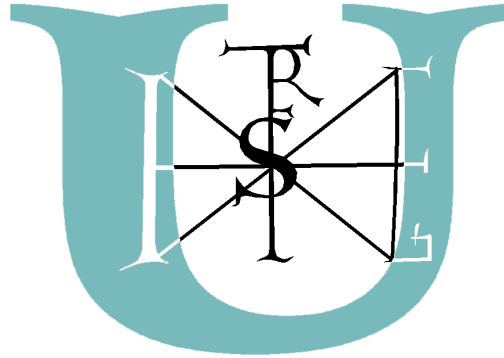


SZENT ISTVÁN EGYETEM  
GÖDÖLLŐ  
GAZDÁLKODÁSI ÉS SZERVEZÉSTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA



DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

**A LEAN-MODELL ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK ÖKONÓMIAI VIZSGÁLATA ÉS  
SZERVEZÉSTUDOMÁNYI SZEMPONTJAI BIOGÁZ-ÜZEMEKBE**

Készítette:  
**Kisari Krisztián**

Témavezető:  
Prof. Dr. Takács István

Gödöllő  
2017

**A doktori iskola**

**megnevezése:** Gazdálkodás és Szervezéstudományi Doktori Iskola

**tudományága:** gazdálkodás- és szervezéstudományok

**vezetője:** Prof. Dr. Lehota József  
egyetemi tanár, MTA doktora  
Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar,  
Üzleti Tudományok Intézete

**témavezető:** Prof. Dr. Takács István egyetemi tanár, PhD  
Óbudai Egyetem Keleti Károly Gazdasági Kar,  
Gazdaság- és Társadalomtudományi Intézete

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezető jóváhagyása

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>TARTALOMJEGYZÉK.....</b>	<b>3</b>
<b>1. BEVEZETÉS.....</b>	<b>5</b>
<b>2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Energetikai helyzetkép .....</b>	<b>7</b>
2.1.1. Az európai energiapiac .....	8
2.1.2. Az Európai Unió energetikai célkitűzései.....	10
2.1.3. Hazai helyzet.....	14
<b>2.2. Biogáz.....</b>	<b>20</b>
2.2.1. Biomassza felhasználás.....	22
2.2.2. Villamos energia átvételi rendszerek .....	24
2.2.3. Biogáz előállítás.....	27
2.2.4. Biogázhozamot befolyásoló tényezők .....	32
2.2.5. Alapanyag aprítás, előkészítés .....	34
2.2.6. Erőmű típusok.....	40
2.2.7. Lehetőségek Magyarországon .....	42
<b>2.3. Karbantartás .....</b>	<b>46</b>
2.3.1. Karbantartás szervezés kategóriái.....	51
2.3.2. A karbantartási stratégiák fejlődése .....	53
2.3.3. Karbantartás menedzsment .....	57
<b>2.4. Lean szemlélet .....</b>	<b>58</b>
2.4.1. Lean menedzsment fejlődésének fő szakaszai .....	62
2.4.2. Lean eszközök.....	65
2.4.3. PDCA .....	66
2.4.4. SW - Standard Work – Standard munka.....	66
2.4.5. SMED .....	69
2.4.6. Jidoka .....	70
2.4.7. JIT .....	70
2.4.8. Kaizen .....	71
2.4.9. TPM .....	71
2.4.10. TQC.....	76
2.4.11. Lean bevezetés nehézségei .....	79
<b>3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....</b>	<b>81</b>
<b>3.1. Hipotézisek.....</b>	<b>81</b>
<b>3.2. A vizsgálat körülményei .....</b>	<b>82</b>
3.2.1. Az üzem legfontosabb paramétereinek leírása .....	82
<b>3.3. Vizsgálat módszerei .....</b>	<b>85</b>
<b>4. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI, EREDMÉNYEI .....</b>	<b>87</b>
<b>4.1. Megújuló energiaforrások helyzetének vizsgálata.....</b>	<b>87</b>
4.1.1. Nemzetközi kitekintés a megújuló energiaforrások tekintetében .....	87
4.1.2. Magyarországi áttekintés .....	88
<b>4.2. Lean menedzsment a biogáz üzemben .....</b>	<b>90</b>
4.2.1. Lean biogáz modell bemutatása.....	91
4.2.2. Veszteségek feltárása, 7 fő veszteség .....	93
4.2.3. Vizuál menedzsment – VM .....	97

4.2.4.	Karbantartási és üzemeltetési folyamatok vizsgálata .....	100
4.2.5.	Problémamegoldás lépései TPM módszerrel az 5M x PQCDSM kategóriák figyelembevételével .....	104
4.2.6.	Meghibásodások számának alakulása .....	121
4.2.7.	Meghibásodások időtartamának alakulása .....	124
4.2.8.	A hibákra eső elhárítási idők vizsgálata .....	127
4.2.9.	Üzemi hatékonyság és termelékenység alakulásának vizsgálata a lean bevezetés előtt és után .....	133
4.2.10.	Karbantartási költségek alakulása .....	135
4.2.11.	Lean alapú karbantartás .....	136
<b>4.3.</b>	<b>Új és újszerű tudományos eredmények.....</b>	<b>140</b>
<b>5.</b>	<b>KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....</b>	<b>141</b>
<b>6.</b>	<b>ÖSSZEFOGLALÁS.....</b>	<b>145</b>
<b>7.</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>149</b>
<b>8.</b>	<b>MELLÉKLETEK .....</b>	<b>153</b>
<b>M1.</b>	<b>Irodalomjegyzék.....</b>	<b>153</b>
<b>M2.</b>	<b>Ábrák jegyzéke .....</b>	<b>169</b>
<b>M3.</b>	<b>Táblázatok jegyzéke.....</b>	<b>171</b>
<b>M4.</b>	<b>Megújuló energiaforrások táblázat .....</b>	<b>173</b>
<b>M5.</b>	<b>Biogáz üzemek Magyarországon .....</b>	<b>174</b>
<b>M6.</b>	<b>A karbantartás teljesítményének mérése.....</b>	<b>177</b>
<b>M7.</b>	<b>Mélyinterjú vázlat .....</b>	<b>185</b>
<b>M8.</b>	<b>Munkafolyamat terv .....</b>	<b>186</b>

„A túlélés nem a legerősebb, de nem is a legintelligensebb fajnak adatik meg, hanem annak, amelyik leginkább képes alkalmazkodni a változásokhoz.”  
(DARWIN 1859)

## 1. BEVEZETÉS

A világ népessége folyamatosan növekszik, és egyre gyorsuló ütemben használja fel az energiaforrásokat. Jelenleg a Föld lakossága meghaladja a 7 milliárd főt, és 2050-re 9 milliárd fő fölé emelkedhet az emberiség lélekszáma. A népességrobbanás a jelenlegi energiafelhasználási szinten is mintegy 22-27 százalékos energiafelhasználási és erőforrás felhasználási többletigénnyel fog jelentkezni (FUTÓ 2012).

A fosszilis energiaforrásaink kimerülőben vannak, egyre jobban teret nyer a biomassza alkalmazása. A biogáz egy sokoldalú, megújuló energiaforrás, amely különböző szubsztrátokból anaerob emésztés során keletkezik. Mivel sokféle különböző bemeneti anyag használható, szignifikáns mennyiségű energia állítható elő biogázzal. A biogáz átlagos metántartalma 50-60%. 1m<sup>3</sup> metánból 9,94 kWh energia nyerhető. A biogáz felhasználása sokoldalú, a villamos energia előállításán kívül használható még melegvíz előállításra, kogenerációs villamos- és hőenergia termelésre, valamint földgáz minőségű biometán előállításra. (WELLINGER et al. 2013).

Az Európai Unió energiapolitikai célkitűzése, hogy 2010-ig a megújuló energia-felhasználás jelenlegi (átlagos) 6,5%-os részarányát 12%-ra, a megújuló energiatermelés arányát 2020-ra 20%-ra, a megújuló energiával termelt villamos energia részarányát 2010-re 22,1%-ra növelje. A bioüzemanyag részarányát 2010-re 5,75%-ra, 2020-ra 10%-ra kívánja emelni (DIÓSSY 2007, KOVÁCS 2007). THRÄN és munkatársai (2007) becslései szerint 28 EU tagállam területén 250 billió köbméter biometánt tudnának előállítani biogáz erőművekben 2020-ra. Thrän és munkatársai által összegyűjtött adatok alapján ez a szám megduplázódhat, ha hozzáadjuk a szintetikus földgáz termokémiai termelése során keletkező biometánt. Az összesen 500 billió köbméter biometán elég lehetne arra, hogy fedezze a 28 EU tagállam jelenlegi földgáz fogyasztását. Még ha ez valószínűleg nem is lehetséges, a tanulmány előrejelzése szerint az európai szinten jelenleg rendelkezésre álló biometán termelése jókora hozzájárulást tehet az energiaellátásban a jövőben. A biogáz mennyisége kiemelkedő jelentőségű, mint energiaforrás (WELLINGER et al. 2013).

A jelen kutatási munkámban a legfrissebb statisztikai adatokat mutatom be a megújuló energiák tekintetében az Európai Unióban. A megújuló energiaforrások magukban foglalják a szél energiát, napenergiát (termál, fotovoltikus és koncentrált), hidroelektromos energiát, árapály energiát, geotermikus energiát, biomasszát és hulladékból származó megújulókat.

A megújuló energiák használata számos potenciális előnyökkel rendelkezik, beleértve az üvegházhatást okozó gázkibocsátás csökkenését, az energiaellátás diverzifikálást és a kőolaj piac miatti függőséget (különösen kőolaj és földgáz). A megújuló energiaforrások növekedésével ösztönözni lehet a foglalkoztatókat az EU-ban, az új zöld technológiájú munkahelyek teremtésére.

Az Európai Unió energetikai célkitűzéseinek kifejtése után a Magyarországi helyzetkép alapján ismertetem a megújuló energiapotenciált.

Ez követően bemutatom a biogáz előállítás környezettudatos, tiszta technológiáját, amely a hulladékok, melléktermékek felhasználásán alapul, csökkentve az üvegházhatású gázok és a környezetre terhelést jelentő anyagok kibocsátását, a bennük rejlő potenciál kiaknázásával és zöld energiává történő konvertálásával.

Számos problémával kell szembenéznük az üzemeltetőknek, amely nagyrészt a kivitelezésre vezethető vissza, és a technológiából ered. Mivel a biogáz üzemek Magyarországon nem kiemelten támogatottak, ezért különleges figyelmet, odafigyelést igényelnek, és még így sem biztosított a fenntartható, gazdaságos működésük. Az üzemeltetési költségek az évek során fokozatosan, esetenként drasztikusan emelkednek. Az alapanyag folyamatosan drágul, a bevétel jelentős része villamos energiatermelésből származik, amely átvételi ára csökkent az elmúlt időszakban. Szigorú menetrend prognózishoz kötött a termelés, amelynek megsértése további jelentős anyagi terhet jelent. Többek között ezen problémák megoldási lehetőségei kerülnek bemutatásra a lean módszertan és filozófia ismertetése után, azok eszközei által.

A kutatásom során a biogáz üzemek termelékenységének javíthatóságát, karbantartási hatékonyságának vizsgálatát tűztem ki célul a lean módszerek alkalmazásával. A biogáz üzemi termelés iparszerűvé nőtte ki magát, így az iparban ismert termelésszervezési módszerek alkalmazhatóvá váltak, melyek adaptációja tudományos módszerességgel kerül megalapozásra.

A vizsgálat célja újszerű megoldásokkal az adaptáció során újszerű eredmények elérése. Vizsgálataim kiterjesztése a hagyományos és a lean rendszerben menedzselt biogáz üzemek karbantartási szükségleteik tervezhetőségére. A lean bevezetése a világon elterjedt és tesztelt, ebben az ágazatban újszerű és új megfontolásokat igényel.

A kutatás kérdése, hogy a lean termelési folyamatok, szervezési modellek adaptálásával milyen pozitív változásokat lehet elérni a biogáz üzemek karbantartási és üzemeltetési területein.

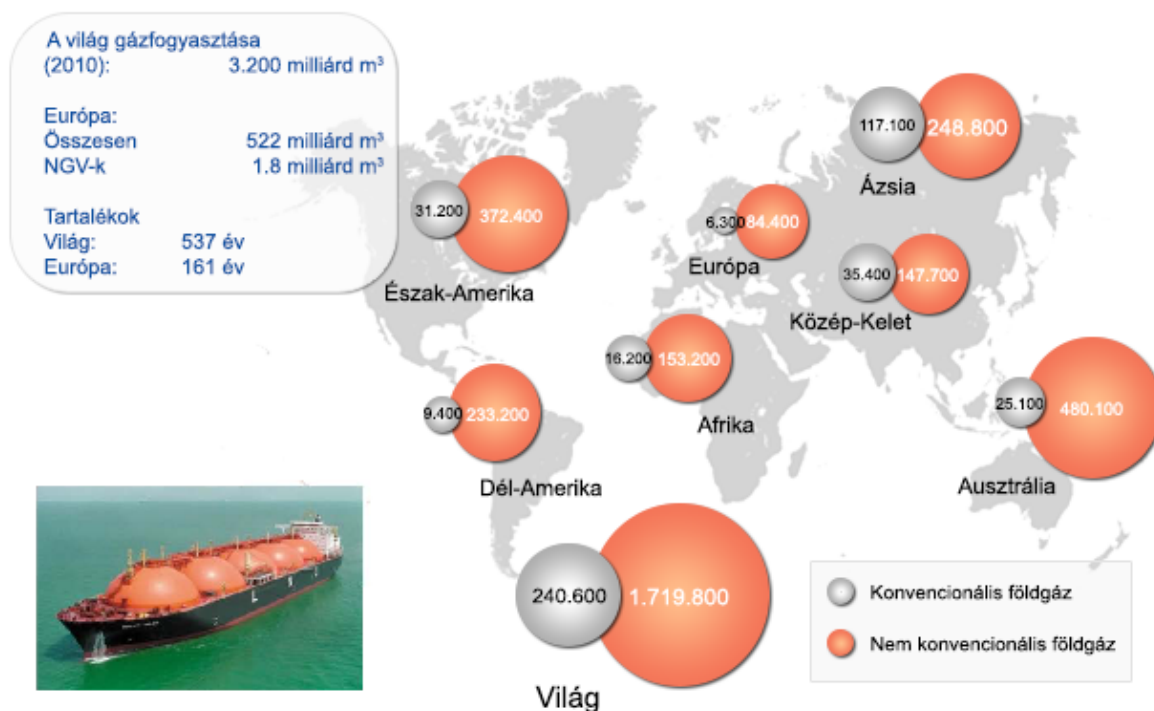
Fontosnak tartom a berendezések váratlan meghibásodásai számának és azok fennállási idejének csökkentését, amelyet a hagyományos és lean menedzsment esetében is vizsgálok. A kutatás kiterjed a biogáz üzem berendezéseinek rendelkezésre állási idejének vizsgálatára is. Az üzemeltetés során a legfontosabb a termelékenység növelése és a költség tényezőjének csökkentése, amelynek lehetőségét megvizsgálom a biogáz üzemek javítási, karbantartási viszonylatában a lean bevezetése előtt és után.

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A szakirodalmi áttekintésben először az Európai Unió energetikai előirányzatainak ismertetésével és helyzetképének vizsgálatával foglalkozom, majd a biogáz üzemekkel kapcsolatos főbb témaköröket érintem. Ismertetem a biogáz üzemek környezeti kapcsolatrendszerét, amelyre egyre fokozottabb figyelmet kell fordítani. Ezután a Lean módszer elveivel, illetőleg azok bevezetésének nehézségeire és a kettő kapcsolatára térek ki. Ehhez kapcsolódóan kiemelek több, általam fontosnak tartott módszert, amelyek támogathatják a biogáz üzemek jelenlegi termelékenységének, hatékonyságának javítását.

### 2.1. Energetikai helyzetkép

Az emberiség energiafelhasználása az elmúlt évtizedek során jelentősen növekedett. Napjainkban ismert tényé vált, hogy a nem megújuló energiaforrások úgy, mint ásványi szén és szénhidrogének (kőolaj, földgáz 1. ábra) nem biztosítanak szilárd alapot az energiaellátás jövőjét tekintve. A társadalom igényeit kiszolgáló energiaellátás jelentős környezetterhelést jelent, és egyes melléktermékeik növelik légkörünk üvegházgáz-koncentrációját, mely globális felmelegedéshez vezet. Gazdasági oldalról tekintve lényeges szempont, hogy a kinyerhető fosszilis energiaforrásaink kimerülőben vannak. Az energiaforrások minél szélesebb körű diverzifikálása elkerülhetetlenné vált, annak érdekében, hogy az energiaellátás hosszú távon, versenyképes áron biztosíthatóvá váljon.



1. ábra: A világ gázfogyasztása (2010)

Forrás: Saját szerkesztés az NGVA Europe alapján

Megújuló energiaforrásoknak nevezzük mindazokat az energiaforrásokat, amelyek a természeti folyamatok során folyamatosan rendelkezésre állnak, vagy újratermelődnek. A megújuló energiaforrások magukban foglalják a szél energiát, napenergiát (termál, fotovoltaiikus és koncentrált), hidroeletromos energiát, árapály energiát, geotermikus energiát, biomasszát és a hulladékokból származó megújulókat.

A megújuló energiák használata számos potenciális előnnyel rendelkezik, beleértve az üvegházhatást okozó gázkibocsátás csökkentését, az energiaellátás diverzifikálását és a kőolaj piactól való gazdasági függés csökkenését. Megújuló energia minden energiaszükségletünk kielégítésére használható, házaink fűtése, hűtése, villamosenergia termelés, valamint közlekedési célok kielégítésére is. A különböző típusú megújuló energiák különféleképpen használhatóak.

A biogáz előállítás olyan tiszta technológia, amely a hulladékok, melléktermékek felhasználásán alapul. Egy sokoldalú, megújuló energiaforrás, amely különböző szubsztrátokból anaerob emésztés során keletkezik. Mivel sokféle különböző bemeneti anyag használható, szignifikáns mennyiségű energia állítható elő biogázzal. A biogáz átlagos metántartalma 50-60 %. 1 m<sup>3</sup> metánból 9,94 kWh energia nyerhető. A biogáz felhasználása sokoldalú, a villamos energia előállításán kívül használható még melegvíz előállításra, kogenerációs villamos- és hőenergia termelésre, valamint földgáz minőségű biometán előállításra is. (WELLINGER et al. 2013) Biogáz alkalmazások elterjesztése nem csupán energetikai megfontolásból indokolt, hanem számos egyéb tényező is alátámasztja az e területen történő további fejlesztéseket. A biogáz-előállítás hozzájárul a környezetvédelmi célok teljesítéséhez, fontos klímavédelmi eszköz a metángáz kibocsátás csökkentése érdekében. A biogáz üzemekben előállított biometán gázvezeték hálózatba táplálható, s így közlekedési célokra is felhasználható.

### 2.1.1. Az európai energiapiac

Az Európai Unió (EU) energiapolitikáját az a törekvés alapozza meg, amely szerint mind az ipar, mind pedig a lakosság számára elérhető áron kell biztosítani az energiaforrásokhoz és szolgáltatásokhoz való hozzáférést. (EPERJESI 2014).

2014-ben a fő megújuló energiaforrások és azok részesedése a teljes energia iránti kereslet tekintetében az EU-ban az előrejelzések szerint a megújuló energia előrehaladási riport (2015) alapján:

Biomassza (47%-a a megújuló energiaforrásoknak) a biomassza különböző típusú szerves anyagokból származik, mint pl energia növények és erdészeti, mezőgazdasági vagy városi hulladék. A biomassza használható fűtésre, hűtésre, energiatermelésre és közlekedésben bioüzemanyagoknak.

Vízenergia (17%): a vízenergia a nagy tömegű víz mozgásából termelődik, mint pl. folyók, patakok, vagy csatornák vize. A hydro rendszerek a víz potenciális energiáját konvertálják át használható energiává.

Szélenergia (11%): a szélturbinák szél által lendületesen mozgatott forgó lapátjainak energiájából nyerik. Az erő, amely generálható a turbinákkal függ a levegő sűrűségétől és a szél sebességétől, valamint a turbina méretétől.

Bioüzemanyag (9%): a bioüzemanyagok és biofolyadékok biomasszából származnak. Ezek jelenleg elsősorban feldolgozott mezőgazdasági terményekből vagy növényekből készülnek. A második generációs bioüzemanyagok cellulóz biomassza-alapanyagból kerülnek fejlesztésre.

Napenergia (7%): a Nap a föld első számú energia forrása és tiszta energiaforrás a fűtés vagy villamos energia tekintetében. A napenergia használható fűtésre és hűtésre (solar thermal), vagy villamos energia (fotovoltaikus vagy koncentrált napenergia) előállításra.



Hőszivattyúk (5%): a hőszivattyúk működésük során a kitermelt hőt külső forrásból (pl. külső levegő vagy földalatti/geotermikus hő) nyerik és folyadékba továbbítják (víz vagy levegő) mellyel fűteni lehet.

