felszerelések megbízhatóságának a fejlesztésére. Majd az 1970-es években a neves autógyártó a FORD bevezette a termékmenedzsmentbe később a minőségsszabványba is. Mára egy alaptevékenységgé nőtte ki magát, amit beintegrálnak a szervezetek minőség, termék, projekt menedzsmentjébe. (6)

Az FMEA után elvégzett javító intézkedések gazdasági hatását Nagy Jenő Bence vizsgálta. Az egyik javító intézkedés lehet hibagyakoriság csökkentő intézkedés, ami a folyamatban bekövetkező hiba megelőzésére koncentrál. Mivel ennek hatásra a folyamat szabályozottabbá válik, így enyhe költségnövekedés következhet be, de a minőségköltségek javulása várható. A második a hibafelismerést javító intézkedés, aminek célja, hogy az értékelés és az ellenőrzés gyakoribb alkalmazásával növeljék a minőséget, és a vevői megelégedettséget. A harmadik a következményenyhító intézkedés, aminél a vevők által tapasztalt minőséget, és a folyamat minőséget külön kell választani. Az intézkedés a hibakövetkezmény súlyosságára koncentrál. Ez a minőségre közvetlenül nem hat, de a minőség vevői szempontból javul. (7)

Intézkedés jellege	Megfelelés költségei		Nem megfelelés költségei		Belső megfelelés	Külső megfelelés	Vevői minőség
	megelőzés	értékelési	belső hiba	külső hiba			
Hiba gyakoriság csökkentő	növekszik	csökken	csökken	csökken	javul	javul	javul
Hiba felismerést javító	változatlan	növekszik	enyhén növekszik	csökken	nem cél a változás	javul	javul
Következmény enyhítő	növekszik	változatlan	változatlan	csökken	nem cél a változás	nem cél a változás	javul

1. táblázat Különböző jellegű minőségjavító intézkedések összehasonlítása, (forrás: [7])

Tehát a szemlélet alapján nem lehet megállapítani, hogy az FMEA módszer alkalmazásakor megfogalmazott javító intézkedések fognak-e költség csökkenést eredményezni. Mert a költségek alakulása függ az intézkedések jellegétől is.

2.3.1 Tradicionális FMEA

Az FMEA módszernek különböző változatai vannak attól függően, hogy milyen területen kívánjuk alkalmazni. A két legelterjedtebb típus a folyamat FMEA és a konstrukciós FMEA

A konstrukciós FMEA célja a konstrukciós hibák, gyenge pontok kiküszöbölése, hogy a termék megfeleljen a formai és tartalmi elvárásoknak, a folyamat FMEA lényege hogy csökkentse a tervezési és végrehajtási hibákat, az adott folyamat gyártástervezésének és kivitelezésének az elemzésével. Ezeken kívül van még termék FMEA ahol a termékre vonatkozó hibákat próbáljuk meg feltárni, azonosítani, majd hatásuk alapján rangsorolni.(7)

Ez a módszer csapatmunkán alapszik, ahol a csapattagok feltárják a lehetséges hibákat, megvizsgálják a hibák kiváltó okait és következményeit. Ez után az összes hibát és hozzá tartozó lehetséges hiba-okot a 2. táblázat alapján súlyszámokkal látják el 1-10-es skálán. Ezek az alábbiak: a hiba előfordulásának a gyakorisága, a hiba felfedezhetősége, valamint a hiba súlyossága. A súlyszámokat összeszorozva megkapjuk az úgynevezett kockázati számot (RPN),

és ezután tudjuk minősíteni a lehetséges hibákat, és javaslatot tenni minőségjavító intézkedésekre.(7)

$$RPN = S * O * D$$

1. képlet: kockázati szám kiszámítása

Ahol: S: a hibamód súlyossága

O: a hibamód előfordulásának a gyakorisága

D: a hibamód felfedezhetősége

Így megkapott RPN értékek alapján tudjuk rangsorolni a hibamódokat.

A hibamód előfordulásának a gyakoriságát a statisztikai eszközökkel mérhetjük. Ehhez szükséges tudnunk, hogy a vizsgált folyamatban az adott hiba hiba-ok milyen gyakorisággal fordul elő. Ehhez ad segítséget egy úgynevezett hiba-ráta, amelyet mérés vagy megszámlálás alapján kaphatunk meg. A hiba-rátát szokták ppm (part per million, milliónkénti darabszám) értékkel jellemezni vagy a Six Sigmát alkalmazó szervezeteknél dpmo (defects per million opportunities, hibák millió lehetőségenként) értékkel jellemezni. A hiba-ráta értéke a folyamat minőségének a mértéke, nevezhetjük belső minőségi szintnek. Azért hívhatjuk így, mert a gyártási folyamat után lehetnek még a minőség növelésére tett ellenőrző tevékenységek, így növelve a vevői elégedettséget

Az FMEA egy másik szempontja, a hibamód felfedezhetősége. Itt az FMEA csapat tagjai, azt értékelik, hogy a bekövetkezett hiba, az adott szabályok, feltételek mellett várhatóan milyen mértékben ismerhető fel, mielőtt a megrendelő megkapná a terméket, és ő fedezi fel a hibát. Vagy random ellenőrzés segít kiszűrni a hibás darabokat, vagy az hogy a következő tevékenység nem futtatható le a hiba miatt.

Az FMEA utolsó szempontja hibamód súlyossága. Ami azt jelenti, hogy a bekövetkezett és fel nem fedezett hiba milyen hatással van a gyártási folyamat következő elemeire, és a vevőre nézve. Ez az FMEA vevői oldala, hiszen itt a hibát a vevő szemszögéből értékeljük. Itt a hiba gyakoriságát nem szabad figyelembe venni, csak azt kell értékelni hogy ha a hiba bekövetkezik akkor az

mit jelent a vevőnek. Ennél a szempontnál külső delegáltak segítségével vevői szemszögből szokták a hiba súlyosságát megítélni.(7)

Az FMEA a szempontok értékelésére egy 10 skálát használ. 1-10 ig lehet az osztályokat értékelni attól függően, hogy mennyire súlyos a hibamód, mekkora az előfordulási gyakorisága, és a felfedezhetősége. Az alábbi 2. számú táblázat tartalmazza ezeket az értékeket magyarázattal.

	Súlyossági	Előfordulási gyakoriság	Felismerhetőségi
	Leírás	Leírás	Leírás
1-2	Enyhe hiba a felhasználó észre sem veszi	Működési idő alatt, egyszeri hiba előfordulási valószínűsége <0,001	Nagyon nagy valószínűséggel feltárható, ellenőrzés, irányítás biztos jelzi a hibát
3-5	Enyhe vevői bosszúság, kis alkatrész rendszer károsodás	Működési idő alatt, egyszeri hiba előfordulási valószínűsége 0,001 és 0,01 közé esik	Nagy valószínűséggel feltárható, ellenőrzés, irányítás jó eséllyel képes jelezni a hibát
6-7	Vevői elégedetlenség, alkatrész vagy rendszerkárosodás	Működési idő alatt, egyszeri hiba előfordulási valószínűsége 0,01 és 0,1 közé esik	Közepes valószínűséggel tárható fel, ellenőrzés és irányítás valószínűleg jelzi a hibát.
8-9	Nagy vevői elégedetlenség, Rendszer működésképtelen	Működési idő alatt, egyszeri hiba előfordulási valószínűsége 0,1 és 0,2 közé esik	Nem valószínű, hogy az ellenőrzés és irányítás képes jelezni a hibát.
10	Vevő elvesztése, vagy rendszer, működés képtelen	Működési idő alatt, egyszeri hiba előfordulási valószínűsége > 0,2	Nulla a valószínűsége hogy a hibát felismerik.

2. táblázat FMEA osztályok értékei saját szerkesztés (forrás [8])

Fontosnak tartom azt, hogy az elemzés előtt átfogó képet kapjak a módszerről és kellően jártas legyek a szakirodalomban ezért több elemző módszert megvizsgáltam. A következőkben ismertetem a költség alapú FMEA elemzési módszert.

2.3.2 Költség orientált FMEA

A költség alapú FMEA elemzéssel egy olyan vizsgálati módszert tudunk alkalmazni ami, javítja a hibák fontossági sorrendjének a rangsorolását. A tradicionális FMEA 3 szempontot vesz figyelembe a vizsgálatnál, és nem ad információt a hibák költség vonzatairól. Fenn áll annak a lehetősége, hogy nem a megfelelő sorrendet állítjuk fel, mert előfordulhat, hogy egy hibamód magas

RPN számmal rendelkeznek, de az intézkedés vagy kár költség vonzata alacsony, ugyanakkor előfordulhat az az eset, amikor mérsékelt kockázati értékkel rendelkező hibamódnak következményei hatalmas költségvonzattal rendelkeznek. Kifejlesztettek egy költség alapú FMEA eljárást, ami a folyamatokban történő hibamódok költségvonzatait számolja. A költség meghatározható a következő képletből. (9)

$$C = p_s W + p_m A$$

2. képlet: egy hibaköltség meghatározása

Ahol: C: hiba költsége

W: garanciális költség, abban az esetben, ha a vevő felfedezi a hibát

P_s: annak a valószínűsége, hogy a vevő észleli a hibát átvétel után

A: a hiba bekövetkezéséből származó költségek

P_m: Annak a valószínűsége, hogy a hibát a vevő nem veszi észre

Ennek a számításnak az a hátránya, hogy egy vevőre csak 1 hibaköltséget tudunk meghatározni. Ezért szükséges a képletet tovább fejleszteni, ahol több vevőt figyelembe véve különböző hatások költségeit tudjuk vizsgálni a hibára vonatkozóan. Ezt a következő képlet így írja le:

$$E[C^e] = \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m p_{rs} * C_{rs}^e$$

3. képlet: külső hibák költségvonzatainak a meghatározása

Ahol: E: a költség értéke

C^e: külső hibák hatásának a költsége

r: hibából fakadó vevői reakció hatása r=1,...,n

s: vevők s=1,...,m

C_{rs}^e : s vevő r reakciójából bekövetkező költség

p_{rs} – r a hibából fakadó s vevői reakció valószínűsége

Ezzel a módszerrel a külső hibák költségvonzatait figyelembe vesszük, de a belső hiba költségek rejtve maradnak. A vállalaton belül a folyamatok funkciói között keletkező hibák hatásait és költségeit is vizsgálnunk kell. Erre is van egy

tovább fejlesztett modell ahol több befolyásoló tényezővel számolunk, és meghatározható a hibamód teljes költsége (9):

$$RPN_c = P(O) * \{P(\bar{D}|O) * E[C^e] + P(D|O) * E[C^i]\} + P(\bar{O}) * P(D|\bar{O}) * E[C^c]$$

4. képlet: külső belső hibák költségvonzatai

ahol: RPN_c : költségalapú kockázati rangsor száma a külső és belső hibák észlelésének függvényében

$P(O)$: hiba bekövetkezési gyakorisága

$P(\bar{D}|O)$: annak a valószínűsége, hogy nem észleljük a hibát

C^e : külsőleg észlelt hibák költsége

$P(D|O)$: annak a valószínűsége, hogy belül észleljük a hibát

C^i : belsőleg észlelt hibák költsége

$P(\bar{O})$: hiba be nem következésének feltételes valószínűsége

$P(D|\bar{O})$: hiba előrejelzésének feltételes valószínűsége, abban az esetben ha a hiba még nem merült fel

C^c : hibás pozitív megfigyelés költsége

Belső hibák a teljesség igénye nélkül: Selejtes, hibás termék

A hiba javításának ideje

A hibák helyreállításának az anyagköltsége

Újracsomagolás

Külső hibák a teljesség igénye nélkül: A hibás tétel cseréje

Szállítási idő gyártól, gyárig

Profit veszteség

Arculatromlás, fontos ügyfelek elvesztése

A tradicionális módszertan nem reprezentálja a hibamódok kockázati rangsorában a költségek jelentőségét. A külső és belső hibák költség vonzatait beépítve a módszerbe sokkal pontosabb képet kaphatunk a kockázati rangsorról és lényegre törőbb javítási megoldást tudunk javasolni a folyamat racionalizálása céljából.(9)

2.4 Folyamatmodellezés

A folyamatmenedzsmentben a tervezési és szervezési tevékenységek elvégzéséhez nyújt hasznos segítséget a folyamatok modellezése. Egy folyamat hibánélküli lefutásához nélkülözhetetlen a jó tervezés, a tervezést segítik a folyamatmodellező módszereket, amelyek egy vizuális képet adnak a folyamatban résztvevő, tevékenységekről, erőforrásokról, funkciókról, és ezeknek a kapcsolatairól. Legfontosabb célja hogy megfelelő pontossággal írjuk le a jelenleg működő rendszert, illetve hogy az igényelt rendszerrel szemben támasztott követelményeket és szemléltessük a rendszer működését. (10)

Fontosnak tartom bemutatni azokat az iránymutatásokat, amik segítségemre lesznek a bútorgyártási folyamat modellezésénél. Ez a hét irányelv figyelembevételével olyan folyamatmodellt tudunk létrehozni, ami legjobban, fedi a valóságot.

