

Six Sigma az előregyártásban: esettanulmány a betonacél megmunkálásnak fejlesztéséről

Six Sigma in Preconstruction: Case Study on Improving of Reinforcement Steel Processing

PAP RÉKA ZSÓFIA¹, SZÚCS EDIT²

¹Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék, Magyarország.
rekupap@gmail.hu (levelező szerző)

²Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék, Magyarország.
edit@eng.unideb.hu

Absztrakt. A lean folyamatfejlesztések kulcsfontosságúak a termelési hatékonyság javítása érdekében. Kutatásunkban a DMAIC módszertan alkalmazásával vizsgálom az MEP üzem fejlesztését a lean six sigma jegyében. Kiemelve az előregyártott vasbeton gyártás kihívásait, a tanulmányom részletezi, hogyan segít a lean menedzsment a folyamatok hatékony tervezésében és méréseiben. A lean six sigma módszertan bevezetése folyamatok standardizálásával és hatékony fejlesztésével járul hozzá az üzem hatékonyságához.

Absztrakt. Lean process improvements are crucial for enhancing production efficiency. In my research, I examine the application of the DMAIC methodology to develop the MEP facility within the framework of lean Six Sigma. Highlighting the challenges of precast concrete production, my study details how lean management aids in efficient process design and measurement. Introducing lean Six Sigma methodology involves standardizing processes and ensuring their effective development, contributing to the facility's efficiency.

Kulcsszavak: Lean menedzsment, Six sigma, előgyártás, előregyártott betonacél szerkezetek, hatékonyságnövelés

Keywords: Lean Management, Six Sigma, Precast Fabrication, Precast Concrete Structures Efficiency Improvement, Efficiency Improvement

Bevezetés

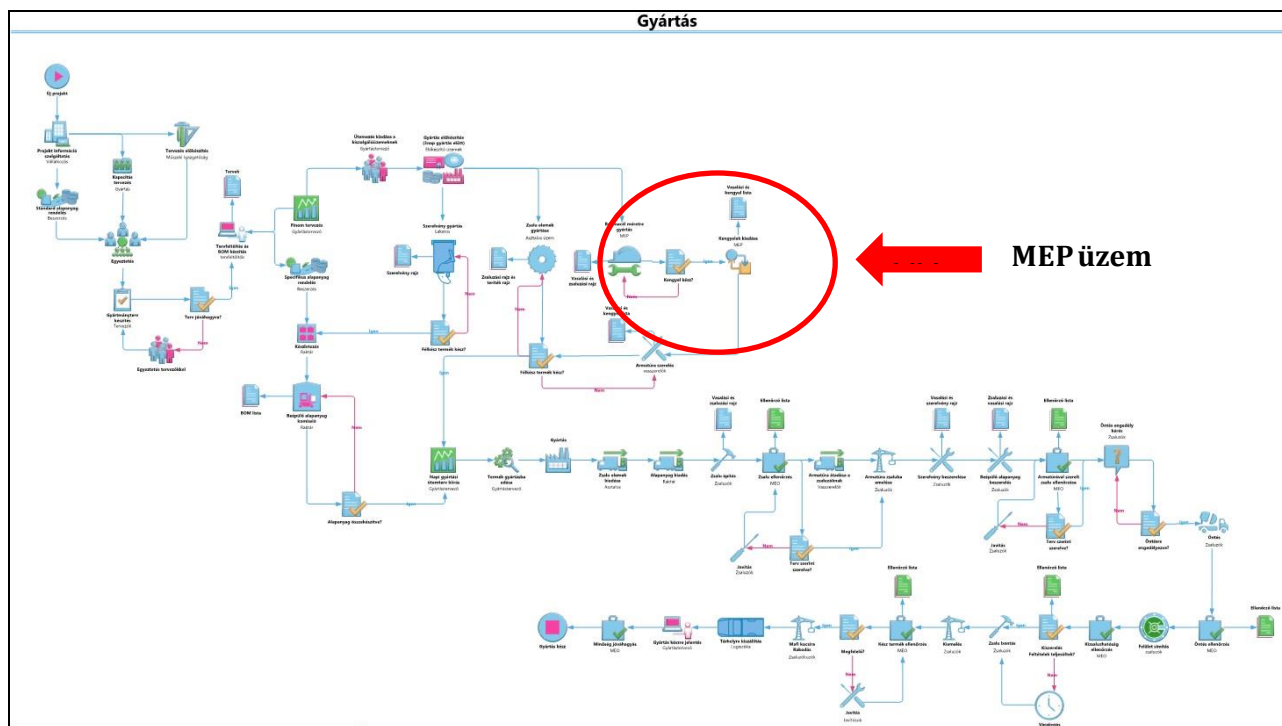
Az előregyártásnak kiemelt jelentősége van az építőiparban, különösen a jelenlegi munkaerőhiányos környezetben hiszen lényegesen csökkentheti a projektek átfutási idejét, a helyszíni élőmunkaerő igényt és ennek költségét [3]. A hatékonyság és a költségek optimalizálása mellett minőségi, valamint építészeti szempontból is fontos az előregyártott elemek alkalmazása. Az ilyen típusú építőelemek alkalmazása Magyarországon a 20. század közepén vált elterjedtté. A módszer hatékonysága és gazdaságossága miatt az előregyártás fokozatosan beágyazódott a magyar építőipar gyakorlatába [4]. Ma Magyarországon több előregyártó üzem is működik, amelyek különböző típusú építőelemeket gyártanak. Olyan vállalkozások, mint a PREbeton, Ferrobeton vagy a Strabag részt vesznek az

előregyártott elemek gyártásában, hozzájárulva az előregyártás népszerűsítéséhez és fejlesztéséhez a hazai piacon.