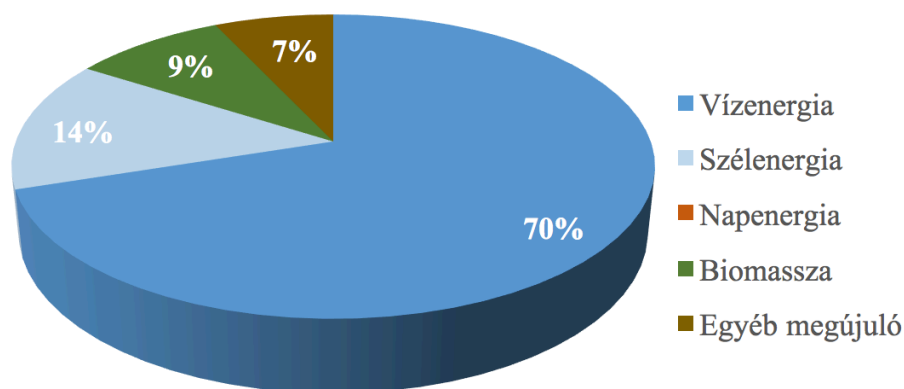
Biogáz (4%): a biogáz előállítása szerves hulladékból történik anaerob fermentáció során. Használható hőtermelésre, elektromos és villamosenergia termelésre, valamint járművekhez, amelyek földgázzal működnek.

Geotermikus energia (1%): a geotermikus energiát már évszázadok óta használják fürdésre és vízmelegítésre. A geotermikus energiát a föld természetes hőjéből nyerik száraz gőz vagy víz formájában és használható elektromos áram termelésre és fűtésre.

Tengeri energia (1%): óceánok borítják a földünk háromnegyedét. Az óceánok energiája jelenti a legbőségebb megújuló energiaforrást. Ez az energia az áramlások, mint hullámok, árapályok és óceáni áramlatokból származik, valamint a sótartalom és hőmérséklet különbségen.

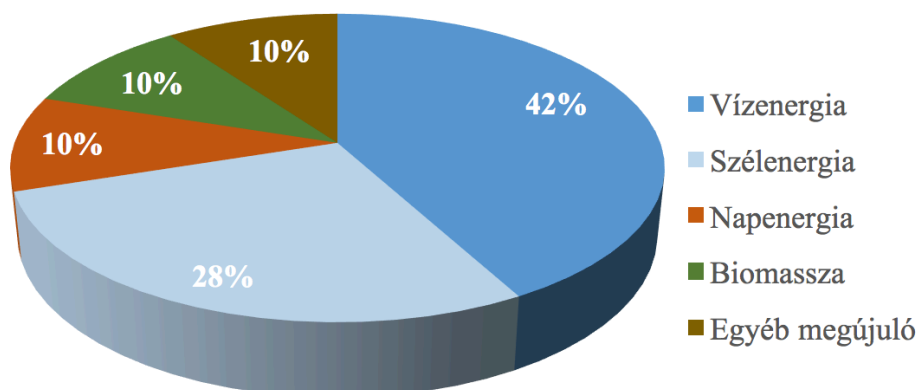
Meg kell jegyezni, hogy ezek a számok folyamatosan változnak, különösen a villamosenergia-ágazatban.

A 2. és a 3. ábrák szemléltetik a megújuló energiatermelés alakulását a 2005-ös és 2013-as években:



2. ábra: A megújuló energiatermelés 2005-ben.

Forrás: Saját szerkesztés a megújuló energia előrehaladási riport 2015 alapján



3. ábra: A megújuló energiatermelés 2013-ban

Forrás: Saját szerkesztés a megújuló energia előrehaladási riport 2015 alapján

A 2-es és 3-mas ábrákról leolvasható, hogy a szélenergia hasznosítás egyre nagyobb teret kap. 2005-ös 14%-ról 2013-ban elérte a 28%-ot. A napenergia a relatív 0%-ról 10%-ra nőtt. A

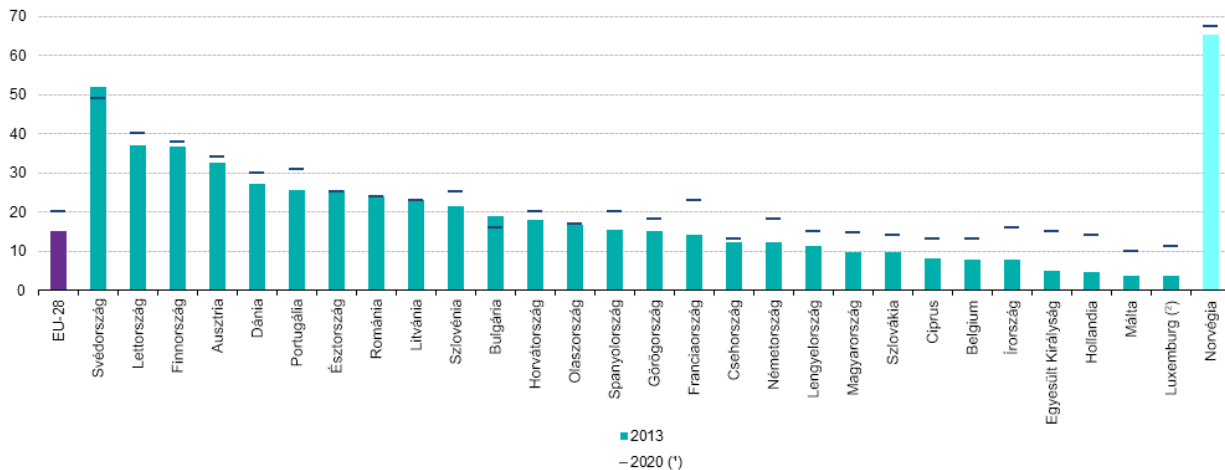
folyékony bioüzemanyagok és egyéb megújulók is elérték a 10%-os részesedést. Ennek következtében a vízenergia részesedése a 2005-ös 70%-ról 42%-ra csökkent 2013-ra.

### 2.1.2. Az Európai Unió energetikai célkitűzései

Az EU különböző éghajlat- és energiapolitikai célértékeket tűzött ki maga elé 2020-ra, 2030-ra és 2050-re. 2020-ra legalább 20%-kal kívánja csökkenteni az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását az 1990. évhez képest, a teljes energiaszükséglet 20%-át megújuló energiaforrásokból kívánja fedezni, illetve 20%-kal kívánja javítani az energiahatékonyságot. 2030-ra tovább növelve a célértékeket, már 40%-kal csökkenti az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását, 27%-kal növeli a megújuló energiaforrások részarányát és 27-30%-kal javítja az energiahatékonyságot. 2030-ra a villamosenergia-hálózatok összekapcsolásával eléri azt, hogy az EU-ban termelt elektromos áram 15%-a átszállítható legyen a többi tagállamba. 2050-re teljesítendő az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának 80-95%-kal történő csökkentése az 1990. évi szinthez képest. (Energiapolitika 2015)

Az eddigi eredmények alapján az EU jó úton halad a 2020-ra kitűzött célok teljesülése felé. Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátása 18%-kal csökkent, a megújuló energiaforrások részaránya 14,1%-ra nőtt 2012-ig, az energiahatékonyság pedig várhatóan 18-19%-kal fog javulni. A célok eléréséhez szükséges, hogy az összes tagállam életbe léptesse a vonatkozó szabályozásokat. (Megújuló energia előrehaladási riport 2015)

A megújuló energia irányelv megállapítja a kötelező nemzeti megújuló energia célkitűzéseket, minden tagállam időközi ütemterv előirányzatát és előírja, hogy milyen nemzeti intézkedéseket kell tenni annak érdekében, hogy a célok teljesüljenek (4. ábra).



(\*) Jogilag kötelező célkitűzések 2020-ig.

(\*) 2013: becslés.

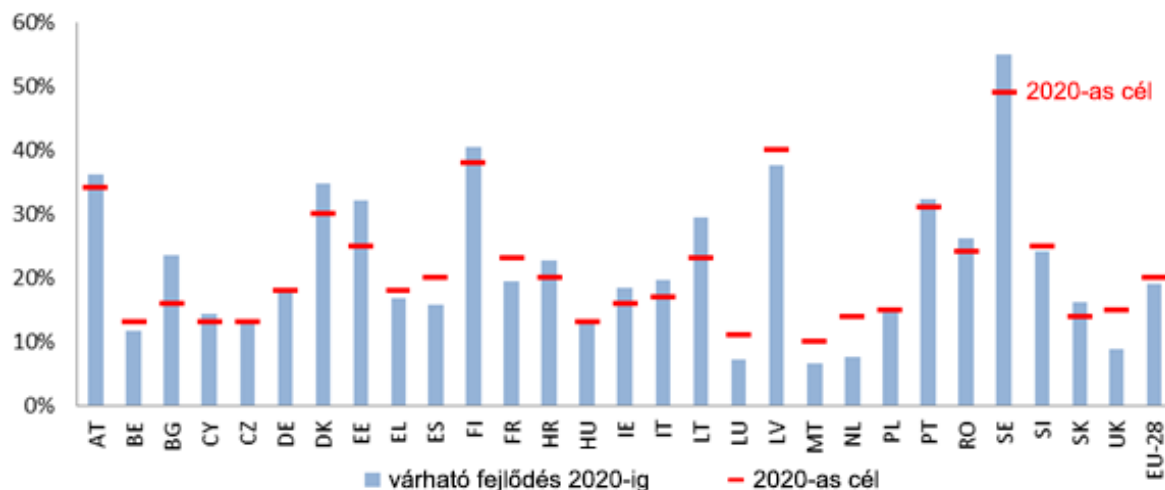
Forrás: Eurostat (online data code: t2020\_31)

4. ábra: A megújuló energiaforrások részaránya a bruttó végső energiafogyasztásban, 2013 és 2020

Forrás: Saját szerkesztés a megújuló energia statisztika 2016 alapján

Az EU tagállamok között a legmagasabb megújuló energia felhasználó 2013-ban Svédország volt (55,1%), míg Lettország, Finnország és Ausztria energiafelhasználása 30%-ban megújuló energiákból történt. Összehasonlítva a legfrissebb elérhető adatokat 2013-ban, Írországban, Franciaországban, Hollandiában és az Egyesült Királyságokban a cél, hogy növeljék a megújuló energiafogyasztást legalább 8%-kal. Ezzel szemben Svédország, Bulgária és Észtország már felülmúlta a 2020-as célt, míg Litvánia pont kiegyenlítette.

Az 5. ábra mutatja a célok várható realizálását.

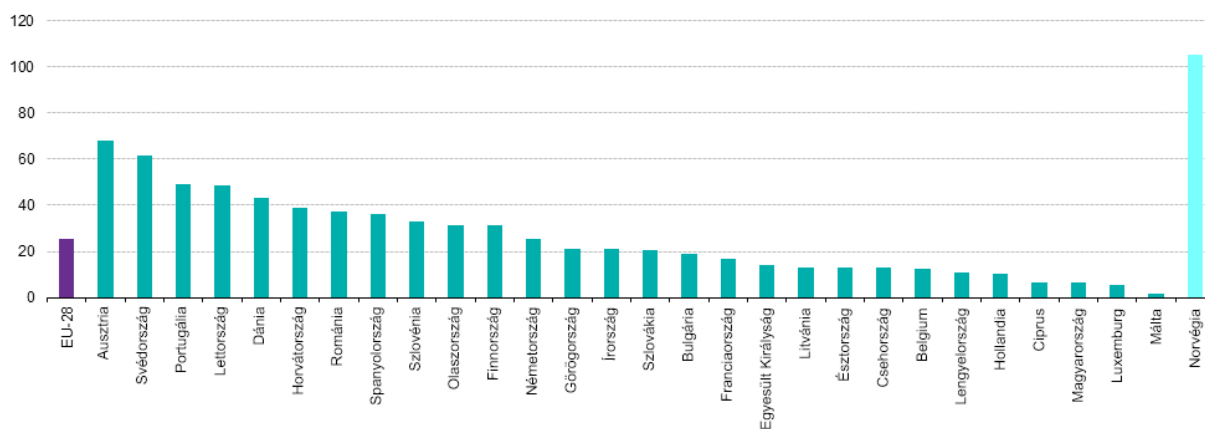


5. ábra: A 2020-es célok tagállamok általi várható realizálása

Forrás: Saját szerkesztés a European Commission, based on TU Wien (Green-X) projections (2014) alapján

Az 5. ábráról leolvasható, hogy a 28 tagállam közül 18 a tanulmány előrejelzése szerint 2020-ra el fogja érni az EU által előirányozottakat. A fennmaradó 10-nek legalább a fele is megközelíti az elvárásokat. Svédország továbbra is a élen marad és túl is teljesíti a 2020-as célokat. Várhatóan Magyarország is sikeresen eléri a 2020-as tervezett elvárásokat.

A legfrissebb rendelkezésre álló információ alapján 2013-ban, a termelt villamos energia megújuló forrásokból történő részesedése több mint egynegyede (25,4%) az EU-28 bruttó villamosenergia fogyasztásának. Ausztria (68,1%) és Svédország (61,8%) legalább háromötöde a megújuló energiaforrásokból termelt villamosenergiának, nagyrészt vízenergiából és biomasszából 6. ábra.

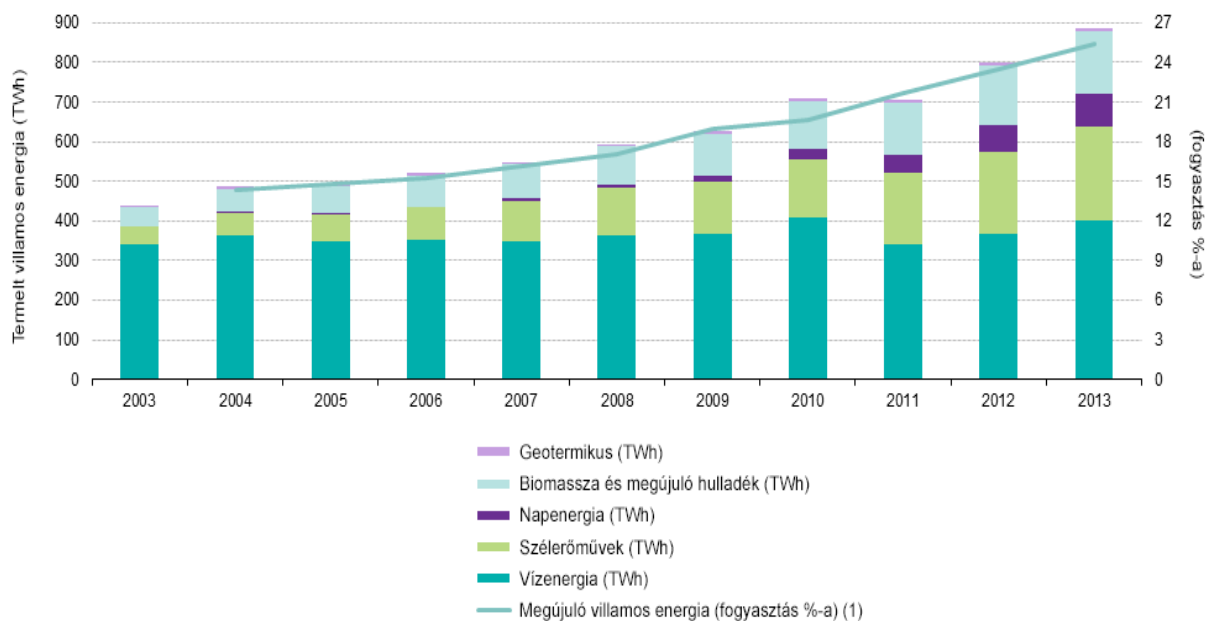


Forrás: Eurostat (online data code: tsdcc330)

6. ábra: Megújuló energiaforrásból származó villamos energia aránya, 2013 (%-os bruttó villamosenergia fogyasztás)

Forrás: Saját szerkesztés a megújuló energia statisztika 2016 alapján

A megújuló energiaforrásokból termelt villamos energia növekedése a 2003-2013-as időszakban általánosan tükrözi a felhasználás bővülését három megújuló energiaforrásnak, nevezetesen, szélenergiának, a napenergiának és a biomasszának (7. ábra). Bár vízenergia maradt a legnagyobb forrása a megújuló villamosenergia-termelésnek az EU-28-ban, 2013-ban (45,5% - a), az ilyen módon termelt villamos energia mennyisége 2013-ban viszonylag hasonló az egy évtizeddel korábban termelthez, az emelkedés csak 17,9 % volt. Ezzel szemben, a biomasszából előállított villamos energia mennyisége a (köztük a megújuló hulladék) több mint háromszorosára, míg a szélenergiából előállítotté több mint ötszörösére nőtt 2003 és 2013 között. A teljes termelt villamos energia megújuló energiaforrásokból származó része szélenergia esetén 26,5%-kal, biomassza esetén 17,8%-kal nőtt 2013-ban. A napenergiából származó villamos energia növekedése még drámaibb volt: 2003-ban csak 0,4 TWh volt, így 2013-ban pedig 85,3 TWh lett. Ezalatt a 10 év alatt, a napenergia hozzájárulása a termelt összes villamos energia megújuló energiaforrásokból származó részéhez 0,1%-ról 9,6%-ra emelkedett. Az árapály, hullám és óceán energia csak 0,05%-os részesedéssel volt 2013-ban, az EU-28-ban.



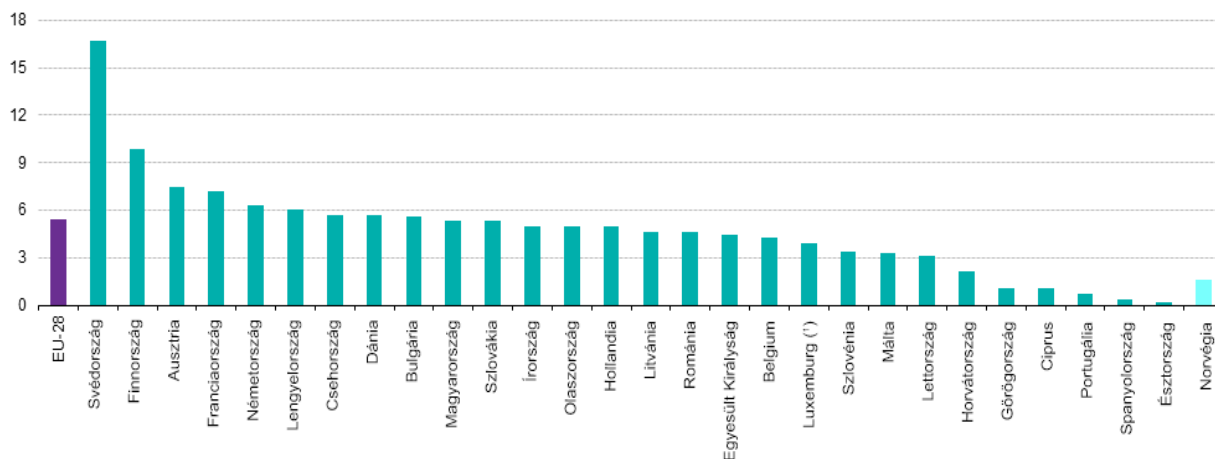
(\*) 2003: nem elérhető.

Forrás: Eurostat (online data codes: nrg\_105a and tsdcc330)

7. ábra: Megújuló energiaforrásból termelt villamosenergia, EU-28, 2003-13

Forrás: Saját szerkesztés a megújuló energia statisztika 2016 alapján

2008 végén az EU megegyezett a tagállamokkal egy cél bevezetésében, amelyben 10%-os részesedési arányt állapítottak meg a megújuló energiák javára (ideértve a bioüzemanyagot, hidrogén vagy "zöld villamos energia") az üzemanyagok körében a transzport szektorban 2020-ra. Az átlagos részesedés a megújuló energiák tekintetében a transzport szektorban az EU28-ban átlagosan 5,4% volt 2013-ban, kiemelkedő 16,7%-os részesedéssel Svédországban, míg 1% alatti volt Portugáliában, Spanyolországban és Észtországban (8. ábra).



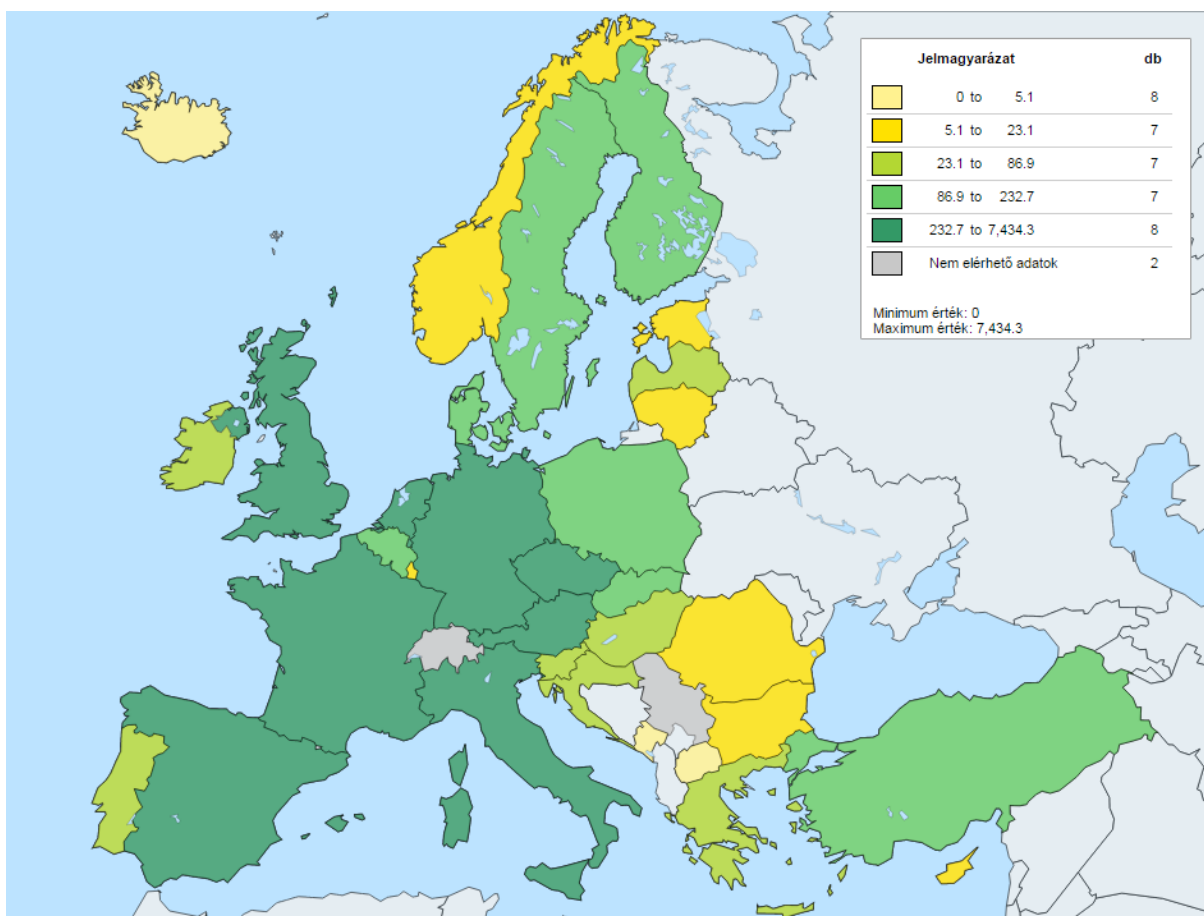
(\*) Becslés.

