

Kapacitásszámítási modell fejlesztése

Developing of Capacity analysis method

B. KOCSI¹, I. BUDAI²

¹Debreceni Egyetem Műszaki Kar, kocsi.balazs@inf.unideb.hu

²Debreceni Egyetem Műszaki Kar, budai.istvan@eng.unideb.hu

Absztrakt. A kapacitástervezésnek stratégiai jelentősége van a vállalatok életében. A szervezetek versenyképességét befolyásolja, a kapacitásbővítés stratégiája. A hosszú távú kapacitás meghatározására, több módszer létezik, az egészen egyszerűektől kezdve, a drága, nagy számítású kapacitást igénylő eljárásokig. A növekvő fogyasztói igényekhez kell igazítani a termelést, amely nem kis feladat, hiszen a kapacitásbővítés valamilyen szintű beruházással jár. Fontos megvizsgálni a bővítés mértékét, a megtérülés tükrében. Jelen tanulmányban azzal foglalkozunk, hogy a kapacitásbővítés, megvalósítható-e beruházás nélkül, a veszteségek felszámolásával. Ehhez szükséges az aktuális kapacitás pontos meghatározása, amelyhez egy módosított -bővített kapacitáselemzési modellt használunk. Ebben a modellben figyelembe vesszük a gépek rendelkezésre állását, teljesítményét és a gépet kiszolgáló folyamat hatékonyságát.

Abstract. Capacity planning is strategic significance in companies' life. The strategic of capacity enlarging in fluencies the competitiveness of companies. There are several method for determination of long-term capacity from simple ones to expensive, high calculation requiring processes. We have to rearrange the production for the increasing demand, it is not so simple because it needs some investments. We must scrutinize that is it worth for us? The aim of this study is to investigate whether capacity enlarging is going to be realizable without investments only the eliminate of waste. In this method needs exact determine of the current capacity so we use modified, extended capacity model. In this model we consider the availability, quality and efficiency of the machine more over we observe the effect of the service program of the machine.

1. Bevezetés

A vállalatok életében fontos kérdés, hogy milyen értékelési módszer alkalmazásával hozzák meg a döntést a kapacitásbővítésre vonatkozóan. A növekvő vevői igényeket, ki kell tudni szolgálni, a megfelelő minőségben, a megfelelő színvonallal és megfelelő költségek mellett. Természetesen úgy kell felkészülni a növekvő vevői igények teljesítésére, hogy hiányt nem engedünk meg. Valamint fontos pénzügyi szempont az, hogy a meglévő kapacitásunkat kihasználjuk a lehető legnagyobb mértékig, hiszen nem szeretnénk egy olyan beruházást végrehajtani, amiben a tőke benne áll, de nem termelünk megfelelő mennyiséget. A kapacitásbővítés idejének és mértékének meghatározása komplex, és különféle módszerek segítenek a helyes megoldás meghozatalában. Ezen módszerek a következők: Trendsámítás, diszkrét események szimulációja, analitikai modellezés [1][2]. Általános felfogás az,

hogy követve a növekvő vevői igényeket, a növekedés mértékével azonos bővítést eszközölünk, mert különben nem tudjuk teljesíteni a vevői rendeléseket.

1.1 Problémafelvetés

A jelenlegi kapacitáselemzési modellek, nem követik azt a gondolatot, hogy a számítás során a gyártási folyamat veszteségeit is figyelembe vegyék részletesen. Nyilván számolnak valamiféle termelékenységi rátával, vagy a karbantartási idővel vagy az állásidők átlagával. De olyan tényezőket nem vesz figyelembe, mely például a gép kiszolgálási folyamatában találhatóak, amelyek alapján meghatározzák egy gép üzemelési idejét. Ilyen tényező például a várakozás az alapanyagra, várakozás a targoncára, átállítás, kalibrálás, felfutási idő stb.. Mivel e modellek ilyen szempontból nem teljeskörűek, ezért a gyártó rendszerekben, a tényleges aktuális kapacitáselemzési eredmények nem fognak valós értékeket mutatni, nem beszélve a kapacitás kihasználásról vagy a hatékonyságról. Ebből az okból kifolyólag, ha a kapacitástervezés második lépésénél nem tudjuk, a jelenlegi kapacitásunkat, kapacitás kihasználást és teljesítményt, kellő képpen meghatározni, akkor a későbbi szükséges számított kapacitás értéke nem megfelelő. Ha ez az érték nem kellő alapossággal lett meghatározva, akkor a bővítés gazdaságossága megkérdőjelezhető.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 Kapacitások hosszú távú tervezése

A gazdasági szervezetek piaci sikerességében döntő szerepet játszik a kapacitástervezés, alapvető célja olyan kapacitás-stratégia létrehozása, amely képes kiszolgálni a kereslet hosszútávon jelentkező, trendszerű változásait. A kapacitás-stratégia kidolgozása, felső vezetési döntéseket igényel. A rövid távú kapacitás növelés eszközeit, mint a túlóra, vagy az időszakos kiszervezés nem lehet hosszútávon használni, hiszen az ezzel járó költségnövekedések, hátrányos helyzetbe hozhatják a vállalatot a többi piaci szereplővel szemben. Ennek megfelelően a hosszú távú kapacitás meghatározása komplex döntések sorozata, ahol több befolyásoló tényezőt is figyelembe kell venni [3].

A tényezők a következők:

- kereslet szintjének várható alakulása
- új kapacitások működtetésének és beüzemelésének költségei
- új termelési technikák alkalmazása
- versenytársak kapacitás-stratégiája

Ezen túl figyelembe kell venni azt, hogy a hosszú távú kereslet előrejelzésére vonatkozó adatok bizonytalanok, tehát determinisztikus modellek alkalmazása nehézkes a döntéshozatal támogatását illetően, továbbá a kereslet változása folyamatos, de a kapacitások bővítése csak diszkrét módon lehetséges, ezáltal mindig maradnak kihasználatlan kapacitások, vagy késői bővítés esetén nem teljesített fogyasztói megrendelése. Ebből az okból kifolyólag a kapacitástervezés a következő kérdésekre keresi a választ[3].

Mikor? A kapacitás növelésének időzítése fontos kérdés. Hiszen a bővítés időigényes. Az új gépek szállítása, üzembe helyezése, beállítása jelentős erőforrást emészt fel. Ezzel párhuzamban viszont a kereslet véletlenszerű ingadozása is befolyásolja a jó stratégia meghozatalát[3].

Hol? Számos tényező befolyásolja az új kapacitások telepítési helyét, például: rendelkezésre álló munkaerő tulajdonsága, elérhető infrastruktúra, az adott hely jogi és adózási sajátosságai, ellátási lánc szerkezete stb.[3].