A 7PMG(Seven process modeling guidelines) segítséget ad a modellezéshez. A 7PMG biztosít egy sor ajánlást, ami segít felépíteni egy folyamat modellt a nulláról, valamint javítja a jelenlegi folyamatmodelleket. Az iránymutatások empirikus kutatásra épülnek. (11)

Az iránymutatások a következők:

1. A lehető legkevesebb elem használata a modellben, hogy a legérthetőbb legyen. A nagyobb modelleket általában nehezebb értelmezni és hibák detektálása is nehezebb, mint egy kisebb modellben.
2. Az elemek a lehető legrövidebb útvonallal kössük össze. Egy elemhez minél kevesebb bemenetet vagy/és kimenetet rendelünk hozzá, annál átláthatóbb lesz.
3. A folyamatokat egy kezdő eseménnyel kell nyitni, és egy záró eseménnyel befejezni, hogy érthető átlátható legyen a modellben.
4. A modell a lehető legstrukturáltabb legyen. A folyamatmodell felépítésénél minden elágazás és csatlakozáspont a megfelelő helyre csatlakozzon.

5. Azok a modellek ahol ÉS (and) illetve KIZÁRÓVAGY (XOR) operátorok vannak jobban értelmezhetőek. Az OR csatlakozásra szemantikai ellentmondások léphetnek fel, ezért ennek az alkalmazását, ha lehet, kerüljük.
6. Ige-tárgy esetű érthető címkékkel ruházzuk fel a tevékenységeket és eseményeket, hogy mindenki számára érthető legyen.
7. Ne tartalmazzon 50-nél több elemet a modellünk, ha mégis akkor redukálnunk kell az elemek számát.(11)

2.4.1 Folyamat modellezés eEpc alkalmazásával.

A folyamatok modellezésére ARIS express nevű szoftvert fogok használni. Az ARIS egy folyamatmenedzsmentet támogató informatikai rendszer melynek négy eleme van:

- Folyamattervezés
- Folyamatmenedzsment
- Alkalmazás rendszer
- Folyamatirányítás

Az ARIS koncepciónak öt nézete van. Lehetőségünk van a nézeteken belül az alkalmazott modellek és eszközök elemzésére, illetve a megteremthetjük a nézetek közötti kapcsolatokat is. A továbbiakban bemutatom ezeket a nézeteket. (12)

Szervezeti nézet: Ez a nézet megjeleníti a szervezeten belüli funkciók végrehajtásáért felelős egységek statikus kapcsolatait. A szervezeti ábra segítségével tudjuk ezt modellezni.

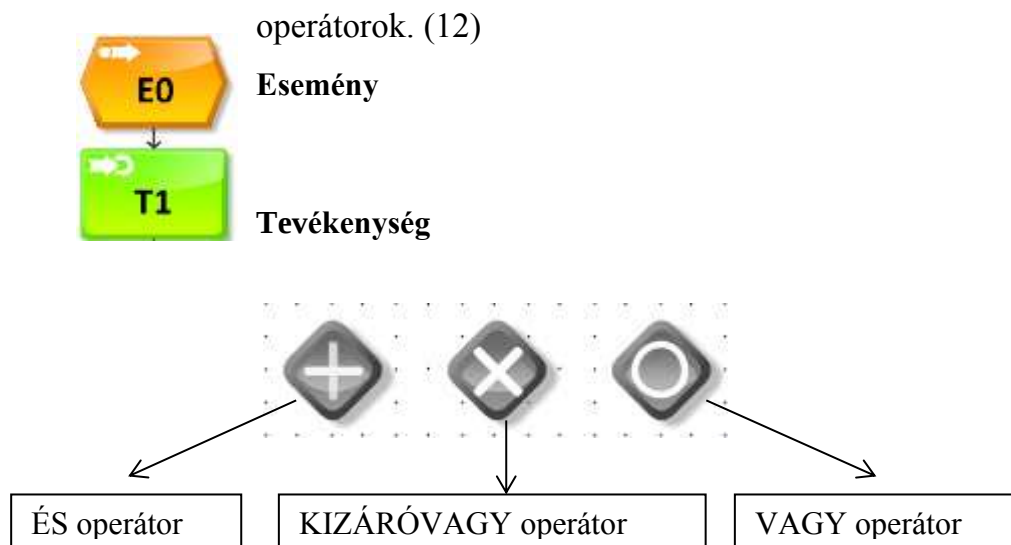
Adat nézet: Az eERM egyedi kibővített kapcsolatmodellel reprezentálható, a dokumentációs hierarchia és azok közötti kapcsolat. Adatbázis-tervet tudunk felépíteni az egyedekből és azokhoz rendelt attribútumokból, ezt egyes funkciókhoz és folyamatokhoz tudjuk illeszteni.

Funkció nézet: A célok hierarchikus sorrendbe rendezésére szolgál. Céldiagram létrehozásával a vállalati célokat tudjuk definiálni és modellezni, továbbá funkciókat és sikerfaktorokat rendelhetünk céljainkhoz.

Irányítási nézet: Az előző statikus nézetekkel teremti meg a kapcsolatot. Az üzleti folyamatainkat az értékteremtő-lánc diagram alkalmazásával tudjuk modellezni, valamint ennek segítségével a folyamatok időorientáltan reprezentálhatóak és szétbonthatóak alfolyamatokra. Továbbá a folyamathoz a többi nézetből hozzá rendelhetőek, célok, funkciók, szervezeti egységek és a kibővített eseményvezérelt folyamatlánc diagram.

Termék/Szolgáltatás nézet: Az eredmények és kimenetek kapcsolatát rendezi a rendszer hierarchikusan.

A bútorgyártási folyamat elemzéséhez az eEPC-t azaz a kibővített eseményvezérelt folyamatlánc diagramot használok. A módszer egyik célja hogy a folyamatot úgy reprezentálja, hogy azok folyamat-orientált kapcsolatait és logikai struktúrája fellelhető legyen. Másik célja hogy az ARIS szervezeti, adat és funkció nézeteinek objektumai között ábrázolja a kapcsolatokat. Az esemény vezérelt folyamat láncnak három eleme van, esemény, tevékenység, logikai



Esemény definíciója: Az esemény mindig egy eredmény vagy kiváltó ok. Minden folyamatot eseménnyel kell indítani és a befejező elemének is eseménynek kell lennie.

Tevékenység definíciója: Olyan elemek, melyek egy megadott időintervallumban végre hajtódnak, és költség, erőforrásvonzatai vannak.

Az események és a tevékenységek egymás utáni váltakozását hívjuk esemény-vezérelt folyamatláncnak. Az események tevékenységeket váltanak ki, a tevékenységek eseményeket eredményeznek.

Logikai operátorok: Ahol több él csatlakozik be, vagy hagyja el az eseményt, tevékenységet ott logikai kapcsolat használata szükséges. Az ÉS(AND) operátor a párhuzamos lefutást jelöli. Az ÉS(AND) operátor várakozási pontként is funkcionál. Addig nem megy tovább a folyamat ameddig mind beérkező ág be nem fejeződött. A KIZÁRÓLAGOS VAGY(XOR) operátor az alternatív folyamatlefutást ábrázolja. A VAGY(OR) operátor mind a kettő előbbi lefutásokat lehetővé tesz. Minden esemény és funkció csak 1 bemenettel és egy kimenettel rendelkezhet, vagyis ha több jelentkezik, akkor operátorokat kell alkalmaznunk.

Ezek alapján úgy gondolom, hogy az eEPC megfelelő eszköz arra hogy üzleti folyamatokat ábrázoljunk vele, ezért úgy gondolom hogy a bútorgyártási folyamat lemodellezéséhez tökéletesen megfelel a számomra.(12)

2.5 Folyamat szimuláció

A kutatásomban szereplő folyamatokhoz tartozó költség és idő adatokat szimulációval fogom kinyerni. Ezért fontosnak tartom, hogy az általam használt szimulációs módszert bemutassam. Szimulációról beszélünk, ha egy a folyamatoknál vagy rendszereknél nem a meghatározott adatokat vizsgálunk, hanem egy arról leképezett modellt. A folyamatmodellek felállítása során nem lesz lehetőségem nagy mennyiségű vállalati adatforrást felhasználni, ezért generált számok alapján fogok dolgozni. Ehhez a Monte-Carlo szimulációs módszert fogom alkalmazni, a véletlen értékű adatok generálása, a meghatározott eloszlással. Ezt szakértői vélemények alapján határozom meg.

A Monte-Carlo szimulációs numerikus módszert 1945-ben Neumann János fejlesztette ki, nevét a szerencsejátékok fővárosáról kapta. A módszer lényege véletlen számok generálása az ismert valószínűségi eloszlás mellett. A módszert felhasználják olyan területeken ahol az események véletlen kimenetelű szimulációjára van szükség, bizonytalan bemenő paraméterek mellett.(13)

3. Szervezet Bemutatása

A PARTNER PONT Kft. dinamikus fejlődésének, és hatalmas szakmai tapasztalatának köszönheti, hogy a térség legjelentősebb egyedi bútor gyártójává vált. 2004-ben kezdte el működését családi vállalkozásként, ekkor a fő vezérvonal az egyedi, személyre szabott, és a versenytársaknál magasabb színvonalra emelt minőségű asztalosipari termékek előállítása volt. A széles termék palettában megtalálható bútor, belsőépítészeti kiegészítők, lépcsők, falburkolatok, nyílászárók. Az innovatív gondolkodásmódnak, és a folyamatos benchmarkingnek köszönheti a cég mára bővült termék palettáját, amely tartalmaz szabadlommal védett 100% ig vízálló, igényes, stílusos falburkolatot, aminek a sajátossága, hogy bármilyen fából készíthető, nem kell a legdrágább trópusi fát alapanyagként venni.

A vállalkozás főprofilja kültéri és beltéri nyílászárók, falburkolatok, lépcsők, konyhabútorok, beépített szekrények és belső berendezési tárgyak. Nincsenek hasonló termékek, mivel egyedi megrendelés alapján történik a tervezés és kivitelezés. Legyen szó akár egy komplett belső térről vagy egy darab bútorról, a belső építészek segítenek megtervezni azt, amit a megrendelő megálmodott és ez az álom egy kis idő múlva valóra válik. A szakmai tapasztalat és a géppark lehetővé teszi olyan termékek létrehozását, ami más vállalat szélsőségesnek tart. A vállalkozás küldetésében szerepel az életszínvonal növelése olyan otthon létrehozásával, amely egyedüli, esztétikus kialakítású és a megrendelő egyéniségét tükrözi.

A PARTNER PONT Kft profiljának megfelelően, működését támogató ügyvezető igazgató irányítása alatt folyik az értékesítés és a könyvelés. A termelési osztály vezetője jelenleg egy, négyfős csapat munkáját koordinálja. Mivel a marketing tevékenység ellátására nem lett külön részleg létrehozva, ezért ez az értékesítéssel foglalkozó terület feladatkörébe tartozik. A telephely Pest megyében szentendre ipartelepén található, ahol egy 400 m² műhely és egy 200 m² raktár áll rendelkezésre.

A kiváló minőség, és exkluzív termékek készítésének elengedhetetlen feltétele a kiváló alapanyag, megfelelő technológia, a jó munkahelyi légkör megteremtése, a jó munka megbecsülése, elismerése, a megfelelő munkafeltételek és a megfelelő információ áramlás biztosítása valamint az alkalmazottak támogatása.