Forrás: Eurostat (online data code: tsdcc340)

8. ábra: A megújuló energia részaránya a közlekedés üzemanyag-fogyasztásának tekintetében, 2013 (%)

Forrás: Saját szerkesztés a megújuló energia statisztika 2016 alapján

Az Eurostat biogáz termelésre vonatkozó adataiból elkészítettem 9. ábrát. A térkép jól szemlélteti, hogy Európa nyugati részén kiemelkedő a termelés a többi országokhoz képest.



9. ábra: A biogáz, mint megújuló energia elsődleges termelése 1000 tonna olaj ekvivalens - 2014

Forrás: Elsődleges megújuló energiák Eurostat

A tonna olajegyenértékben, (rövidítve: toe) az energia normalizált egyenértéke. Megegyezések szerint az a mennyiség egyenértékű azzal, hogy hozzávetőlegesen mennyi energiamennyiséget lehet kivonni egy tonna nyersolajból. Ez egy szabványosított egység, nettó fűtőértéke 41.868 kilojoule/kg és használható a különböző forrásokból kinyert energiák összehasonlítására.

Az egyéb energiahordozókat át lehet alakítani tonna olajegyenértékre a következő átváltási faktorokat használva:

- 1 t diesel = 1,01 toe
- 1 m<sup>3</sup> diesel = 0,98 toe
- 1 t benzin = 1,05 toe
- 1 m<sup>3</sup> benzin = 0,86 toe
- 1 t biodiesel = 0,86 toe
- 1 m<sup>3</sup> biodiesel = 0,78 toe
- 1 t bioethanol = 0,64 toe
- 1 m<sup>3</sup> bioethanol = 0,51 toe (EUROSTAT Toe)

A megújuló energia irányelv és annak jogi rendelkezései hozzájárulnak az EU energia- és éghajlat politikai célkitűzéseinek eléréséhez, az energiaellátás biztonságának növeléséhez, a foglalkoztatás és társadalmi elfogadottság növeléséhez, valamint a regionális fejlesztésekhez.

A megújuló energiaforrások minden célkitűzés szerint jelentősen emelkednek és 2050-re elérik a teljes bruttó energiafogyasztás 55%-át, ami 45%-kal magasabb a napjainkban jellemző átlagos 10%-os szintnél. A megújuló energiaforrások a jövőben az energiaellátás középpontját képezik majd, tömegtermelésre és tömeges bevezetésre lesznek alkalmasak, a támogatásoktól a verseny felé mozdulnak el. Ezek a lépések a jövőben szakpolitikai változásokat is szükségessé teszik majd.

Számos megújuló energiaforrás esetében a költségek csökkentéséhez további fejlesztésekre van szükség, így például a jelenleg igen költséges tárolási technológiák fejlesztése elengedhetetlen. A technológiák fejlődésével csökkenni fognak a költségek, így csökkenthetők a pénzügyi támogatások is. A tagállamok közötti kereskedelem és az Európai Unió kívülről származó behozatal közép- és hosszú távon is visszaszoríthatja a költségeket. (EU bizottsági közlemény 2011)

Az EU világviszonylatban már most is vezető pozíciót tölt be a megújuló energiák tekintetében. Célja, hogy továbbra is az élvonalban maradjon ezen az egyre gyorsabban fejlődő területen.

### 2.1.3. Hazai helyzet

A hazai energiabiztonságot helyezi előtérbe a „Nemzeti Energiastratégia 2030” szakmai dokumentum. Kidolgozott tervet tartalmaz Magyarország mindenkori biztonságos energiaellátásának garantálására, a gazdaság versenyképességének, a környezeti fenntarthatóságának, és a fogyasztók teherbíró képességének a figyelembe vételével. (BAI 2007)

Hazánk arra törekszik, hogy az EU energiapolitikájával összhangban növelje a megújuló energiaforrások arányát (NÉMETH 2008).

Az energiastratégiának három alappillére van.

Az első a versenyképesség biztosítása. Fő lépései az egységes belső európai piac kialakítása, továbbá új lehetőségek keresése, ami a megújuló energiákban valósítható meg. Illetve a hazai erőforrások megfelelő kihasználása és hasznosítása révén lehetséges. Mivel Magyarországon jelentősen nagy a mezőgazdasági termőterületek nagysága, így célszerű ennek a lehetőségnek a

pozitívumait felhasználni. Például a nem megfelelő termőterületekre energetikai célú ültetvényeket telepíteni, vagy a mezőgazdasági hulladék anyagok hasznosítása vagy exportja. Az egységes verseny biztosítja a fogyasztók számára az elfogadható árakat, és az egységes díjszabás segíti az ellátáshálózat fejlesztését is, valamint növeli a fogyasztói tudatosságot és a hatékony energiafelhasználást is.

Második alappillére a fenntarthatóság elérése. Ami azt jelenti, hogy a környezeti, gazdasági és társadalmi szempontokat össze kell hangolni és ezt szem előtt tartva létrehozni a fejlesztéseket. Ez úgy lehetséges, hogy az emberek energiafogyasztását mérsékeljük oly módon, hogy felülvizsgáljuk a fogyasztói szokásokat. Az energia előállítását és szállítását a lehető leghatékonyabban kell elvégezni, lehetőleg megújuló energiaforrások felhasználásával. Ennek érdekében támogatni kell az erre irányuló fejlesztéseket. A nem megújuló energiák felhasználását fokozatosan csökkenteni kell.

Végül a harmadik pillére az energia ellátásbiztonság. Hazánk különösen rossz helyzetben van az importfüggősége miatt, ugyanis a földgázhálózatunk kiszolgáltatott helyzetben van, függ a külpolitika változásaitól. Ezt úgy lehetne megoldani, hogy csökkentjük az ország földgázfelhasználását olyan módon, hogy más, alternatív megoldásokra törekszünk. (Nemzeti energiastratégia 2030)

Az Új Széchenyi Terv célja többek között – a zöld gazdaság megvalósítása (GERGELY – NÉMETHY 2010). A megújuló energiaforrások a jövő alternatív iparágát és kitörési pontját jelenthetik. Az energetikai célú növénytermesztés a zöld gazdaság része.

Napjainkban a vidéki térségek szerkezetváltása dinamikus és jelentős. Ez sok vidéki térségben munkahelyek megszüntetését, a falvak kiüresedését jelentette, növekvő számú fiatal költözik a városokba.

A vidéki térségek fenntartása érdekében a helyi vállalkozások, megerősítését kell szorgalmazni és innovatív új üzemek, korszerű szolgáltatások elterjesztését preferálni. Ide tartoznak a megújuló erőforrásokkal kapcsolatos energetikai fejlesztések is.

A megújuló energia ma még csak támogatással életképes, de fokozatos elterjedése az energia árának növekedésével elkerülhetetlen. Foglalkoztató szerepét ki kell használni. A zöld energiapolitika beruházási, fenntartási, foglalkoztatási lehetőségei közel 40 ezer főre tehetők évente (RESS et al. 2010).

A Nemzeti Vidékstratégia végrehajtásának keretprogramja a Darányi Ignác Terv (2012) pályázati lehetőséget biztosít a megújuló energiaforrások használatához kapcsolódó tevékenységekre. Azon természetes és jogi személyek pályázhatnak, akiknek a mezőgazdasági tevékenységből származó árbevétele a teljes árbevétel 50%-át meghaladja. Először 2012 első féléve során lehetett pályázni.

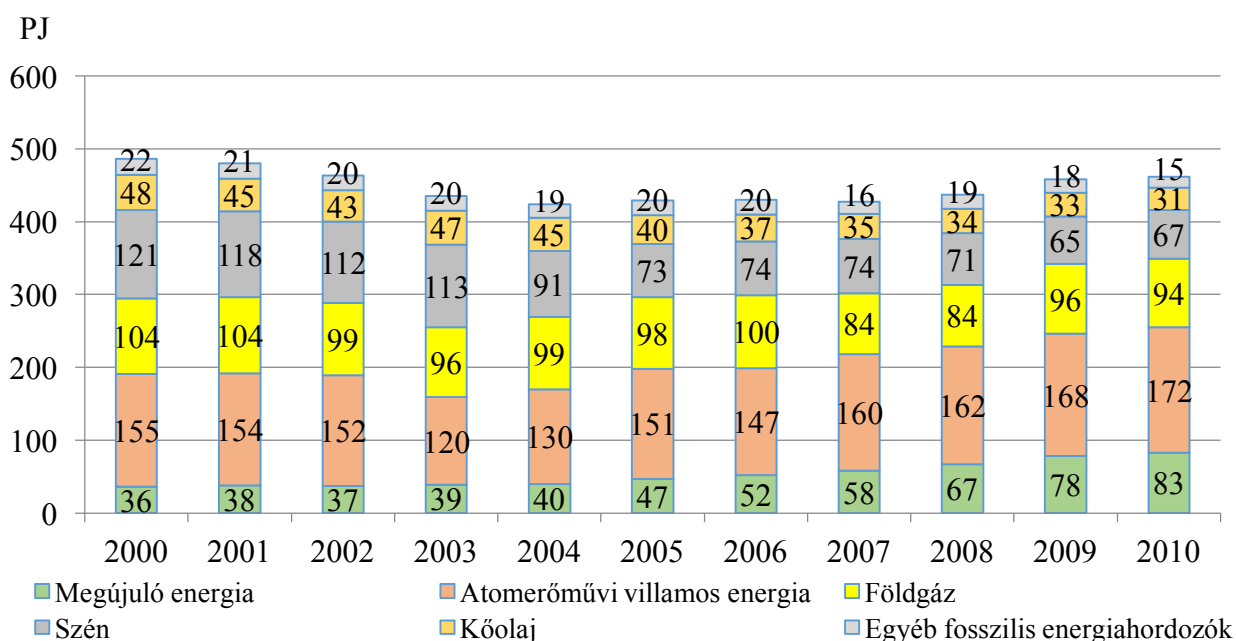
Magyarországon a mező- és erdőgazdaság évente igen nagy mennyiségű mellékterméket produkál. Ezen melléktermékeket számos célra lehet felhasználni, mint például talajerő visszapótlásra a növénytermesztésben, ipari felhasználásban, energiatermelésben. A keletkező mennyiség 10%-át sem használják fel 2008-ban tüzelési vagy energiatermelési célra (HÁGEN – MAGYARY 2008).

Hazánkban a bio-üzemanyagok használata a fosszilis tüzelőanyagoktól való függést lazíthatja. Ennek ellenére a mértéktelen, iparszerű gazdálkodásra alapozott ültetvényes energetikai

növénytermesztés, csak korlátozott mértékben támogatható. Az élelmiszer iránti igény növekedése hasonlóan átgondolandó a bioetanol és biodízel előállításánál (AJANOVIC 2010).

Mindent vizsgálva, a szilárd biomassza a legnagyobb mértékben hasznosítható megújuló energiaforrás. Erre utal MAGDA (2010) is a biogázt és a biomasszát tartva kiemelkedően fontosnak Magyarországon és az EU-ban is. Ma mintegy 13 millió tonna energetikai célokra hasznosítható biomassza áll rendelkezésünkre, amelyből jelenleg mindössze 3-3,5 millió tonnát hasznosítunk.

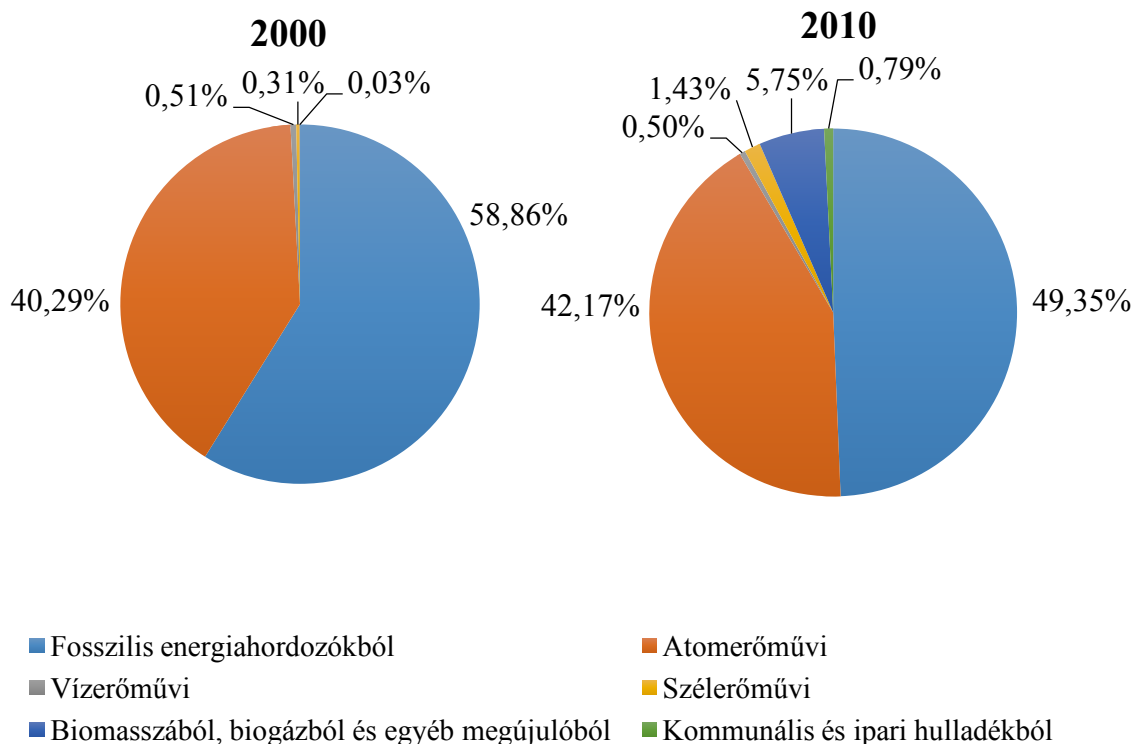
Hazánk hagyományos energiakészletei (szénhidrogén) nagyrészt kimerültek. A fosszilis energiaforrások csökkenő kitermelését az atomerőmű villamos energiatermelése és a megújuló energia kompenzálja. A vízerőműi, szélenergiás villamos energia, a tüzifa és az egyéb megújuló energiaforrások a hazai energiatermelés 18%-át adják, termelésük tíz év alatt több, mint kétszeresére nőtt. A hazai termelést az 10. ábra szemlélteti.



10. ábra: Az alap-energiaforrások termelése hőértékben  
 Forrás: Energia Központ Nonprofit Kft. (2016)

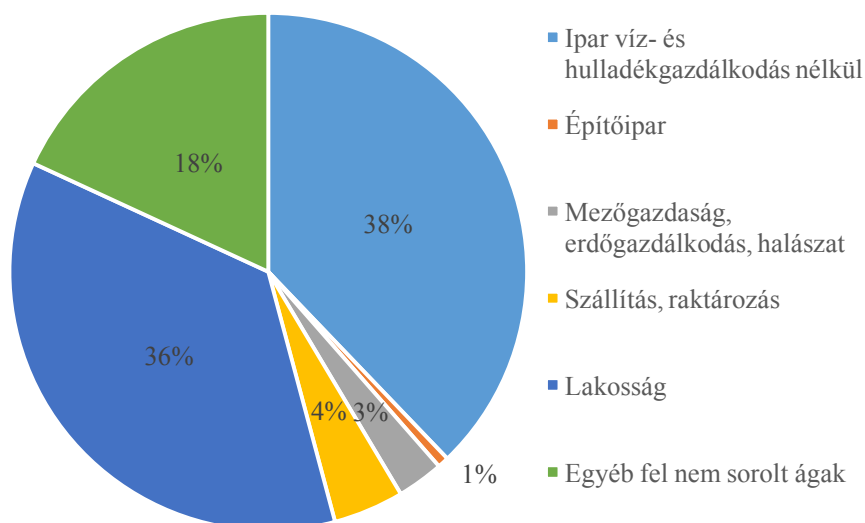
A hazai villamos energiatermelés 6%-kal, a belföldi felhasználás 16%-kal bővült az elmúlt tíz év alatt. A megújuló energiaforrások részesedése 2010-ben elérte a 8,1%-ot. (Energia Központ Nonprofit Kft. 2016) A megújuló energiaforrások fajtáinak aránya átalakult, korábban domináltak a vízerőműi és a kommunális hulladékból előállított energiafajták, az időszak végén a biomassza vált meghatározóvá. Az évtized során (előállított árammennyiségben mérve) a fosszilis energiaforrások felhasználása 9,51%-kal csökkent 58,86%-ról 49,35%-ra. A megújulóké a 2000. évinek kilencszerese lett. A változásokat a 11. ábra szemlélteti.





11. ábra: A villamos energiatermelés megoszlása energiaforrások szerint  
 Forrás: Energia Központ Nonprofit Kft. (2016)

A 11. ábráról leolvasható, hogy Magyarországon túlnyomó részt a fosszilis energiahordozók a fő forrásai a villamos energiatermelésnek.



12. ábra: Energiafelhasználás szektorok szerint, 2010  
 Forrás: Energia Központ Nonprofit Kft. (2016)

A 12. ábráról leolvasható, hogy Magyarországon az energiafelhasználás jelentős részét az ipar 38% és a lakosság 36% tette ki.

2030-ig a megújuló energiaforrások műszaki potenciáljainak összege mintegy 500 PJ/év értékre valószínűsíthető. A gazdasági potenciál összesen 425 PJ évente, a fenntartható potenciál összesen évi 350 PJ-ra becsülhető. Ebben a biomassza dominál (208 PJ/év), de fontos a napenergia (65 PJ/év) és a geotermikus energia (47 PJ/év) is (UNK J-né et al. 2010).

Magyarország megújuló energiapotenciálja jelentős, de nincs kihasználva (1. táblázat).

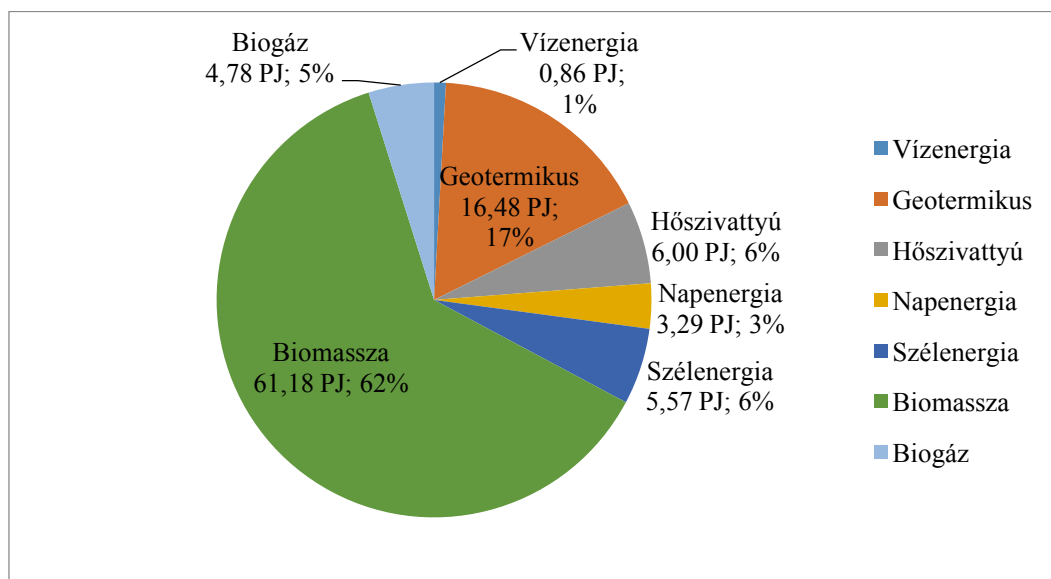
1. táblázat: Magyarország megújuló energiapotenciálja és annak jelenlegi hasznosítása

Megújuló típusa	Elméleti potenciál az MTA alapján (PJ)	Gyakorlati potenciál az FVM szerint (PJ)	Jelenleg hasznosított (PJ)
Napenergia	1 838	2	0,1
Vízenergia	14,4	1	0,7
Geotermia	63,5	12	3,6
Biomassza	203-328	142	49,2
Szélenergia	532,8	6	0,16
<b>Összesen</b>	<b>2600-2700</b>	<b>163</b>	<b>53,8</b>

Forrás: FVM, GKM, MTA alapján

A megújuló energiapotenciál a napenergia, vízenergia, geotermia, biomassza és szélenergia viszonylatában került megvizsgálásra. Megállapítható, hogy a magyarországi megújuló energiapotenciálja jelentős 2600-2700 (PJ) elméleti és 163 (PJ) gyakorlati, amely azonban jelenleg 53,8 (PJ) és még nincs kihasználva.

