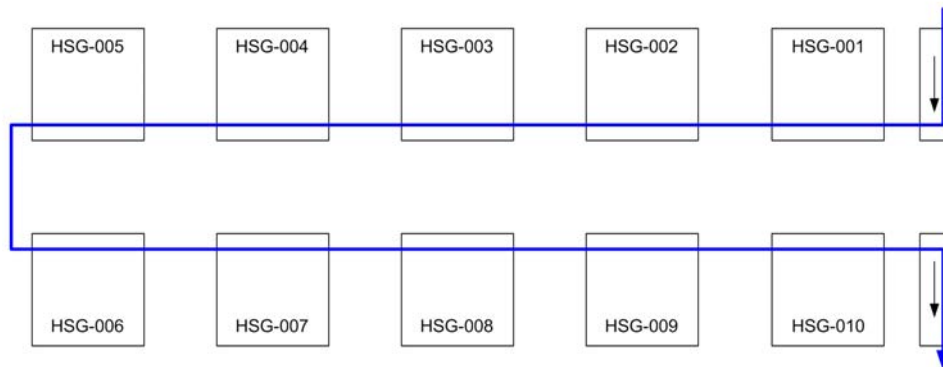


Kosztolányi János – Operátorkiosztás tervezése

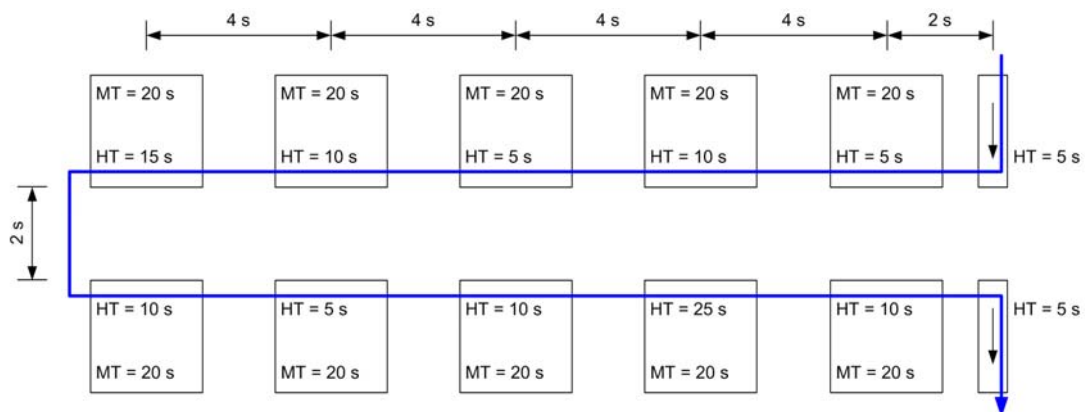
Feladatunk, hogy az alábbiakban látható tízgépes elrendezésre meghatározzuk az operátorok optimális kiosztását a vevői igények függvényében.



Első lépésként megismerkedünk a gyártósorral. Az anyag áramlását már látjuk, ami alapján tudjuk, hogy ez egy U-alakú gyártósor, azaz optimális elrendezés az operátorok kiosztásának dinamikus változtatásához.

Ezután meg kell határozni a gépi időket, a gépekhez és lokációkhoz tartozó kézi időket, valamint a sétaidőket. A gépi idő (MT) az az időtartam, amely a gép elindításától a gépi művelet elvégzéséig tart. A kézi idő (HT) az operátor munkaciklusának azon része, amelyet manuális munkavégzéssel tölt el. A sétaidő (WT) pedig az egyik művelettől a másikig tartó út megtételének időszükséglete.