A Market Cégcsoport tagvállalata, a PREbeton Zrt. 2020 óta, zöldmezős beruházás eredményeként, foglalkozik előregyártott vasbeton szerkezetek gyártásával, szerelésével és ehhez betonacél megmunkálással. A cégcsoportra jellemző az innovációkra, folyamatos fejlesztésre való nyitottság és ennek elemeként a PREbeton esetében is cél a folyamatos fejlesztés. A PREbetonnál végzett fejlesztés során az előregyártott betonacélszerkezetek gyártást lean módszertanra építve kezdtük el. A lean szemlélet terjesztése mellett több módszertanra támaszkodtunk, kiemelten a Six Sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), valamint az MTM (Methods-Time Measurement – Módszeridőmérés) módszertanokra. [6].

A fejlesztés célja az volt, hogy megszüntessük azokat a problémákat, amelyek miatt nem készült el megfelelő mennyiségű vasanyag határidőre, és így nem tudtuk kiszolgálni az armatúra szerelését.

1. Az előregyártott betonacél elemek előállítási folyamata



1. ábra: Az előre gyártás folyamatábrája (Forrás: Saját vizsgálatok, 2024)

A betonelem gyártás teljes értéklánca a következő főbb alfolyamatokból áll (1. ábra):

- Vállalkozás
- Gyártás
 - o Gyártmánytervezés
 - o Betonacél megmunkálás
 - o Armatúra szerelés
 - o Zsaluzás-öntés

- Beszerelés
 - o logisztika
 - o helyszíni beszerelés

Az első al folyamat a vállalkozás, amelynek részeként történik meg a gyártási és a szerelési információk összegyűjtése, mely a vállalkozási szervezet feladata. Ezt követi a projekt indító megbeszélés, melyen a tervezők, gyártásvezetők, beszerzési koordinátorok és építésvezetők vesznek részt, céljuk a feladatok pontos elosztása és a szükséges kapacitások meghatározása. Ennek a szakasznak a kulcs eleme a projekt megvalósításhoz szükséges információk rendelkezésre állása és közös értelmezése az összes résztvevővel együtt.

A második al folyamat a gyártás, amelynek az alapja a jóváhagyott gyártmánytervek elkészítése. A gyártás lépései magukba foglalják a zsalu építését, az armatúrával szerelt zsalluk előállítását, valamint a pázsma feszítését (csak feszített termékek esetében), az öntést, a simítást, a kiszírelést és a logisztikára való kiszállítást. Ezek a lépések összességében egy átfogó és jól szervezett folyamatot alkotnak, melynek eredményeképpen a termékek hatékonyan és magas minőségben készülnek el.

A gyártástervezés során finom tervezés történik, figyelembe véve az alapanyagok elérhetőségét és a beszerzési információkat. Emellett kiszolgáló üzemek folyamatai kerülnek előkészítésre és ütemezésre, mint például a lakatos üzem, asztalos üzem, MEP üzem és a raktár, hogy biztosítsák az alapanyagok időbeni rendelkezésre állását és összekészítését a gyártás számára.

Ezzel prázuzamosan elindul a kapacitás tervezése és a standard alapanyagok rendelésének előkészítése. Emellett a tervezés ütemezése is nagy hangsúlyt kap annak érdekében, hogy az időzítés pontos legyen és az összes résztvevő hatékonyan tudjon dolgozni.

Az utolsó al folyamat a beszerelés, amely magába foglalja a gyártási egységben és tárolási helyen történő mozgatását, valamint a kivitelezési helyszínre történő kiszállítást is.

A kutatásunk és felméréseink során csak a MEP üzem működésére és folyamataira fókuszáltunk. A MEP terület sajátosságai a következők:

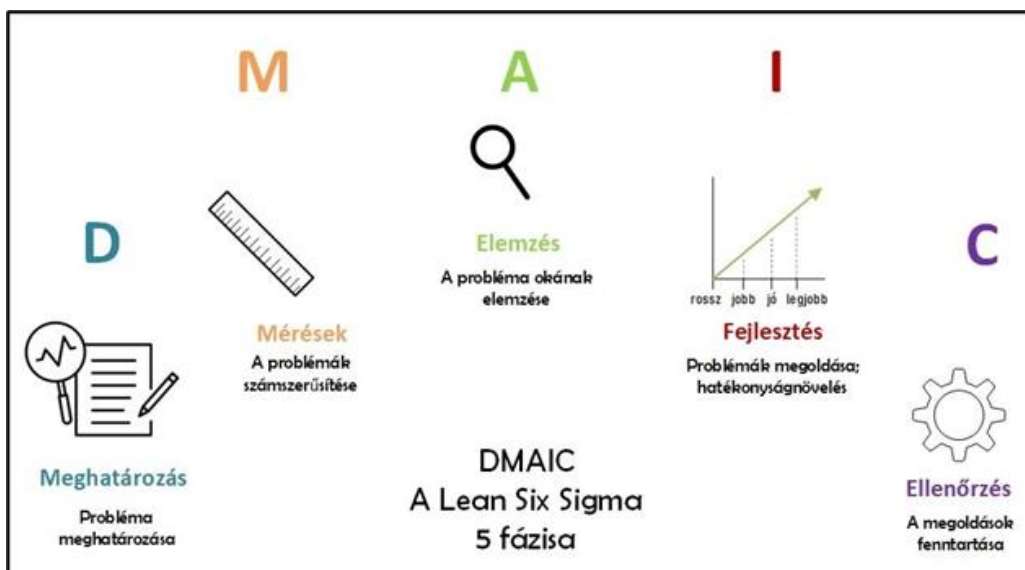
- Az MEP üzem feladata az armatúra előállításához szükséges elemek vágása és hajlítása.
- Az üzem két műszakban, a gyártási igényektől függően 10-45 fővel működik
- Az üzemirányítás 1 csarnokvezetőből és három vezetőből áll, akiknek a munkáját két üzemi adminisztrátor támogatja
- A kézi hajlítás és feldolgozás mellett 4 megmunkáló gép támogatja a munkavégzést.