Mennyi? Ha ez előbbi két kérdésentúl,- tehát a beruházás ideje és beüzemelésének ideje és helye rendelkezésre áll-, fontos meghatározni annak mértékét is. Természetesen a tervezés lépései nem feltétlenül követik a kérdésekre adott válaszokat. Az időzítés és méretezés összefüggő kérdések, melyet a tervezés során nem lehet egymástól függetlenül kezelni. Fontos feladat a kapacitások túl alacsony és túl magas kihasználtsági rátájának elkerülése[3].

A kapacitástervezés döntően három fő lépésből áll. Elsőként meg kell határoznunk a kiszolgálási színvonalunkkal szemben támasztott követelményeket. Jelenleg mekkora vevői igényt vagyunk képesek teljesíteni, a rendelkezésre álló folyamatainkkal és a folyamatok kiszolgálási szintje mekkora.

A következő második lépésben az aktuális kapacitáselemzéssel meghatározzuk, a rendszerünk a termék előállítás során a jelenlegi körülményeket figyelembe véve, mekkora maximális teljesítményt képes teljesíteni.

A harmadik lépésben a jövőt tervezzük, mely során megvizsgáljuk, hogyan alakulnak a vevői igények, és ezen igények teljesítéséhez, mekkora vállalati aktivitás szükséges. Az elérhető kapacitásunkat mikor, hol és mennyivel kel növelni, a maximális vevői elégedettség teljesítéséhez, persze a lehető legkisebb költségek mellett.

A három lépés közül a fókuszunk a második lépésre irányul, a kapacitástervezésre. Különböző termelékenység ösztönzési felfogások vannak, amelyek célja a veszteségek eliminálása a folyamatból és ezáltal rugalmas gyártósor létrehozása. Ezt a filozófiát követve, kívánunk egy olyan eljárást létrehozni, amellyel, folyamat fejlesztés keretein belül, a jelenlegi gyártósorok elemzésével, adatgyűjtéssel detektáljuk a gyártósor veszteségeit, amelyek kapacitás alacsony kihasználtsági rátáját eredményezik. Ezeket a veszteségeket eltüntetve a folyamatból, kívánjuk növelni a kapacitás kihasználást.

2.2 Kapacitásbővítési lehetőségek

Az új kapacitások hadrendbe állításánál az alapvető cél a megfelelő reagálás meghatározása a kereslet jelentkező változásaira. Dinamikusan változó környezet feltételei mellett kell meghozni a kapacitások bővítésére vonatkozó hosszú távú döntéseket. Az alapvető felfogás az, ha rövidtávon megnő egy termék iránti igény, akkor túlórával, műszak óraszám emelésével, vagy műszak szám emelésével növelhető a kapacitás ideiglenesen [4].

A helyett, hogy a gépek, folyamatok rendelkezésre állását, növelnék meg, és ezzel azonos idő kereten belül reagálnánk a növekvő fogyasztói igényre, inkább beiktatnak például egy harmadik műszakot. Ez

a megoldás már csak azért is költségnövekedést fog okozni, mert a harmadik műszak körülbelül 30%-os bérköltség növekedéssel jár.

Ha a keresletnövekedés hosszútávon jelentkezik, akkor a túlóra, vagy plusz műszak szám, hátrányt jelenthet, a nagyobb kapacitással, rendes munkaidővel ezáltal alacsonyabb bérköltséggel termelő versenytársaknál. Tehát a kereslet és a kapacitás hosszú távon gazdaságosan megteremthető összhangjáról kell gondoskodni. Az egyes bővítési stratégiák kidolgozásánál figyelembe kell venni a jövőbeli adatok bizonytalanságát. Annál nehezebb pontosan meghatározni a kapacitáselemzéssel kapcsolatos igény, gazdasági vagy technológiai adatokat, minél távolibb időpontra vonatkozó bizonytalan jövőbeli adattal rendelkezünk. Általában a kapacitás növelés új gép vásárlását, vagy új üzem nyitását jelenti, ami ugrásszerűen megnöveli diszkrét módon a kapacitást. Ez a kereslet és a kapacitás egyensúlyának felbomlását eredményezheti [5].

Különböző bővítési stratégiák

Két választható út van, a kapacitásbővítési döntések esetén. Az egyik lehetőség a piaci részesedés maximalizálása, vagy kapacitások kihasználtságának maximalizálása. Ha a cél az utóbbi, akkor abba a hibába eshet a vállalat, hogy a hirtelen megugró keresletet nem tudja teljesíteni, mert nem rendelkezik elegendő kapacitással a rendelések teljesítésére. A megoldás erre a problémára, a készletre gyártás, amikor a készletek felhalmozásával kompenzálják a kereslet fluktuációját. A magas készletek nem tűnnek jó megoldásnak, hiszen a költségek növekedésével kell szembe nézni. Nem beszélve arról, hogy a LEAN filozófiában található jéghegy modell alapján, a készletek mennyi „bajt” képesek elfedni [6].

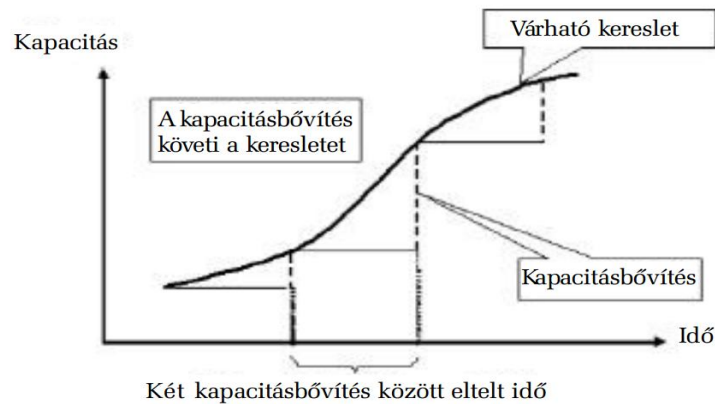
Ha a vállalat a piaci részesedésének növelésére törekszik, akkor biztonsági kapacitástöbblettel rendelkezik, és amikor a kereslet megugrik akkor ezt kihasználva képes teljesíteni a megrendeléseket. Ez a szituáció előnyösebb a versenytársakkal szemben, mert azonnal ki lehet használni a megnövekedett piaci lehetőségeket [7].