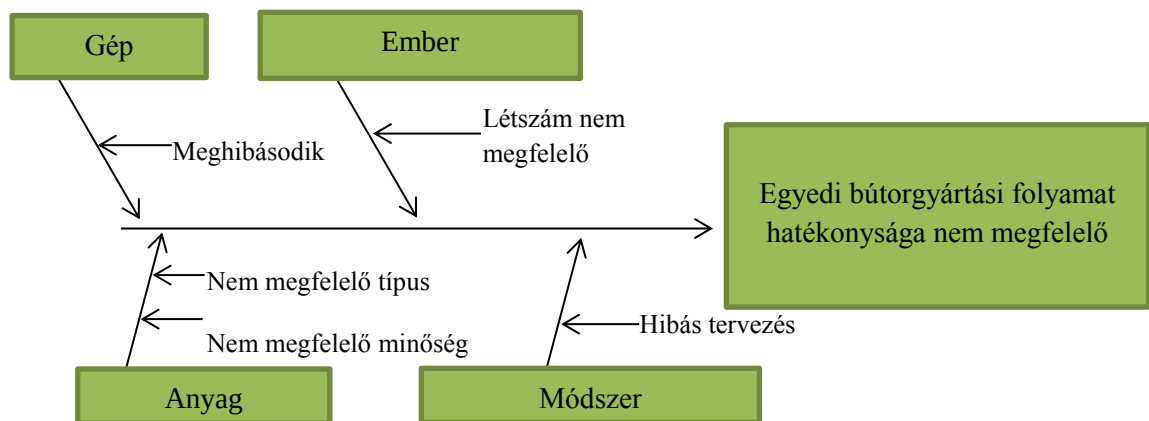
Eddigi megrendelések szerencsére széleskörűek, családi házak, vendéglátó ipari egységek, közintézmények belsőépítészeti szerkezetek a kivitelezéséhez használták fel a partner pont által gyártott termékeket.

4. Empirikus elemzés

4.2 Kutatási terv

4.2.1 Problémafelvetése

A PARTNER PONT Kereskedelmi és Szolgáltatói Kft. épületasztalos-ipari vállalat, az egyedi bútorgyártási folyamatának egy részét 5 hónappal ezelőtt kiszervezte külső céghez, minőség javítás céljából. Ez az outsourcing a várakozások egy részének tudott eleget tenni. A minőségi célokat hozta az új folyamat, de a kitűzött költség- és időcélokat alul múlta. Ezért szükséges az egyedi bútorgyártás folyamatának átvizsgálása, fejlesztése költség és időhatékonyság céljából.



4. ábra Ishikawa diagram

4.2.2 Kutatási célkitűzés

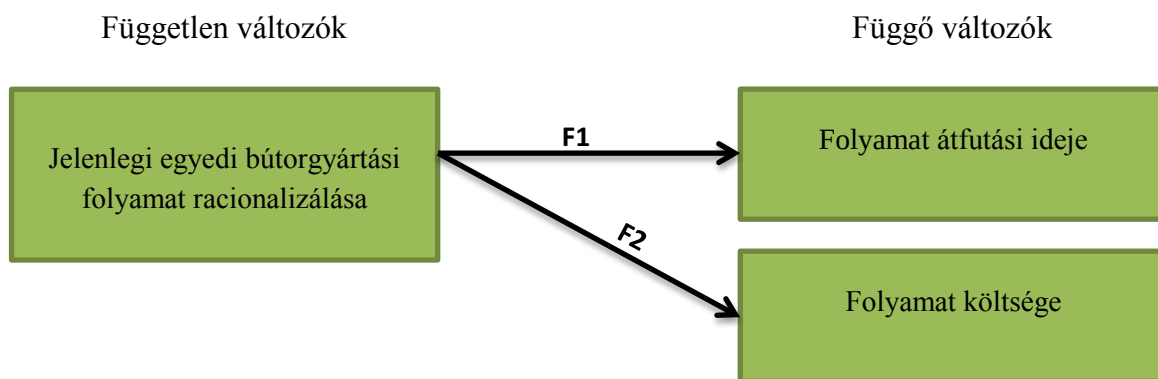
A PARTNER PONT Kereskedelmi és Szolgáltatói Kft. épületasztalos-ipari vállalatnál töltöttem a szakmai gyakorlatomat. Mivel a bútorgyártás

folyamatának egy részét a vállalkozás kiszervezte, és a célkitűzéseknek nem felelt meg az új folyamat ezért a feladatom a következő: egyedi asztalosipari termékek gyártásával foglalkozó osztályán, az egyedi bútorgyártás fő és mellékfolyamatainak feltárása, modellezése és racionalizálás, valamint a lehetséges hibamódok kivizsgálása folyamatoptimalizálás és költséghatékonyság céljából.

4.2.3 Kutatási kérdések és feltételezések

Kérdés	Feltételezés
K1: Csökkenthetőek-e az egyedi bútorgyártási folyamatoknál az átfutási idők a folyamat racionalizálásával?	F1: Az egyedi bútorgyártási folyamatok racionalizálásával a folyamatok átfutási ideje csökken
K2: Csökkenthetőek-e a jelenlegi egyedi bútorgyártási folyamatok költsége a folyamatok racionalizálásával?	F2: A kritikus folyamatok racionalizálásával a folyamatok költség és erőforrás hatékonysága nő.

Kutatásomhoz a kérdések és feltételezések kapcsolatára szemléltető kutatási alapmodellt vázoltam fel.



5. ábra Kutatási modell

4.2.4 Kutatási módszer

A módszer ismertetése előtt a kutatási módszertannak megfelelően elvégzem az egyes változók konceptualizálását és operacionalizálását.

Konceptualizálás

1. *Átfutási idő*: Egyes tevékenységek elvégzéséhez szükséges időtartam, ami magába foglalja a tárolási, mozgatási, szárítási, várakozási időket,
2. *Folyamat költség*: A folyamatban résztvevő tevékenységek elvégzése során felhasznált eszközök és elvégzett munkák pénzben kifejezett értékének az összege.
3. *Folyamat racionalizálása*: Jelenlegi folyamat modellezése és a nem optimális tevékenység részletes vizsgálata, amelyet egy módosított hibamód és hatáselemzés (FMEA) módszerrel fogok elvégezni. Ezt az operacionalizálás részben részletesen bemutatom, majd az FMEA-ből nyert adatokra támaszkodva javító intézkedéseket hozunk létre.
4. *Egyedi bútor*: Konyhabútor melynek egyik fő eleme a korpusz ami laminált bútorlapokból készül, másik fő eleme a profil ami tömör fából készül.

Operacionalizálás

Az operacionalizáláshoz felállítottam egy input-output modellt, amely azokat a bemeneti adatokat tartalmazza, melyekből szimulációs vizsgálatok hatására keletkező kimeneti adatok, megfelelő eredményül szolgálnak a kutatási kérdések és feltételezések vizsgálatához. Bemeneti adatok minden esetben ugyanazoknak a feltételeknek felelnek meg.



6. ábra input-output modell

A vizsgálat több lépésben zajlik. Először a jelenlegi bútorgyártási folyamatot kell megvizsgálnom, megértenem. A kutatás további részéhez szükségem van a vizsgált folyamat modellezésére, amit az ARIS express toolset modellező eszközzel végzek el. Ezután meghatározom a folyamatban résztvevő

tevékenység paramétereit, melyek az átfutási idő és költség adatok. Az adatokat méréssel, és szakértői vélemények alapján nyerem ki. Az adatokra Monte-Carlo szimulációt fogok elvégezni. Ezután a jelenlegi egyedi bútorgyártási folyamatmodellre szakértői csoport létrehozásával elvégzünk egy módosított folyamat hibamód- és hatáselemzést folyamatracionalizálás céljából. A folyamatracionalizálásból kapott átfutási idő és költség adatokon újra Monte-Carlo szimulációt végzek. A szimulációk eredményeit összevetem, hogy van-e szignifikánsan kimutatható változás a költség és időadatokra vonatkozóan. Ezt statisztikai program segítségével varianciaelemzéssel fogom elvégezni, ahol a két adatsor sokaságainál az átlagok közötti különbséget fogom vizsgálni. PFMEA módszerrel azonosított hibamódok kockázati számát meghatározzuk a következő képen:

$$RPN = O \times S \times D$$

5. képlet kockázati szám

O: Előfordulás valószínűsége

S: Súlyosság

D: Felismerhetőség valószínűsége

RPN: kockázati szám

Bemeneti változók:

Idő és logika kapcsolata

- tevékenységek logikai kapcsolata
- tevékenységek optimista időtartama
- tevékenységek pesszimista időtartama
- tevékenységek szükséges idejének valószínűségi eloszlás-függvénye

Költségek

- fix költségek
- fix költségek használati időtartama
- változó költségek
 - mennyiség
 - ár
- változó költségek

- a mennyiség minimális és maximális értéke és eloszlási függvénye
- az ár minimális és maximális értéke és eloszlási függvénye

Kimeneti változók:

Tevékenységek szimulált idő szükséglete

- Egyedi bútorgyártás teljes időtartama és gyakorisága

Költségek szimulált értékei

- Egyedi bútorgyártás teljes költsége és azok gyakorisága

Adatok beszerzése (2012 június – 2012 szeptember, PARTNER PONT KFT)

- Folyamatok mérése
- Szakértői megbeszélések
- Szakmai gyakorlati tapasztalatok
- Monte Carlo szimuláció
- PFMEA

Adatok elemzése

- Varianciaanalízis (One-way ANOVA)

Felhasznált szoftver eszközök

- SPSS
- MS Excel
- Aris Express

4.3 A jelenlegi gyártási folyamat bemutatása

Egyedi bútoroknak a gyártási folyamatát nehéz racionalizálni, mert minden bútor, beépített szekrény, konyhabútor, ágy stb. más gyártási folyamaton esik át. Ezért a konyhabútor gyártási folyamatát vettem alapul az elemzésemnek, mert ez az a termék, amiben nagy valószínűséggel szerepel minden olyan tevékenység, ami a többi bútor gyártásánál. A továbbiakban az egyedi bútorgyártás vagy bgy. rövidítések, mind a konyhabútor gyártására vonatkoznak.

Hogy realisabb képet kapjunk az időre és költségekre egy 10m²- es bútor darab gyártási folyamatát vizsgáltam.

Minden termék gyártása a megrendeléssel és a tervezéssel kezdődik. A tervezés után van egy egyeztetés, amikor a részletek megbeszélése történik. A következő lépésben megrendelésre kerülnek a bútor alapanyagai. A bútor két fő elemből áll, egyik az úgynevezett korpusz amit laminált faanyagból készítenek a terméknek megfelelő él zárással, a másik az úgynevezett front, ami tömörfából készül, és egyedi profilt tartalmaz. Az elemek elkészítése párhuzamosan folyik. A megrendelést követően harmincöt munkaórán belül megérkezik a tömör faanyag, amivel elkezdődik a front kialakítása. A felületkezelés fázisába érve megérkezik a laminált faanyag és ebből elkészül a korpusz. Úgy van időzítve a két elem alapanyagának a szállítása, hogy egy időben legyen kész a két elem. Ezzel is csökkentve a tárolási időt. A két fő elem elkészülte után, felszerelésre kerülnek a kiegészítők, majd a műhelybe vagy a helyszínen összeépítik a bútort.