1.1. A kutatás módszertana

Az előgyártási folyamat tekintetében a DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) módszertant alkalmaztuk az MEP üzem fejlesztéséhez. Mint a hatékony folyamatfejlesztés egyik alapvető eszköze, a DMAIC módszertan lépésről lépésre vezet minket az optimalizált és hatékonyabb gyártási folyamatok kialakításához.

A DMAIC módszer egy öt lépésből álló folyamatot követ: Meghatározás, Mérés, Elemzés, Javítás és Ellenőrzés, melyek szükségesek a megbízható eredmények eléréséhez. Brundage, Kulvatunyou, Ademujimi és Rakshith (2017) szerint a Six Sigma DMAIC megközelítése olyan szűrőként működik, amely átvezet egy bonyolult problémából, sok ellenőrizetlen változóval rendelkező helyzetből egy olyan állapotba, ahol a minőség ellenőrzött [5]. A DMAIC integráns része a Six Sigma-nak. Ez rendszeres és tényekre alapozott szigorú keretet nyújt az eredményorientált projektmenedzsmentnek. A módszer látszólag lineáris és egyértelműen meghatározott lehet, de meg kell jegyezni, hogy a DMAIC legjobb eredményei akkor érhetők el, ha a folyamat rugalmas, és így kiküszöböli a termelékenynek nem minősülő lépéseket [2].

Fő célunk az volt, hogy azonosítsuk a leggyakoribb hibákat, azok gyökérokait feltárjuk, javaslatokat tegyünk a hibák arányának csökkentésére, valamint javítsuk a sigma szintet. Az első lépésben definiáltuk azokat a területeket és célokat, amelyeket fejleszteni kívántunk a MEP üzemben.



2. ábra: A DMAIC módszertan (Forrás: Saját szerkesztés, 2024)

Ezt a célt a DMAIC módszertannal értük el. A módszer lépései [7];

1. **Meghatározás:** probléma választás és előnyök elemzése. Az érintett folyamatok azonosítása és leképezése, az érintettek azonosítása, az ügyfél igényeinek prioritizálása és az üzleti ügy indoklása a projekt számára.
2. **Mérés:** a probléma mérhető formába történő alakítása és a jelenlegi helyzet mérése.
3. **Elemzés:** hatásfaktorok és okok azonosítása, potenciális hatásfaktorok azonosítása és a legfontosabb hatásfaktorok kiválasztása.
4. **Javítás:** folyamatok módosításának tervezése és végrehajtása a teljesítmény javítása érdekében, valamint a javítási intézkedések tesztelése.
5. **Ellenőrzés:** a projekt eredményeinek empirikus igazolása és a folyamatirányítás és -ellenőrzés rendszerének beállítása annak érdekében, hogy a javítások fenntarthatóak legyenek, valamint az új folyamatképesség és ellenőrzési terv végrehajtása.

2. PREbetonnál megvalósított DMAIC folyamat

A DMAIC módszertan alkalmazása lehetővé tette számunkra, hogy strukturált és hatékony módon fejlesszük a MEP üzem előgyártási folyamatait, maximalizálva ezzel a hatékonyságot és a minőséget.

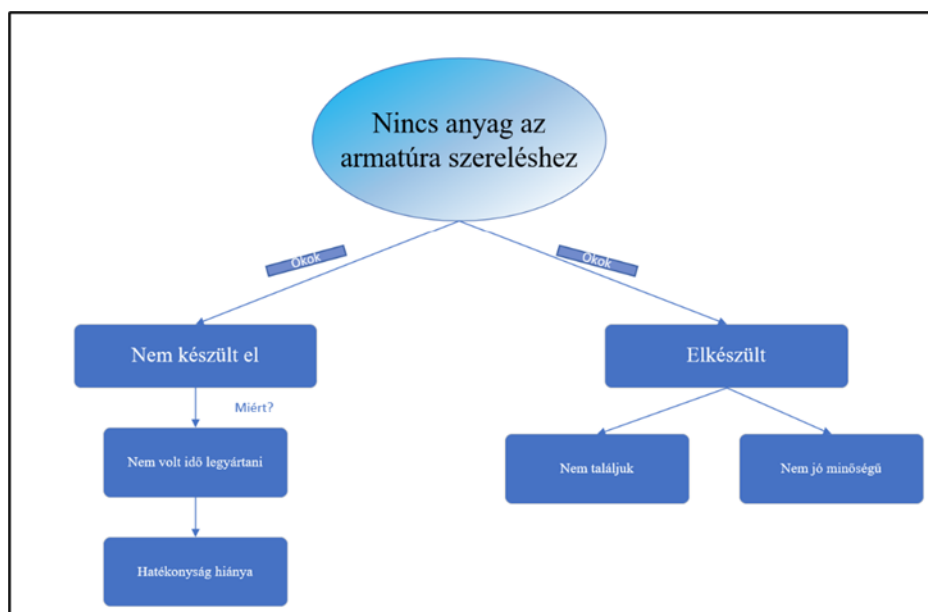
A következőkben részletezzük a módszertan megvalósulását a betonacél megmunkálási-terület fejlesztése során.