Kapacitásbővítési alternatívák:

- konzervatív
- expanzív
- átlagolt

A konzervatív kapacitásbővítési stratégia alkalmazásával a vállalat fenntartja a lehetőségét annak, hogy a jövőben bővítse a kapacitását, de ez az opció csak akkor lép életbe, amikor a kereslet eléri azt az előre meghatározott szintet, amikor már indokoltá válik a kapacitásbővítés. Ennél az alternatívánál a vállalat fenn tartja a lehetőségét annak, hogy vár és későbbi időpontban bővíti a kapacitását, amikor azt a vevői igény megköveteli. A vállalat úgy bővít, hogy soha ne képződjön kapacitásfeleslege. A kapacitásával mindig a volumen alatt helyezkedik el, ahogy azt az 1. ábra is mutatja. A kereslet kielégítése az erőforrások intenzív igénybevételével történik. Angolul megnevezése a „wait-and-see”. Hiszen a vállalat „kivár” és csak akkor bővít, ha a kereslet jelentős mértékben megnövekedett, és azt a rövidtávú kapacitás növelési eszközökkel már nem gazdaságos kielégíteni. Az ábrán látható az idő és kapacitás tengelyekre helyezett termék életpálya görbéjének az a szakasza, amikor a kereslet növekvő ütemű. A rendelkezésre álló kapacitások mindig konstansok, a kapacitásbővítéseket szaggatott

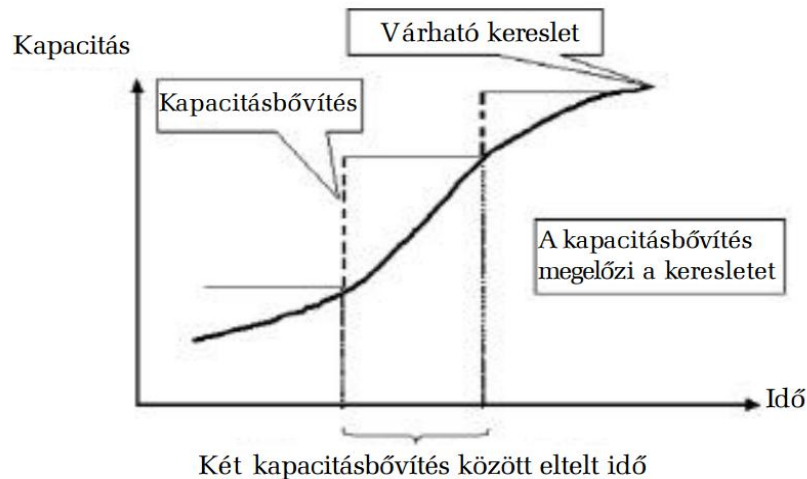
vonallal jelöli. A görbe alá eső időkből a következő bővítésig, a vállalat a rövidtávú kapacitás növelési eszközök alkalmazásával kompenzálja a szükséges mennyiséget[7].



1. ábra: Konzervatív kapacitásbővítési stratégia

(Forrás: [6])

Az expanzív stratégia esetén a vállalat nem alkalmazza a rövidtávú kapacitásnövelés eszközeit, mert úgy növeli a kapacitásait, hogy a bővítésekkel a kapacitások minden esetben a várható keresletnövekedést lefedik. A kapacitások nem bővíthetők folyamatosan, ezért a diszkrét, szakaszos növelés miatt mindig kapacitás felesleg alakul ki. De a kereslet teljesítése minden esetben lehetséges, hiszen rendelkezésre áll a megfelelő mennyiségű kapacitás, a megfelelő helyen és időben. A 2. ábra az expanzív kapacitásbővítési stratégiát reprezentálja, melyen a kereslet várható alakulása a termékéletgörbéjének egy szakaszával egyenlő. Az ábrán a kapacitások konstans vonala és az igény görbéje által behatárolt terület egy biztonságos kapacitás többletként is értelmezhető, amely a hirtelen keresletnövekedések kielégítésére, vagy esetleges kapacitáskiesés esetére fenntartott többletkapacitás. A stratégia hátulütője az lehet, hogy ha a vállalat által prognosztizált várható piaci kereslet nem teljesül, akkor a bővítés miatti investált beruházási költségek és kapcsolódó fix költségek nem tudja az alul teljesítő piaci lehetőségek által generált pénzáramlásokból fedezni. A vállalatnak vállalnia kell a kereslet jövőbeli alakulásának teljes bizonytalanságát, amely valamilyen szintű biztonságot is jelent a pénzügyi kockázat mellett[7].



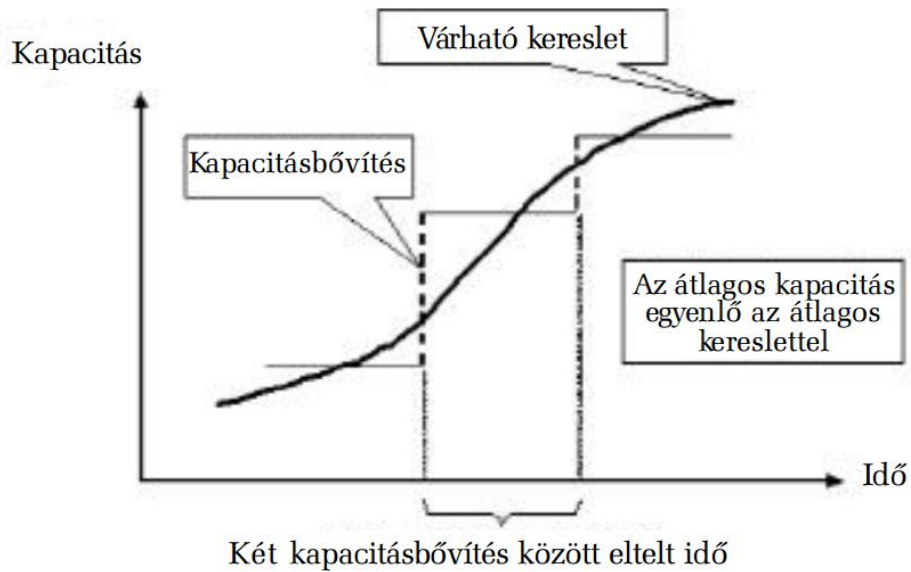
2. ábra: *Expanzív kapacitásbővítési stratégia*

(Forrás: [6])

Látható, hogy expanzív kapacitásbővítési stratégiát követve, nem számolunk a kivárási opcióval. A vállalat nem vár, hogy biztosabb piaci információkat szerezzen be a kereslet alakulására vonatkozóan. Ha a kereslet eléri a jelenlegi kapacitásmaximumot, új piaci lehetőségekkel kell számolni, akkor a kapacitásbővítés következik. A kivárási opció elhagyásával, esetleges veszteséggel kell a vállalatnak számolni amely, a kapacitás ki nem használásának céljából[6].

Ez a stratégia nagyobb biztonsággal jár, mert nem terheli az erőforrásokat, viszont nagyobb kockázatot is hordoz magában a bizonytalan adatok miatt[6].

A harmadik stratégia az előbb mutatott kettő alternatíva keveréke. A diszkrétén változó kapacitás, időnként a kereslet nagyságát jelölő görbe felett helyezkedik el, időnként a görbe alatt található. Ebben az alternatívában számolunk a kivárási opciójával, kapacitáshiány jelentkezésénél, egy bizonyos idő elteltével alkalmazzák a bővítést, akkor, ha a várható igény az előrejelzéseknek megfelelően alakul. A nem teljesített vevői rendeléseket, a bővítés után kialakuló kapacitásfeleslegből lehet kielégíteni.