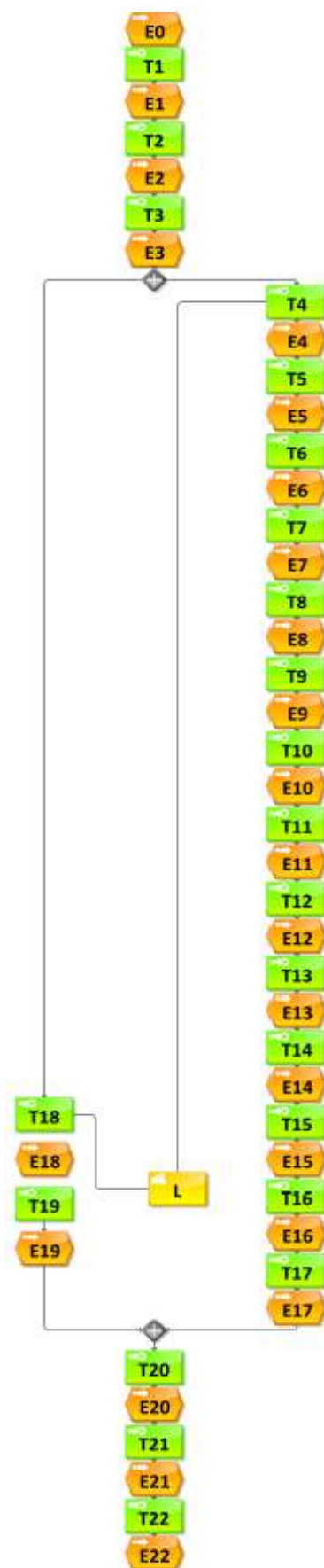
A bútorgyártás folyamatához tartozó összes tevékenységet, illetve a hozzájuk tartozó megelőző, kiváltó, befejező eseményeket a 3. számú táblázatba összesítettem. A táblázat tartalmazza az egyes tevékenységek végrehajtásához szükséges időt órában kifejezve, illetve az erőforrás bérköltséget, és az események bekövetkezési valószínűségét. A táblázat mellett található az Aris Express nevű szoftverrel elkészített folyamatmodell. Ez a folyamatmodell a kiindulási alap az FMEA elemzéshez, mert a folyamat FMEA-t e modell alapján fogom elvégezni, úgy hogy a folyamatot tekintem a rendszernek, a tevékenységeket a folyamat elemeinek tekintem, amikre vizsgálom a hibamódokat és egyéb jellemzőket, paramétereket. Az elemzésben felfedezett hibák rangsorolása után, meghatározom a kritikus hibákat, majd ezeket a hibákat beépítve a folyamatba fogom elvégezni első lépésben az idő és költségelemzést szimulációval.

Normál folyamat

	T/E Neve	Idő o	Idő p	Kts o	Kts p	VI
E0	Rendelés beérkezett					
T1	Egyeztetés	1	2,5	22	38	1
E1	Megrendelés kivitelezhető					
T2	Szabásjegyzék megírása	0,5	2	75	190	1
E2	Elkészült szabásjegyzék					
T3	Szabásjegyzék megrendelése telefonon	0,5	3	75	90	1
E3	Rendelés rögzítve					
T4	Tömör fa szállítása/átvétele	8	35	3120	3120	1
E4	Tömör fa megfelelő					
T5	Szabás	0,5	1	75	150	1
E5	Tömör fa előszabva					
T6	Egyengetés	0,2	1	30	150	1
E6	Tömörfa egyengetve					
T7	Vastagolás	0,22	1,1	33	165	1
E7	vastagság kialakítva					
T8	Méretre vágás	0,1	0,35	15	52,5	1
E8	Végző méret					
T9	Csapolás	0,34	1	51	150	1
E9	Csapolt Tömör fa					
T10	Profilozás	0,2	0,5	30	75	1
E10	Profil kialakítva					
T11	Ragasztás	0,14	0,36	21	54	1
E11	Összeragasztott profil					
T12	Csiszolás	0,2	0,56	30	84	1
E12	Lecsiszolt profil					
T13	Vizezés	0,05	0,22	7,5	33	1
E13	Vizezett profil					
T14	Pácolás	1,3	2,5	195	235	1
E14	Pácolt profil					
T15	Alapozás	5	8,4	150	224	1
E15	Alapozott profil					
T16	Csiszolás	1,3	3,7	195	555	1
E16	Végző csiszolt profil					
T17	Fedőzés	5,4	8,3	150	289	1
E17	Felületkezelte profil					
T18	Laminált szállítása/átvétele	12	41	1380	1380	1
E18	Laminált megfelelő					
T19	Korpusz összeépítése	1	3,4	150	510	1
E19	Korpusz elkészült					
T20	Furatok kialakítása	1	5,2	150	780	1
E20	Megfelelő					
T21	Korpusz és Front összeépítése	1	3,8	150	570	1
E21	Összeszerelt bútor					
T22	Kiegészítők felszerelése	2	6	150	250	1
E22	Kész bútor					

3. táblázat Normál bútorgyártási folyamat esemény- és tevékenység

listája



7. ábra alap folyamatmodell

- ✓ *T/E* neve: Tevékenységek, Események nevei
- ✓ *Idő o*: Optimista időtartam órában kifejezve, a legkedvezőbb időtartam, ami szükséges egy tevékenység befejezéséhez, alsó korlát
- ✓ *Idő p*: Pesszimista idő órában kifejezve, a legkedvezőtlenebb időtartam, ami szükséges egy tevékenység befejezéséhez, felső korlát
- ✓ *Kts o*: Optimista költség P\$ pénznemben kifejezve, a legkisebb pénzérték, ami szükséges a tevékenység elvégzéséhez, alsó korlát
- ✓ *Kts p*: Pesszimista költség P\$ pénznemben kifejezve, a legnagyobb pénzérték, ami szükséges egy tevékenység elvégzésére, felső korlát
- ✓ *Vi*: A tevékenység bekövetkezésének a valószínűsége.

A tevékenységek idejéhez és ez által a költségek alakulásához a szakértők, egyenletes valószínűségű eloszlást becsültek meg, korábbi tapasztalataik, méréseik alapján. Így a későbbi Monte Carlo szimuláció elvégzéséhez, a tevékenység időkhöz és a költségekhez alsó és felső határra van szükség. A pénzben kifejezett adatokat torzítottam egy általam meghatározott matematikai művelettel, a Partner Pont kft adatainak védelme érdekében. Minden az átváltás eredményeként kapott összeget P\$ néven fejezek ki. A tevékenységek költsége sok esetben úgy alakul, hogy a tevékenységhez rendelt idő mennyiséget szorozzuk 150 P\$. 150 P\$ egy óra erőforrás költsége. A következő tevékenységeknél másképpen számoltam: T15, T17. Itt a termék száradása miatt egy hosszabb, olyan állapot változás megy végbe, ami nem igényel emberi erőforrást, ezért csak a felület lekenésének a költségét tüntettem fel, amit a fentebb leírtak alapján számolta. Illetve a T4 és T18 tevékenységeknél a szállítás költsége és az alapanyagára van feltüntetve. Továbbá a T1 egyeztetés tevékenységnél sem 150\$-ral szoroztam az idő mennyiséget, mert ez a tevékenység általában külső helyszínen történik ezért a költsége nem úgy alakul, ahogy a többi műhelytevékenységnek. Fontos megjegyezni, hogy az egyes tevékenységekhez rendelt időadatok szakértői becslések, ezeket munkatársak határozták meg. Egy tevékenység elvégzéséhez szükséges időt, alakíthatják belső és külső körülmények egyaránt. Feltüntettem továbbá a táblázatban azon

tevékenységekhez tartozó időadatokat, melyek párhuzamosan folynak, amiket késsel és vörössel jelöltem. A kék mutatja az egyik ágot, a vörös mutatja a másik ágot. Ennek megfelelően az ARIS szabályrendszerével (ÉS) kaput alkalmaztam. A *Tömörfa szállítása/átvétele* tevékenységtől a *Fedőzés* tevékenységig futó folyamat szakasz párhuzamosan folyik a *Laminált szállítása/átvétele* tevékenységtől a *Korpusz összeépítése* tevékenységig futó folyamat szakasszal. Ha mind a kettő szakasz befejeződött, akkor kezdődhet el csak a *T20 Furatok kialakítása* tevékenység, ezt követi a *Korpusz és front összeépítése* és a kiegészítők felszerelésével elkészül a bútor. Ez a folyamatmodell a normális esetet mutatja, mikor nincsenek hibák a folyamatban. Éppen ezért a teljes folyamat költség és idő tekintetében is a normál esetet prezentálja. A felmerülő hibákat, és az azokból adódó költség és idő változásokat nem tartalmazza.. Ez a modell a kiindulási alap a folyamat FMEA elemzéshez, hogy el tudjak készíteni egy realisabb folyamatmodellt, a megfelelő értékekkel, amik alapján javítóintézkedéseket lehet javasolni az idő és költség értékek csökkentése érdekében.

4.4 FMEA elemzés

A bútor gyártási folyamat racionalizálásának céljából elvégeztem egy folyamat FMEA elemzést. A cél az idő és költség értékek csökkentése a teljes folyamatra nézve a legfőbb hibák felismeréséből és az erre tett javítási intézkedésekből kifolyólag. Hogy megtudjuk, szignifikáns-e a különbség, ez alapján szimulációt fogok végezni. A folyamat FMEA elemzést egy 3 fős csapattal végeztem, melynek tagjai: Termelés irányító, Üzemvezető, és egy a folyamatban résztvevő egyéb alkalmazott. Az elemzés elkezdődött a folyamatmodell felállításával, ezzel meghatároztam az értékelendő rendszert, és a rendszerben a részek funkcionális kapcsolatát. A második lépésben induktív irányú megközelítéssel feltártuk és elemeztük a lehetséges hibamódokat. Ezután következett a harmadik lépés a hibamód potenciális hatásának a meghatározása, itt a hatásosabb elemzés miatt, a hibamód egész rendszerre gyakorolt hatását vizsgáltuk. Negyedik lépésben meghatároztuk a hiba potenciális okait, majd azt,

hogy, a folyamatban hogyan ismerhető fel a hiba. Az 5 lépésben megadtuk az RPN számhoz tartozó S, O, D értékeket, az 2.3.1. fejezetben említett 2. számú táblázat alapján.

Ezután rangsoroljuk a hibákat, az RPN számok alapján, és azokra a hibákra, amik az általunk meghatározott küszöb szint feletti RPN értékkel rendelkeznek, azokra hibajavító intézkedéseket javasolunk. Az következő két űrlapon láthatók az eredmények.

PARTNER PONT Kft		Folyamat FMEA				Részleg: Egyedi konyhabútor Dátum: 2012.08.16 I/16/1. lap			
Hiba/Hatás feltáró űrlap									
Ssz:	Tevékenység	Hiba mód	Hiba hatása	Hiba okok	Hiba felfedezés e	S	O	D	RP N
T03	Szabásjegyzék megrendelése telefonon	Anyag nem felel meg a rendeléseknek	Alapanyag méret/elzárás rossz ↓ Nem lehet elkészíteni a bútort	- Pontatlan szabásjegyzék - Rossz rendelés - Rossz szállítás	Szemmel látható	10	7	3	210
T10	Méretre vágás	Rossz méret	Elszabott front ↓ Nem lehet csapolni ↓ Nem lehet összeépíteni	- Pontatlan vágás - Gép rossz kalibrálás - Hibás szabásjegyzék	Szemmel látható	7	2	5	70
T19	Fedőzés	Szín nem megfelelő	Vevői elégedetlenség	- Rosszul kezelt anyag - Rossz felületkezelő anyag	Szemmel látható	7	2	6	84
T20	Furatok kialakítása	Furat átmérő nem megfelelő	Nem lehet felszerelni a kiegészítőket ↓ Használhatatlan termék	- Rossz méret megadás -- Kopott eszköz	Szemmel látható	6	6	6	216
T13	Ragasztás	Nincs derékszög	Nem lehet összeilleszteni a frontot ↓	- Mérés nem az átmérő síkján történt	Szemmel látható	8	2	5	80

4. táblázat folyamat FMEA Hiba/Hatás feltáró űrlap

PARTNER PONT Kft		Folyamat FMEA				Részleg: Egyedi konyhabútor Dátum: 2012.08.16 I/16/2. lap			
Hiba/Hatás javító űrlap						Új Értékek becslése			
Szsz :	Tevékenység	Hiba mód	Javasolt intézkedés	Felelős	Határidő	S	O	D	RPN
T02	Szabásjegyzék megrendelés e telefonon	Anyag nem felel meg a rendelésnek	Támogató Informatikai rendszer alkalmazása	Franyó Gyula	2012.11.03	10	2	3	60
T20	Furatok kialakítása	Furat átmérő nem megfelelő	Plusz egy ellenőrzési tevékenység	Franyó Gyula	2012.10.29	5	2	4	40

5. táblázat Folyamat FMEA Hiba/Hatás javító űrlap

A folyamat FMEA elemzésre, ahogy már fentebb is írtam, azért volt szükség, mert a szervezet nem felel meg a kitűzött idő és költség céloknak ennél a gyártási metódusnál. A folyamat tevékenységeinek és funkcióinak, illetve funkció közötti vizsgálatokor 5 hibára lettünk figyelmesek, ebből 2 hiba olyan nagy kockázati (RPN) számmal rendelkezik, amire rövid időn belüli javító intézkedést javasoltunk. Alább látható a rangsor.