Ezek a következő ábrában láthatók:



További szükséges adatok a vevői igény az adott műszakban, valamint a munkaidőből termeléssel töltött idő. Amint a fenti példa mutatja, nem használtuk a gyakorlatban használatos tizedmásodperces pontosságot, és ahol lehetett, 5 másodperccel osztható értékeket határoztunk meg a könnyű követhetőség kedvéért. További egyszerűsítés, hogy a gyártósor rendelkezésre állását 100%-osnak tekintjük, azaz sem géphibák, sem anyaghiány, de még átállások sem csökkentik a termelésre fordítható időt. Így a következő képletet használhatjuk:

$$\text{termeléssel töltött idő} = \text{munkaidő} - \text{szünetek} = 28.800 - 1.800 = 27.000 \text{ s.}$$

Következő fontos mérőszámunk az ütemidő. Az ütemidő a vevői igény üteme, azaz azt mutatja meg, hogy a vevőnek milyen gyakorisággal van szüksége egy termékre. A lean elveknek megfelelően, szeretnénk, ha minél jobban meg tudnánk közelíteni ezt az értéket a kibocsátási ütemünkkel. A kibocsátási ütem az az érték, amilyen gyakran ténylegesen elkészül egy termék a gyártósoron.

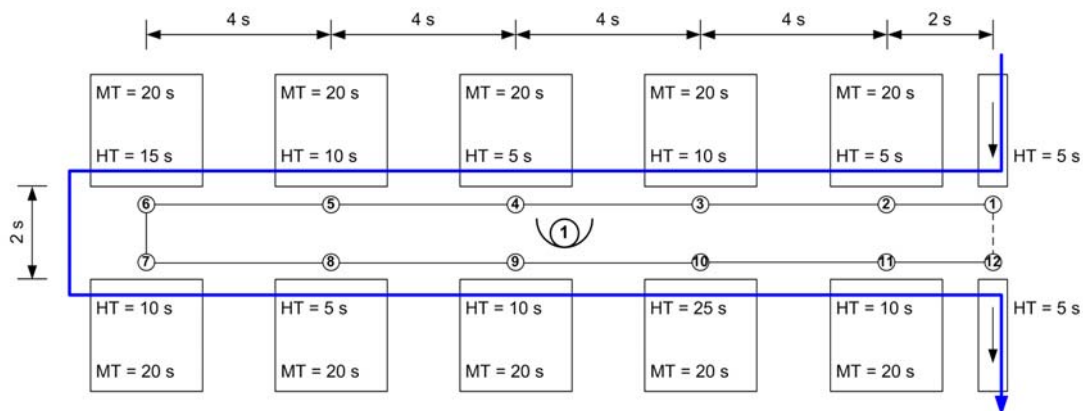
A vevői igényen alapuló műszakos darabszámmra 300-at választottunk. Az ütemidő így már könnyen kiszámolható a következőképpen:

$$\text{ütemidő} = \frac{\text{termeléssel töltött idő}}{\text{műszakos darabszám}} = \frac{27.000}{300} = 90 \text{ s.}$$

Az operátorok szükséges számának meghatározásához tudnunk kell, hogy mennyi az elvégzendő emberi munka mennyisége a gyártósoron, ezt nettó időnek nevezzük. A nettó idő kiszámítása:

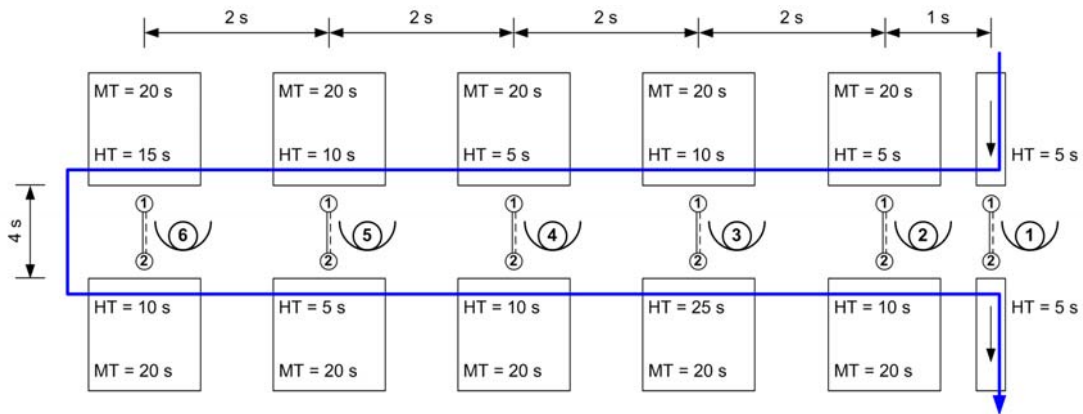
$$\text{nettó idő} = \Sigma HT + \Sigma WT.$$