3. ábra: Átlagolt kapacitásbővítési stratégia

(Forrás: [6])

2.3 Kapacitáselemzés

Ahhoz, hogy megfelelő stratégiát válaszunk bővítésre, alapos adat elemzés szükséges. A jövőbeli várható kereslet kielégítésére, ismernünk kell a jelenlegi helyzetünket, fel kell mérni az aktuális kapacitásokat. Erre kapacitáselemzési eljárásokat használunk, melyben a rendelkezésre álló idő alatt, a meglévő környezetben, meghatározzuk a kibocsátás mértékét.

Tehát a kapacitás nem más, mint az egységnyi időtartam alatt kibocsátott termék mennyisége. A tervezési kapacitás a gép maximális kibocsátó képessége, ideális körülmények között, egy adott időszakban. A tervezési kapacitás számítási módja a következő [5]:

$$(Q_t) = \frac{N \times D \times S \times H \times 60}{M} \text{ (db/műszak)} \quad (1)$$

ahol:

N – a gépek száma,

D – a rendelkezésre álló napok száma,

S – a napi műszakok száma,

H – az egy műszakban ledolgozott órák száma,

M – a termék előállításához szükséges idő

A tervezési kapacitással meghatározhatjuk, hogy ideális körülmények között a rendelkezésre álló gépekkel egy meghatározott időben maximálisan mekkora termék mennyiséget vagyunk képesek előállítani. Ideális körülmények az üzemek életében nem fordulnak elő, a gyártási folyamat közbe előfordulhatnak különböző problémák miatti állások. Szerszám csere, vagy karbantartás, amikor az adott egységgel nem lehet terméket előállítani. Ha ezen tényezőkkel kiegészítjük a tervezési kapacitást, akkor megkapjuk a tényleges kapacitást, amely a gép tényleges munkarendjének megfelelő kibocsátó képessége egy meghatározott időszakban. A tervezési, vagy effektív kapacitás számítási módja a következő [4]:

$$(Q_e) = \frac{N \times D \times S \times H \times 60 \times (1 - \frac{mp}{100}) \times Pr}{M} (db/m\acute{u}szak) \quad (2)$$

ahol:

mp: karbantartási idő százalékban kifejezve,

pr: termelékenységi ráta (normateljesítmény százalék).

Az effektív kapacitás megadható még a következő képlettel is:

$$(Q_e) = Q_t \times (1 - \xi) (db/m\acute{u}szak) \quad (2.1)$$

ahol:

Qt: tervezési kapacitás

ξ: tervezett időveszteségek

Aξ egy olyan 0 és 1 közötti szám, amely kifejezi a folyamat sajátosságainak és munkarendjének megfelelő tervezett időveszteségeket. Például megelőző karbantartási idő, átállási idő, gépbeállítás, pihenő idő stb. Értékét a gyakorlatban sokszor veszteség százalékaként nevezik és százalékaként adják meg. Ez a veszteségtényező csak a tervezett veszteségeket veszi figyelembe, azokkal nem, amelyek egy gyártás során nem tervezetten következnek be a gépek esetében. Ezért azt a feladatot tűztük ki célul, hogy megkeressük, milyen egyéb nem tervezett veszteségek meghatározóak, amelyek alapjaiban befolyásolják a gépek és eszközök hatékonyságát, ezáltal a gép kibocsátó képességét [5].

2.4 Általános eszközhatékonyság

Az általános eszközhatékonyság a Teljeskörű Hatékony Karbantartás eszköze, mely a termelés és a minőségi rendszerek integrálását és javítását szolgálja. Célja a termelékenység folyamatos növelése, a kényszerleállások és meghibásodások nélküli termelés megteremtése. Feladata az optimálisan működő termelő-berendezések üzemeltetése, szabványosított karbantartási folyamattal, mely a teljes szervezet bevonásával valósul meg. A berendezések teljesítmény-és hatékonyság javulásával emelkedik a kapacitás mértéke, csökkennek a költségek, a megelőző és fejlesztő karbantartásokkal nő a berendezések élettartama, javulnak a rendelkezésre állási mutatók.

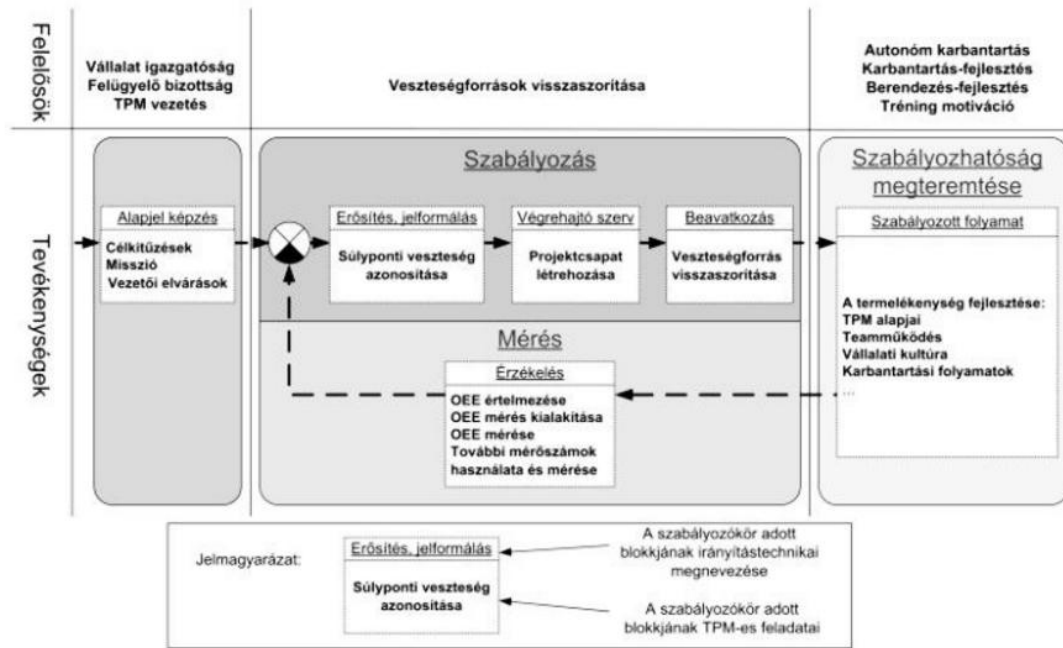
A Teljeskörű Hatékony Karbantartás a termelési folyamatokat az OEE (Overall Equipment Efficiency – Teljes eszközhatékonyság) mérőszámmal méri, amely megmutatja, hogy egy eszköz vagy berendezés a maximális termékmennyiség hány százalékát termeli meg [8].