1. T20 RPN: 216: H1 hiba: Furatok kialakítása nem megfelelő
2. T03 RPN: 210: H2 hiba: Az alapanyagok megrendelése telefonon nem sikerül.
3. T16 RPN: 84
4. T13 RPN: 80
5. T07 RPN: 70

A hibamódokat az RPN érték alapján felállított súlyossági sorrend alapján mutatom be, és csak azokat, amikre javító intézkedéseket javasoltunk

Az RPN rangsor felállítása után csak azokra a hibákra javasolunk javító intézkedést, amiknek az értéke eléri vagy meghaladja a 150-et. Azért ez a határ, mert az e feletti kockázati értékkel rendelkező hibamódok relevánsak az autóiparban végzett elemzések alapján, így ezen vannak nagyobb hatással a teljes a rendszerre.

Az első hiba rögtön a folyamat elején jelentkezik a *szabásjegyzék megrendelése telefonon* nevű tevékenységnél. A hibát a következő *tömörfa szállítása/átvétele* és a *laminált szállítása/átvétele* tevékenységeknél lehet

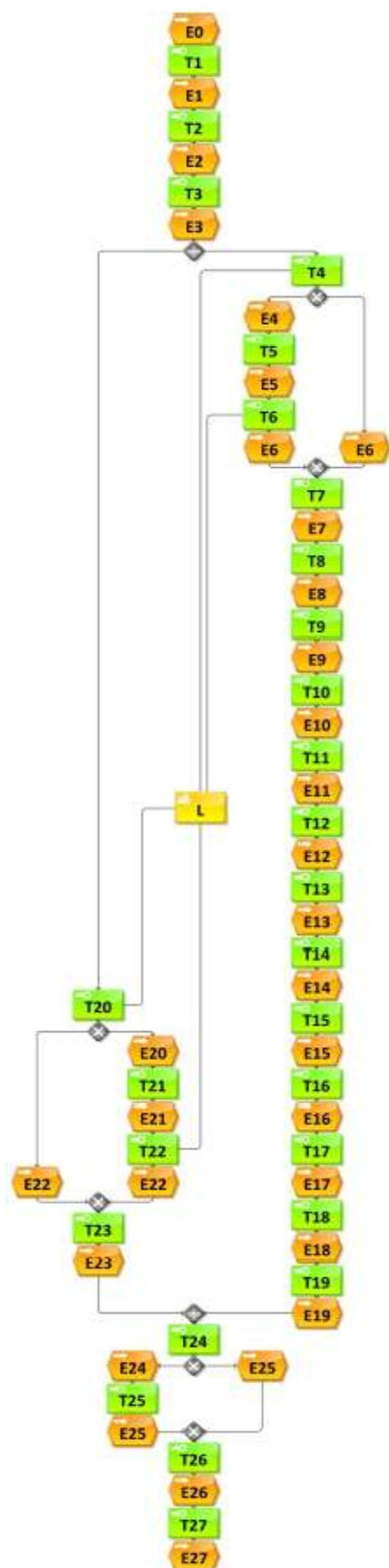
észrevenni. Az alapanyag szállítási ideje 8-35 óra, jelen esetben, de ha a hiba bekövetkezik, akkor ez a duplájára nő és a gyártási folyamat csúszik. Nem beszélve a fellépő plusz költségekről, ami akkor keletkezik, ha a megrendelés a cég rosszul leadott szabásjegyzéke miatt következik be. A szállítási költségeket minden esetben meg kell fizetni. A hiba súlyossága hatalmas, hiszen az alapanyag rossz mérettel, rossz él zárással, rossz színben kerül a gyártási folyamatba, ez vagy vevői elégedetlenséget okoz, vagy nem lehet a gyártási folyamat következőlépését addig elkezdeni, ameddig nem érkezik meg a megfelelő alapanyag. Ez nagy idővesztést eredményez. A legrosszabb a folyamat idejére nézve az, ha a hiba bekövetkezik mind a két főelem alapanyag szállításánál, mert ekkor duplán csúszik a folyamat az időt tekintve. A második legnagyobb RPN értékű hiba a T20 *furatok kialakítása* nevű tevékenységnél keletkezik, de csak a T22 *kiegészítők felszerelése* nevű tevékenységnél észlelhető. Mivel ez a tevékenység felfedezése történhet azon a helyszínen is ahova a megrendelő eltervezte a terméket, ebben az esetben igen kellemetlen vagy szerszámért elmenni vagy a terméket visszavinni a műhelybe és ott orvosolni a hibát. A vevői megelégedés ilyenkor csökken, ráadásul, ha a hiba bekövetkezik, akkor, az szintén plusz idő-t és költséget eredményez.

4.5 FMEA alapján módosított gyártási folyamat

A folyamat FMEA elemzés alapján módosítottam az alap folyamatmodellt, amiben feltüntettem a hibákat, és azokat az eseteket, mikor a javításához szükségesek plusz tevékenységek. Minden egyes tevékenységhez hozzá rendeltem a logikai kapcsolatot más eseményekkel, a megfelelő idő és költség adatot illetve a tevékenység bekövetkezési valószínűségét. Ez a 6. számú táblázat tartalmazza. Mivel új tevékenységek kerültek bele a folyamatba ezért a folyamat teljes lefutási ideje, és költsége is változik. Ezek az értékek már jobban tükrözik a valóságos teljes folyamatidőt- és költséget. Ezeket az értékeket Monte-Carlo analízissel kaptam. Így meg tudjuk állapítani, hogy általában mennyi így a teljes átfutási idő és a költség. E modell alapján tudunk reális javító intézkedéseket javasolni a hibák kiküszöbölésére, vagy csökkentésére.

FMEA után alap folyamat

	T/E Neve	Idő o	Idő p	Kts o	Kts p	Vi
E0	Rendelés beérkezett					
T1	Egyeztetés	1	2,5	22	38	1
E1	Megrendelés kivitelezhető					
T2	Szabásjegyzék megírása	0,5	2	75	190	1
E2	Elkészült szabásjegyzék					
T3	Szabásjegyzék megrendelése telefonon	0,5	3	75	90	1
E3	Rendelés rögzítve					
T4	Tömör fa szállítása/átvétele	8	35	3120	3120	1
E4	Tömör fa Nem megfelelő					
T5	Tömör fa újra rendelése	0,5	3	75	90	0,07
E5	Tömör fa újra rendelve					
T6	Tömör fa újraszállítása	8	35	3200	3200	0,07
E6	Tömör fa megfelelő					
T7	Szabás	0,5	1	75	150	1
E7	Tömör fa előszabva					
T8	Egyengetés	0,2	1	30	150	1
E8	Tömörfa egyengetve					
T9	Vastagolás	0,22	1,1	33	165	1
E9	vastagság kialakítva					
T10	Méretre vágás	0,1	0,35	15	52,5	1
E10	Végso méret					
T11	Csapolás	0,34	1	51	150	1
E11	Csapolt Tömör fa					
T12	Profilozás	0,2	0,5	30	75	1
E12	Profil kialakítva					
T13	Ragasztás	0,14	0,36	21	54	1
E13	Összeragasztott profil					
T14	Csiszolás	0,2	0,56	30	84	1
E14	Leccsiszolt profil					
T15	Vizezés	0,05	0,22	7,5	33	1
E15	Vizezett profil					
T16	Pácolás	1,3	2,5	195	235	1
E16	Pácolt profil					
T17	Alapozás	5	8,4	150	224	1
E17	Alapozott profil					
T18	Csiszolás	1,3	3,7	195	555	1
E18	Végso csiszolt profil					
T19	Fedőzés	5,4	8,3	150	289	1
E19	Felületkezelt profil					
T20	Laminált szállítása/átvétele	12	41	1380	1380	1
E20	Laminált Nem megfelelő					
T21	Laminált újra rendelése	0,5	3	75	90	0,07
E21	Laminált újra rendelve					
T22	Laminált újraszállítás	12	41	1460	1460	0,07
E22	Laminált megfelelő					
T23	Korpusz összeépítése	1	3,4	150	510	1
E23	Korpusz elkészült					
T24	Furatok kialakítása	1	5,2	150	780	1
E24	Nem megfelelő					
T25	Újrafúrás	1	4,8	150	750	0,04
E25	Megfelelő					
T26	Korpusz és Front összeépítése	1	3,8	150	570	1
E26	Összeszerelt bútor					
T27	Kiegészítők felszerelése	2	3	150	300	1
E27	Kész bútor					



6. táblázat idő költség adat 8. ábra új modell

Látható hogy a 2 kritikus hibával feltüntetett folyamatmodell 27 tevékenységből áll. Ennek az az oka, hogy annál a tevékenységnél ahol a hiba felismerhető, be kell építeni egy *kizárólagos vagy* operátorral még egy ágot. Ha a hiba nem következik be ezért a T4 tevékenységnél nem észleljük, akkor a kizárólagos vagy operátor bezárul, és a folyamat megy tovább a T7 tevékenységgel, és kihagyja a másik ágot, amin a hiba kijavítása folyik. Ha a hiba bekövetkezik és észleljük a *Tömörfa szállítás/átvétel* tevékenységnél akkor a folyamat az *újra rendeléssel, újra szállítással* megy tovább, itt bezárul a *kizárólagos vagy*, és elkezdődhet a *szabás*. Ugyan ez az eset áll fenn a *laminált faanyag szállítása/átvétele* során, csak az egyik ág futhat le, attól függően, hogy bekövetkezik-e a hiba vagy sem. A folyamat FMEA alapján ennek a hibának a bekövetkezési valószínűsége 0,07. Tizennégy termékből egynél előfordul ez a hiba. Ha a hiba a rossz szabásjegyzék megírása miatt jön létre, akkor a cégnek újra kell fizetnie az alapanyag árat, és fellép egy plusz szállítási díj is. Ha mind a két alapanyag szállításánál fellép ez a probléma, akkor az előállított bútor, nem hogy nem lesz nyereséges, még rá is kell fizetni saját kasszából. A Monte-Carlo analízis során ezt az esetet vettem bele a számolásba.

A másik probléma a kiegészítők furatainak a méretével kapcsolatos. Gépi vagy emberi hibából fakadóan ennek a hibának a bekövetkezési valószínűsége 0,04, huszonöt termékből egyszer következik be. A hibaköltsége akkor a legnagyobb, ha azon a helyszínen észlelik a hibát ahova a bútort szánták. Ilyenkor vissza kell vinni a műhelybe és kijavítani a problémát. Mivel egyedi olykor extrém megrendelésekről van szó, ezek sokszor olyan kiegészítőket igényelnek, amik kereskedelmi forgalomban nem kapható. Ebben az esetben ezeket kiegészítőket külön kell legyártatni, és nem minden esetben a szabványoknak megfelelő csavarral, szeggel kell rögzíteni.

Érdekesség hogy a folyamat FMEA elemzés során a problémák RPN értéke hogy alakul, és a hibák pénzügyi vonzatai hogyan térnek el. Az alapanyag szállításával kapcsolatos problémák kisebb RPN értékkel rendelkeznek, hol ott sokkal nagyobb a hiba kijavításakor fellépő idő és költség. Úgy gondolom, hogy

ezt a felismerhetőségi értékhatározza meg ebben az esetben, mert a második probléma felismerhetősége valószínűbb, mint az első problémáé.