2.1. Meghatározás Fázis

A meghatározás fázis célja a hibák tisztázása és a problémák meghatározása. Ebben a szakaszban a projekt célját meg kell határozni, illetve az ennek eléréséhez szükséges és felmerülő folyamatokat is. Ez annak érdekében történik, hogy még mielőtt a munkák elkezdődnének, ismernünk kell minden releváns elemet a folyamat hatékony fejlesztéséhez [1].

A MEP működéssel kapcsolatos belső vevői visszajelzések azt mutatatták, hogy az armatúra szerelés sok esetben nem tud időben elkezdődni, vagy megszakad a hajlított betonacél elemek hiánya miatt. Ennek felülvizsgálata érdekében összeállt egy projekt stáb folyamat mérnökökkel, területi vezetőkkel és minőséget szabályozó kollegákkal, akik egy workshop keretein belül megvizsgálták a MEP üzem alap működését és folyamatait, valamint a vevői visszajelzéseket. A megbeszélést követően arra a következtetésre jutottak, hogy szükséges összeszedni és részletezni azokat az okokat és tüneteket, amelyek kiváltják a felmerülő visszacsatolásokat.

A meghatározási fázis első lépéseként készítettünk egy részletes elemzést a lehetséges kiváltó okok azonosításához. A következő ábra ezeket az okokat mutatja be:



3. ábra: Vevői visszajelzés alapján összegyűjtött tünetek és azokat kiváltó okok (Forrás: Saját szerkesztés, 2024)

A tünetek hátterének feltérképezése során vizsgáltuk és elemeztük a potenciális magyarázatokat és lehetséges okokat. Ebben az esetben a gyökérokot a gyártási idő hiánya, valamint a hatékonyságbeli probléma jelentette. Alapjaiban több tünetet határozhatunk meg, ebben a vizsgálatban kifejezetten az

armatúra hiányos kiszolgálására összpontosítottunk. A 3. ábra továbbiakban azt is szemlélteti, hogy akkor, ha elkészült a termék milyen további gond merülhet fel.

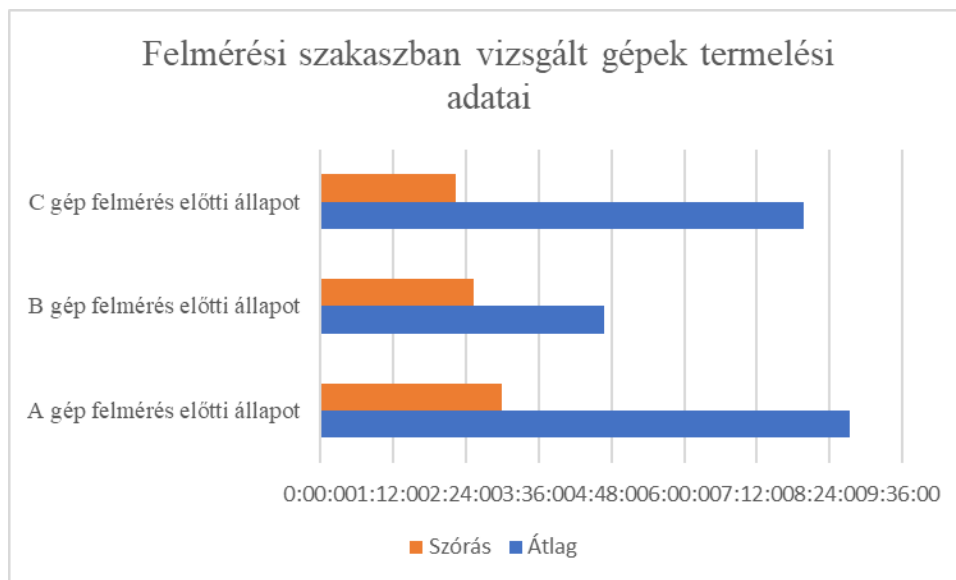
A workshopon részt vettek a betonacél megmunkálásért felelős, közvetlen és közvetett módon résztvevő vezetők, termelési irányítók, mérnökök. Közös arra a következtetésre jutottunk, hogy a mérési fázisban leginkább a gépek teljesítményére, illetve az üzem szervezésével foglalkoztunk.