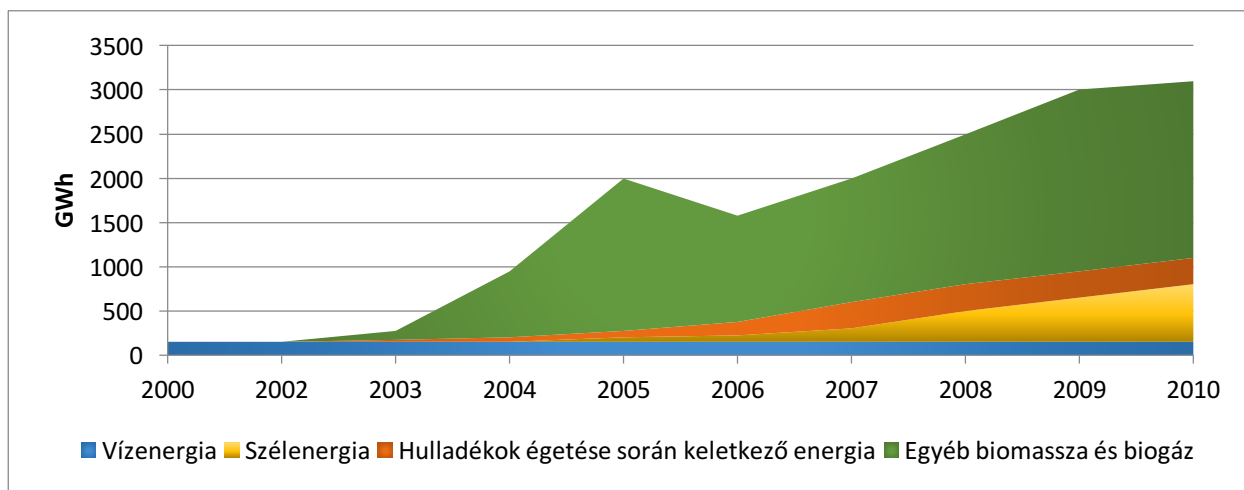
A magyar elképzelések szerint a megújulók 14,65 százalékos részarányával lehet számolni az energiafogyasztáson belül. A 2020-as arányokat a 13. ábra szemlélteti.



13. ábra: A villamos energia és hűtés-fűtés szektorokban felhasznált megújuló energiaforrások várható megoszlása (2020)

Forrás: Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve 2010-2020.

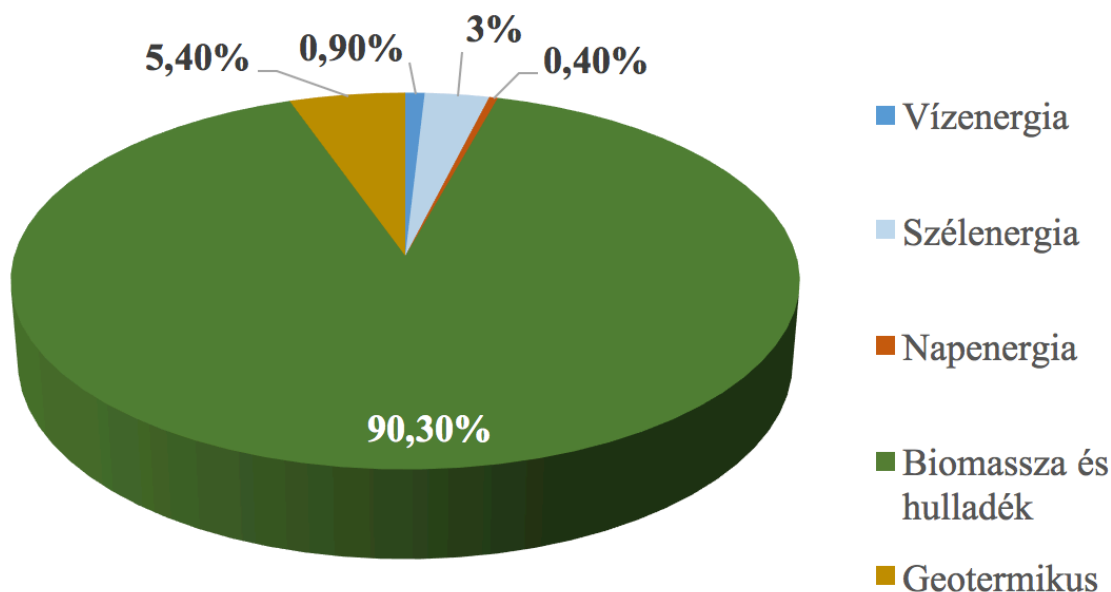
A 13. ábra vizsgálata során, amely a villamos energia hűtés-fűtés szektorában 2020-ra várható megújuló energiaforrások felhasználásának megoszlását mutatja, jól kivehető, hogy a biomassza 62%-kal 61,28PJ-al lesz a legjelentősebb. A geotermikus 17%-al 16,48PJ a második helyen található. A biogáz várhatóan eléri az 5%-ot, ami 4,78PJ-nak felel meg, s ezzel az értékkel az ötödik legfontosabb energiaforrásnak tekinthető.



14. ábra: Megújuló és hulladék energiaforrásokból megtermelt villamos energia mennyisége 2000-2010

Forrás: Energia Központ Nonprofit Kft. (2016)

A biomassza származhat a növénytermesztésben és erdészetben képződő melléktermékekből, állattenyésztésből, élelmiszeriparból (növényiparból) és kommunális, valamint ipari hulladékokból. A biomasszát (nagyreszt tűzifa) döntően hő, kisebb részben villamos energia termelésére, eltüzeléssel vagy együtt égetéssel hasznosítják.



15. ábra: A megújuló energiatermelés Magyarországon 2013

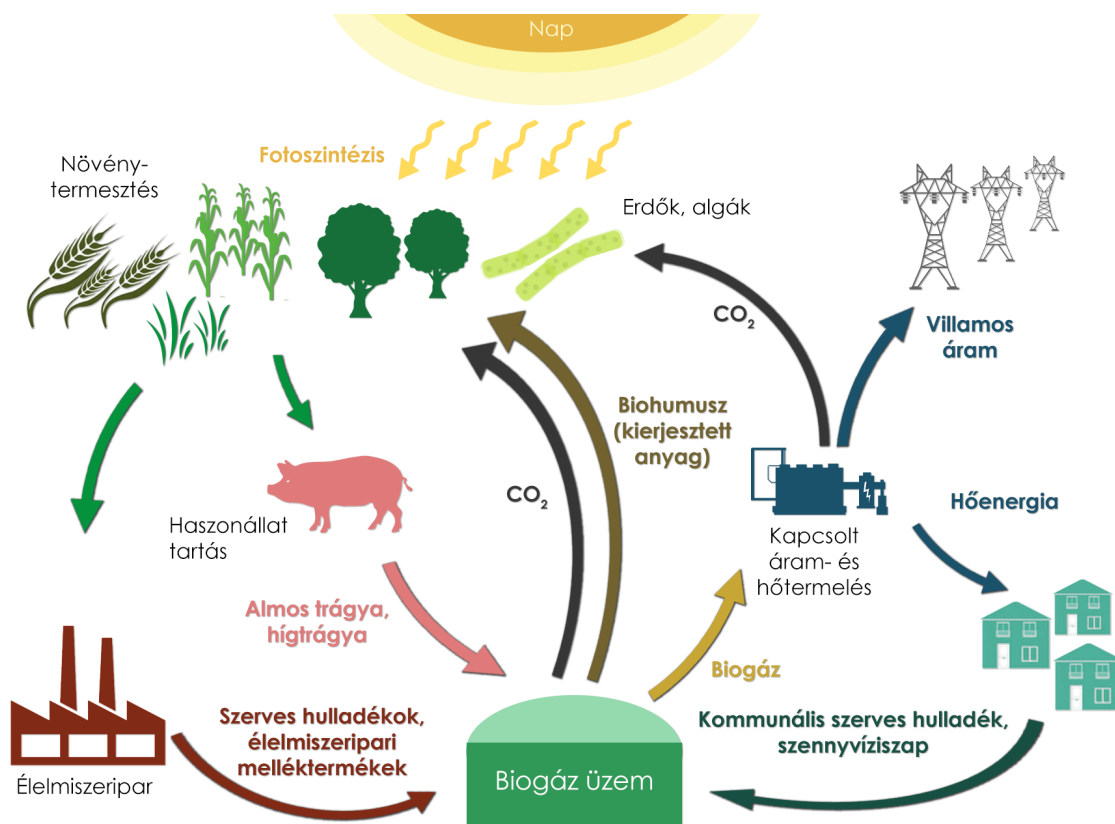
Forrás: NEMES 2015

A megújuló energiatermelés alakulása Magyarországon 2013-ban (15. ábra) eltérő az Európai Unió belüli 2013 részaránytól (3. ábra). Az EU-ban a vízenergia 42%-kal a legjelentősebb, Magyarországon a biomasszából és hulladékból előállított energia van többségében 90,3%-ban és a vízenergia van az utolsó helyen 0,4%-kal. Az EU-ban a szélenergia 28%-át tette ki a megújulóknak, amíg Magyarországon csupán 3%.

A megújuló energia részaránya Magyarországon a bruttó végső energiafogyasztáson belül 2004-ben kevéssel volt 4% fölött és a terv 2013-ra 7,5% volt. 2013-ra sikerült túlteljesíteni a tervet és 9,81%-ra növelni a részarányt. (NEMES 2015)

## 2.2. Biogáz

Mint ahogy az ismertetett irodalmakból jól látszik, hogy az Európai Unió stratégiájában is megjelenik ennek a fajta energiatermelésnek a támogatása, ugyanis a biogáz üzemek alkalmasak a biológiai hulladékok ártalmatlanítására, a legtöbb állati hulladék, szerves anyag felhasználására úgy, hogy közben zöld energia termelődik, továbbá az eljárás során keletkező szerves anyag alkalmas a talaj tápanyag utánpótlására környezetkímélő módon. Mivel a biogáz és annak termelése egy megújuló energiaforrás így hatására kevesebb környezetszennyező anyag jut a légkörbe, csökken a levegőbe kikerülő metán mennyisége. A biogáz hasznosítása kogenerációs vagy trigenerációs erőművekben villamos áram és hő termelésére, illetve hűtésre is alkalmazható. Általában a mezőgazdasági telepek kiegészítője lehet, segítve ezzel a vidéken élők foglalkoztatását, a terület korszerűsödését. Különböző tisztítási eljárások után, ha megfelelő minőségű lett a biogáz, akár még motor hajtóanyagként is alkalmazható (16. ábra).



16. ábra: Energia körforgás

Forrás: Saját szerkesztés KOVÁCS K. et al. (2012) alapján

A biogáz előállítása korlátozott – a szél- és fotovoltaikus energiával szemben – valamint a biogázból előállított villamos energia ára magasabb, mint szélenergiából, illetve napenergiából előállítotté, az a tény, hogy a biometán tárolható fontos funkció a jövőbeli áramellátó rendszereknek. Az, hogy milyen gyorsan és milyen áron valósul meg az nagyban függ az általános politikai és jogi feltételektől. Lehetővé kell tenni a szolgáltatók számára a biogáz technológia felhasználását. Szintén fontos a pozitív közvélemény kialakítása, hogy a biogáz erőművek társadalmilag elfogadottak legyenek. Már most látható, hogy ahol több biogáz üzem létesült ott ellenük akció csoportok jöttek létre. Az emberek aggódnak a szag-, zajhatás és a természetes környezetben bekövetkező változások miatt. (WELLINGER et al. 2013, KOVÁCS et al. 2012) A biogáz iparnak és a kormánynak a kommunikációra kell összpontosítania a biogáz pozitív szerepét illetően a jövőbeni energiaellátó rendszer fenntartása érdekében.

A biogázzal, mint megújuló energiahordozó Magyarországon az általánosan túlmenően csak szűk körben rendelkeznek ismerettel. Ennek egyik oka, hogy a hazai energiapolitikai szabályzó rendszerek az egyes megújuló energiahordozók közül a biogáznak kis szerepet szánnak, annak ellenére, hogy a nyugat-európai országokban – a nem mezőgazdasági meghatározottságú államokban is – megfelelő helyet biztosítanak ennek az energiahordozónak a megújulók sokszínű palettáján. Magyarország agrár meghatározottságú, így a biogáznak nagy szerepet kell szánni az agráriumban, stabilizálva az abból élők megélhetését, biztosítva a vidéki környezet megfelelő szinten való fenntartását, munkahelyeket teremtve az építőiparban, a mezőgazdaságban és az egyes szolgáltatóiparokban - s ezzel egy időben hazánk megújuló energia felhasználása is növekedhet.

A Biomassza típusok ismertetése során három kategória kerül bemutatásra. Elsődleges típusú a növényi fotoszintézis által előállított szerves anyag; a természetes vegetáció, a szántóföldi és kertészeti növények, az erdő, a rét és legelő, a vízben élő növények. Másodlagos típusú az állatvilág, gazdasági haszonállatok összessége, továbbá az állat-tenyésztés fő termékei, melléktermékei és hulladékai, a biotechnológiát alkalmazó ipar egyes melléktermékei. Harmadlagos típusú a biológiai eredetű anyagokat felhasználó ipar melléktermékei, hulladékai, települések szerves eredetű szilárd és folyékony hulladékai, biotechnológiát alkalmazó ipar egyes melléktermékei.

A biomassza származása több nemzetgazdasági ágazatra vezethető vissza, pl.:

- növénytermesztés,
- állattenyésztés,
- élelmiszeripar,
- erdőgazdaság,
- kommunális szféra.

A biogáz-technológia által nyújtott lehetőségeket és a Magyarországon keletkező szerves hulladék anyagok jelentős mennyiségét figyelembe véve nehezen érthető a relatív elmaradás. BAI (2007) A Magyarországon a mezőgazdaságban működő biogáz telepek hazai elterjedésének főbb akadályozó tényezőiként az ágazat alacsony jövedelemtermelő képességéből fakadó forráshiányt, a földgázhálózat országos kiterjesztését és a földgáz viszonylag alacsony árát jelölte meg. SEMBERY és TÓTH (2004) a környezetvédelmi előírások kapcsán megállapította, hogyha a biohulladékok hasznosításának integrált módszerét alkalmazzák a biohulladékok ártalmatlanítására - a bennük rejlő energia és tápanyag hasznosításával - a mezőgazdasági ágazat számára gazdasági haszonnal járó beruházás lehet. Ugyanakkor a fermentációs eljárás alkalmas a szennyeződések eltávolítására is kiválóan használható, lehetőséget nyújt „zöld energia” előállítására. Hazánkban a biogáz előállításnak a mezőgazdasági termelés lehet az egyik jelentős tartaléka. NAGY et al. (2008) hangsúlyozták, hogy a bioenergiát előállító egységekben végbemenő anyag- és energia folyamatok összefüggéseinek pontosabb meghatározását.

Az Európai Unió „Landfill directive” (a hulladéklerakókról szóló 1999/31/EK irányelv) a hulladéklerakókba kerülő biológiailag lebontható/lebomló hulladékok mennyiségének fokozatos csökkentését írja elő a tagállamoknak.

Magyarországon a hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. tv (Hgt.) előírja, hogy 2016 közepére a települési szilárd hulladék részeként lerakásra kerülő biológiailag lebomló szervesanyag mennyiségét az irányelvben meghatározott bázisához, 1995-höz képest 35%-ra kell csökkenteni.

GERGELY (2010) kidolgozta az energetikai biomassza megújuló energia stratégiáját 2030-ig. A termelés növelése során több mint 23 000 új munkahellyel számol (2. táblázat).

2. táblázat: Megújuló energia stratégia 2010-2030 (biomassza)

	<b>Tény 2008 (PJ)</b>	<b>Termő- terület</b>	<b>Etoe</b>	<b>PJ</b>	<b>Termelési érték Mrd Ft</b>	<b>Munka- helyek (fő)</b>	<b>Term. ért/fő MFt</b>
I. Energetikai biomassza	58,6	1023,9	4402,8	186,5	536,3	69360	-
- Biogáz	0,6	23,9	478,2	20,1	59,4	7425	8
- Bioalkohol	7,0	240	503,6	21,1	56,6	9397	8
- Biodízel		90	105	4,4	12,6	1575	8
- Égetéses hasznosítás: fa	23,0	500	1250	52,4	150,0	18750	8
- Évelő szántóföldi	28,0	120	396	16,6	47,5	5938	8
- Egyéves szántóföldi		50	200	8,4	24,0	3000	8
Melléktermék és szerves hulladék	-	-	1470	63,5	186,2	23275	8

Forrás: GERGELY 2010.

### 2.2.1. Biomassza felhasználás

A biomassza – kis energiasűrűsége miatt – többnyire csak a keletkezési helyhez közeli felhasználásra alkalmas. Felhasználásánál a környezet- és természetvédelmi előírásokra is tekintettel kell lenni.

RÉCZEY (2007) szerint egy biogáz üzem ott gazdaságos Magyarországon, ahol

- nagyüzemi állattenyésztési ágazat működik,
- van a közelben nagyobb település, ahol még nem megoldott a környezetre káros szerves hulladék elhelyezése, vagy olyan ipar, melynek szerves hulladéka kármentesíthető,
- „biotrágya” elhelyezésére elegendő a mezőgazdasági terület,
- stabil, jövedelmező beruházás, mely hitelképes.

A biogáz előállításának alkalmazási lehetőségeit HÓDI (2006) három különböző tevékenység köré csoportosítja:

- a hulladéklerakás, -ártalmatlanítás (szilárd hulladék => depóniagáz),
- a szennyvízkezelés (kommunális szennyvíziszap => biogáz)
- és a mezőgazdasági vagy élelmiszeripari melléktermékek, hulladékok hasznosítása (vegyes alapanyag-bázis => biogáz).

A fenti tevékenységek közül az utóbbi csoportot KOVÁCS és FUCHSZ (2007) tovább bontotta:

- Állati hulladékokat kezelő regionális üzemekre
- Állattartó telepekhez telepített biogáz üzemekre
- Növényi eredetű hulladékokat és energianövényeket feldolgozó biogáz üzemekre
- Bioetanol-biogáz komplexumokra.

A biomassza felhasználásának előnyei

- Csökken a gazdaság importfüggősége. (Hazánk energiaszükségletének kb. 70 százalékát jelenleg külső forrásból szerzi be.)
- Folyamatos energiatermelést biztosít.
- Csökken a környezetszennyezés (kevesebb CO<sub>2</sub> kibocsátás, az üvegházhatás csökkentése a Kyotói Klímaváltozási Keretegyezményben vállalt csökkentés teljesítéséhez).
- Csökken a mezőgazdasági termékek (élelmiszeripar) túlkínálata. (A magyar mezőgazdaság az EU tagsággal olyan piacra került, ahol hatalmas termékfelesleg van. A közös mezőgazdasági politika egy irányba változhat ennek megfelelően: a mezőgazdasági termelésből kieső területeket úgy kell hasznosítani, hogy az azon előállított termék ne az eladhatatlan termékfelesleget növelje. Az egyik hasznosítási

lehetőség a nem élelmiszercélú termékek termelése, azaz az energetikai alapanyagok előállítására.)

- Javul a vidéki lakosság jövedelemszerző képessége.
- Javul a környezet állapota.
- Bárhol rendelkezésre állhat, nincs kötve lefolyóhoz.
- Felhasználja a mezőgazdasági hulladékokat.
- Egy adott helyen nem igényel nagy beruházást a felhasználása.
- Hatékony jogi szabályozás esetén viszonylag olcsón előállítható.

A biomassza energetikai felhasználását gátló tényezők

- Sűrű és magas kiépítettségű gázvezeték hálózat.
- Drága berendezések, hosszú megtérülési idő.
- Biomasszához tárolótér-igény.
- Drága szállítás.
- Munkaigényes technológia.
- Beruházási forrás és az állami támogatás kevés.
- Ismerethiány.
- A biomassza jövőbeni ésszerű hasznosításában a hosszabb távú gondolkodás, a fenntarthatóság, a hatékonyság, decentralizáció, diverzifikáció érvényesítése, az újabb eljárások (másodlagos generációs üzemanyagok, lignocellulóz, mező-, erdőgazdasági melléktermékek és hulladékok hasznosítása), az érdekek, célok harmonizálása ajánlatos, az élelmiszer-ellátás biztonsági és a klímaváltozás (légműködés, alkalmazkodás) igényeinek kielégítésével.

A biomassza - mint energiahordozó – jellemzői

- megújulása a fotoszintézisnek köszönhető,
- az energia tárolása azáltal valósul meg, hogy a fotoszintézis során a növényekben létrejövő szerves anyagokban kémiai energia formájában raktározódik el a napfény energiája,
- az energetikai hasznosítást úgy lehet megvalósítani, hogy nem növeljük a légköri széndioxid mennyiségét,
- nagyban elősegíti az ásványkincsek megőrzését,
- jelentősen kisebb a káros anyag emisszió (CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>x</sub>) a fosszilis energiahordozókhoz képest,
- az élelmiszer-túlermelés következtében felszabaduló földterületek reális alapot adnak a racionális hasznosításnak,
- kedvező hatással van a vidékfejlesztésre, a munkahelyteremtésre.