A TPM tevékenységei arra fókuszálnak, hogy eliminálják a hat fő veszteséget. Ezen veszteségek a következők: Eszköz hiba, beállítási és átállási idő, Mikro leállások, Selejt újra megmunkálások, Indítási veszteség, csökkent sebesség. A TPM elvi céljai a következők:

- A berendezésekhez kapcsolódó állásidők megszüntetése
- A mikro leállások, üresjáratok, sebességvesztések kiküszöbölése
- Selejt gyártás lehetőségének kizárása
- Biztonságos munka feltételeinek megteremtése
- Célszerű munkakörnyezet kialakítása
- Az erőforrás (anyag, segédanyag, energia stb.) veszteségek visszaszorítása

A TPM működési elvét, és a rendszerben elfoglalt helyét mutatja be 4. ábra. Az alapja egy olyan szabályzó kör, amely folyamatosan figyeli és méri a termelést érintő veszteség tényezőket, majd tevékenységeket indukál veszteségek csökkentésére. A régebbi ötletszerű, véletlenül alapuló fejlesztési projecteket, tervszerű, rendszerbe épített, folyamatos fejlesztéssel váltja fel. Az OEE mérő számmal történő fejlesztés célja a termelési folyamatok követése és tökéletesítése [8].

- A 100%-os OEE érték a tökéletes termelési folyamatot jelenti
- A 85%-os OEE-t szokták világszínvonalnak nevezni, de erősen függ a termelési környezettől és a berendezést bonyolultságától és a sorozat nagyságtól
- Az 50-60%-os OEE értékkel rendelkező vállalatok jól szervezett munkára képesek
- A 30-40%-os OEE érték általános a TPM-et és LEAN nem alkalmazó vállalatok esetében



4. ábra: A TPM működésének alapja

(Forrás: [8])

A mért veszteség típusok a következők: Az OEE három tényezőtől áll, amely a termelésben fellelhető veszteségforrásokat, három nagy kategóriába sorolja [9].

	OEE		Hat veszteség kategória
	Faktor	Veszteség kategória	
1	Rendelkezésre állás	Időveszteség	Gépi meghibásodásokból eredő idő Átállásokból, beállításokból eredő idő
2	Teljesítmény	Sebesség veszteség	Mikro leállások Csökkent sebesség
3	Minőség	Minőség veszteség	Indítási veszteség Selejt, újramunkálás

1. táblázat OEE kategóriák és veszteségek

Az OEE számítási módjánál e tényezők figyelembe vételével határozzuk meg a berendezés általános hatékonyságát.

$$OEE = A \times P \times Q (\%)$$

(3)

ahol:

A= rendelkezésre állás vagy készenléti idő,

P = teljesítőképesség,

Q = minőség.

Rendelkezésre állás

$$A = \frac{t_e - t_v}{t_e} \times 100 (\%) \quad (3.1.)$$

ahol:

t_e : Előírt üzem idő

t_v : Veszteség idő

Előírt üzemidő alatt a felhasználó által a termelő-berendezésre, az adott művelet elvégzésére előirányzott órák számát értjük, az állásidő alatt pedig azon órák számát, amelyek alatt a berendezés nem működik. A rendelkezésre állási mutató tehát azokat az idővesztéseket foglalja magába, amikor a berendezés termelhetne, de valamilyen oknál fogva mégis áll. Ilyen tényező a szerszámcsere, átállási idő, üzemzavar. Például valamilyen elektromos probléma történik, vagy csapágyhiba, vagy hajtómotor meghibásodás, ami miatt, nem képes üzemelni a gép. [9].

Teljesítőképesség

$$P = \frac{t_e - t_v}{(C/t_{ideális} \times Gy_m)} \times 100 (\%) \quad (3.2.)$$

ahol:

t_e : Előírt üzem idő

t_v : Veszteség idő

Gy_m : Maximálisan termelhető mennyiség

$C/t_{ideális}$: Ideális ciklus idő

Tényleges termelés az adott idő alatt legyártott termékek száma, a maximális termelés az adott idő alatt maximálisan termelhető mennyiség számát jelenti. A teljesítménymutató azokat a veszteségekre

utal, amelyek miatt nem megfelelő mennyiségben termel a berendezés. Ezt a tényezőt befolyásoló veszteségek a mikroleállások, sebességvesztés. Mikroleállásokért felelő gondok például lehetnek, szenzor elkoszolódás, termék elakadás, alkatrész keveredés. A sebesség csökkenés okai lehetnek, kopás, túlmelegedés, helytelen beállítás miatti termelés sebességvesztés stb. [9].

Minőség

$$Q = \frac{G_{y_t} - G_{y_s}}{G_{y_t}} \times 100 (\%)$$

(3.3.)

ahol:

G_{y_t} : Ténylegesen termelhető mennyiség

G_{y_s} : Selejtek száma

A selejt a tőrésen kívül eső termékek számát jelenti. A minőségi mutatót befolyásoló veszteségforrások a minőségveszteség, indítási veszteség.

3. Célkitűzés

Mivel a rendelkezésre álló, jelenlegi tényleges kapacitás meghatározására alkalmas, módszerek, nem teljes körűen veszik figyelembe, a gépek és a gépeket kiszolgáló folyamatok sajátosságait. Ezért a cél egy olyan eljárás kifejlesztése, amellyel képesek vagyunk meghatározni az aktuális tényleges kapacitást oly módon, hogy számítások figyelembe veszik a különböző veszteségtényezőket. Szükséges számolni a gépek teljesítményével, gépek rendelkezésre állásával, gépek selejt gyártásával és az utó megmunkáláson átesett egységekkel. Továbbá a gépekkel kapcsolatban álló folyamatok, emberek, eszközök, anyagok, információk rendelkezésre állásával és hatékonyságával. Ha a kapacitás meghatározása ezen tényezők figyelembe vételével történik, akkor a valósághoz közeli eredményt kapunk a kapacitáselemzés során, amely kellőképpen megalapozza a tervezés további fázisait. Nem utolsó sorban, képesek leszünk azonosítani azokat a pontokat, ahol, ha fejlesztjük a gépet, vagy az azzal kapcsolatban álló tényezőket, akkor a kapacitás kihasználás mértéke javul. Az új eljárás, mérésen alapul, véges kapacitást feltételez, input/output elemzésen alapul és kapcsolatot feltételez az átfutási idő és kapacitás között, valamint a kapacitás és a veszteség idők között. Ezzel a számítási módszerrel feltételezhetően pontosabb képet kapunk a termelési folyamat kapacitásáról és hatékonyságáról, mely elengedhetetlen a hosszú távú kapacitás tervezés stratégiai döntésének a meghozatalában, mely meghatározó vállalat pénzügyi teljesítményét és versenyképességét illetően.