Most, hogy egy átfogó képet kaptunk a folyamatról és annak sajátosságairól, a továbbiakban elemzem a folyamatot átfutási idő és költség szempontból, szimulációs eszközöket használva

4.5.1 Az FMEA alapján módosított folyamat átfutási idő- és költségelemzése

Annak érdekében, hogy a feltevéseimet alá tudjam támasztani, nélkülözhetetlen a jelenlegi gyártási folyamat átfutási idő és költség szempontú elemzése. A szimulációval végzett kutatások eredményét fogom összehasonlítani alapként felhasználni a megoldási lehetőség vizsgálati eredményeivel.

Hogy reális képet kaphassak a folyamatot jellemző teljes idő és költség adatairól, az egyenletes eloszlás alapú optimista és pesszimista becslések képezik a vizsgálat alapját. Az előző fejezet 6. számú táblázata tartalmazza ezeket az információkat.

A kiadások nem minden esetben oszthatók le tevékenységekre, ezért az idő függvényében meghatározható bérköltségekkel számoltam a szimuláció során. Azért, hogy a reális végeredményt kapjak, a pontosan megállapítható költségeket hozzá adtam az eredményhez a szimuláció végén. Pontosan ezt az eljárást ismételt meg a javított folyamatban melybe belekerültek a folyamat FMEA által javasolt intézkedések. Az egyes tevékenységekhez tartozó kiadásokat a 7. számú táblázat tartalmazza.

Miután rendelkezésre álltak a szükséges adatok, a Microsoft Office Excel program segítségével el tudtam végezni a folyamat teljes átfutási idő és teljes költség elemzését. Első lépésként a tevékenységekre lebontott, optimista és pesszimista idő adatokból az egyenletesen elosztott véletlen számgeneráló VÉL függvénnyel minden egyes tevékenységre meg adtam egy értéket.

$$[(VÉL()*(T_p-T_o)+T_o)*V]$$

6. képlet véletlen szám generáló függvény két érték között.

T_p = pesszimista idő, alsó korlát

T_o =optimista idő, felső korlát

V = bekövetkezés valószínűség

Minden egyes értéket beszoroztam a tevékenység bekövetkezési valószínűségével. Erre azért van szükség, mert a teljes folyamatban vannak egymást kizáró tevékenység és folyamat ágak, a hibák előfordulása miatt. Ezek a *kizáró vagy* kapuk között szerepelnek. Ezután a folyamat egy esetben szimulált teljes átfutási idejének (TPT – Total Process Time) és a teljes folyamat költségének (TPC – Total Process Cost) megállapítása végett összeadtam a tevékenységekhez rendelt adatokat. Az eseményeket nem vettem bele a modellbe, hiszen azoknak nincsen ideje és költsége, csak a tevékenységek elkezdését jelölik, vagy az azok befejezésekor fellépő állapotváltozást. Azonban a folyamatmodellben szerepelnek még párhuzamos tevékenységek, de úgy, hogy akkor mind a két ág lefut és kapuval közrezárva. Ezért a teljes átfutási idő kiszámításakor a párhuzamosan folyó ágaknál a MIN függvénnyel kivontam ezeket a teljes időből. Amelyik ág hamarabb befejeződik, arra nincs szükség a summázott eredményben, hiszen mind a két ág lefut, és a nagyobb idő adata lesz releváns. Így a leghosszabb idővel rendelkező tevékenységek ágát vettem figyelembe a kalkuláció során. Ezzel szemben a folyamat teljes költségének a számolásakor csak a kizáró tevékenységeket vettem figyelembe, hiszen a párhuzamos tevékenységek költségeit minden esetben meg kell fizetni. Ezért a VÉL függvénnyel generált és a bekövetkezési valószínűséggel megszorozott értékeket ennél az esetnél összeadtam.

Az Excel szoftver segítségével a szimulációkat 10,000 esetben végeztem el. A kapott eredményekből az ÁTLAG és a SZÓRÁSP függvények alkalmazásával ki tudtam számolni a teljes folyamat lefutási idejének, és költségének átlagát, valamint szórását. Ezeket felhasználva és a normális eloszlás függvényt segítségével 95% megbízhatóság mellett megállapítottam a teljes

folyamat átfutási idejét, és a teljes folyamat költséget. A javított folyamat szimulációja és elemzése során ugyan így jártam el.(14)

$$[=INVERZ.NORM(M;TPCÁ;TPCS)]$$

7. képlet teljes folyamat költség 95% megbízhatóság mellett

M= megbízhatósági szint 95%

TPCÁ= Teljes folyamat költség átlaga 10,000 szimuláció alapján

TPCS = Teljes folyamat költség szórása 10,000 szimuláció alapján

A jelenlegi folyamat esetén kapott eredmény a teljes folyamat lefutási idejére vonatkozóan 95% megbízhatósággal 71,18 óra értéket mutat. Ha nyolc munkaórás munkanappal számolok, akkor az kerekítve kilenc munkanapot jelent. Vagyis 95%-os eséllyel kilenc munkanap alatt biztosan elkészítenek egy tíz négyzetméteres konyhabútort. Ezt az eredményt a kapott 58,6 óra átlagos átfutási idővel, és 7,63 szórással jött ki

A teljes folyamatköltség számolásánál is 10,000 kísérletet futattam le. A jelenlegi folyamat esetén kapott eredmény a teljes folyamat költséget tekintve 95% megbízhatóság mellett 9098,7 P\$ értéket mutat. Ezt az eredményt 8631,9 P\$ átlagos költséggel és 282,1 P\$ szórással számolva kaptam.

Összegezve a jelenlegi folyamat egy 10,000-es idősor alapján végzett szimulációval 95% megbízhatósággal, 71,18 óra alatt (9 munkanap) folyik le, és ennek a költsége 9098,7 P\$. Ha a terméket 11000 P\$-ért tudjuk értékesíteni akkor 1901,3 P\$ hasznot tudunk realizálni. Ebből 4580 P\$ az alapanyag költség, 550 P\$ fix költség, ennek az összege 5130 P\$, a fent maradó pedig 3968,7 P\$ a tevékenységek bérköltségei. Érezhetjük, hogy az 1901,3 P\$ nem túl rózsás haszon az 11000 P\$ eladási árhoz képest, de hát, mint azt tudjuk, a piac diktál. A folyamat teljes lefutási ideje 9 nap 95%-os megbízhatósági szint mellett, így ha egy 20 munkanapból álló hónapot veszek, akkor a cég ebből a folyamatból kettőt tud teljesen lefuttatni, vagyis akkor a haszon megduplázódik, és marad kettő munkanap egyéb tevékenységekre.

Tehát a jelenlegi konyhabútor gyártási folyamat teljes folyamat költsége 95%-os megbízhatósági szint mellett, 9098,7 P\$. Ezzel az összeggel fogom összehasonlítani a javított folyamat eredményét, és megvizsgálom a feltevés

helytállóságát. Ahhoz hogy a feltevésem igazolásra kerüljön, szükséges a folyamat FMEA alapján újra gondolt folyamatot is bemutatni, valamint az átfutási idejét és költségét szimulációs eszközök segítségével kielemezni. A következő fejezeteket ennek szenteltem. Utána az elemzés során kapott eredményt összehasonlítom a fentebb írt adatokkal, és kiderül, hogy a feltevés, miszerint a racionalizálás jobbító hatással van a folyamatra, helytálló-e.

4.6 A H1 H2 hibák kijavítási lehetősége.

A fentebb kifejtett H1 és H2 hiba megoldási lehetőségét ismertetem ebben a fejezetben, illetve a hozzá kapcsolódó **K1** és **K2** kutatási kérdésekre keresem a választ, azaz a csökkenthetőek-e az egyedi bútorgyártási folyamatoknál az átfutási idők és a folyamat költségek a folyamat racionalizálásával? Tehát azt vizsgálom, hogy az FMEA alapján javasolt hibajavító intézkedések milyen hatással lennének a folyamat idő és költség tényezőire.

4.7 H2 hiba, folyamat FMEA alapján javasolt hibajavító intézkedés

A hiba okai lehetnek, hogy a telefonon leadott rendelést rosszul rögzítik. Nehéz egy 8-10 karakterből álló sorozatot lediktálás után jól rögzíteni, főleg ha ebből van 9-15 darab rendelésenként. A másik ok lehet a rossz szabásjegyzék megírása, és a rossz szabásjegyzék alapján leadott rendelés.

Fentebb a 4. fejezetben részletesen leírt H2 hiba bekövetkezési valószínűségének csökkentésére tett javaslat a következő: Egy olyan informatikai rendszer bevezetése, ami segítségével nyomon követhető a rendelés. Lényegében a rendelést összekötjük egy informatikai rendszerrel, és a gyártási folyamatba beépítünk plusz egy tevékenységet a rendelés visszaigazolására. A megadott sablonszerű űrlapok kitöltése után az elküldött megrendelő űrlapról azonnal jön egy visszaigazoló email az űrlap fogadásáról. Ez után a külső cég feldolgozza az űrlapot, majd küld egy visszaigazoló, és egy ajánlattevő űrlapot. Ebben a visszaigazoló űrlapba le tudjuk ellenőrizni, hogy a megrendelt tételek egyeznek-e a nekünk szükséges alapanyagokkal. Ha igen akkor visszaigazoljuk a megrendelést, ha nem akkor kiigazító űrlappal javítjuk a megrendelést. Ennek a rendszernek több erőssége is van a régihez képest. A plusz beépített

visszaigazoló tevékenységgel kiküszöböltük azt a lehetőséget, hogy a megrendelés a szabásjegyzék téves megírása miatt hiúsul meg. Illetve ha a megrendelés után rosszul dolgozzák fel az űrlapot, akkor azt a következő tevékenységnél még az alapanyagok szállítása előtt javítani tudjuk. Ráadásul a logisztikai támogatás révén, a megrendelésünkről pontos képet kapunk, hogy merre jár az alapanyag. A hiba bekövetkezésének a csökkentésére szükségünk van egy kisebb beruházásra. Ez áll egy informatikai rendszerből, aminek a részei: számítógép, internet kiépítés és a megfelelő szoftverek. Illetve a cég egyik emberét be kell tanítani a megfelelő szoftver használatára.

4.8 H1 hiba, folyamat FMEA alapján javasolt hibajavító intézkedés

A hiba oka lehet a rossz méret megadása. Mivel egyedi termékről van szó, ezért ezek olykor egyedi kiegészítőket is igényelnek, amik nem minden esetben felelnek meg a szabványoknak. Az első leadott méret után az elkészült termék olykor más mérettel rendelkezik, ilyenkor a kifűrt lukat újra kell fűrni, vagy az adott kiegészítő rögzítő elemét kell a lyukhoz igazítani. Mind a kettő idővesztéssel jár, főleg akkor, ha a hibát nem lehet a külső helyszínen javítani, és a bűrt vissza kell szállítani a műhelybe. A hiba másik oka lehet, ha az eszköz nem megfelelő, például a befogófej kopott. Ebben az esetben is ki kell igazítani a lyukat. A hiba bekövetkezési valószínűségének csökkentésére tett javaslat a következő. Be kell építeni egy plusz tevékenységet a folyamatba ott, ahol a kiegészítők felszerelése előtt ellenőrizzük azokat az eszközöket, amivel a lyukat alakítjuk ki a munkadarabnak, illetve ellenőrizzük, kiegészítőket hogy megfelelnek-e az előzetesen leadott méret adatoknak. Egy informatikai rendszerrel támogatott ellenőrzés nagyon rövid időt vesz igénybe, és eltünteti a hibát a folyamatmodellből.

A problémák megoldására tett javító intézkedéseket az 5. számú táblázat tartalmazza.

A hibákat megpróbáltuk eltüntetni vagy a legkisebb bekövetkezési valószínűsége csökkenteni az előfordulását. A folyamat FMEA által javasolt hibajavító intézkedések tevékenységeit, és eseményeit beépítettem a

folyamatmodellbe, illetve a hozzá tartozó idő és költség adatokat feltüntettem a 7. számú táblázatban. Így minden adat a rendelkezésemre áll, hogy elvégezem a szimulációt, és az elemzést az új folyamatra. Az elemzésből származó eredmények segítségemre lesznek, hogy a K1 és K2 kutatási kérdéseimet megválaszoljam illetve, hogy az F1 és F2 feltevésemet alátámasszam, vagy épp ellenkezőleg, elvessem. A következő fejezetben bemutatom az új folyamatot, hogyan változott az előzőhöz képest. Valamint a 6. fejezetben leírt módszerrel megbecsülöm a teljes folyamat lefutási idő és költség adatait.