2.2. Mérés Fázis

A mérési fázis három szakaszból tevődik össze;

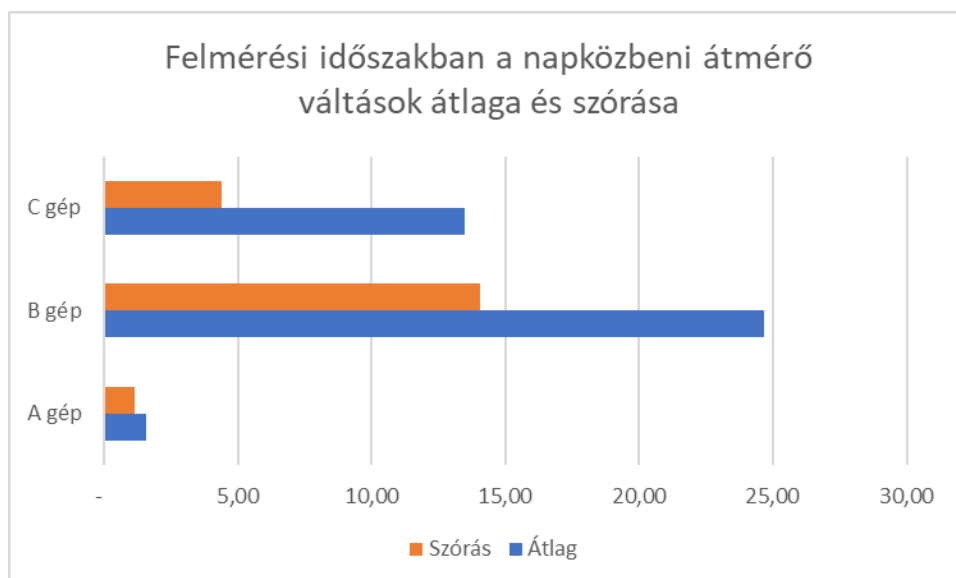
- az egyik a gépidő adatok kielemezése, amely a teljesítmény, a variancia és a produktivitás elemzéséhez szükséges,
- a másik a helyszíni megfigyelés, amely a működés megértéséhez nyújt segítséget,
- a munkatársakkal folytatott gomba sétá, amely során a tapasztalatokat tudtuk összegyűjteni a napi gyakorlatokból.

Az alacsony hatékonyságból kiindulva elkezdjük az üzemben található gépadatokat elemezni. A területen összesen 4 gép található, viszont mi első körben 3 gépet vizsgáltunk. A műszakok összesített időtartama 16 óra, délelőtt és délután 8-8 óra. A felmérés során arra a következtetésre jutottunk, hogy az órai termelési adatok alacsonyak és nem stabilak. A gépadatokból kiolvashatóvá vált, hogy a szórás igen magas, mind a 3 gép esetében előfordult, hogy a napi termelékenységi szélsőértékei 5 és 12 óra között változtak a 2 hónapos felmérési ciklusban.



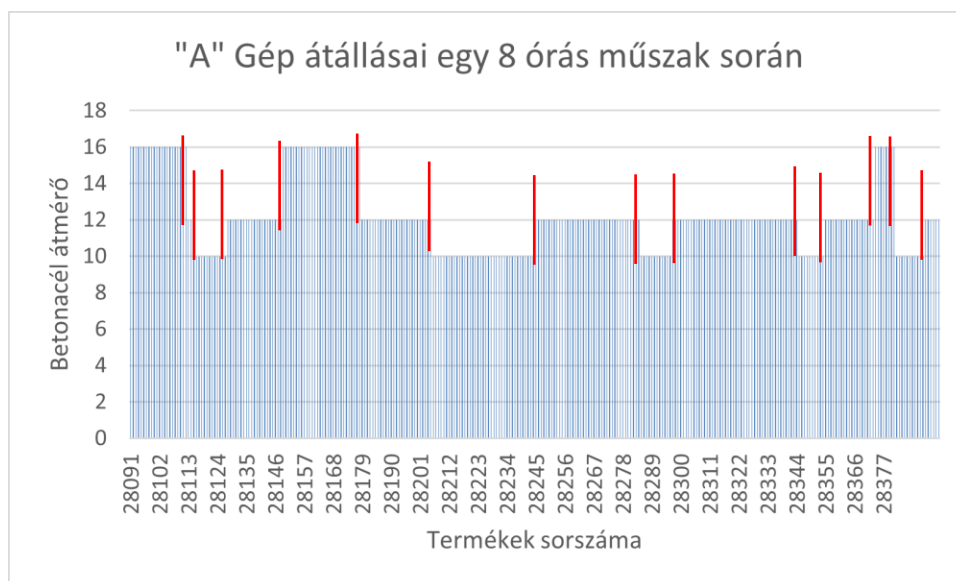
4. ábra: A 2 hónapos felmérési ciklusban vizsgált gépadatok termelési adatai (Forrás: Saját szerkesztés, 2024)

A termelékenységi vizsgálatát követően, tanulmányoztuk az átváltások arányát a teljes 2 hónapos ciklusban. Az 5. ábra alapján megállapítható, hogy a napközbeni átmérő váltások szórása magas. A "B gép" esetén kifejezetten jellemző, hiszen váltások minimum értéke 4, maximum értéke 53 darabszámú volt a fejlesztés előtti időszakban.



5. ábra: A 2 hónapos felmérési ciklusban vizsgált gépadatok átmérő váltásának adatai (Forrás: Saját szerkesztés, 2024)

Az 6. ábra szemlélteti az "A gép" esetében az átállások számát egy műszak során. A piros vonalak jelentik az átállásokat, amelynek darabszáma 14. Az gépadatok valamint a helyszíni megfigyelések során megállapítottuk, hogy az ilyen gyakoriságú átállás a napi termelésben a szervezettség és előkészület hiányából fakad, hatékonyságbeli problémához vezet napi termelésben.