4. Kapacitás elemzés számítása nem tervezett veszteségek figyelembevételével

A jelenlegi kapacitáselemzési eljárások csak a tervezett veszteségekkel számolnak, mint a megelőző karbantartás, az átállási idő, a gép beállítás. Van olyan számítási mód, amelyik figyelembe veszi a

gépek egy úgynevezett termelékenységi rátáját, de a rátában a termék is szerepel, amia gyártás alatt selejtes lesz, vagy azt a hibás terméket utómunkálni kell. Az utó munka esetén, a terméken műveletet kétszer végezzük el, először amikor az alapanyagot feldolgozva létrehozuk a hibás terméket, másodsor amikor a hibát kijavítjuk figyelembe véve azt, hogy a hiba javítható, és az gazdaságos.

További kérdéseket vet fel ajelenlegi kapacitáselemzési módszerekkel kapcsolatban az a megállapítás, mely szerint az átfutási idő nem konstans, tehát egy adott időszakban a gép kapacitás meghatározása nem lesz pontos, hogy ha a termék elkészítésének ciklus idejét állandónak tekintjük.

Az előbbieken említett termelékenységi ráta állandó, akkor az egész vizsgált időszakra megadva állandó, vagy egy korábbi meghatározott értékkel számoltunk. Abban az esetben, ha egy másik időszak kapacitását szeretnénk meghatározni, akkor arra az időszakra vonatkozó termelékenységi rátával kell számolni.

Tehát a hagyományos elemzési eljárások **nem tervezett** várakozási időket nem veszik figyelembe, annak ellenére, hogy ezek nagyobb számban is előfordulhatnak egy termelési rendszer esetében, mint a tervezett leállások. Nem tervezett várakozások közül a legfontosabbak az alapanyagra várás, gépi várakozás, információ hiány, vagy emberre várás. De ezek különböző termelési rendszerek esetében eltérhetnek, de azon tényezőket kell figyelembe venni, amelyek miatt nem indul el a termelés. Sokszor kell keresni eszközt, alapanyagot, embert, vagy esetleg az információ nem megfelelő, amely hátráltatja a munka hatékonyságát

Tehát tervezett várakozási tényezőkn túl további veszteség tényezőkkel is számolni kell. Ezen veszteség tényezőket alkalmazva valóságosabb kapacitási értéket vagyunk képesek meghatározni, sőt fény derülnek a folyamat gyengepontjaira is, megismerjük azokat a pontokat, ahol fejlődnie kell a termelésnek, hogy hozza az elvárt szintet a rendelkezésre állásból, a gépek teljesítményéből és nem utolsó sorban a minőségből.

A következő elvárásokat határoztuk meg a létrehozandó eljárással kapcsolatban:

Tényeken alapuló legyen

Nem korábbi adatokat felhasználva számítom ki az értéket, hanem felkeresve az adott területet az értékteremtés helyén megfigyelem, hogy mi történik, adatokat gyűjtök, és azt használom fel a kapacitás meghatározásához.

Véges kapacitást feltételez

Feltételezzük, hogy a jelenlegi körülmények között véges kapacitással rendelkezünk, van egy kapacitás maximum ez a tervezési kapacitás, aminél többet nem vagyunk képesek előállítani. Ez azért fontos, hogy lássuk azt, mekkora fejlődési potenciál van a rendszerben.

Input/output elemzésen alapul

Megfigyeljük, hogy adott ráfordítás mekkora eredménnyel jár. Fejlesztve a gépek rendelkezésre állását, összetudjuk hasonlítani az alapállapothoz képest, a fejlesztett állapot ráfordításának eredményét.

Veszteség tényezőkkel számol

A tervezett vesztség tényezőknél túl a nem tervezett veszteség tényezővel is számol.

A (2) egyenlet szerinti számítástól eltérően, a karbantartási idő és a termelékenységi ráta helyett, a gépek általános hatékonyságát (OEE) és a kiszolgálási színvonal mutatóját (SI) használjuk. Mert e mutatók által van lehetőségünk a nem tervezett és tervezett veszteségeket figyelembe venni.

$$C_e = OEE \times SI \times \frac{3600}{C/t_{ideális}} \times H \times D \text{ (db/időszak)} \quad (4)$$

ahol:

C_e : Effektív kapacitás (db/időszak)

OEE: Általános eszköz hatékonyság (%)

SI: Kiszolgálási színvonal (%)

C/t : tervezési ciklus idő (másodperc)

H: Műszak óra száma (óra/műszak)

D: napok száma (nap/időszak)

Tényleges kapacitás meghatározása egy műszak és egy gép esetén a (4.) egyenlettel számítható. A gép eszközhatékonysági mutatója és a kiszolgálási színvonal határozza meg azt, hogy az adott vizsgált időszakban mennyivel vagyunk képesek kevesebbet előállítani a tervezettnél. Egy gép, egy műszak esetén az egyenletet tovább részletezve a következő képen alakul:

$$C_e = OEE \times \sum_{l=1}^4 (W_l \times P_{f_l}) \times \frac{3600}{C/t_{ideális}} \times H \times D \text{ (db/időszak)} \quad (4.1.)$$

ahol:

C_e : Effektív kapacitás (db/időszak)

W_l : Súly szám

P_{f_l} : Kiszolgálási színvonal (%)

A tervezési kapacitásnál megkapjuk, hogy ideális körülmények között mekkora a gépünk kibocsátó képessége. Tényleges kapacitás esetén figyelembe vesszük a **tervezési veszteségeket** és a **nem tervezett veszteségeket**. Ezeket a veszteségeket a következő altényezőkkel adjuk meg: gép rendelkezésre állás, teljesítmény, elsőre jó gyártás és kiszolgálási színvonala. Az általános eszközhatékonyságot a kiszolgálási színvonalat és a vizsgált időszakot megszorozzuk, egy óra alatt előállítható termékek számával akkor kapjuk meg a tényleges kapacitást. Azért van szükség az egyóra alatt gyártott munkadarabok értékére, mert a vizsgált időszak mértékét is órában adjuk meg. A kiszolgálási színvonal mutatója négy alaptényezőből áll. Ezek a következők:

- Pf_1 =Információ
- Pf_2 =Ember
- Pf_3 =Anyag
- Pf_4 =Eszköz

Miért van szükség a kiszolgálás színvonalának a meghatározására? A gépek esetén sokszor azért áll a gyártás, mert keresik az eszközt, vagy nincs ember a gépre, vagy esetleg az információ nem megfelelő ezért nem tudják mit, hogyan állítsanak elő. Különböző gyártó rendszerek esetén ezen tényezők változhatnak, az információ, ember, anyag, eszköz tényezőkön kívül. Egyéb, a vizsgálat tárgyát meghatározó gyártási környezet tényezőit is bele vehetjük. Továbbá ezen tényezők fontossága is eltérő lehet különböző gyártási környezet esetén, ezért fontosságuk alapján ezeket súlyozva vesszük figyelembe. Ha az adott gép kiszolgálásánál meghatározóbb az információ, mint az ember akkor az nagyobb súlyt kap. Ez alapján a kiszolgálási színvonal mutató a következő képen épülhet fel. A négy alaptényező 0 és 1 közötti értéket kaphatnak. Az 1-es érték jelenti azt, hogy az adott műszakban a rendelkezésre állási időn belül 100 %-osan rendelkezésre állt az adott tényező. Példaként, ha 200 termék esetén 5 termék gyártásánál nem volt megfelelő információ és nem készültek el a termékek, akkor az információ-tényező értéke 0,975. Az információ-tényező súlya 1. Ebben az esetben akkor az információ befolyásolja a kiszolgálási színvonalat. A többi tényező súlya 0. A tényezőket egymáshoz viszonyítva súlyozzuk, mely összértéke egy, tehát 100%. Ezáltal a tényezők között fel lehet állítani egy fontossági sorrendet, mely egy egymáshoz viszonyított fontossági sorrend lesz.

- $0 < W_i < 1$
- $\sum W_i = 1$
- $0 < Pf < 1$

A gépek általános hatékonyságát a következő képen határozzuk meg az effektív kapacitás esetén:

$$OEE = A \times P \times FTQ = \left(\frac{t_e - t_v}{t_e} \times \frac{t_e - t_v}{(C/t \times Gym)} \times \frac{Gy_s - (S+R)}{Gy_s} \right) \times 100 (\%) \quad (5)$$

ahol:

OEE: általános eszköz hatékonyság (%)

A: Berendezés rendelkezésre állás (%)

P: Berendezés teljesítmény (%)

FTQ: Elsőre jó gyártás (%)

t_e : Rendelkezésre álló idő (perc)

t_v : Veszteség idők (perc)

C/t: Tervezési ciklus idő (másodperc)

G_{ym} : Maximálisan gyártható mennyiség (db)

G_{ys} : Gyártási folyamatban elindult darabok száma (db)

S: Selejtezett, kidobott alkatrészek száma (db)

R: Átdolgozott vagy javított alkatrészek száma (db)

Az FTQ -az elsőre jó gyártás folyamat minőség mutatót százalékban adjuk meg. Mely megmutatja, hogy az adott műszakban az adott feltételek mellett mekkora a bekövetkezési valószínűsége annak, hogy a terméket elsőre jól ellehet készíteni. Azért az FTQ indikátort használjuk, mert e számításakor figyelembe vesszük a selejtestermékek, a javított termékek, valamint az átdolgozott termékek számát is.

Több gép esetén minden egyes gépnek ki kell számítani az általános eszközhatékonyságát, valamint ha több műszakban termelünk, akkor minden műszak gépeinek az OEE értékét meg kell határozni. Illetve műszakonként, gépenként a kiszolgálási színvonalat is meg kell adni.

$$C_e = \sum_{i=1}^n (OEE_i \times Sl_i \times \frac{3600}{C/t_{ideális}} \times H) \times D \text{ (db/időszak)} \quad (6)$$

Egy gép tényleges kapacitása minden műszakot figyelembe véve a fenti képlet alapján, határozható meg. Ha az adott területen azonos gépcsoportba tartozó gépek kapacitását számítjuk, akkor műszakonként minden gép kapacitását külön ki kell számítani. Ezt a képletet tovább kibontva a következő egyenletet kapjuk.

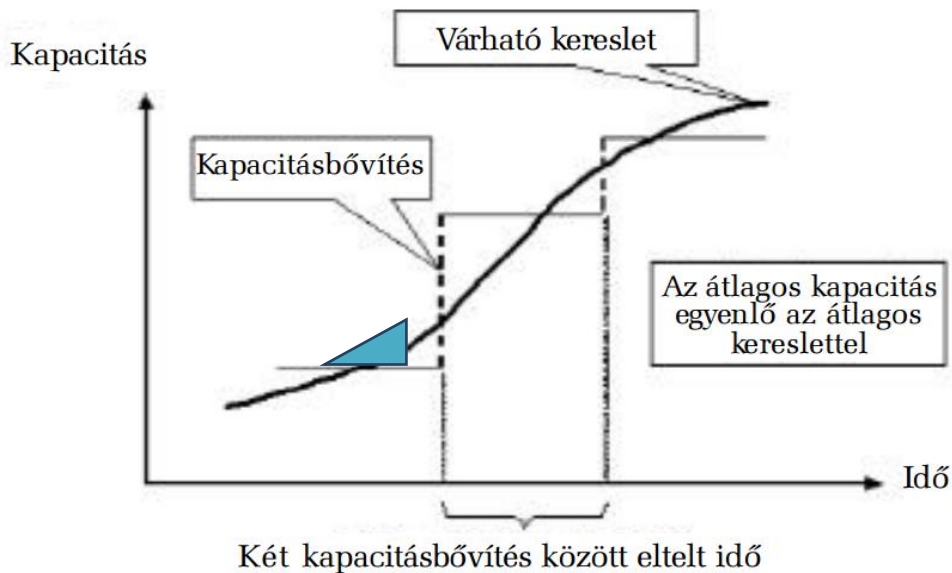
$$C_e = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{t_e - t_v}{t_e} \times \frac{t_e - t_v}{(C/t_{ideális} \times G_{ym})} \times \frac{G_{ys} - (S+R)}{G_{ys}} \right) \times \sum_{l=1}^m (W_l \times P f_l) \times \frac{3600}{C/t_{ideális}} \times H \right) \times D \text{ (db/időszak)} \quad (6.1.)$$

A kiterjesztett modell tényeken, mérésen alapul, figyelembe veszi a tervezett és nem tervezett veszteségeket. Véges kapacitást feltételez és kapcsolatot a kapacitás és a ciklus idő között. Az új kapacitászámítási modellel a tényleges kapacitás meghatározása remélhetőleg pontosabb, megtalálhatjuk vele a termelési folyamatunkban a gyenge pontokat, valamint megmutatja, hogy milyen területekre kell fókuszálni annak érdekében, hogy közelebb legyünk a tervezési kapacitáshoz. ezáltal a magasabb kapacitás kihasználáshoz.