A decentralizált energiatermelés főleg vidékfejlesztési szempontból (munkahelyteremtés) fontos. Ma még a biomasszát hasznosító rendszerek széleskörű elterjedéséhez és használatuk elősegítéséhez állami segítség (adókedvezmények, támogatások) szükséges. A döntéseknél egyszerre kell vizsgálni a hatékonyság, a fenntarthatóság és a lokális gazdaságfejlesztés szempontjait (POPP – POTORI 2011).

## 2.2.2. Villamos energia átvételi rendszerek

3. táblázat: A KÁT és a METÁR rendszer összehasonlítása

Régi KÁT rendszer problémái		Új METÁR rendszer alapelemei
Egyoldalú áramátvételi támogatás, nem ösztönözte a hőtermelést	→	Kombinált hő- és villamos energiatámogatás – a hasznos hőtermelés támogatása
Nem veszi figyelembe a fenntarthatóságot, „erdők eltüzelésére” ösztönözhet	→	Szigorú fenntarthatósági kritériumok bevezetése az erdészeti biomasszára
Fenntarthatósági problémák a túlzott méretű biomassza erőművek miatt	→	Energiaforrás típusonként felső mérethatár (biomassza 10 MWe, távhő esetén 20 MWe)
Közel egységes alapár minden termelőre, nem alkalmas a differenciálásra, pazarló	→	Technológiánként, mérethatáronként megkülönböztetett differenciált átvételi ár
A támogatás mértéke és feltételrendszere nem tükrözi a nemzetgazdasági célokat	→	Nemzetgazdasági szempontok alapján kiegészítő bónuszok alkalmazása (LHH)
Nincs előre garantált átvételi időtartam	→	Egységes (15 év) futamidőre nyújtott támogatás
Alacsony hatékonyságú energiatermelés néha csupán 20-30%	→	Hatékonysági minimum követelmények felállítása
Térségi fenntarthatóságot nem veszi figyelembe	→	Térségi fenntarthatósági kvóták meghatározása
Fogyasztói árakra gyakorolt hatást nem veszi figyelembe	→	Kétéves ciklusokra bontott kiosztási kvóták meghatározása

Forrás: METÁR 2011.

A METÁR mielőbbi hatályba helyezése azért is fontos, mert az egyéb tényezőkön kívül normatíve – mindenki számára egyformán – határozza meg az erőmű létesítés és az üzemelés támogatását feltehetően hosszabb távra (3. táblázat). Az EU-ban alkalmazott támogatásokat a 4. táblázat foglalja össze.

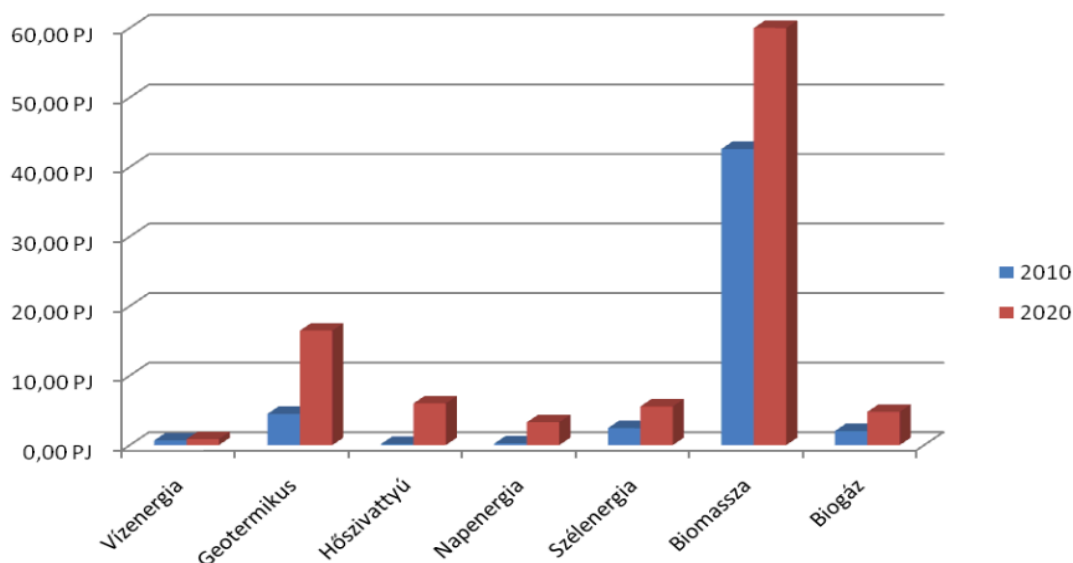
4. táblázat: A villamos energia, a fűtés és a közlekedés (bio-üzemanyagok) terén alkalmazott tagállami támogatási eszközök

		AT	BE	BG	CZ	DE	FR	GR	HU	IT	NL	PL	RO	SK	UK
Villamos energia	Betáplálási tarifa	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X
	Felár				X						X				
	Kvóta kötelezettség		X							X		X	X		X
	Beruházási támogatás		X		X			X	X						
	Adómentesség		X					X			X	X		X	X
Fűtés	Adójellegű ösztönzők			X		X					X	X			
	Beruházási támogatás	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Adómentesség	X	X				X	X		X	X				X
Közlekedés	Adójellegű ösztönzők			X		X	X								
	Kvóta kötelezettség	X		X	X	X	X				X	X	X	X	X
	Adómentesség	X	X		X	X	X		X*	X		X	X	X	X

\* Az Országgyűlés 2011. novemberében elfogadta az adótörvények módosítását, amelynek értelmében a bioetanol jövedéki adómentessége megszűnt.

Forrás: A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak megújuló energia: A 2020-ra szóló célkitűzés teljesítése terén tett előrehaladás





17. ábra: Megújuló energiámmennyiség (PJ)

Forrás: Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve, 2011.

Az irodalmi adatok a hulladékból termelt biogáz foglalkoztatási hatását tartják a legnagyobbknak. Az EU tagállamaiban, 2009-ben már 6 ezer biogáz üzem működött. Magyarországon 2010-ig 15 mezőgazdasági biogáz üzem létesült 1 MW teljesítménnyel. Hazánkban a szilárd biomassza a legnagyobb mértékben hasznosított megújuló energiaforrás. Erre utal MAGDA (2010) is, a biogázt és a biomasszát tartva kiemelkedően fontosnak Magyarországon és az EU-ban is. (17. ábra)

Az egyes megújuló energiatermelési rendszerek foglalkoztatási hatását a 5. táblázat mutatja be.

5. táblázat: Az egyes megújuló energiatermelési rendszerek foglalkoztatási hatásai

Megújuló energiatermelési rendszer		Alapanyagtermelés, feldolgozás és szállítás	Infrastruktúra és üzemeltetés	Összesen
Biogáz silókukoricából	Összes munkaóra teljes életciklusra és 1 MW-ra	125	57	182
Biogáz hulladékból		180	57	237
1 MW közösségi fűtőmű, apríték		60	19	79
Bioetanol		3	10	13

Forrás: KOHLHEB et al., 2010.

A kormányzat 10 év alatt egy millió munkahelyet tervez létrehozni. A zöldfoglalkoztatási programok eredményeképpen –a Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terv szerint – mintegy 150–200 ezer új (ennek keretében a megújuló ipar mintegy 70-80 ezer) tartós munkahely létrejötte várható. A jelenlegi tapasztalat szerint szóban és ígérettel mindenki szükségszerűnek tartja a megújuló növelését, a megvalósításban már visszafogottabbak. Lásd ÁFA-val és jövedéki adóval, valamint a támogatással kapcsolatos központi intézkedések. Szerintünk elsősorban a biomassza-hulladék potenciált kellene maximálisan – helyi égetőkben – a keletkezés helyén kihasználni. A megújuló energiaipar kiépítése napjaink feladata.

Az alábbi 6. táblázat és 18. ábra bemutatja, hogy az Európai Unió tagországaiban mely támogatási eszközöket alkalmazzák a megújuló energia alapú villamosenergia-termelés ösztönzésére, a következő táblázat pedig a nagyobb differenciálást eredményező „finomhangolási módozatok” választékát, ill. gyakorlatát szemlélteti.

6. táblázat: Összefoglaló táblázat az egyes megújuló energiaforrás típusok ösztönzéséről az EU tagállamokban

Ország	Víz	Szél	Biomassza	Biogáz	Nap (PV)	Egyéb (pl. geotermia)
Ausztria	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Belgium	FZB	FZB	FZB	FZB	FZB	FZB
Bulgária	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Ciprus	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Csehország	FIT/ZPR	FIT/ZPR	FIT/ZPR	FIT/ZPR	FIT/ZPR	FIT/ZPR
Dánia	FIT	ZPR	ZPR	FIT/ZPR	FIT	FIT
Észtország	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Finnország	TÁM	TÁM	TÁM	TÁM	TÁM	TÁM
Franciaország	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Németország	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Görögország	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Magyarország	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Írország	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Olaszország	FIT/FZB	FIT/FZB	FIT/FZB	FIT/FZB	FIT	FIT/FZB
Lettország	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Litvánia	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Málta	TÁM	TÁM	TÁM	TÁM	TÁM	TÁM
Hollandia	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Lengyelország	FZB	FZB	FZB	FZB	FZB	FZB
Portugália	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Románia	FZB	FZB	FZB	FZB	FZB	FZB
Szlovákia	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Szlovénia	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Spanyolország	FIT/ZPR	FIT/ZPR	FIT/ZPR	FIT/ZPR	FIT/ZPR	FIT/ZPR
Svédország	FZB	FZB	FZB	FZB	FZB	FZB
Egyesült Királyság	FZB	FZB	FZB	FZB	FZB	FZB

Forrás: European Renewable Energies Federation: Prices for Renewable Energies in Europe, Report 2009.

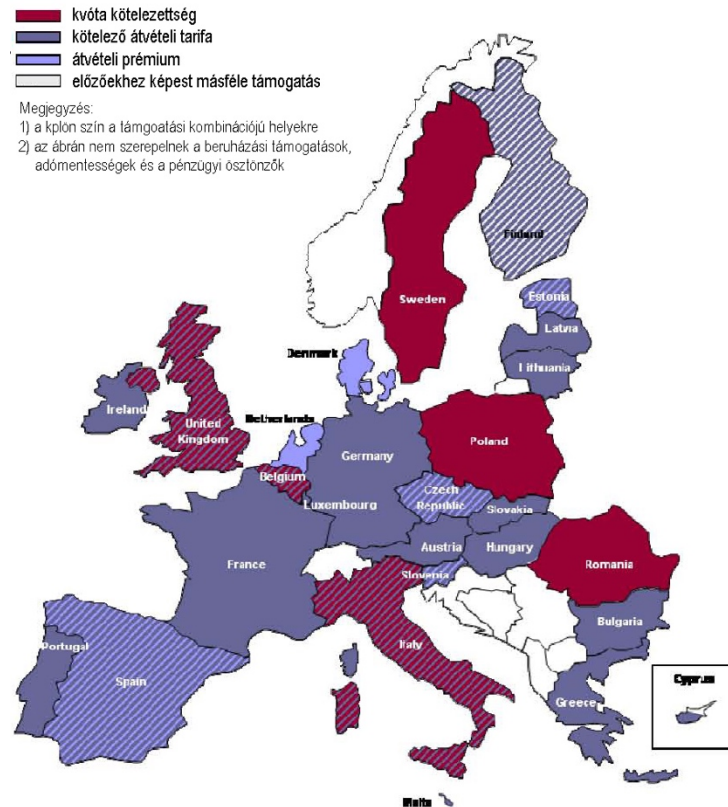
Rövidítések:

FIT: feed-in tariff (garantált áras kötelező átvétel)

FZB: forgalmazható zöld bizonyítvány

ZPR: zöld prémium

TÁM: beruházás támogatás



18. ábra: Az európai tagállamok megújuló villamosenergia-átalakítóinak támogatási rendszerei (RES-E)

Forrás: [http://www.metar.hu/NFM\\_11975\\_METAR\\_koncepcio.doc](http://www.metar.hu/NFM_11975_METAR_koncepcio.doc)

### 2.2.3. Biogáz előállítás

A biogáz a lekötött szén elgázosodásából keletkezik a széntartalmú anyagok bontása során. Lényegében mindentől nyerhető, aminek az alapja szénhidrát, szerves zsír vagy fehérje.

A biogáz termelés során felhasznált alapanyagok a következők:

- fás vagy lágyszárú növényzet,
- mezőgazdasági hulladék,
- állati trágya,
- állati hulladék (tetem),
- szennyvíz,
- kommunális hulladék szerves része.

A biogáz képződés a természetben a szerves anyagok anaerob bomlása közben végbemenő rendszeres folyamat. A biogáz erőművekben ugyan ez zajlik le. A fermentorokban a természetes úton is bekövetkező kémiai folyamatot idézik elő és teszik egyenletesebbé, ami felgyorsítja, javítja ezzel a rothasztás eredményének hatásfokát.

A cél a lehető legnagyobb metántartalom elérése a szerves anyagokban lekötött szén elgázosodási folyamata alatt, ennek érdekében a reaktorban lezajló kémiai folyamatokat rendszeresen kell vizsgálni. A gáz előállításáért a baktériumok aktivitása a felelős, illetve az anyagok lebontásában néhány gomba és alacsonyabb rendű állati szervezet is részt vesz.

A 7. táblázat ismerteti a szubsztrátumokat, a belőlük nyerhető gázhozamot és metán tartalmat.

7. táblázat: Szubsztrátumok, belőlük nyerhető gázhozam és metán tartalom

Alapanyag	Száranyag tartalom (%)	Biogázhozam (m <sup>3</sup> /t)	Metán tartalom (%)
<u>Allati trágyák</u>			
Marhatrágya	25-30	40-50	60
Sertétrágya	20-25	50-60	60
Baromfi trágya	30-35	70-90	60
Marha hígrágya	8-11	20-30	60
Sertés hígrágya	7-8	20-35	60-70
<u>Szántóföldi növények</u>			
Silókukorica	20-35	170-200	50-55
Kalászos növény	30-35	170-220	55
Cukorrépa	23-25	170-180	53-54
Répalével	16-18	70-80	54-55
<u>Élelmiszeripari melléktermék</u>			
Melasz	80-90	290-340	70-75
Szőlőtönköly	40-50	250-270	65-70
Gyümölcstönköly	25-46	250-280	65-70
Sörtönköly	20-25	100-130	59-60
Gabona szeszmoslék	6-8	30-50	58-65
<u>Kommunális hulladék</u>			
Konyhai élelmiszer-hulladék	9-37	50-480	45-61
Szennyvíziszap	5-24	35-280	60-72
Zöldnyesedék	10-12	150-200	55-65

Forrás: HAJDÚ (2009)

A biogáz termelése során lezajló mikrobiológiai folyamatot a kutatók eltérő számú részekre bontják. Az első megközelítés szerint 3 lépésre lehet bontani, melyek egymásra épülnek és természetes körülmények között szétválaszthatatlanok. Az első lépés a hidrolízis, amelyben az enzimek bontják alkotóelemeire (polimer láncokra) a szerves anyagot, amiket a hidrolizáló baktériumok tovább darabolnak. Második lépésben az acetogén baktériumok a szacharidokat, zsírsavakat, ecetsavakat és az illó szerves savat alakítják át acetáttá és hidrogénné. A harmadik szigorúan anaerob körülmények között végbemenő lépés, amikor a metanogén mikroorganizmusok metán és széndioxid keveréket, biogázt állítanak elő. Az energetikai célra előállítható biogáz mennyiségre tehát a baktériumok táplálékláncának aktivitása van hatással. (BAGI 2008, BAKOSNÉ 2013) Véleményem szerint helytállóbb a négy lépéses megközelítés.

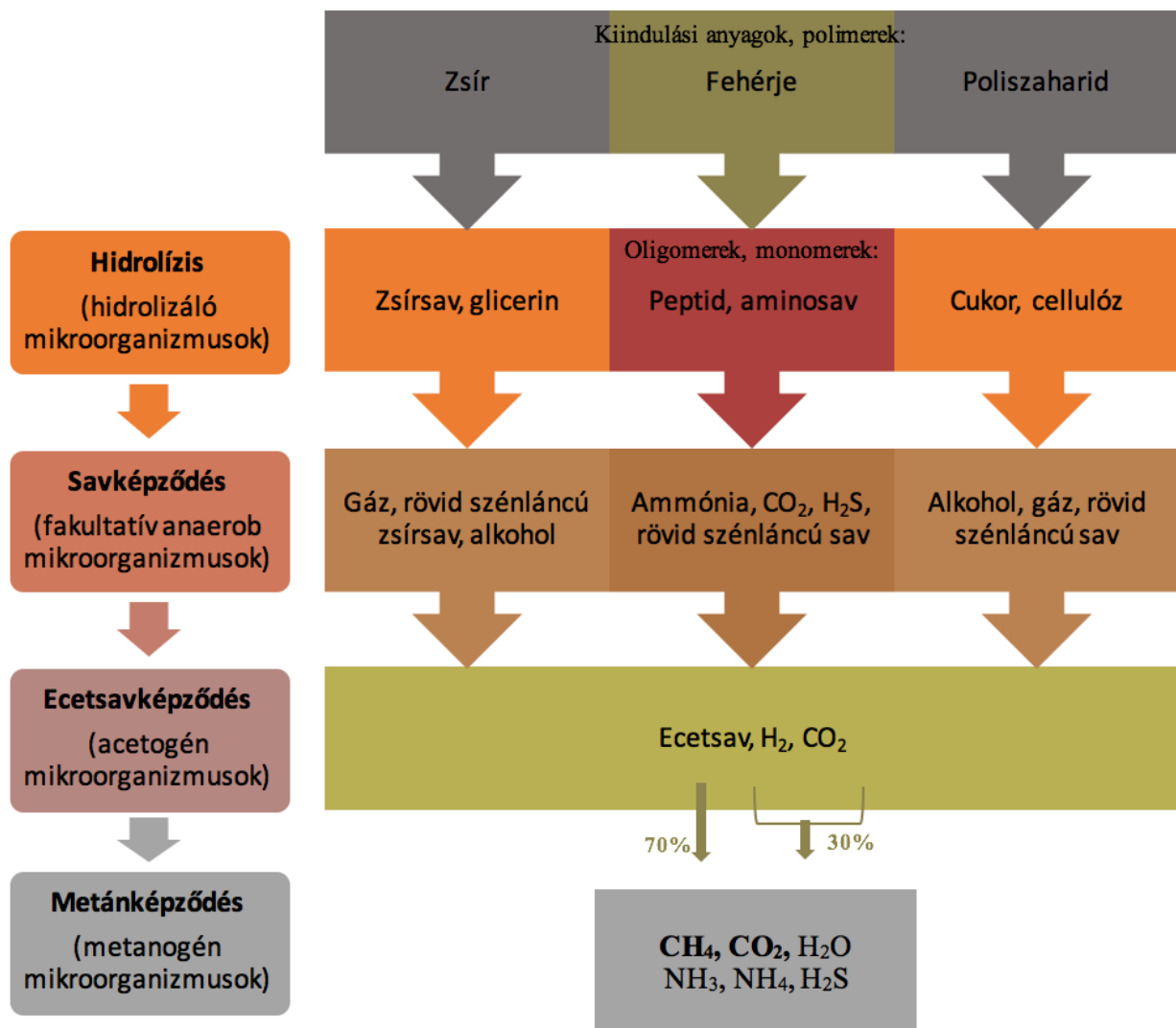
A folyamat optimális lezajlásához szükséges feltételek az alábbiak:

- oxigénmentes környezet,
- állandó  $t = 20-30$  °C feletti hőmérséklet,
- 50% feletti nedvességtartalom,
- pH = 7~7,5,
- megfelelő C/N arány,
- lehetőség szerint fénytől elzárt környezet.

Tovább folytatom a kutatók értelmezésének ismertetését. FELFÖLDI (1981), PESTI és GAZDAG (2005) megközelítése szerint a biogáz a metanogén mikroorganizmusok anyagcseretermékeként jön létre a szerves biomassza bomlásakor és a metánfermentáció két lépésben megy végbe. Az első fázisban különféle fakultatív és obligát anaerobikus baktériumok a szerves anyagok fehérje-, szénhidrát- és zsírtartalmát hidrolízissel és fermentálással zsírsavakká alakítják (savképzők). A második lépésben a szigorúan anaerobikus metánképzők

(Methanobacterium, Methanobacillus, Methanococcus és Methanosarcina fajok) ezeket a zsírsavakat hasznosítják: széndioxidot és metánt termelnek belőlük kétféle reakció kapcsán. A biológiai metán-termelést KLEIN-WINTER (2000), HELMECZI (2005), KOVÁCS-BAGI (2007), illetve PETIS (2007) szerint lényegében három mikrobiológiai tevékenység köré csoportosíthatjuk, amelyek egymásra épülnek és ezért természetes körülmények között nem lehet ezeket egymástól függetleníteni. Hulladékok esetében a lebomlás folyamata CHRISTIENSEN-KJELDSEN (1989) szerint öt jellegzetes fázisra osztható fel. BÖRJESSON-MATTIASSON (2007) szerint a biomasszából előállítható biogáz egy komplex, kevert mikroba populáció által katalizált, három különböző biotechnológiai folyamat során (melyet négy lépésre oszt) létrejövő gáz. Az anaerob fermentációt számos további szerző osztotta fel 4 lépésre (BITTON 1994; KARPENSTEIN-MACHAN 2005; DUEBLEIN-STEINHAUSER, 2008, MÉZES 2007). A fermentációs folyamat a 19. ábrán a négy fázisra osztó elméletek alapján kerül bemutatásra.