6. ábra: Az "A gép" gépidő adatok az egyik munkagépen a MEP üzemben (Forrás: Saját vizsgálatok, 2024)

A személyes megfigyelések során az volt a konklúzió, hogy az alap- és segédanyag kiszolgálás szintén problémás. Erre egy szembetűnő példa az volt, hogy egy műszak alatt legalább kétszer keresték a raklapot, továbbiakban maga a raklap elhelyezése is problémás volt, hiszen a géphez nem fértek oda nagy számban a tároló egységek, így a tárolóhelyek felülvizsgálata is szükséges volt.

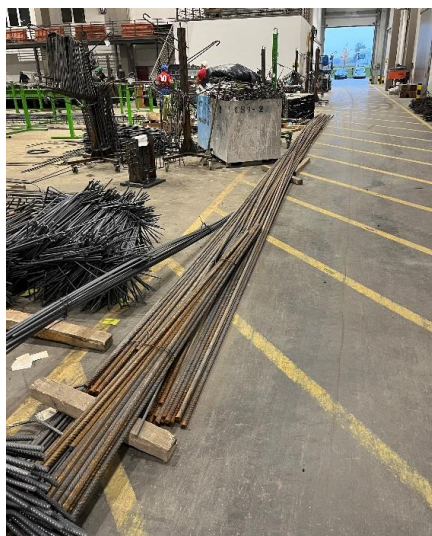


7. ábra: A fejlesztési szakasz előtti Gemba sétá során megfigyelt tárolási hibák (Forrás: Saját szerkesztés, 2024)

2.3. Elemzés Fázis

A grafikon elemzésekből kiderült, hogy a folyamat instabil, túl sok a váltások darabszáma amelyből kifolyólag a produktivitás hektikussá vált. Az elemzési fázisban arra törekedtünk, hogy az adat alapú vizsgálódásainkat tovább bővítsük személyes tapasztalatokkal. Ennek következtében a gemba séták mennyiségét megnöveltük és személyes megfigyelésekkel bővítettük a rendelkezésre álló információkat.

Az gépadat feldolgozása során szembe tűnő volt, hogy kiegyenlítetlen munkavégzés az üzem területén, Mivel az esti műszakban volt a leglátványosabb, gemba sétát szerveztünk a kései órákra. Az esti műszak során megfigyelhető volt, hogy a munkások nem dolgoztak. Ebből arra következtettünk, hogy a munkaszervezés hiányos, nem elég hatékony a gépkihasználat kifejezetten a délutáni műszakban. Hozzá kell tennünk, hogy a délutáni műszak során megfigyelhetővé vált, hogy vezető hiányában a dolgozók nem használják ki az idejüket, kontroll nélküli, hiányos munkavégzést folytatnak.

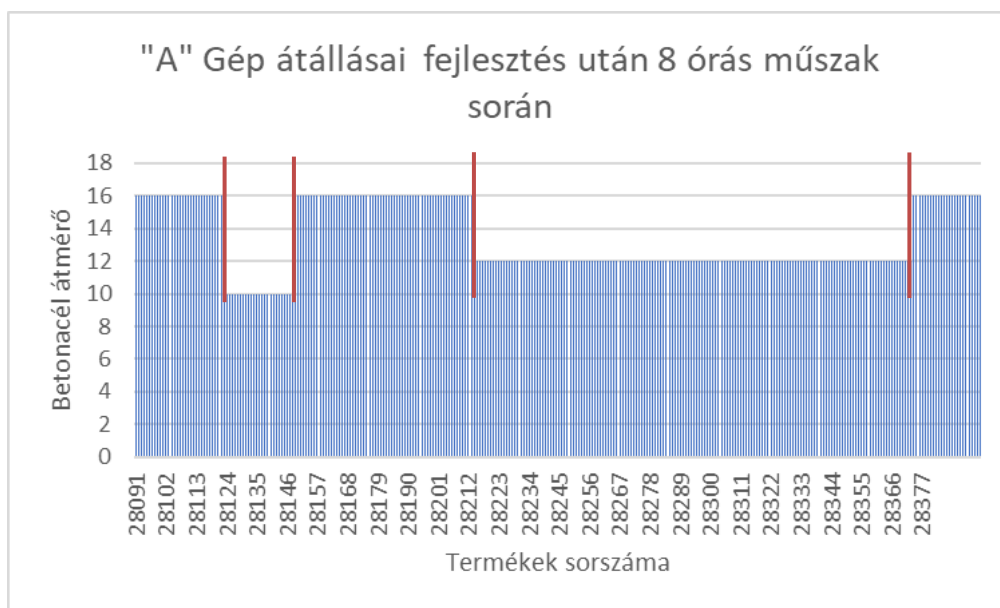


8. ábra: A betonacél tárolásának hiányossága (Forrás: Saját szerkesztés, 2024)

A saját tapasztalatok, továbbiakban lehetőséget biztosítottak a gép adatok megértésében. A felméréseink alapján a legtöbbször előforduló hiba az előállított termék esetén, hogy a tárolási hely nem volt megfelelően kitalálva és nyomon követve (8. ábra), ezért nem találták a terméket, illetve hasonló mértékben voltak minőségi problémák is. Valamint anyagáramlási problémák is szembe tűnőek voltak a bejárások folyamán.