Mivel a sétaidőt meghatározni pontosan csak a meglévő operátorkiosztás ismeretében tudjuk, ezért közelítenünk kell azt. A leggyakrabban használható közelítés, ha azt feltételezzük, hogy egy operátor dolgozik a gyártósoron, és neki kell az összes utat megtennie. Ebben az esetben összeadjuk az anyagfelvételtől az összes művelet elvégzésén keresztül a következő anyagfelvételig keletkező séták idejét.



Esetünkben ez 40 s lesz. Jelenleg azért használhatjuk ezt a közelítést, mert az egymás mellett lévő gépek távolabb vannak egymástól, mint az egymással szemben lévő gépek. Így, ha az operátorok számát növeljük, akkor azt fogjuk elérni, hogy az egymás mellett lévő gépek közti sétákat egymással szemben vagy átlósan elhelyezkedő gépek közti sétára fogjuk cserélni. Azaz, ha több operátor fog dolgozni a gyártósoron, összességében kevesebbet kell majd sétálniuk. Más a helyzet, ha az egymással szemben lévő gépek vannak távolabb egymástól. Ilyenkor szinte bármilyen operátorkiosztásnál több sétát fogunk kapni, mint az előzőekben ismertetett egyoperátoros elrendezésnél. Ezért ilyenkor a közelítésre azt az operátorkiosztást használjuk, amikor az egymással szemben lévő gépekhez tartozik egy-egy operátor, természetesen az anyagtaroló lokációt is beleértve.

Hogy ennek működését bemutassuk, az ábrán vízszintesen ábrázolt séták idejét megfelezzük, míg a függőlegest megduplázzuk.



Ebben az esetben az egyoperátoros kiosztásra 26 s adódik, míg az utóbb ismertetett megoldással 48 s. Ha biztosak szeretnénk lenni abban, hogy a jó közelítést használjuk, számoljuk ki mindkét esetet, és a nagyobbat vegyük figyelembe. A valós operátorkiosztások sétaidőigénye az itt használt közelítéseknél kevesebb lesz.

Tehát a kis kitérő után nettó időre 155 s adódik.

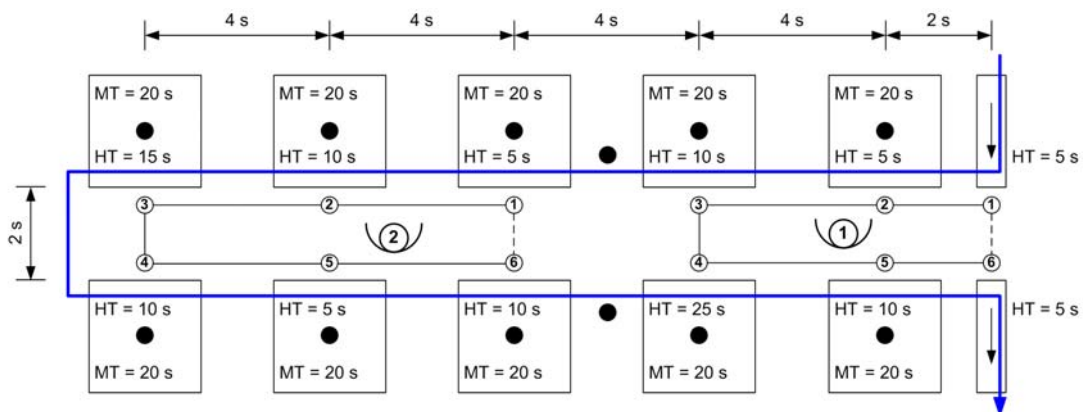
Az operátorok szükséges száma innen már könnyen kiszámítható az

$$\text{operátorok száma} = \frac{\text{összes nettó idő}}{\text{ütemidő}}$$

képletel. Az eredmény esetünkben 1,72 munkaerő lesz, ami kerekítve 2 operátor.