4.9 FMEA által javított gyártási folyamat

Ebben a fejezetben ismertetem azokat a változásokat, amik létrejöttek a gyártási folyamatban azért, hogy gördülékenyebben menjen végbe, és közelítsen az optimális gyártási folyamata felé. Illetve a költség és idő adatokban bekövetkezett változásokat is ismertetem és annak okait is. Bizonyos a tevékenységeknél változott az időtartam, és a bekövetkezési valószínűség, ezáltal a tevékenységhez rendelt költség is.

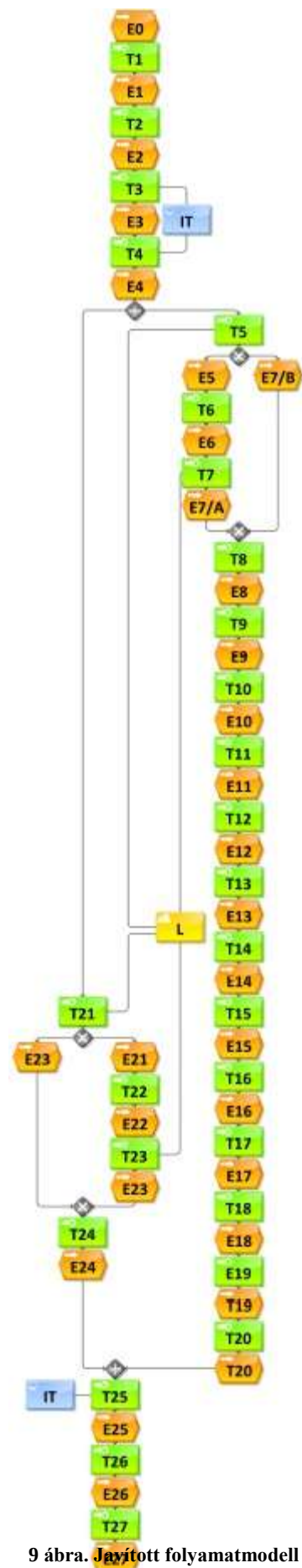
Az első szembetűnő különbség az 9. és 10. ábra között, az hogy a folyamat végénél az 9. ábrában található T24 tevékenység utáni *kizárólagos vagy* operátor a 10. ábrán ez által az új gyártási folyamból eltűnt. Ennek nagyon örülünk, mert egy hibának az előfordulási valószínűségét nullára csökkentettük, vagyis már nem létezik ez a hiba. De ezért be kellett iktatni plusz egy tevékenységet a folyamatba, egy ellenőrző tevékenységet, és beintegráltuk a furatok kialakítása tevékenységet a *korpusz és front összeépítése* tevékenységbe, ezért ennek az időtartama nőtt. Az elemzés során majd kiderül, hogy ezzel tudtunk-e idő- és költségcsökkentést elérni. Az IT az informatikai rendszert az L a logisztikai rendszert jelöli.

A H2 hibát nem tudtuk teljesen kizárni a folyamatból, de a bevezetett informatikai rendszerrel, a hiba egyik okát, teljesen megszüntettük, a másik okkal a hiba bekövetkezési valószínűségét 0,07-ről 0,02-re csökkentettük. A rendelés visszaigazoló módszerrel kizártuk azt a lehetőséget, hogy a rossz szabásjegyzék alapján történjen a kiszállítás, így a Partner Pont kft figyelmetlenségéből nem

következhethet be a hiba. A másik ok, ami miatt mégis előfordulhat a hiba, az a külső cég hibás űrlap feldolgozása miatt lehet. Ezzel megszabadultunk a dupla alapanyag költségtől, és ha előfordul a hiba, akkor csak a szállítási költséget kell megfizetni újra.

o	T/E Neve	ido o	ido p	kts o	kts p	vi
E0	Rendelés beérkezett					
T1	Egyeztetés	1	2,5	22	38	1
E1	Megrendelés kivitelezhető					
T2	Szabásjegyzék megírása	0,5	2	75	190	1
E2	Elkészült szabásjegyzék					
T3	Szabásjegyzék rendelése IT	0,1	0,2	15	30	1
E3	Rendelés elküldve					
T4	Rendelés vissza igazolása	0,1	0,2	15	30	1
E4	Rendelés véglegesítve					
T5	Tömör faa. szállítása/átvétel	8	35	3120	3120	1
E5	Tömör fa Nem megfelelő					
T6	Tömör fa újra rendelése	0,1	0,2	15	30	0,02
E6	Tömör fa újra rendelve					
T7	Tömör fa újraszállítása	8	35	80	80	0,02
E7	Tömör fa megfelelő					
T8	Szabás	0,5	1	75	150	1
E8	Tömör fa előszabva					
T9	Egyengetés	0,2	1	30	150	1
E9	Tömörfa egyengetve					
T10	Vastagolás	0,22	1,1	33	165	1
E10	vastagság kialakítva					
T11	Méretre vágás	0,1	0,35	15	52,5	1
E11	Végső méret					
T12	Csapolás	0,34	1	51	150	1
E12	Csapolt Tömör fa					
T13	Profilozás	0,2	0,5	30	75	1
E13	Profil kialakítva					
T14	Ragasztás	0,14	0,36	21	54	1
E14	Összeragasztott profil					
T15	Csiszolás	0,2	0,56	30	84	1
E15	Leccsiszolt profil					
T16	Vizezés	0,05	0,22	7,5	33	1
E16	Vizezett profil					
T17	Pácolás	1,3	2,5	195	235	1
E17	Pácolt profil					
T18	Alapozás	5	8,4	150	224	1
E18	Alapozott profil					
T19	Csiszolás	1,3	3,7	195	555	1
E19	Végső csiszolt profil					
T20	Fedőzés	5,4	8,3	150	289	1
E20	Felületkezelte profil					
T21	Laminált szállítása/átvétele	12	41	1380	1380	1
E21	Laminált Nem megfelelő					
T22	Laminált újra rendelése	0,1	0,2	15	30	0,02
E22	Laminált újra rendelve					
T23	Laminált újraszállítás	12	41	80	80	0,02
E23	Laminált megfelelő					
T24	Korpusz összeépítése	1	3,4	150	510	1
E24	Korpusz elkészült					
T25	Eszköz ellenőrzés	0,2	0,5	30	75	1
E25	Ellenőrzés megtörtént					
T26	Korpusz, front összeépítése/ furatok kialakítása	1	4,2	150	630	1
E26	Összeszerelt bútor					
T27	Kiegészítők felszerelése	2	3	150	300	1
E27	Kész bútor					

7. táblázat javított folyamat E/T lista



9 ábra. Javított folyamatmodell

Az idő adatokban bekövetkezett változásokról még elmondható, hogy az alapanyag megrendelése lecsökkent 0,1 és 0,2 órára, mert csak az előzőleg megírt szabás jegyzéket kell beimportálni a programba és a program által generált űrlapot elküldeni a külső vállalatnak. De van egy plusz tevékenység, amivel nő a folyamat ideje, ez a rendelés visszaigazolása, aminek az idő adatai 0,1 és 0,2 óra. De még a két tevékenységnek az időösszege sem éri el az előző folyamat *rendelés leadása telefonon* tevékenység időadatát. Ha a hiba a külső cég miatt következik be, akkor az új rendelés leadása is az informatikai rendszeren keresztül valósul meg, ezért az *újra rendelés* tevékenység ideje is csökken. Mivel ezeket a tevékenységeket az időt szorozva bérköltséggel, módon számoltam, ezért itt költség csökkenés következik be. Hogy tudjak válaszolni a K1 és K2 kérdésekre le kell futatnom a szimulációt és az elemzést az új tevékenység adatokra és összehasonlítom a jelenlegi és új folyamatot teljes folyamat átfutási, és teljes folyamat költség szerint.

4.9.1 FMEA által javított folyamat átfutási idő- és költségelemzése.

Az új folyamatmodell első ránézésre alátámasztja a feltevéseimet, de ez kevés. Ezért a pontos adatokat a szimuláció elvégzésével tudom biztosítani, hogy igazoljam vagy elvesszem a feltevéseimet. Az új folyamatban maradt ugyan az a külső cég az alapanyag beszállító. Az eredeti adatokkal számoltam kivéve azoknál a tevékenységeknél ahol változtak az idő, és ezzel együtt a költség adatok.

A szimulációt 10,000 idősorra végeztem el megint, így az új folyamat esetén kapott eredmény a teljes folyamat lefutási idejére vonatkozóan 95% megbízhatósággal 65,41 óra körüli értéket mutat. Ha nyolc munkaórás munkanappal számolok, akkor az kerekítve nyolc munkanapot jelent. Vagyis 95%-os valószínűséggel nyolc munkanap alatt biztosan elkészítenek egy tíz négyzetméteres konyhabútort. Ezt az eredményt 53,12 óra átlagos átfutási idővel, és 7,45 szórással számoltam. Tehát a folyamat PFMEA-val javasolt hibajavító intézkedéseket beépítve a bútorgyártási folyamatba, változás következik be a teljes folyamat időt tekintve.

A folyamatköltség alakulásában, ebben a folyamatban is a szimuláció részegységeit a bérköltségek képezik, ugyan azok a dolgozók vesznek részt a folyamatba, így nincs szükség plusz munkaerő bevonására. A változás az egyik hiba kiküszöbölésével és a másik hiba bekövetkezési valószínűségének a csökkenésével érzékelhető. A teljes folyamatköltség számolásánál is 10,000 szimulációt futattam le. Tehát az új folyamat esetén kapott eredmény a teljes folyamat költséget tekintve 95% megbízhatóság mellett 8223,6 P\$ értéket mutat. Ezt az eredményt 7857,3 P\$ átlagos költséggel és 225,9 P\$ szórással számolva kaptam. Az adatok alapján 875,1 P\$-ral kevesebbe kerül az új folyamatban egy termék elkészítése.

5 Eredmények összegzése és értékelése

5.1 Két folyamat teljes idejének és teljes költségének szignifikancia szint vizsgálata.

A kapott eredményekkel kiértékelés céljából SPSS szoftver használatával további statisztikai elemzéseket végeztem. Varianciaanalízist használtam annak érdekében, hogy választ kapjak, hogy a két adatsor között van-e szignifikáns különbség, ami adatsorok a szimulált teljes átfutási időket és teljes költségeket foglalják magukba. A szoftver adattáblájába bevitettem az alapfolyamat 10,000 db Monte-Carlo analízissel generált teljes folyamat lefutási idő adatát, és felvittem a javított folyamat 10,000 Monte-Carlo analízissel generált teljes folyamat lefutási idő adatát is. Ezek voltak a független változók. Ezekhez az adatokhoz hozzárendeltem a 0 vagy 1 értéket egy új függő változóval, ami azt jelentette, hogy az alap vagy a javított folyamathoz tartozik. A program azt vizsgálta, hogy a 0 vagy 1 függő változótól függ-e hogy mi a két független változó eredménye. Az eredmény az, hogy a függő változóktól függenek a független változók összességében. A szignifikancia szint 0,000. Akkor jelenthetjük ki, hogy van szignifikáns különbség a két adatsor között (ebben az esetben a két féle folyamat teljes átfutási ideje között), ha a szignifikancia szint 0,05 alatt van. Tehát a 0,00 értékkel kijelentem, hogy a két folyamat között szignifikáns különbség van. Ugyan így jártam el a költség adatsorok vizsgálatánál is. A szoftver segítségével futtatott analízis eredményeit a következő anova táblázat foglalja össze.

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TPT	Between Groups	150180,704	1	150180,704	2595,906	,000
	Within Groups	1156942,206	19998	57,853		
	Total	1307122,910	19999			
TPC	Between Groups	2,960E9	1	2,960E9	46158,655	,000
	Within Groups	1,282E9	19998	64118,692		
	Total	4,242E9	19999			

8. táblázat ANOVA táblázat SPSS szoftver (One-way) varianciaanalízissel.

Sum of Squares: négyzetösszeg.