1. Hidrolízis: komplex makromolekulák lebomlása monomerekre
2. Savképződés fázisa: oldható monomerek átalakulása illékony zsírsavakká
3. Acetogén fázis: ecetsav képződés
4. Metanogén fázis: ecetsavból vagy hidrogénből és szén-dioxidból történő metán-termelődés



19. ábra: Az anaerob fermentáció mikrobiológiai folyamata

Forrás: Saját szerkesztés (KISARI 2017, MÉZES 2007, ÖLLŐS 1991, BÖRJESSON-MATTIASSON 2007, DUEBLEIN-STEINHAUSER 2008, PEREIRA 2009 alapján)

A különböző fázisokhoz eltérő mikroba csoportok tartoznak. Ez több tucat mikroorganizmus összehangolt működését jelenti, és minden egyes fajnak meghatározott szerep jut a bonyolult elágazási lehetőségeket is tartalmazó lebontási útvonalban.

1. Hidrolízis: Az anaerob bontás során a kiindulási anyagok a polimerek (fehérje, zsír, poliszaharidok). A folyamat első szakaszában fakultatív anaerob baktériumok lebontják a makromolekuláris szerves anyagokat egyszerűbb vegyületekre, oligo-, monomerekre, mint pl.: egyszerű cukor, aminosav, zsírsav és víz (butirát, propionát, laktát és alkoholok). Hidrolizáló baktériumok: *Clostridium* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. (SCHULZ et al. 1982; BÖHNKE et al. 1993). A sok növényi vázanyag korlátozza a hidrolízis sebességét, így a cellulóz, a hemicellulóz és a lignin felhasználása (KALTSCHMITT-HARTMANN 2001), melyek közül a lignin bontható le legnehezebben. Emellett MÉZES (2007) kiemeli a nehezen feltárható fehérjéket, így pl. a vágóhídi hulladékok közül a baromfi tollat. Ezen hulladékok esetében valamilyen előkezelés alkalmazása javasolt. Ellenben az én javaslatom, hogy a biogáz üzemek mellőzzék a baromfi toll használatát, mivel előkészítése körülményes és költségigényes, és jelentősen növeli a kén mennyiségét, ami további költségeket és problémákat idéz elő.

2. Savképződés fázisa: Következő lépésben a savképző fakultatív és obligát anaerob baktériumok végzik (*Clostridium* spp., *Bacteroides* spp., *Butyrivibrio* spp. (SCHULZ et al. 1982; GRAF 1999; OTTOW 1997)) a további bontási folyamatot, mely során rövid szénláncú szerves savak, PESTI-GAZDAG (2005) megfogalmazása szerint C1-C5 molekulák (vajsav, propionsav, acetát, ecetsav), alkoholok, hidrogén és szén-dioxid képződnek (BITTON 1994; KLEIN-WINTER 2000; HELMECZI 2005). KOVÁCS-BAGI (2007) kiegészítik, hogy a baktériumok mellett, hogy hidrogént állítanak elő nagyon érzékenyek a hidrogén koncentrációra, ezért nagyon fontos, hogy a hidrogéntermeléssel arányos legyen a felhasználás. SZABÓ (1999) szerint csökken a szulfátkoncentráció a folytatódó szulfátredukció révén. A zsírsavak átalakulása a pH és alkalitás (lúgosság) növekedésével jár, ami a kalcium, a vas, a mangán és a nehézfémek oldhatóságának a csökkenését vonja maga után, amelyek később valószínűleg szulfidokként csapódnak ki. Továbbra is szabadul fel ammónia, ami az anaerob környezetben nem alakul.

3. Acetogén fázis: PESTI-GAZDAG (2005) megfogalmazása alapján az acetogén baktériumok az előbbieik anyagcsere-végtermékeit a metanogén baktériumok számára alkalmas szubsztrátokká alakítják. Zsírsavak és egyéb szerves savak képződnek, melyek közül a metántermelés szempontjából a legfontosabb az ecetsav. Ebből készítenek ecetsav- baktériumok acetátot, szén-dioxidot és hidrogént (EDE-SCHULZ 2006; KOVÁCS-BAGI 2007; DUEBLEIN-STEINHAUSER 2008). KOVÁCS-BAGI (2007) ezen állításhoz hozzáfűzi, hogy az acetogének nagyon sokfélék és a környezeti hatásoknak általában ellenállóak. Ez érthető is, hiszen sokféle tápanyagot tudnak hasznosítani, ami a túlélési esélyeiket lényegesen növeli. Acetogén baktériumok: *Clostridium* spp. *Eubacterium* spp. (SCHULZ et al. 1982; KLEEMANN-MELIB 1993; WENZEL 2002).

4. Metánképződés fázisa: A folyamat utolsó és egyben legérzékenyebb lépésében a metanogén mikroorganizmusok (archaeabaktériumok) hatására bekövetkezik a metán-, szén-dioxid- és vízképződés (Bitton, 1994). KOVÁCS-BAGI (2007), DUEBLEIN-STEINHAUSER (2008) megállapították, hogy a természetes úton képződő metánmennyiség kb. 70%-a acetátból, míg KLEIN-WINTER (2000), FUCHS et al. (2009), hogy 30%-a H<sub>2</sub> és CO<sub>2</sub>-ből keletkezik. SZABÓ (1999) hozzáfűzte, hogy a gázképződés 50-60% metántartalomnál stabilizálódik, ami a zsírsavak és a hidrogén alacsony szinten történő tartását eredményezi. Tapasztalatom ellenben, hogy a metán képződés 60% felett is tud stabilizálódni. A metanogének a mikroorganizmusok különleges, legősibb fejlődési vonalához tartoznak, amelyeket Archaeának nevezünk (KOVÁCS-BAGI 2007), ősi kemolitotróf autotróf baktériumok. PESTI-GAZDAG (2005) könyvében a metanogén baktériumokat, sejtmorfológiai alapon négy genuszra osztotta: *Methanobacterium*, *Methanococcus*, *Methanosarcina* és *Methanospirillum* (MÉZES 2007). BAGI (2008) a kb. 50 metanogén törzset 3 osztályba és 4 családba osztotta (8. táblázat).

## 8. táblázat: Metanogén baktériumok rendszerezése

Osztály	Család
Methanobacteriales	Methanobacteriaceae
Methanococcales	Methanococcaceae
Methanomicrobiales	Methanomicrobiaceae
	Methanosarcinaceae

Forrás: BAGI 2008

A metanogenezis a meghatározó mikrobiológiai folyamat az egész biogáz-termelés sebességét tekintve. MÉZES (2007), KOVÁCS-BAGI (2007). A metanogének szaporodási sebessége a leglassabb és érzékenyséjük is rendkívüli a környezeti feltételek változásaira. A ma ismert baktériumok közül a metánbaktériumok a legérzékenyebbek az oldott oxigénre, annak már kis mértékű jelenléte is káros hatású a számukra. További veszélyt jelent az alacsonyabb pH érték, a pH változása, a hőmérséklet-ingadozása, az illékony savak koncentrációja. Morfológiai szempontból heterogének, kémiaiilag homogének és erősen tápanyag specifikusak, utóbbi állításokkal PETIS (2007) és BAGI (2007) is egyetértettek. Nagyon fontos, hogy a tápanyag mennyisége és a szaporodásuk egyensúlyban legyen, ugyanis természetes körülmények között a szakaszok térben nem különülnek el, mivel a mikroorganizmus csoportok egymás anyagcsere termékéből táplálkoznak. Az egyensúly fennmaradáshoz biztosítani kell az optimális fermentációhoz szükséges feltételeket (PETIS 2007; KOVÁCS-BAGI 2007). EDER-SCHULZ (2006) szerint a kétféle folyamat esetében ez két szakaszban játszódik le. Az első részben keletkező gáz nagyrészt szén-dioxidból és egyéb energetikailag használhatatlan gázokból áll, és emiatt már itt el lehet távolítani ezeket. A második részben termelődő gáz metántartalma már nagy, általában 50-80%. Ennek a folyamatsornak két kritikus pontját emelném ki, az egyik a nehezen bontható hulladékok miatt a hidrolízis időtartama, a másik a metanogén mikroorganizmusok érzékenysége miatt a metántermelés stabilitása. A vetélytárs mikroorganizmus populációk és az általuk termelt vegyületek a metanogén közösségek működését gátolhatják. Az anaerob környezetben szintén megtalálható denitrifikáló baktériumok és a szulfátredukálók különösen veszélyesek, hiszen jól versengenek a metanogén mikrobákkal az energiaforrásért, illetve számukra káros közti termékeket termelnek (KOVÁCS-BAGI 2007). A szulfát koncentráció megemelkedése az anaerob reaktorban a szulfátredukáló törzsek elszaporodását okozza. Növekedésükhöz hidrogénre van szükség és hidrogén-szulfidot állítanak elő. Jellemzően versengés, kompetíció alakul ki a két mikroba típus között, mivel mind a metanogén, mind a szulfát redukáló törzseknek hidrogénre van szükségük anyagcsere folyamataik fenntartásához. Az alacsony ecetsav koncentráció arra utal, hogy a szulfátredukáló törzsek kerültek előnybe, ekkor az anaerob fermentorban a hidrogén-szulfid szint megemelkedik és gátolja a biogáz képződés folyamatát, emellett korrozív hatást is kifejt (BAGI 2008, MÉZES 2007).

Az alapanyagokat különböző jellemzőikből eredően javasolt aprítás és homogenizálás után eljuttatni az erjesztő tartályba. A fermentorokban biztosíthatónak kell lenni a fent említett körülményeknek. Az anaerob térben lezajló bomláshoz szükséges az állandó hőmérséklet és a szakaszos vagy a folyamatos keverés. Energetikai szempontok alapján a biogáz gazdasági értékét a metántartalom százalékos értéke határozza meg. Jellemzően kb. 55-70%-os metántartalommal rendelkezik a biogáz, míg a földgáz közel 100%-os. A gáz összetételét és a metántartalmat főleg a receptúrában lévő alapanyagok határozzák meg. A hatékonyság, az energia kihozatal növelhető elő- és utófermentorok sorba állításával. Beszélhetünk 30–35 °C-os ún. mezofil hőmérsékletű fermentorokról, illetve 50–55 °C-os ún. termofil fermentorokról is. Az alapanyagok különböző termikus, vegyi és mechanikus előkezelési eljárásai vagy azok kombinációi elősegítik a biogáz képződését. Ezen mechanikai és kémiai módszerek a szilárd részecskék méretének csökkenésével, a fajlagos felület növelésével kívánják a hidrolízist gyorsítani. (BAI 2007) Mivel a mikrobák szaporodásának és a biogáz képződésének az időigénye nagy, a folyamat lassan, több

hét alatt megy végbe és az alapanyagok függvényében a bomlás üteme változhat. Az állati eredetű anyagok lebomlási ideje 8–20 nap, addig a cellulóz alapú anyagoké közel 40–50 nap is lehet. A folyamat időtartamával megegyezően alakul a gáztermelés értéke is. A gyorsan lebomló anyagok jellemzője, hogy arányos idő alatt nagyobb mennyiségű gázt termelnek. (PETIS 2011) (MÉZES 2007) Fontos a megfelelő receptúra kialakítása, mivel a gáztermelés több komponensű biomasszával kiegyensúlyozottabban biztosítható.

Települési hulladékhasznosításra EU-s példaként említendő Dánia célkitűzése 100.000 t biológiailag bontható települési hulladék hasznosítás a biogáz üzemekben.

Kofermentáció trágyával, a már működő 20 biogáz üzem volt az elsődleges célpont. 2002-ben 50.000 t OFMSW hasznosítás 9 biogáz üzemben. 10%-ban adták hozzá a bemenő anyagokhoz. Trágya biogáz kihozatala 20-30 m<sup>3</sup>/t (friss tömeg), az OFMSW kihozatala 100 m<sup>3</sup>/t felett van. OFMSW tulajdonságai: alacsony víztartalom és pH, összetétele, könnyen bontható szerves anyag aránya évszakonként, területenként változó. Szennyezőanyagok: xenobiotikumok, nehézfémek. (KALTSCHMITT-HARTMANN 2001, WATER RESEARCH 2005)

A települési szilárd hulladék biológiailag lebontható frakcióját bizonyítottan érdemes biogáz-üzemekben ártalmatlanítani, hasznosítani:

- csökken a lerakott hulladék mennyisége,
- csökken a metán emisszió,
- a termelt biogáz értékes energiahordozó,
- a kiejert fermentlé mezőgazdasági területeken való elhelyezésével a szerves anyag visszakerülhet a termőföldekre.

KIVÉTEL: magas szárazanyag tartalmú és nehezen lebomló hulladékok (lomb, nyesedékek)

#### 2.2.4. Biogázhozamot befolyásoló tényezők

9. táblázat: A biogáz előállítás feltételei

Srsz.	Biogáz előállítás feltételei	Forrás:
1.	oxigénmentes (anaerob) környezet	Graf, 1999; Schulz et al., 1982
2.	kémhatás: - 6,5-7,5 - 6,5-8,1 - 6,5-8,5 - 7-7,6 - 7-8,5	Deublein, 2008 Graf, 1999 Bánhegyi, 1993; Bagi, 2007 Kaltwasser, 1983 Bai, 2007
3.	állandó és kiegyenlített hőmérséklet szükséges: - mezofil: 32-43 °C - termofil: 50-58 °C	Kaltwasser, 1983; Bánhegyi, 1993; Deublein, 2008
4.	a különböző tápelemek (C, N, P) megfelelő aránya: - C/N arány: 20-30:1 - C/N/P nem hidrolizált anyag: 80-250:5:1 - C/N/P illó zsírsavak: 330:5:1 - C/N/P/S arány: 500:15:5:3 - C/N/P/S arány: 600:15:5:1	Karpenstein-Machen, 2005; Parkin és Owen, 1986; Malik et al., 1987; Bardiya és Gaur, 1997. Fuchs et al., 2009 Fuchs et al., 2009 Deublein, 2008 Weiland, 2001
5.	mikroelemek: Ni, Co, Mo, Zn, Mn, Cr mikroelemek: Ni, Co, Mo, Se	Fuchs et al., 2009 Deublein, 2008
6.	toxikus (mérgező) vegyületek (H <sub>2</sub> S/HS, NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> , O <sub>2</sub> )	Kaltschmitt és Hartmann, 2001
7.	tartózkodási idő biztosítása (elegendő térfogat)	Gruber, 2007; Kárpáti, 2002
8.	- 50% < víztartalom - 30% > szárazanyag-tartalom	Bagi, 2007 Deublein, 2008
9.	biodegradálható szerves anyagban gazdag környezet	Van der Berg és Kennedy, 1983; Kovács és Bagi, 2007; Yadvika et al., 2004
10.	a szerves biomassza azonos időben, azonos mennyiségben és minőségben történő betáplálása	Petis, 2004; 2007
11.	megfelelő keverés biztosítása, minél nagyobb felület a baktériumok számára	Angelidaki és Sanders, 2004; Kárpáti, 2002.

Forrás: MÉZES 2007



A biogáz üzemben bizonyos a paraméterek - így főleg pH, hőmérséklet, szervesanyag-terhelés mértéke - vezérlése és ellenőrzése elengedhetetlen. Drasztikus változásuk hátrányosan befolyásolja a biogáz-termelést (9. táblázat). Ezeket a paramétereket kívánatos tartományban belül kell működtetni, ill. tartani ahhoz, hogy a biogáz üzem hatékonyan tudjon működni (YADVIKA et. al, 2004). BAI (2007) az alapanyaggal szemben támasztott követelményeket a nedves eljárásnál alap és kiegészítő követelményekre osztotta fel. Az alapkövetelmények közé a homogenitást, a magas szervesanyag-tartalmat, a szivattyúzhatóságot és a szárazanyag tartalmat (10% alatt), és az alapanyagban levő szárazanyag részek méretét (lehetőleg 5 mm alatt) sorolta. Kiegészítő követelményként a kémhatást (pH) és a C/N arányt említette meg. KARPENSTEIN-MACHEN (2005) a hidrolízis és a metántermelés fázisára is külön határértékeket határozott meg (10. táblázat).

10. táblázat: Az anaerob fermentáció előfeltételei

Befolyásoló tényezők	Hidrolízis	Metántermelés
Hőmérséklet	25-30°C	Mezofil: 32-42°C Termofil: 50-58°C
pH-érték	5,2-6,3	6,7-7,5
C/N érték	10-45	20-30
Szárazanyag-tartalom	< 40%	< 30%

Forrás: MÉZES 2007 és KARPENSTEIN-MACHEN 2005 nyomán

Potenciálisan toxikus anyagok a nehézfémek, a legtöbb anaerob mikroorganizmus fajtára már kis koncentrációjuknál is toxikusak. Ennek ellenére az anaerob reaktorokban nem jelentenek különösebb veszélyt, mivel csak oldott formában jelentkeznek a toxicitásuk (KÁRPÁTI 2002). A potenciálisan toxikus anyagok (cink, réz, nikkel vagy higanyok, peszticidek vagy detergensok) jelenléte a reaktorban a gáztermelés lelassulását, vagy leállítását okozhatják (11. táblázat).

11. táblázat: Az anaerob fermentációs folyamatra kritikus mikroelem koncentrációk

Toxikus elemek/inhibitorok	Koncentrációk
Nátrium	6-30 g/l
Kálium	3 g/l <
Kalcium	2,8 CaCl <sub>2</sub>
Magnézium	2,4 g/l MgCl <sub>2</sub>
Ammónium	2,7-10 g/l
Ammónia	0,15 g/l <
Kén	50 mg/l H <sub>2</sub> S<, 100 mg/l S <sub>2</sub> <, 160 mg/l Na <sub>2</sub> S
Nehézfémek	Szabad ionok: 10 mg/. Ni<, 40 mg/l Cu<, 130 mg/l Cr<, 340 mg/l Pb<, 400 mg/l Zn< Karbonát: 160 mg/l Zn<, 170 mg/l Cu <, 190 mg/l CD, 530 mg/l Cr 3-<, 1750 mg/l Fe< Szulfát, vagy semleges formában is előfordulhatnak.
Elágazó szénláncú zsírsavak	Iso-vajsav: már 50 mg/l-től gátol

Forrás: MÉZES 2007 és KALTSCHMITT-HARTMANN, 2001 alapján

A biogáztermelést más folyamatok is károsan befolyásolják, így pl. a magas kén-tartalmú aminosavakat, - melyek pl. vágóhídi hulladékokból származhatnak, így többek között az általunk vizsgált baromfi tollból - a szulfátredukáló mikroorganizmusok hidrogén-szulfátra bontják le (WENZEL 2002). Ha az oldott szulfidok koncentrációja meghaladja a 200 mg/l értéket, a metanogén baktériumok tevékenysége jelentősen lelassul, és a folyamat gyakorlatilag leállhat (LAWRENCE-MCCARTY 1964). A folyamatnak két hátránya van. Egyrészt a reakció hidrogént használ, ami miatt a szulfátredukáló baktériumok közvetlen versengésben vannak a metanogén baktériumokkal, melyek szintén hidrogént, illetve szén- dioxidot használnak a metán előállításához (WENZEL 2002). Másrészt a hidrogén-szulfid toxikus gáz, mely nemcsak az emberek egészségére káros, hanem korrodálja a biogázüzem gázmotorját, megrövidítve ezzel élettartamát (SCHNEIDER et al. 2002). Emellett rontja a biogáz minőségét, így jelentős költségnövelő tényező.

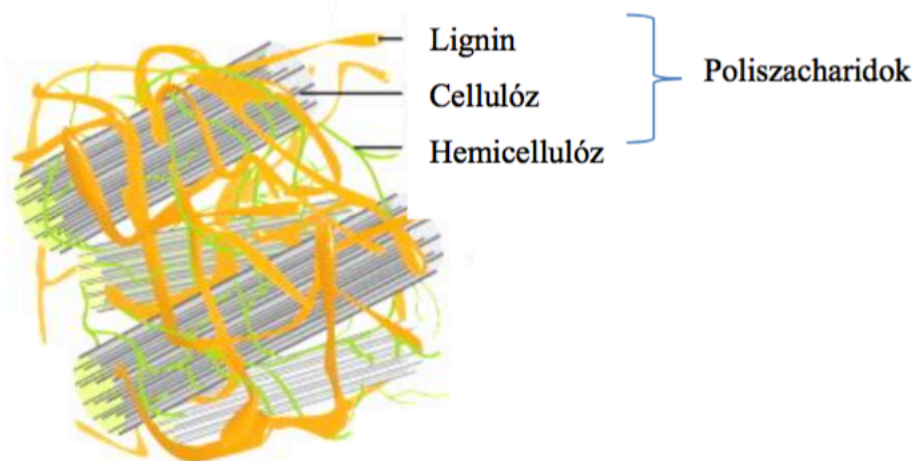
Amennyiben az erjesztésre kerülő anyag nitrogénben gazdag, úgy erőteljes ammonifikáció bontakozik ki, ami káros a biogáz-képződés folyamatára (PESTI ÉS GAZDAG 2005). Az ammónia a rothasztóban a fehérjék deaminálása révén gyorsan keletkezik. A szabad ammóniát sokkal toxikusabbnak találták, mint az ammónium ionot, így az ammónia toxicitása is a rendszer kémhatásának függvénye. 7 fölötti pH-nál jelentkezhethet ez a gyakorlatban (VAN VELSEN 1979).