Az operátorok optimális elrendezésének meghatározását nem lehet könnyen algoritmizálni, ez szükségtelen is, hiszen kis gyakorlás után elég könnyen el tudjuk végezni manuálisan is. A leanben nagyon fontosnak tartjuk a változatokban való gondolkodást, ezért általában két-három változatot készítünk, melyek, ha hasonlóan hatékonyak elméletben, akkor a gyakorlatban döntjük el, hogy melyiket alkalmazzuk.

Sorunkon végül a következő operátorkiosztást határoztuk meg:

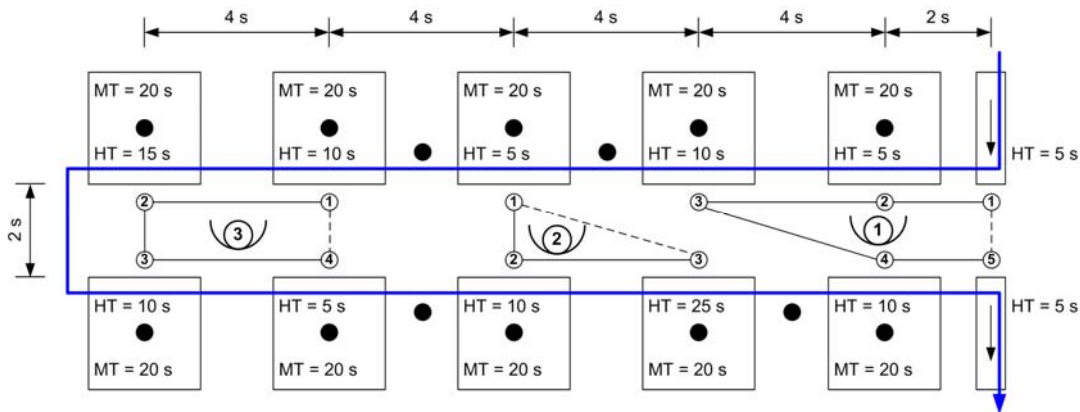


Az ábrán a WIP-ek helyzetét körökkel jelöltük. A WIP, más néven folyamatközi készlet, a készletnek az a minimális mennyisége, amely segítségével a lehető leghatékonyabban tudunk termelni. Ez biztosítja, hogy az egydarabos anyagáramot fent tudjuk tartani.

A két operátor ciklusideje így 76 és 75 s lesz, azaz a munkamennyiséget sikerült jól szétosztanunk.

Nézzünk most meg ugyanezen a gyártósoron egy másik operátorkiosztást. A műszakos darabszámot most 490-ben határozzuk meg. Az ütemidőre így 55 s adódik.

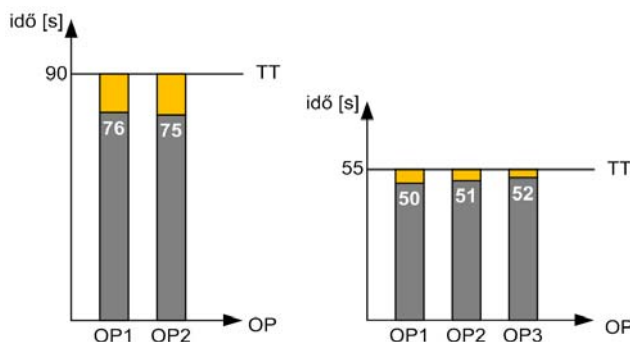
A nettó idő nem változott, így az operátorok szükséges száma 2,82 munkaerő, azaz kerekítve 3 operátor lesz. Az új elrendezés a következő ábrán látható:



Bár az operátorok 5, 3, valamint 4 műveletet hajtanak végre, a ciklusidők mégis elég közel helyezkednek el egymáshoz (50 s, 51 s, valamint 52 s).