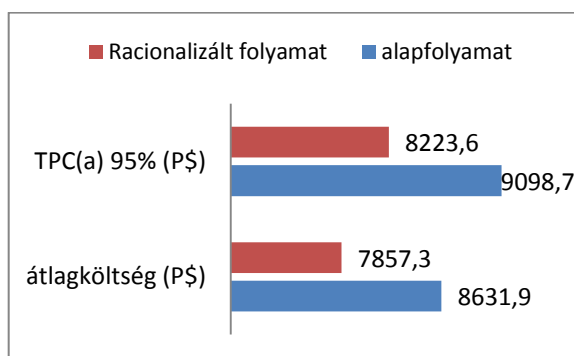
df: Szabadságfok

Mean Square: Átlag összeg

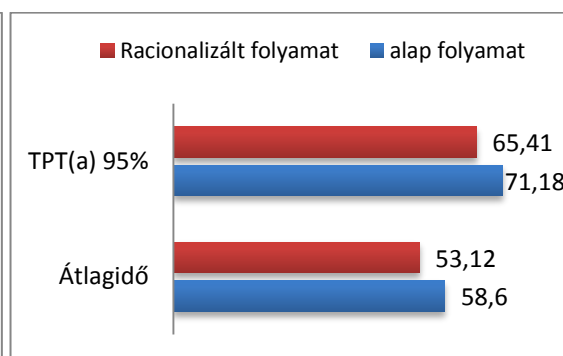
F: A próbastatisztika értéke

Sig: Szignifikancia szint

Összegezve az eddigieket látható, hogy a gyártási folyamat racionalizálásával és az informatikai rendszer bevezetésével elérhető a folyamat átfutási idejének a csökkenése, és a termék előállítási árában is előnyös változások következnek be.



1. grafikon költségek összehasonlítása



2. grafikon idők összehasonlítása

Az alap folyamat költség ráfordítása 95% megbízhatóság mellett 9098,7 P\$. Ha 11000 P\$ ért értékesítjük a terméket, akkor 1901,3 P\$ hasznot racionalizálhatunk. Az új folyamatnak 95% megbízhatóság mellett 8223,6 P\$ a teljes folyamat költsége. Ezáltal vagy a terméket értékesítjük olcsóbban így

ugyanakkor hasznunk lesz vagy ugyanannyiért 11000 P\$ ért értékesítjük a terméket és akkor 2776,4 P\$ hasznot vághatunk zsebre. Ebben az esetben ez körülbelül 31%-os profit növekedést eredményez hosszútávon, ha ezt a 95%-os megbízhatósági szintet vesszük alapul. Mindemelet a folyamatok átfutási ideje átlagos 9-ről 8 munkanapra csökken. Az időt tekintve 11,2 %-os csökkenés

Megállapítható tehát hogy a feltételezéseim és a kutatási kérdéseim megválaszolhatók. Miszerint:

K1: Csökkenthetőek-e az egyedi bútorgyártási folyamatoknál az átfutási idők a folyamat racionalizálásával? Ehhez kapcsolódó **F1** feltételezés: Az egyedi bútorgyártási folyamatok racionalizálásával a folyamatok átfutási ideje csökken. A feltételezést igazoltam, ez által a **K1** kutatási kérdésre adott válasz is igen.

K2: Csökkenthetőek-e a jelenlegi egyedi bútorgyártási folyamatok költsége a folyamatok racionalizálásával? Ehhez tartozó **F2** feltételezés: A kritikus folyamatok racionalizálásával a folyamatok költsége és erőforrás hatékonysága nő. A feltételezést igazoltam, ebből kifolyólag a **K2** kutatási kérdésre adott válasz is igen.

5.2 Informatikai rendszer beruházásának a megtérülése

A H1 és H2 hiba kijavításához egyaránt szükséges egy informatikai rendszerre való beruházás. Ennek az informatikai rendszernek a részeit az alábbi táblázatba összesítem:

Elem	Ár (P\$)
Hardver	1250
Szoftver	500
Hálózat	70

9. táblázat informatikai rendszer összetevői

Az informatikai rendszer beruházásának a megtérülésére vagyok kíváncsi. Ugyanazzal a matematikai művelettel torzítottam az elemek árát, mint a tevékenységek árát, azért hogy arányiban reális értéket kapjak.

Hányszor kell a javított folyamatnak lefutni annak érdekében, hogy a hiba kijavítására tett beruházásunk nyereséges legyen. Sokszor a belső megtérülési ráta használata félre vezető. Ezt a mutatót sosem szabad technológiai

beruházások értékelésére használni (15) Éppen ezért egy úgynevezett ROI megtérülési rátával fogok dolgozni. Ennek a tárgyalására bővebben nem térek ki az egyszerűsége miatt.

A megtérülés számításánál 3 egységnyi (3 folyamat lefutású) időintervallumon számolom a projekt költségeit. Mert a számviteli politikai is 3 időegységnyi időszakra tekinti az informatikai beruházások kezelhetőségét

$$ROI = \frac{\text{Realizált haszon}}{\text{Beruházási érték}}$$

8. képlet a megtérülési ráta kiszámítása

Pénzügyi szempontból egyenértékűnek tekintem a pénzáramlásokat, mert 3 folyamat legjobb esetben 2 hónap alatt, legrosszabb esetben 3 hónap alatt végbe megy, ezért az inflációt nem veszem bele a számításba.(16)

	0	1	2	3	Összesen
Hardver	1250				1250
Szoftver	500				500
Hálózat	70	70	70	70	280
Kiadások összesen	1757	70	70	70	2030
Bevétel növekedés		875,1	875,1	875,1	2625,3

10. táblázat Beruházás vizsgálata 3 folyamat lefutása esetén

$$ROI = \frac{2625,3}{2030} = 1,29 = 129\%$$

9. képlet az informatikai rendszer beruházásának megtérülése

Tehát az előző fejezetben végzet eredmények felhasználásával és ebben a fejezetben végzet ROI elemzés alapján 95%-os megbízhatósági szint mellett a beruházás 3 folyamat lefutás után megtérül.

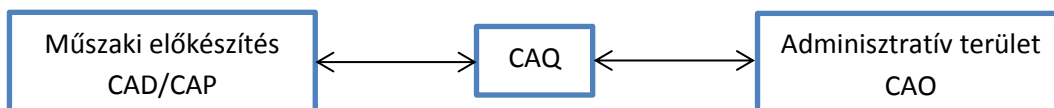
Úgy gondolom, hogy a Partner Pont Kft bútorgyártási folyamatának alapos vizsgálatát követően a javasolt hibajavító intézkedések bevezetésével lényeges idő-, költség-, és energia megtakarítás érhető el.

Ezeknek fényében ajánlom az említett informatikai rendszer beruházását és ezáltal a fentebb taglalt hibák kijavítását.

6. Összefoglalás

Dolgozatomban a Partner Pont Kft bútorgyártási folyamatát értékteremtő lánc diagram segítségével modelleztem, majd a folyamat tevékenységeihez hozzárendeltem a szakértői becslés alapján megadott idő és költség adatokat. Ezután folyamat FMEA hiba és hatásmód elemző eljárással feltártam a jelenlegi folyamat hibáit és a legkritikusabb kockázati számmal rendelkező hibákhoz tartozó tevékenységeket és eseményeket feltüntettem a folyamatba. Microsoft Office Excel program segítségével készítettem egy Monte-Carlo analízist, a folyamat teljes idő lefutása és teljes folyamat költség meghatározása céljából. Következő lépésben az FMEA alapján javító intézkedéseket határoztam meg. A folyamatot átalakítottam a definiált hibajavító intézkedések beépítésével és újra elvégeztem a Monte-Carlo analízist az új folyamat teljes lefutási idő és költsége meghatározása céljából. Következő lépésben SPSS szoftverrel elvégeztem a két adatsoron egy (One-way) varianciaanalízist annak érdekében, hogy meg tudjam állapítani, hogy a két folyamat között – a jelenlegi és a javított- van-e szignifikáns különbség. Végző soron meghatároztam a hiba kijavításainak a költségvonzatait és megvizsgáltam, hogy az ehhez szükséges beruházás megtérülne-e?

A szabásjegyzék megrendelését segítő informatikai rendszerre a cég 2012.12.08-án beruházott és alkalmazza. Ettől a naptól számítva a mai napig 2013.01.06 a javított gyártási folyamattal készült termékeknél a H2 hiba 0%-kal következett be. A jó eredmény okán a vállalat szeretné az informatikai támogatást a műszaki előkészítés, minőségbiztosítás területeire is kibővíteni valamint ezeket összekötni.



10. ábra Számítógéppel támogatott termelés

CAD: Gyártmánytervezés

CAP: Technológiai folyamattervezés

CAO: Számítógéppel segített adminisztráció

CAQ: Számítógéppel segített minőségbiztosítás

Köszönetnyilvánítás

Első sorban témavezető tanáromnak Dr. Budai Istvánnak szeretnék köszönetet mondani, hogy tanácsaival és támogatásával végig kísérte a munkámat. Valamint Franyó Gyulának a Partner Pont Kft termelés irányítójának, aki rendelkezésemre bocsátotta a megfelelő információkat és ezzel segítette a dolgozatom megírását. Végül, de nem utolsó sorban köszönetet mondok Kocsi Péter Gábornak, aki útmutatásaival és szakmai tanácsaival segített a dolgozatom felépítésében.

Irodalomjegyzék

1. Tenner, Arthur R. – DeToro, Irving J. (1998): BPR vállalati folyamatok újraformálása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1998, ISBN: 963 16 3001 3 ; 75 o.
2. Gaitanides, M.; Scholz, R.; Vrohling, A. (1994): Prozeszmanagement – Grundlagen und Zielsetzung, München 1994, 1-19
3. Solti Árpád (2006): Folyamatmenedzsment-tapasztalatok a tanácsadó szemszögéből. Magyar Minőség, 2006. 6. szám, ISSN: 1416-9576, pp. 13-15
4. Becker, Ralph - Czibulka Ágnes - IFUA Horváth & Partner Vezetési és Informatikai Tanácsadó Kft. (2008) folyamatmenedzsment a gyakorlatban: árbevétel-növelés és költségcsökkentés tartósan jó folyamatteljesítménnyel 2008 ISBN 978 963 9659 21 6
5. Nagy Sándor (2009): Folyamat és irányítási rendszer fejlesztése minőségtechnikákkal, Magyar minőség, 2009. 11. szám, ISSN: 1216-9576, pp. 25-29.
6. N. Sellappan – R. Sivasubramanian (2008): Modified Method for Evaluation of Risk Priority Number in Design FMEA, The Icfai Journal of Operations Management, Vol. VII, No. 1, pp. 1-11.
7. Nagy Jenő Bence (2008): Minőségjavító intézkedések gazdasági hatásainak értékelése az FMEA módszer tükrében, Magyar minőség, 2008. 10. szám, ISSN: 1216-9576, pp. 120-130.
8. Kovács Zoltán FMEA - Bevezetés előadás anyaga Pannon Egyetem, Veszprém (2011)
9. Anette von Ahsen (2008): Cost-oriented failure mode and effects analysis, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 25 No. 5, ISSN: 0265-671X, pp. 466-476.
10. Kosztyán Zsolt Tibor (2009): Gazdasági informatika c. tantárgy előadásanyaga, Pannon Egyetem, Veszprém, 2009
11. Mendling, J. – Reijers, H. A. – van der Aalst, W. M. P. (2010): Seven process modeling guidelines (7PMG). Information and Software Technology, Vol. 52, No. 2. pp. 127-136.
12. Kosztyán Zsolt Tibor (2011): Logisztikai információs rendszerek c. tantárgy előadásanyaga, Pannon Egyetem, Veszprém, 2011.

13. Pokorádi László – Molnár Boglárka (2010): A Monte-Carlo szimuláció szemléltetése. Szolnoki Tudományos Közlemények, 2010. XIV., ISSN: 2060-3002, pp.
14. Halász Livia - A bérszámfejtés folyamatának racionalizálása folyamatszimulációs eszközökkel az MTD Hungária Kft-nél – diplomadolgozat, (2011)
15. Measuring Return on Investment – Quick Reference Guide, (2002), Nucleus Research
16. Dr. Fehér Péter, Tudás és Menedzsment, Informatikai beruházások pénzügyi értékelése, Budapest, (2009)