2.4. Javítási Fázis

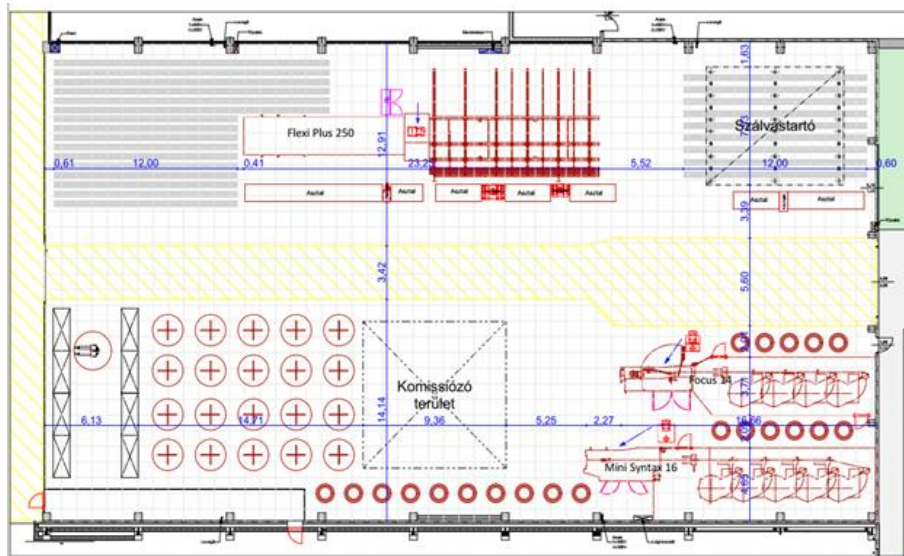
A javítási fázis azokat a folyamatokat foglalja magában, amelyeket megtettünk annak érdekében, hogy a problémák és veszteségek csökkenjenek. Az egyik látványos eredményünket a 9. ábra mutatja be. A 6. ábrán található gép adatai egy és ugyanaz az 8. ábrán látható diagrammal, 3 hónapos különbséggel. Ahogy a korábbi bekezdésben utaltam rá, alapvetően a termelékenység instabilitását az átváltások magas darabszáma okozta. A leghatásosabb változást a tárolási helyek kijelölése és struktúrálása, a közlekedési utak felszabadítása, a munkatervezés fejlesztése és a műszakok átszervezése eredményezte. A bevezetett akcióknak köszönhetően munkaszervezés hatékonyságnövelése jól kivehető a diagrammon.



9. ábra: Az "A gép" napi termelési volumene (Forrás: Saját vizsgálatok, 2024)

Annak érdekében, hogy megszűnjön a termékek állandó keresése, illetve átláthatóbb és tisztább üzemi egységet kapjunk átrendeztük a MEP egységet. A következőkben az elemek elhelyezését határoztuk meg, különválasztva és kezelésre elkülönítve a keletkező hulladékokat. Létrehoztunk egy egységes hulladékkezelési rendszert, amelyben a különböző gyártási veszteséget kollektíven gyűjtjük. A gyártásszervezés során optimalizáltuk a teljes layout elrendezését, és átszerveztük az anyagfolyamatokat, amelyet a 10. ábra szemléltet. A felső ágon a szálasanyagok mozognak, az alsó ágon a tekercsek, így a daruzásban is tudtunk optimalizálni. Létrehoztunk anyagtárolási egységeket, amelyek esetében csak azokat az anyagokat tároljuk itt, amelyeket 1-2 nap alatt elhasználnak. Ezáltal a tér nem lesz túlterhelt. A legnagyobb változást a kommissziózó terület létrehozása jelentette, aminek az

a szerepe, hogy ne a gépeknél dolgozó kollegák foglalkozzanak anyag előkészítéssel, szétosztással vagy mozgatással, hanem a raktár és a raktáros kollegák készülnek elő, valamint nyilvántartást is vezetnek a forgó termékekről.

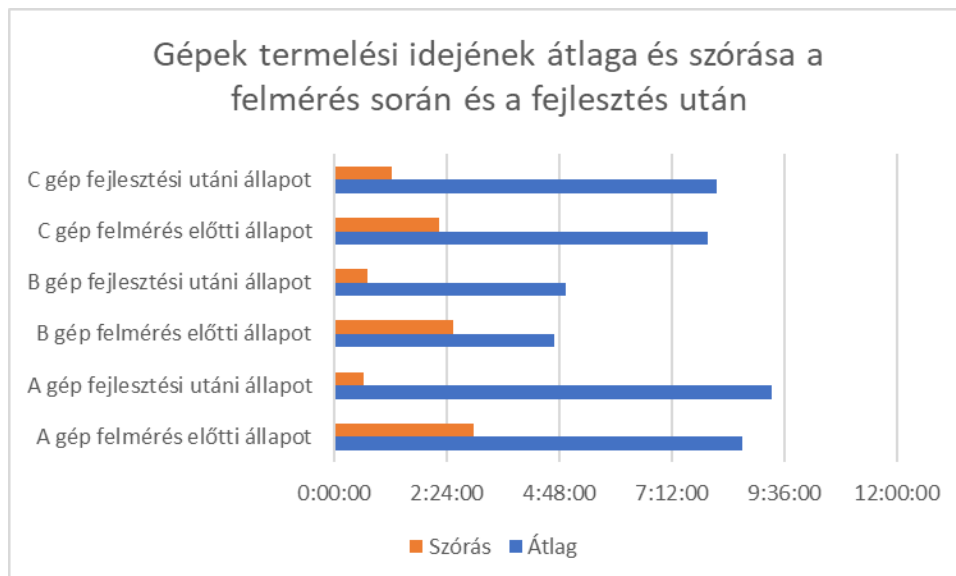


10. ábra: Layout fejlesztés a MEP üzemben (Forrás: Saját vizsgálatok, 2024)

Továbbá a gépeken szoftverfrissítést végeztünk, valamint egy új logisztikai részt hoztunk létre az anyagáramlás és raktározás megteremtése érdekében.