Nézzük meg, hogy melyik kiosztás esetében nagyobb a munkaelosztás hatékonysága. Ezt a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$\text{munkaelosztás hatékonysága} = \frac{\text{összes nettó idő}}{\text{ütemidő} \times \text{operátorok száma}}$$

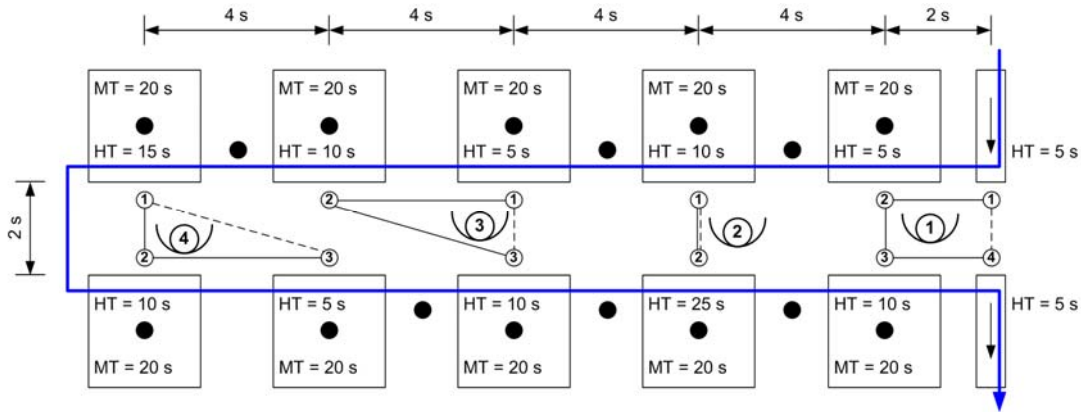


Amint ránézésre is látszik, a kétoperátoros elrendezés esetén több várakozási időt kapunk az ütemidőhöz képest, márpedig ha az operátorok ennyivel hamarabb végeznek egy ciklussal, akkor a műszakos darabszámot is előbb fogják elkészíteni a szükségesnél, azaz a műszak vége előtt meg kell állítanunk a termelést a gyártósoron. Számszerűsítve: az első esetben a munkaelrendezés hatékonysága 83,9%, míg a második esetben 92,7%.

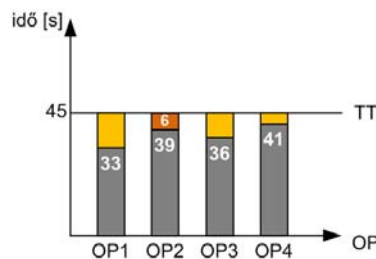
Ha kiszámoljuk az ember-gép arányt, akkor megtudjuk az operátoroknak azt a számát, amely felett a termelési hatékonyságot már nem lehet tovább növelni az operátorok számának növelésével. A képlet:

$$\text{ember-gép arány} = \frac{\text{összes nettó idő}}{\text{szűk keresztmetszet gépi ciklusideje}}$$

Esetünkben az utolsó előtti gép lesz a szűk keresztmetszet, a gépi ciklusidő pedig 45 s, melyet a gépi idő és a géphez tartozó kézi idő összegeként határozzuk meg. Tehát az ember-gép arány 3,44 lesz. Azaz maximális igény esetén három gyártósori operátorral és egy gyártósoron kívüli operátorral kellene megoldanunk a termelést. Esetünkben a következő megoldást használtuk:



Az első operátornak ciklusonként marad 12 s ideje, ami alatt akár végezhet gyártósoron kívüli teendőket is. A gyártósori kiegyenlítetttség így a következő lesz:



Eddig az operátoroknak csak egymás munkájára kellett várniuk, ami a nem 100%-osan kiegyenlített gyártósornak szükségszerű velejárója. Ebben az esetben azonban a második operátornak a HSG-009-es gépre is várnia kell, ugyanis annak gépi ideje 20 s, míg az operátornak a HSG-002 kézi ideje plusz a két séta együttesen is csak 14 s. Így 6 s várakozás keletkezik, és emiatt az operátor ciklusideje pontosan meg fog egyezni a szűk keresztmetszetű gép gépi ciklusidejével.

Ezzel az elrendezéssel el is értük a gyártósor teljesítőképességének határát. A gyártósor kibocsátási ütemét a gyártósor fejlesztése nélkül, eltérő operátorkiosztással tovább már nem növelhetjük.