### 2.2.5. Alapanyag aprítás, előkészítés

A biomassza egy adott pillanatban, valamely élettérben jelenlevő élőlények és szerves anyagok: a növényzet (fitomassza), az állatvilág (zoomassza), az elhalt szervezetek, valamint a szerves hulladék összessége. (BAI 2002)

A biomasszát főleg a lignocellulóz alkotja. A lignocellulóz cellulóz és hemicellulóz poliszacharidokból, valamint az összetartó erős vázszerkezetből, a ligninből áll (ACKER 2010). A lignocellulóz három fő összetevő különbözőségéből eredően heterogén összetételű, jellemzően polimorf – kristályos és amorf –, makrostrukturális. Egyes tulajdonságai a polimerizáció fokától, a felülettől és a lignin eloszlástól függenek (20. ábra).

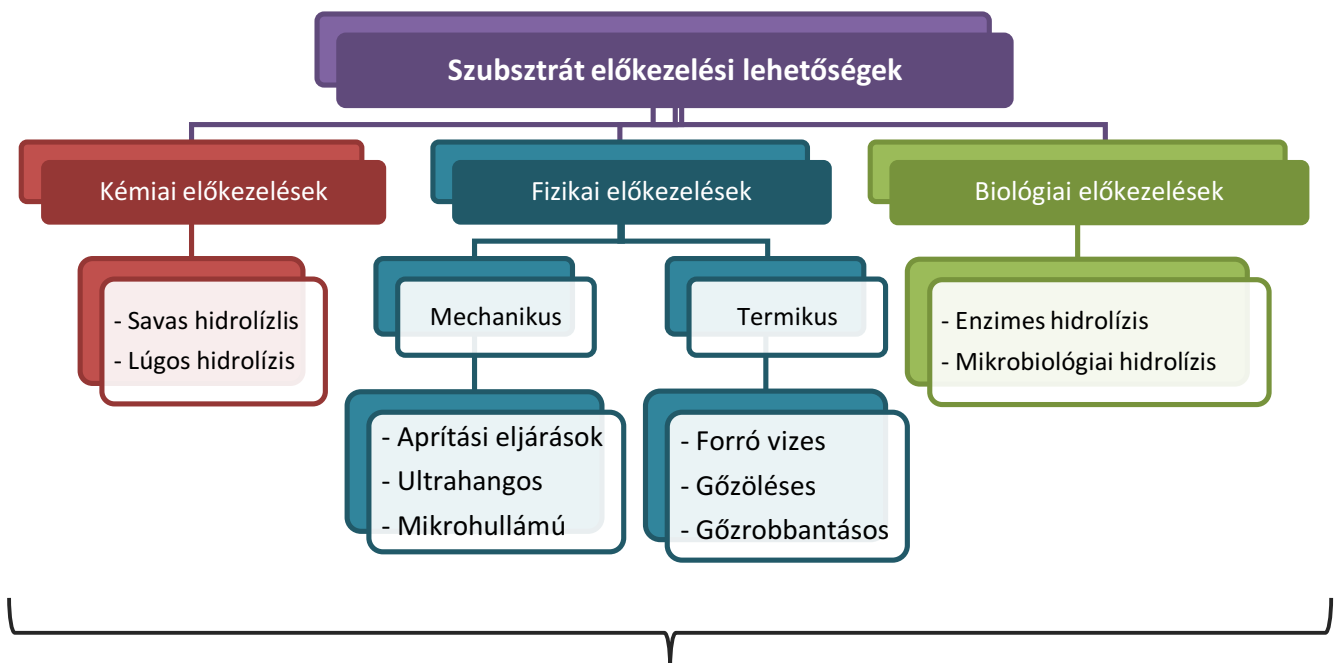
A cellulóz (hosszú D-glükóz láncok egységéből és Béta-1,4-es glikozid kötésekkel felépülő poliszacharid) a magasabb rendű növények a vázanyaga. A növényi sejtfal primer és szekunder részében is jelen van. A cellulóz törzsek együtt jellemzően, úgynevezett cellulóz rostokat vagy cellulóz kötegeket alkotnak. A lignocellulóz fő alkotóelemérő elmondható, hogy stabil, erős képződmény kb. 14 MJ/kg fűtőértékkel rendelkezik.



20. ábra: A lignocellulóz felépítése  
Forrás: ACKER 2010

Az emésztési idő vizsgálata során igazolódott, hogy az aprítási előkezeléseknek jelentős hatásuk van a degradációra, mivel az emésztési időt 23–59%-ban csökkentik, míg a biogáz hozamot 5–25% között növelik. HENDKS (2009), ZENG és társai (2007) által végzett kukoricaszár kísérletek is alátámasztották, hogy a fajlagos felületnöveléssel a degradáció hatékonyabbá tehető. A vizsgálataik során a 53–75 µm szemcsenagyságú szubsztrátum 1,5-ször nagyobb lebomlást produkált, mint a 425–710 µm nagyságú.

A degradáció szempontjából a vízzel történő előkezelések pozitív hatásúak, mivel megnövelik a cellulóz rostok pólusait, növelve ezzel a hozzáférhető felületet is, ellenben a szárítás – a kapillárisok összeszűkülése miatt –, vissza nem fordítható kedvezőtlen hatást fejthet ki. A bontható felület az enzimatis hidrolízis során is módosítható. A rothasztás üteme a degradáció elejétől, ahol jellemzően igen gyors, a későbbi szakaszokban folyamatosan lassul. Ez a csökkenés, amely a hidrolízis későbbi szakaszaiban tapasztalható, elsősorban nem a felület csökkenése miatt következik be. A probléma forrása a cellulóz kristályos részének hidrolízise. Ennek következtében csökkenő rátára kell számítani az amorf cellulóz rész hidrolízisét követő további hidrolízisek során egyaránt (ZENG et al. 2007, SZIGETI et al 2013). Az előkezelési lehetőségeket a 21. ábra szemlélteti.



Kombinált módszerek

21. ábra: Szubsztrát előkezelési lehetőségek

Forrás: Saját szerkesztés SZIGETI 2013 et al. alapján

SZIGETI et al (2013) szerint a hatékony és gazdaságos előkezelési eljárásoknak az alábbi kitételeknek kell eleget tenniük:

- enzimatis behatásra megfelelően reagáljon a szubsztrátum,
- a fermentációs organizmusok és hidrolizáló enzimek működésének lehetséges inhibíciójának elkerülése,
- a bevitt energiaigény minimalizálása,
- az alapanyag méretcsökkentési költségigényének redukálása,
- az alapanyag előkezelő reaktorának költségcsökkentése (működtetés, beszerelés stb.),
- a fermentációban visszamaradó minél kevesebb szerves szárazanyag-tartalom,
- technológiai gépegység esetén minél kisebb fogyasztás, vegyi beavatkozásnál minél kisebb kockázatú kémiai alapanyag.

### A mechanikus előkezelési eljárás

A biogáz üzemek körében az előkezelési eljárások közül a legelterjedtebb módszer. Az aprító berendezések széles választéka elérhető, ennek ellenére gazdasági megfontolásból a mezőgazdasági biogáz üzemek többsége mégsem alkalmazza azokat az alapanyagaik aprítására. Az aprítóberendezések kiválasztásakor a beadagolandó hulladék nedvességtartalmát, hőmérsékletét, keménységét, darabosságát és szemcseméret eloszlását kell számításba venni. Meg kell határozni, hogy mekkora méretcsökkenés (aprítási fok) lenne elfogadható, illetve vizsgálni kell még, hogy az alapanyag igényel-e további, egyéb kezelést. Az alapanyagok közül a fa és a növényi hulladékok a közepesen kemény, lágy, rostos, rugalmas anyagok csoportjába tartoznak. Ezen anyagok durvaaprítására használhatóak a kalapácmalmok, vágómalmok, vágóművek. A finomaprítás a kalapácmalmok, vágómalmok, vágóművek, ütőcsapos malmok, koptatómalmok berendezéseiben végezhető. A finomaprítási eljárások során a cél a minél nagyobb fajlagos felület elérése és az alapanyag baktériumok általi hozzáférhetőségének növelése. (HADABÁSNÉ 2008)

A 12. táblázat szemlélteti a fizikai hatáson alapuló előkezelési eljárásokat és azok alapanyagra tett hatásait.

12. táblázat: A fizikai hatáson alapuló előkezelési eljárásokat és azok alapanyagra tett hatásai

Eljárás	Folyamatok	Alkalmazása	A biomasszára gyakorolt lehetséges hatások	Megjegyzések
Maró, őrlő	Golyós őrlés	Etanol	1. felület és pórusnövekedés	1. A legtöbb eljárás nagy energiaigényű
	Kéttárcsás őrlés			
	Kalapácsos őrlés			
	Kolloid őrlés			
	Vibro energiás marás, őrlés			
Sugárzásos	Gammasugárzás	Etanol és biogáz	2. cellulóz kristályrács csökkentése	2. A legtöbb eljárás nem távolítja el a lignint
	Elektronsugárzás			
	Mikrohullámú sugárzás			
Egyéb	Hidrotermikus	Etanol és biogáz	3. polimerizációs fok csökkentése	3. Ipari alkalmazása nehezen megoldott
	Nagy nyomású gőzös			
	Expanziós			
	Extrudálásos			
	Pirolízises			

Forrás: TAHERZADEN et al 2008, BAKOSNÉ et al 2013.

### A termikus előkezelési eljárás

A termikus fizikai előkezelés lehetővé teszi a folyékony fázis fenntartását, ami az enzimes hidrolízis viszonylag lassú folyamatainak felgyorsítását eredményezi. Az eljárás megemelt hőmérsékleten és nyomáson megy végbe. A legfontosabb előnye a biológiai hidrolízishez képest, hogy a hőbontás kedvező irányba befolyásolja a katalizáló enzim aktiválási energiáját és a reakció sebességét. Amint a hőmérséklet 150–180 °C körüli értéket vesz fel, akkor a lignocellulóz biomassza részei közül a hemicellulóz, majd röviddel utána a lignin szolubilizációja indul meg. (BOBLTER 1994, GARROTE 1999, BAKOSNÉ 2013)

### Kémiai előkezelési eljárás (savas és lúgos)

A kémiai – savas beavatkozás alkalmazása szobahőmérsékleten, erős vagy híg savas koncentrációban, magas hőmérsékleten (híg savval) történik. A savas előkezelés szublimációja során a lignin rövid idő alatt kondenzál és lecsapódik. A hemicellulóz szolubilizációja és a szolubilizált lignin lecsapódás sokkal erőteljesebb az erős savas előkezelés esetében, mint a híg savas előkezelés során. (LIU 2003) A szolubilizálás sikeres így a cellulóz bontás eredményes a savas kezelés alkalmazásával. Nagy a kockázat az etanol képzés során, mert sok szénatomot veszíthet az eljárás. A kondenzációs kicsapódás nem kívánt mellékhatás, mivel csökkenti az emészthetőséget. Az erős savas kezelés az etanol gyártáshoz nem javasolt, mert a folyamat alatt gátló tényezők képződhetnek. XIAO ÉS CLARKSON vizsgálataik alapján a hígsavas kezelést tartják célravezetőbbnek, főként a metángyártásban. (1984) (BAKOSNÉ et al 2013)

### Biológiai előkezelési eljárás

A mikrobiológiai előkezelés során, olyan mikroorganizmusok alkalmazása történik, melyek képesek a növényi szerkezetben fellelhető ellenálló cellulóz, lignocellulóz és lignines struktúra megbontására. □ A fermentorban levő mikroszkopikus együttélési szokásokról az ismeretek még jelenleg sem teljeskörűek. A folyamatot kutatók eddigi kísérletek arra irányultak, hogy a kívülről bevitt degradációt elősegítő mikroorganizmus a fermentációban részt vevő baktériumok életét segítse. Ellenkező esetben a bevitt elem huzamosabb ideig nem tud az életközösségben fennmaradni mivel a közösség kiközösíti. □ A biológiai beavatkozások két lehetőséget céloznak meg. Az egyik, a fermentáció hatékonyságának növelése a polimerek lebontását elősegítő mikrobákkal, a másik, a lassú metanogén baktériumok tevékenységének, intenzitásának fokozása. Az elgondolások szerint, elviekben a metanogén baktériumok rendszerbe juttatása is megoldást hozhat a biogáz termelés növelésére, gyakorlatban ugyanakkor az obligát anaerob baktériumok szigorú életfeltételei és érzékenysége miatt ezek tenyésztése és szállítása is igen költséges. □ A hidrolízis, a rothasztási folyamat első lépése, meghatározza a további lépések hatékonyságát. A vizsgálatok szerint a beoltott cellulózbontó baktériumok alkalmazkodóbbak a környezeti baktérium telephez, továbbá a célnak megfelelően elkülönített tartályba visszajutathatók. Nagyüzemi körülmények között elérhető akár 20%-os biogáz hozamnövekedést is ezzel az eljárással. (BAI 2007) (BAKOSNÉ et al 2013)

A szennyvíziszapoknál a rothasztási határfok növelése céljából a mechanikai előkezelés alkalmazása a jellemző. A szennyvíz alatt az emberi használatból származó szennyezőanyagokat tartalmazó hulladékvizet értjük. A szennyvizek típusai között megkülönböztetünk ipari, háztartási, intézményi, mezőgazdasági, kommunális és csapadék vizet. Összetétele ennek megfelelően eltérő lehet. A szennyvízre épülő üzemek iszapja is biomasszának számít. A szennyvíziszapból termelt gáz a szennyvízgáz rendelkezik, a biomassza nyersanyagok közül a legmagasabb metán tartalommal. Ugyanakkor a kéntartalma is kiemelkedő.

### Ultrahangos bontási eljárás

BAKOSNÉ és munkatársainak kutatásai alapján (2013) a mesterséges aprítási eljárás optimális kiválasztásánál számításba kell venni a technológia költségét, helyigényét, energiafogyasztását, valamint az eljárással együtt járó lehetséges mérgező melléktermékek mennyiségének minimalizálását. Ezen elvárások figyelembe vételével a mikrobák feltárására gyakran választanak mechanikai módszereket, mivel ezek kedvezőtlen melléktermék nélküli, nagyobb mennyiségű alapanyagot is gyorsan fel tudnak dolgozni. A műveletek lényege, hogy az elegyet nagy nyírófeszítésnek teszik ki, amit fojtáson való átrésseléssel, erőteljes keveréssel vagy ultrahanggal hoznak létre (PÉCS 2011) (BAKOSNÉ et al 2013).

A mechanikai kavitációs őrlésen alapuló eljárások során melléktermék nem keletkezik, vegyszeres kezelés vagy egyáltalán nincs, vagy elhanyagolható mennyiségben van jelen.

Az aprítás szonokémiai módszerekkel, kavitációs tér előállításával – a már említett ultrahanggal –, illetve hidrodinamikus kavitációs berendezéssel elvégezhető.

A hidrodinamikus kavitációs berendezés (HOVÁTH 2012) megfelelően megválasztott technológiai paraméterek és sorrend esetén a biogáz hozam növekedését eredményezi (ANCZA 2014, BAKOSNÉ et al. 2013.)

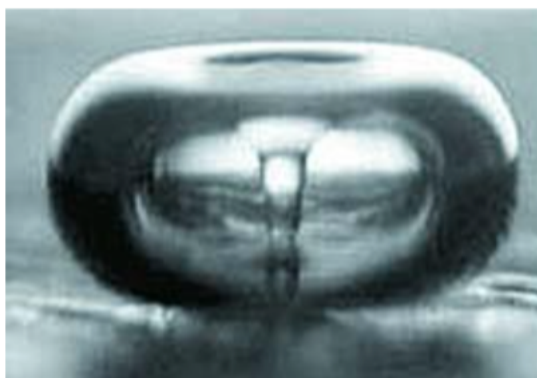
Szennyvízkezelés területén az ultrahangos technológia a jellemző, a hidrodinamikus berendezést egyelőre az élelmiszeripar alkalmazza szeparáció céljából (HORVÁTH 2011)

A kezelés során folyadékban keletkező intenzív hanghullámok – a mechanikai nyomás és ritkulás során –, kavitációs buborékokat hoznak létre a közegben. A buborékok nem szimmetrikus összeomlásának hatására lökéshullámok jönnek létre a folyadékban. (LEIGHTON 1994) A jelenség kevesebb, mint 1  $\mu$ s idő alatt zajlik le, miközben a belsejében a nyomás 1000 atmoszféra, a felmelegedés eléri az 5500 Kelvin (22 ábra.) Ez az érték megközelíti a Nap felszínének hőmérsékletét. A jelenség nagy hőmérséklet és nyomás mellett játszódik le, így a folyadékban levő különböző anyagi részecskék felületén erózió/korrózió alakul ki. A buborékok hirtelen összeroppanását jellemzően fényjelenség is kíséri.

A anyagi részecskék jelentős felgyorsulását is eredményezik a keletkező lökéshullámok. (SUSLICK 1990) A felgyorsult részecskék egymással történő ütközése nagymértékű változást okoz a felületi szerkezetükben, reaktivitásában, így kémiai, szerkezeti és fizika alaktani átalakulások mennek végbe a közegben.

Egyszerre van jelen a kavitáció, amit magas frekvencián használnak, valamint a kémiai reakció is, melynek során alacsony frekvencia használatkor OH-, H<sup>+</sup> gyökök keletkeznek. Az iszap kezelésére az alacsony, 20–40 kHz frekvencián létrehozott kavitáció hatása a nagyobb. A buborékok összeomlását a nagy energiataralom következtében fényjelenségek is kísérik. Ezért is nevezik olykor a jelenséget a „hang-fényeffektus”-nak (szonolumineszcencia).

Az ultrahangos kezelés a szennyvíztisztító telepek iszapkezelésének, ártalmatlanításának egyre inkább elterjedő, hatékony mechanikus előkezelési módjának tekinthető. Javítja az iszap, baktériumok általi emészthetőségét, biológiai, fizikai és kémiai tulajdonságait is egyaránt. A dezintegráció mértéke összefügg az adott iszaphoz igazított optimális értékre beállított paraméterekkel. A külföldi tapasztalatok bizonyítottan igazolták az akár 50%-os biogáz hozam növekedési értéket is (PILLI 2011, BAKOSNÉ et al. 2013).



22. ábra: Kavitációs buborék és a megsemmisítő túszerű benyomódás  
Forrás: Leighton 1994

### Őrlés, gyöngymalom

A nedves aprító berendezés a finom aprítóberendezések azon csoportjába sorolható, melyek az alapanyag aprításához vivőközeget (általában vizet vagy iszapot) használnak fel, vagy maga az alapanyag kolloid tulajdonságú. A kis szemcseméretű és kis szárazanyag tartalmú alapanyagok feldolgozása, aprítása során nem csupán a további szemcseméret csökkenés céljából alkalmazzák

az őrlést. Ilyen alapanyagok esetén a koloid finomságú anyag sejt feltárása, szeparációja vagy a felület megújítása a kívánatos eredmény. (PÉCS 2011)

#### Sűrítő centrifuga és folyadéknyírásos technológia

A Lysis sűrítőcentrifuga alkalmazható például szennyvizek víztelenítésénél. Ilyen technológia került a szennyvíztelepen üzembe helyezésre a csehországi Liberec-ben (1.000.000 lakos egyenérték) Furstenfeldbruck-ban (70.000 lakos egyenérték) és németországi Aachen-Soers-ben (650.000 lakos egyenérték). A gépegység beépítésével a biogáz-termelés hozama 15–26%-kal növekedett. (DOHÁNYOS 1997, ZABRANSKA et al. 2006)

A folyadéknyírásos technológiát jellemzően két nagy csoportra osztja a szakirodalom. Az első az ütköző lemezes, ahol az iszap nyomását egy nagy nyomású pumpa segítségével 30–50 barra növelik és eközben egy fűvócsövön áthalad a szubsztrátum, ami nekicsapódik az ütközőlemezeknek. Ennek hatására az iszap nyomása lecsökken és 30–100 m/s sebességgel ütközik a felületnek. Az eljárás hatékonyságát napjainkig csak laboratóriumi körülmények között vizsgálták, ahol megállapították, hogy a degradáció retenciós ideje 14-ről 6 napra csökken. A kezelés az anaerob emésztésre nem volt jelentős hatással. (CHOI 1997, NACH 2000, BAKOSNÉ et al. 2013)

Gorator technológia is ide sorolható, amely során többféle fizikai aprítást és mechanikus roncsolás kerül alkalmazásra. Az eljárás célja a kétfázisú folyadékok szilárd részecskéinek diszperzitás fokának növelése és homogenizálása. A mezőgazdasági biogáz üzemekben az alkalmazásuk újszerűnek tekinthető. A berendezés rendkívül kompakt és bármilyen már működő rendszerbe nagyobb nehézségek nélkül beépíthető. Működési elvéből eredően a folyadékot erős nyíróhatás éri, aminek hatására a szilárd részecskék mérete jelentősen csökken (2mm-300µm). Eredményképpen a Gorator berendezés alkalmazásával 10-20%-kal növekszik a biogáz kihozatal, a lebontás gyorsasága növekszik, így a tartózkodási idő lecsökken, a fermentorban a habosodás megszűnik, a viszkozitás csökkenésével kevesebb a fajlagos keverési energiaigény. (SOMOSNÉ 2015)

A biogáz üzemek működtetése során az egyik legfontosabb paraméter a tartózkodási idő mellett a térterhelés mértéke. Megmutatja, hogy a nettó fermentációs térfogathoz hogyan viszonyul az egy nap alatt bevitt összes szerves szárazanyag mennyisége kg-ban kifejezve. Az értéket 3,5-9 kg szerves szárazanyag/m<sup>3</sup>/nap között említik. (BACHMANN 2013, FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. 2013) Üzemi tapasztalataim alapján azonban nem javaslom a 4,2 kg szerves szárazanyag/m<sup>3</sup>/nap feletti mennyiség tartós alkalmazását, mivel az ily módú tartósan magas terhelés a biológiai rendszer problémáit idézheti elő.