2.5. Ellenőrzés Fázis

Az ellenőrzési szakaszban a bevezetett fejlesztési lépéseket követően a jelenlegi, valamint a felmérés során készített gépadatokat összehasonlítottuk. A 10. ábra alapján megállapítható, hogy az akciók bevezetését követően a növekedett a stabilitás, hiszen az szórás csökkent, valamint az átlagos termelési/üzemelési idő is nőtt minden gépen 3-6%-kal.



10. ábra: A 3 gép termelési idejének felmérés előtti és akciók bevezetése utáni termelési volumene (Forrás: Saját szerkesztés, 2024)

A bevezetett akció lépések még nem érték el a teljes hatékonyságnövelést, ezért a továbbiakban is figyeljük a gép adatokat, személyesen részt veszünk a hajlítási folyamatokban. Hiszen a Lean menedzsment egyik fő alapelve a folyamatos fejlesztés. Workshopokat szervezünk annak érdekében, hogy az érintett kollegákat beavassuk a fejlesztés következő lépéseibe is folyamatos információ áramlás, kapcsolattartás jöjjön létre a MEP üzem vezetője és csapata, valamint a fejlesztési stáb között.

3. Összefoglalás

A kutatási munka során a Prebeton betonacél megmunkálás fejlesztését tűztük ki célul. A működés hatékonyságának növelése érdekében az adat- és veszteségfelmérésen alapuló fejlesztési módszert, a DMAIC -ot alkalmaztuk. A DMAIC módszertan (a Six Sigma integráns része) rendszeres és tényeken alapuló, és szigorú keretet nyújt az eredményorientált projektmenedzsmentnek. A módszertan segítségével felülvizsgáltuk az egység problémáit, adatalapú és személyes tapasztalatok rendszerezésével fejlesztési útvonalat, akciótervet hoztunk létre. Ennek részeként a gyártásszervezést optimalizáltuk, hogy csökkentsék a folyamat közti váltások miatti veszteségidőt és növeljék a gépkihasználat idejét. Emellett a munkavégzés fegyelmezettebbé tételére és a megszakítások számának csökkentésére is nagy hangsúlyt fektettünk.

A minőség javítása érdekében bevezettük a következetes első darab ellenőrzését, valamint fejlesztettük az azonosíthatóságot és a nyomkövetést. A layout területén is változtatások történtek a gyártási szűk keresztmetszetek megszüntetése érdekében. Ennek részeként tudatosabbá tettük a húzó elv alkalmazását, optimalizáltuk a daruzást, és fejlesztettük a nyomkövethetőséget. Ezek az intézkedések összességében hozzájárultak a Prebeton betonacél megmunkálásának hatékonyságának és minőségének javításához. Továbbiakban a szemlélet központosítása és a folyamatos fejlesztés az irányelv.

A bevezetett lépések következtében nőtt a termelékenység 3-6%-kal. A szórás értékét a 3 gép esetében a felére csökkentettük, ezáltal sikerült stabilizálni az előállítási folyamatot. A mérhető eredmények és javulások kiértékelését követően további lépéseket határoztuk meg annak érdekében, hogy a fejlesztés volumene továbbiakban is növekedjen.

Hivatkozások

- [1] A. Hakimi, S. M. Zahraee, és J. Mohd Rohani, "Application of Six Sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 9, no. 4, pp. 562-578, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2016-0069>
- [2] D. Zaman és N. Zerin, "Applying DMAIC Methodology to Reduce Defects of Sewing Section in RMG: A Case Study," *American Journal of Industrial and Business Management*, vol. 7, pp. 1320-1329, 2017. [Online]. Elérhető: <https://doi.org/10.4236/ajibm.2017.712093>
- [3] Ineton, "Az előregyártott elemeken alapuló és a moduláris építészet legfontosabb előnyei," ineton.com, 2024.02.10.[Online]. Elérhető: <https://ineton.com/rolunk/blog/betonelemgyartas/az-eloregyartott-elemek-alapulo-es-a-modularis-epiteszet-legfontosabb-elonyei/>

- [4] L. Polgár, "Új pályára kell állítani a magyar építőipart: The Hungarian construction industry needs to be put on a new level," presented at the *XXIV. Nemzetközi Építéstudományi Online Konferencia – ÉPKO*, June 10, 2020.
- [5] M. P. Brundage, B. Kulvatunyou, T. Ademujimi, és B. Rakshith, "Smart Manufacturing through a Framework for a Knowledge-Based Diagnosis System," in *ASME 2017 12th International Manufacturing Science and Engineering Conference Collocated with the JSME/ASME, 6th International Conference on Materials and Processing*, American Society of Mechanical Engineers, pp. V003T04A012-V003T04A012, 2017.
- [6] P. Mezei, Gy. Kovács,, " Szerelési folyamatok hatékonyságának javítása MTM módszerrel," Évf. 10 szám 2 (2020): *Multidiszciplináris Tudományok - Fiatal Kutatók különszám 2020*. [Online]. Elérhető: <https://doi.org/10.35925/j.multi.2020.2.8>
- [7] T. Raisinghani, H. Ette, R. Pierce, G. Cannon, és P. Dariply, "Six Sigma: Concepts, tools, and applications," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 105, no. 4, pp. 491-505, 2005.



© 2024 by the authors. Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).