4.1 Kapacitásbővítésveszteség felszámolással

Ha a fogyasztói igények növekvő üteműek, akkor kapacitásbővítés céljából beruházás szükséges. Ameddig a jelenlegi kapacitásunkkal el nem érjük a kapacitás kihasználás maximumát, addig a beruházás időpontját el tudjuk tolni távolibb időpontba. A tényleges kapacitás növelése nem plusz műszak, vagy túlóra árán valósul meg. Hanem a tényleges kapacitás elemzés esetén feltárt veszteségek

minimalizálásával vagy megszüntetésével. Tehát javítjuk a gépek rendelkezésre állását, a gépek teljesítményét és az elsősre jó gyártás értékét, valamint a gépek kiszolgálási folyamatának színvonalát. Az új modell(6.1) alapján, - amely figyelembe veszi az OEE tényezőiben az utómunkát és selejtet, valamint a kiszolgálási színvonalat - a detektált veszteségek gyenge értékeit feljavítjuk, akkor a rendszerben lévő veszteségek csökkentésével növekszik az aktuális kapacitás.



5. ábra: Igény teljesítése beruházás előtt veszteség eliminálásával

A görbe alatt található kék háromszög területe, amikor a kapacitásunk alap esetben kisebb, mint a várható igény. Ebben az esetben vagy előző termelés alapján készletet halmozunk fel, amivel teljesítjük a rendeléseket, vagy a rövidtávú kapacitás bővítés eszközeit használjuk, amelyeket korábban ismertettünk.

Ezzel az elmélettel ellentétben az új kibővített modell az mutatja be, hogy ez a növekvő igény teljesíthető-e a kapacitás kihasználás növelésével, oly módon, hogy a veszteségek eliminálásával emeljük a tényleges kapacitás értéket. Szakirodalom alapján az átlagos OEE érték a gyárak esetében 40% [8]. Ebből az adatból kiindulva bátran kijelenthetjük, hogy rengeteg veszteség található egy átlagos gyártási folyamatban. Az OEE érték javításával drasztikusan emelhető a kapacitás és megvalósulhat a minőségi gyártás. Ha rendelkezésre állnak az előrejelzés adatai és tudjuk, hogy mikor milyen ütemben fog nőni a kereslet, akkor erre az időpontra időzített fejlesztésekkel emelhetjük a tényleges kibocsátást. A fejlesztések középpontjában a három OEE alaptényező javításának kell állnia.

Az új számítás használatával, a kapacitástartalékokat előhívhatjuk, amelyek veszteségek formájában vannak jelen, és ezáltal a kék színnel jelzett mennyiség - a kapacitás hiány - megszüntethető.

Összefoglalás

A hosszú távú kapacitás növelése céljából különböző stratégiák közül lehet választani. A bővítés diszkrét módon valósul meg a dinamikus kereslettel szemben, amely eredményezhet kapacitás hiányt,

vagy alacsony kapacitás kihasználást. Bizonytalan környezeti feltételek mellett kell meghozni a bővítésre vonatkozó döntéseket.

A rövid távú kapacitás növelés eszközeivel, van lehetőség a bővítés későbbre időzíteni, de ezen eszközök használata költségekkel járnak. Hagyományos vállalatok esetében a gyártó eszközök általános hatékonysága 40% körüli értéket mutat. Ez alapján kijelenthetjük, hogy ezekben a termelő rendszerekben a bővítéspotenciál jelentős. A túlóra, vagy plusz műszak beiktatása helyett, sokkal gazdaságosabb a gépek általános hatékonyságát javítani, amely kapacitásnövekedést eredményez, ezáltal a termék előállítás költsége csökken, azzal szemben, ha túlórában állítják elő a terméket.

Hosszú távú kapacitás bővítés lépéseinél, fontos az aktuális kapacitások meghatározása. Az irodalomban fellelhető számításokkal megadott tényleges kapacitászámítási módszerek, nem veszik figyelembe gépek esetén a nem tervezett veszteségek által okozott leállásokat. Vagy egyszerűen, ha csak a műszak végén megszámlolom a legyártott termékek mennyiségét és az alapján adom meg a kapacitást, akkor azt fogom tudni, hogy mennyi, de arra a kérdésre nem tudok válaszolni, hogy miért annyi.

A miértre szeretnénk választ adni, ezért a kapacitáselemzési számításokat tovább fejlesztettük, oly módon, hogy a tervezett veszteségeken túl, a nem tervezett veszteségeket is figyelembe vettük a számításba. Aszéles körűen használt a szakirodalom által használt kapacitáselemzési számítási módszerét kombináltuk a gépek általános hatékonysági mutatójával, valamint meghatároztuk, a gépet kiszolgáló folyamat hatékonysági mutatóját, melyet, szintén figyelembe vesz az módszer. Ez alapján képesek vagyunk meghatározni számítás útján a tényleges kapacitását a gépeknek, a tervezett és a nem tervezett leállásokat figyelembe véve. A gépek rendelkezésre állás-, teljesítmény mutatóit, az elsősre jó gyártás bekövetkezési valószínűségét, valamint a gépet kiszolgáló folyamat hatékonysági mutatóját mérés alapján határozzuk meg. Az új számítás rávilágít a folyamat azon gyenge pontjaira, amelyeket ha fejlesztünk, akkor növelhető a kapacitás.

Ezzel az új megközelítéssel számolunk a kapacitással, akkor az általános termelési rendszerekben található potenciál kihasználható, amely rugalmasabb gyártást tesz lehetővé, magasabb minőségi színvonalon, kisebb költségek mellett. E tényezők kulcsfontosságúak a vevői megelégedettségi szint maximalizálásához.

Hivatkozások

- [1] H. Jon (2013), *How to Do Capacity Planning*, Team Quest Corporation
- [2] C. Thomas, B. Ulrich, L. Raffaello, L. Steffen (2016), *The transformable factory: adapting automotive production capacities*, Procedia CIRP volume 41
- [3] S. Nahmias (1993), *Production and Operations analysis*, 2. kiadás. Irwin kiadó, Boston
- [4] T. Koltai (2006), *Termelésmenedzsment*, Budapesti Műszaki Egyetem, Gazdaságtudományi Kar – Typotex kiadó, Budapest
- [5] Sz. Levente (2009), *Kapacitásbővítési stratégiák értékelése: az időzíítési opció értéke*, Közgazdász Fórum, XII. évfolyam, 90. szám

- [6] J. Vörös (2007), *Termelési – szolgáltatási rendszerek vezetése*, Janus Pannonius kiadó, Pécs
- [7] O. Jan, R. Martin, W. Joakim (2001), *Long-term capacity management: Linking the perspectives from manufacturing strategy and sales and operations planning*, International Journal of Production Economics Volume 69, Issue 2
- [8] Gy. Péczely, Cs. Péczely, Gy. Péczely (2009), *Lean 3, Termelékenységfejlesztés egységes rendszerben*, A.A. Stádium Diagnosztikai és Menedzsment Kft.
- [9] G. Bupe, M. Charles (2015), *Design of a total productive maintenance model for effective implementation: Case study of a chemical manufacturing company*, Procedia Manufacturing, Volume 4