A biogáz üzemek működésének támogatása során végzett labormérések eszközei:

- Analitikai mérleg: a szárazanyag-tartalom, a szerves szárazanyag-tartalom és a kémiai oxigén igény (KOI) mérés oldatainak elkészítéséhez
- Szárító szekrény, kemence, inkubátor szekrény
- Exszikkátor szárazanyag-tartalom és a szerves szárazanyag-tartalom mérése során a mintákkal teli tégelyek magas hőmérsékletűek. A kemencéből kivéve, a vastag falú üvegből készült exszikkátor biztosítja szobahőmérsékletre hűlésüket. A minták levegőből felvehető nedvességtartalmának elkerülését az exszikkátorban levő szárítószer, a szilikagél gátolja.
- Gázkromatográf
- Titrátor
- pH mérő

## 2.2.6. Erőmű típusok

Az erőmű típusok eltérőek Magyarországon és a világban egyaránt. Kiemelném a Szarvasi Biogáz üzemet, ami egy trigenerációs erőmű. Az erőmű nem csupán a villamos energiát táplálja ki a hálózatra, hanem a hő, gőz és hideg energiát is értékesít, ezzel javítva az energiatermelés hatékonyságát.

Az alapanyagokat és a hozzájuk javasolt technológiákat a 13. táblázat mutatja be.

13. táblázat: Az alapanyagok hatása az anaerob elgázosítás technológiájára

Alapanyag		Javasolt technológia	
Alapanyagok minősége	Jellemző tulajdonságok	Eljárás megnevezés	Jellemző
Növényi	- nagy szárazanyag-tartalom, - kevés mikroorganizmus	Szakaszos erjesztés	- nagyobb fajlagos gázkihozatal, - jól kezelhető és értékesebb szilárd biotrágya
Almos trágya	- nagy szervesanyag-tartalom, - jelentős mikrobatartalom, - gyommagvak, paraziták		
Kommunális Hulladék	- kicsi szervesanyag-tartalom,		
Szennyvíz	- kicsi szervesanyag-tartalom, - esetleg nehézfém-	Folyamatos erjesztés	- kisebb energiaveszteség a fermentor fűtésénél, - egyszerű lecsapolás, újratöltés, - nem igényel sátoztető-mozgatást, - a teljes automatizáció
Hígtrágya	- kicsi szervesanyag-tartalom - korlátozott felhasználhatóság		

Forrás: BAI 2007

BAI (2007) és a BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2004) építési mód alapján függőleges, vízszintes és csőfermentorokat (14. táblázat) különböztet meg.

14. táblázat: Fermentorok típusai

Fermentor típusa	1. Csőfermentor vagy erjesztőcsatorna	Hosszan elnyúló, szögletes, beton
	2. Vízszintes fekvő tank	Acéltartályok, pl. használt olajtank
	3. Függőleges körtartály	Siló betonból vagy acélból

Forrás: [http://www.boxer99.de/framesets/frame\\_biogas.htm](http://www.boxer99.de/framesets/frame_biogas.htm)

Napjainkban jellemzően az előbbieket használják, mert a keverésük jól megoldható és talajszint alá is telepíthetők, ami hidegebb éghajlatú vidékeken egyszerűbb és olcsóbb módszer a fermentorok fogyasztásának csökkentésére. A vízszintes berendezések alkalmazását a kedvezőtlen (sziklás, talajvizes) talajviszonyok indokolhatják. A csőfermentorok jellegzetessége, hogy egy térben található az erjesztő és a gáztároló, általában kisebb tömegű és jól szállítható (BAI 2007). GRUBER (2007) működési mód szerint, azaz az alapanyagok feladása és kiürítése

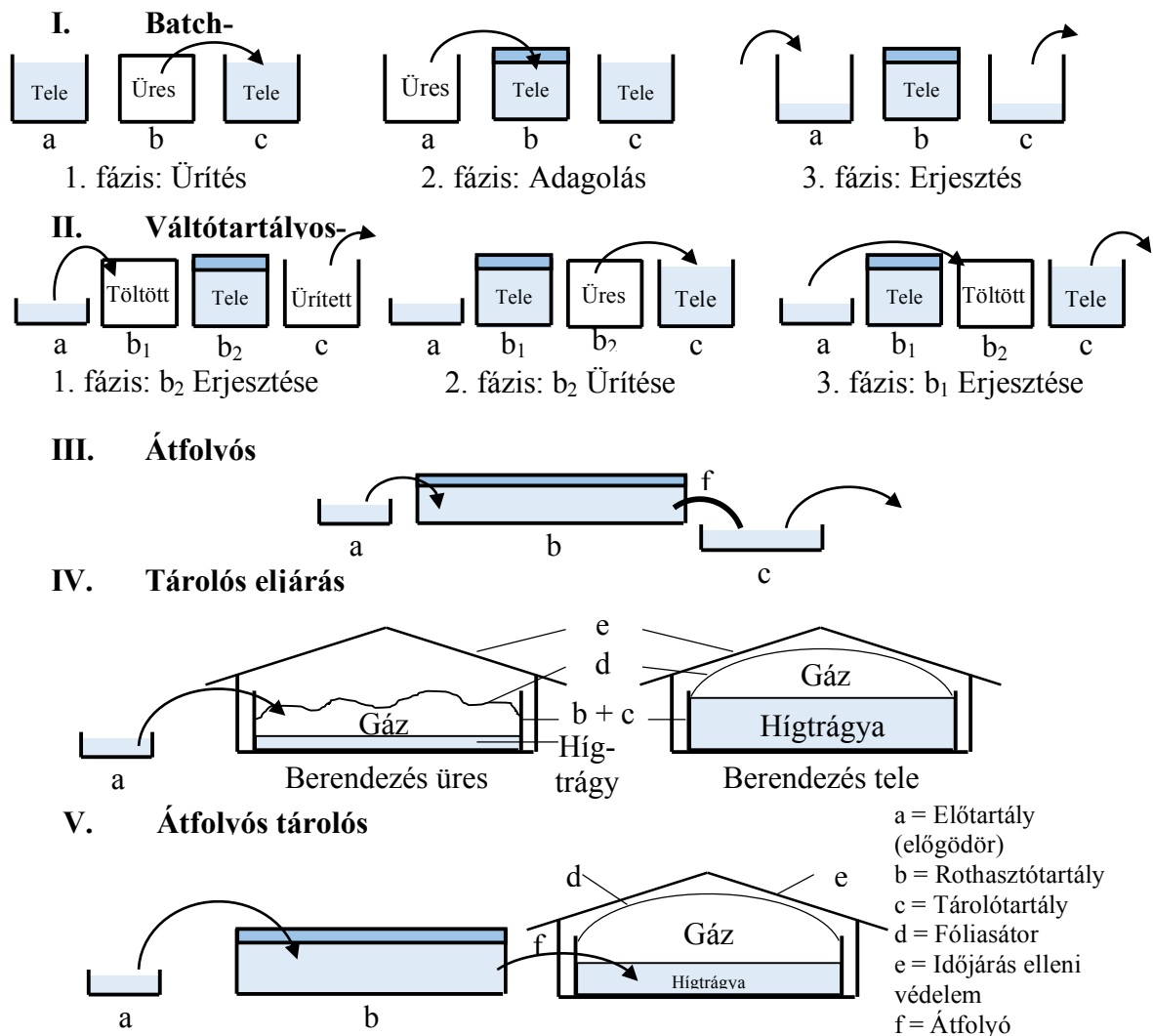


alapján két üzemeltetési típust különítettek el (15. táblázat). Hozzáfügték, hogy előfordul a gyakorlatban ezek kombinációja is.

15. táblázat: Biogáz üzem típusai az alapanyag feladása szerint

Üzemeltet és típusa	1. Folyamatos üzemű	Alapanyagok azonos mennyiségű napi beadagolása és kitárolása
	2. Batch-üzemű	A tartályok teljes feltöltése és kiürítése

Forrás: GRUBER (2007) nyomán



23. ábra: Fermentációs eljárások csoportosítása

Forrás: Saját szerkesztés Schulz, Eder 2005 alapján

A 23. ábra a fermentációs eljárások csoportosítását mutatja be. A Batch-eljárás jellegzetessége az alapanyag egyszeri betáplálása az erjesztő tartályba. Elsősorban nagy szárazanyag-tartalmú alapanyagok (almos trágya, növényi maradványok) elgázosítására alkalmas.

A folyamatos eljárás során a híg konzisztenciájú alapanyagot (hígtrágya, szennyvíziszap) folyamatosan vezetik az erjesztőtérbe, ahonnan egy túlfolyón keresztül azonos mennyiségű, de már kierjedt „biotrágya” távozik a rendszerből. (BAI 2007)

### 2.2.7. Lehetőségek Magyarországon

Magyarország a területén lévő a 95% körüli földgáz ellátottsággal, az Európai Unióban Hollandia után a második legnagyobb lefedettséggel rendelkezik. A lakosság jelentős része hazánkban a földgáz alapú fűtésre és főzésre van berendezkedve. A földgáz használatából eredő kényelem miatt a jövőben kevésbé várható a lakosság elszakadása ettől a vezetékes rendszertől, még akkor is, ha a 2009. Januári „földgáz válság” újbóli bekövetkeztének a valószínűsége egyre nagyobb. Az alternatív energiatermelési lehetőségei felé csak nagyon kevesen fordultak az elmúlt években, mert a lakosságot a földgáz tároló kapacitások növekedése megnyugtatja. A legtöbben azért sem nyitnak az alternatív energiaellátási módszerek felé, mivel annak bekerülési költségei magasak.

Érdemes lenne hasznosítani a hazai földgáz hálózat ilyen nagy mértékű kiépítettségét– a legtöbb megújuló energiaforrás azonban ezt a rendelkezésre álló hálózatot nem képes kihasználni. Azonban a biogáz sokoldalóságát nagyon jól mutatja, hogy megfelelő technika alkalmazásával a megújuló biomasszából termelt biogázt a földgázhálózatba betáplálhatjuk, amit aztán a lakosság a már meglévő infrastruktúrát hasznosítva fel tud használni. Ezáltal a megújulóknak a teljes hazai energiafelhasználásban betöltött részarányának növelése így a lakosság felé felmerülő többletköltségek nélkül megvalósítható. A biogáz üzemek a mezőgazdasági többlettermelést képesek felhasználni, a folyamatos energiaigény miatt pedig a mezőgazdaságból élők számára egyenletes és biztos bevételt tudnak szolgáltatni.

Németországban a működő mezőgazdasági biogáz üzemek száma ma már meghaladja a 6000-et, ami a villamos hálózati betáplálás esetén fizetendő magas átvételi árnak köszönhető. Hazánkban a hiányzó politikai akarat és a megújuló energia többlet költségeinek elmaradó támogatása miatt a mezőgazdasági biogáz üzemek száma igen csekély (jelenleg kb. 30 db).

A biogázt meg kell tisztítani a benne lévő szennyező gázoktól és a jelentős mennyiségű szén-dioxidtól, hogy földgáz minőségű energiahordozóvá át lehessen alakítani.

KOVÁCS és munkatársai (2012) értelmezése megegyezik a korábbiakkal, miszerint a szerves anyagoknak levegőtől elzárt körülmények közötti (anaerob) bomlása során létrejövő gázelegy a biogáz. A biogáz kialakulásában és fejlődésében számos mikroba vesz részt. A több tucat mikroba összehangolt munkával a szerves anyagokat lebontja, átalakítja. Ebből képződik a metánt, szén-dioxidot és egyéb gázokat tartalmazó biogáz. (KOVÁCS et al. 2012)

Magyarországra a külföldi piacoktól való energiafüggőség a jellemző, mivel az energiaellátás legnagyobb része az országhatárokon túlról érkező fosszilis földgázra és kőolajra épül. Az import szerepe korábban is jellemzően nagy mértékű volt, az 1980-as években meghaladta a felhasználás felét (51%), ugyanez az arány napjainkban 65%-ra emelkedett. A fosszilis energiahordozók véges mennyiségben állnak rendelkezésre és az egyenetlen földrajzi eloszlás következtében számos országban, így hazánkban is ez az importfüggőség növekedéséhez vezetett, ami komoly veszélyeket rejt magában. Az említett probléma az utóbbi években az Európai Unióban – így Magyarországon is –, a mezőgazdasági termelésben, a vidékfejlesztésben és az energiaszektorban egyaránt új utak keresését tette szükségessé, és egyre határozottabban jelenik meg a megújuló energiaforrások kiaknázásának igénye. Ezt támasztja alá, hogy a 2007-ben elfogadott EU klímapolitika fő törekvése szerint 2020-ig 20%-kal csökkentik a tagországokban az üvegházhatású gázok kibocsátását, továbbá ugyanilyen arányban növelik a megújuló energiák használatát az összenergia felhasználáson belül. Magyarország tekintetében ez az arány 13% az Unió döntéshozóinak határozata értelmében. (GYURICZA 2010)

16. táblázat: A megújuló energiaforrások termelésének összefoglaló adatai

Energiaforrás	1000 t olajegyenérték		1997=100		Megoszlás (%)	
	Magyarország	EU-27	Magyarország	EU-27	Magyarország	EU-27
Biomassza	1288	96179	316	163	91,7	69,3
Vízenergia	18	26653	95	93	1,3	19,2
Geotermikus	86	5771	100	150	6,1	4,2
Szél	9	8965	-	1423	0,7	6,5
Nap	3	1263	-	383	0,2	0,9
Összesen	1404	138831	274	150	100,0	100,0

Forrás: KSH 2007

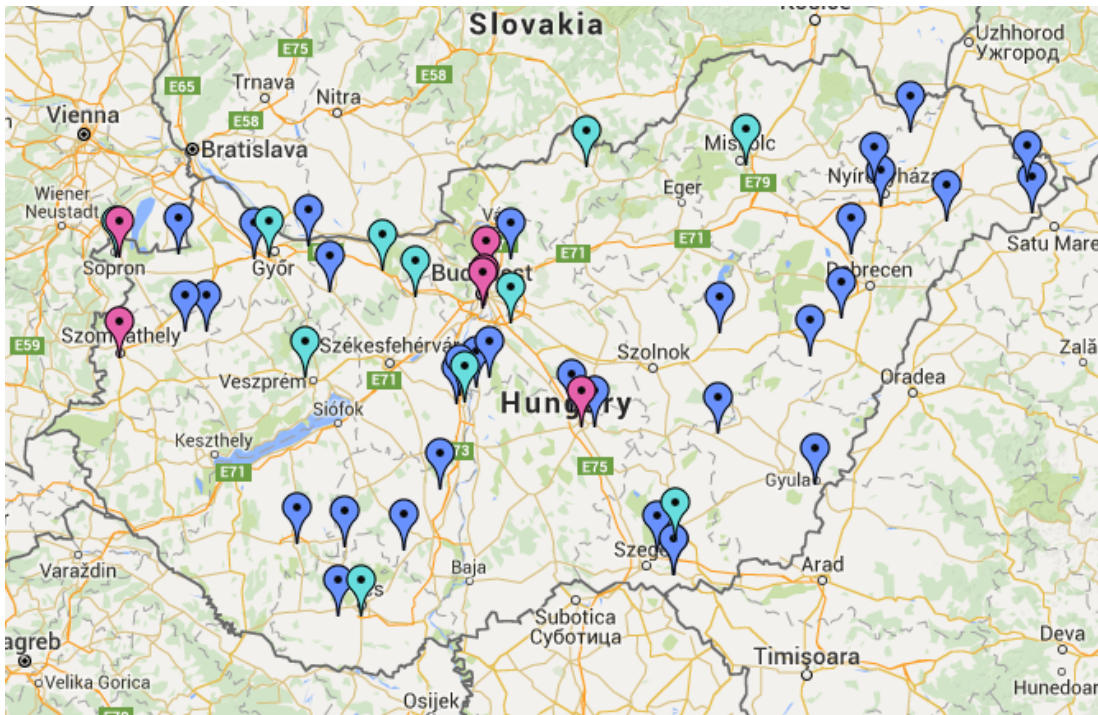
A 16. táblázat szemlélteti, hogyan változott a megújuló energiahordozók megoszlásának részaránya Magyarország és az EU-27 tagországok viszonylatában. Mind a két esetben a biomassza felhasználás van többségben. Az EU-27 esetében ezt követi a vízenergia majd a szél, Magyarországon pedig a geotermikus és a vízenergia. Magyarország adottságainak köszönheti, hogy a geotermia hasznosítása kiemelkedik a többi megújuló közül a biomassza után. A víz, a szél és a napenergia hasznosítása azonban arányaiban elmarad. A jövőben, várhatóan a napenergia hasznosítása kaphat Magyarországon nagyobb figyelmet.

17. táblázat: Mezőgazdasági melléktermékek Magyarországon

Melléktermék	Szalma	Kukoricaszár és csutka	Napraforgósár	Nyessedék, venyige
Termőterület (ezer ha)	1500 - 1700	1050 - 1100	350 - 500	
Keletkező mennyiség (t/ha)	4,0 - 5,2	9,5 - 11,0	2,1 - 2,8	
Termelt mennyiség (millió t/év)	4,5 - 7,5	10,0 - 13,0	1,0 - 1,2	0,3 - 0,4
Eltüzelhető mennyiség (millió t/év)	2,2 - 3,7	5,0 - 6,5	1,0 - 1,2	0,3 - 0,4
Fűtőérték (CJ/t)	14,0 - 16,5	13,0 - 14,5	12,0 - 13,4	15,3 - 17,8
Fűtőérték (PJ/év)	30,0 - 40,0	65,0 - 85,0	12,0 - 14,0	5,0 - 6,0

Forrás: GYURICZA 2010

A 17. táblázat alapján elmondható, hogy Magyarországon a mezőgazdasági melléktermékek közül a szalma 2,3-3,7 millió tonna/év, a kukoricaszár és csutka 5,0-6,5 millió tonna/év mennyiségben áll rendelkezésre. A napraforgósár mennyisége 1,0-1,2 millió tonna/év. Ezen adatok alapján elmondható, hogy sokkal több biogáz üzem is működhetne Magyarországon ezen alapanyagokra alapozva.



24. ábra: Biogáz erőművek Magyarországon  
 Forrás: Biogáz erőművek Google térkép

Magyarországon jelenleg mintegy 46 biogázüzem termel biogázt, amelyeknek az összes villamosenergiatermelő kapacitása 37 MW<sub>e</sub>. Ezek közül 31 db mezőgazdasági üzemben található, amelyeknek összes kapacitása 21 MW<sub>e</sub>-ot tesz ki. (24. ábra) Jelenleg épülőfélben van még mintegy 4-5 üzem. A leggyakoribb üzemek 600-700 MW<sub>e</sub> teljesítményűek. A legrégebbi (2003-ban indult) és egyben a legnagyobb kapacitású üzem a nyírbátori Batortrade biogázüzeme, amelynek jelenlegi kapacitása – kétszeres bővítés után – 3,6 MW<sub>e</sub>, amely részben mezőgazdasági és részben baromfivágásból eredő hulladékokat dolgoz fel. Egyike a legjobb hatékonysággal dolgozó üzemeknek. Hasonló kapacitású üzem működik Szarvason a Gallicoop-nál, amely a baromfi vágóhidról származó hulladékokat dolgozza fel és ellátja energiával a vágóhidat. Szintén élelmiszeripari területen dolgozik a Kaposvári Cukorgyár répaszeletre épült biogázüzeme, amelynek a kapacitását hamarosan megduplázzák.

A Fővárosi Csatornázási Művek két nagy kapacitású (2x3 MW<sub>e</sub> szennyvíziszapra épült biogáz üzemet működtet a főváros déli és északi szennyvíztisztító telepén, amelyek energiát szolgáltatnak a szennyvíztisztításhoz. Kommunális területen döntően szennyvíziszapból biogáztermelő kisebb kapacitású biogázüzemek száma 12-13 db.

A magyarországi biogázüzemek többsége 1,0-1,2 millió Ft/kW<sub>e</sub> fajlagos költségszinten valósult meg, amely egy 700 kW<sub>e</sub> átlagos kapacitású üzem esetében technológiától függően 700-800 millió forintos bekerülési költséget jelentett. A vissza nem térítendő támogatás és saját erő mellett az üzemek többségénél bankhitelre is szükség volt. Az üzemek átlagában a villamos áram értékesítéséből származó árbevétel 10-12 millió Ft-ot tesz ki havonta. Ez évi 120-140 millió Ft bevételt jelent. Ez terheli az amortizáció 15-20 évre elosztva. A legnagyobb kiadással a gázmotor karbantartása és 4-5 évenkénti felújítása jár, amelyhez társul a szivattyúk, keverő berendezések, tolózárok, szelepek karbantartásának és javításának, valamint a szubsztrát pH beállításához, ill. a kén csökkentéséhez szükséges adalékanyagok (pl. vasklorid) költsége. Természetesen legalább egy fő munkabére és járulékai is szerepel rovatba, és egyéb rezsi tételek is terhelik még az üzemeltetést. Mindezek figyelembe vételével Magyarországon 10-12 éves megtérüléssel lehet számolni a biogázüzemi beruházásoknál. Ennél kedvezőbb a helyzet Európa számos országában, ahol gyorsabb ütemben zajlik a biogázüzemek építése, mint nálunk.

A legtöbb üzem - szám szerint 7100 db 2970 MW<sub>e</sub> összes kapacitással - Németországban található, de jobb a helyzet Csehországban, Lengyelországban, Ausztriában és Szlovéniában is, itt a közvetlen környezetünkben. (AGRÁRÁGAZAT 2012)

Táblázatokba rendszereztem a Magyarországon található biogáz üzemeket az M5. számú melléklet. Megneveztem a helyszínt, a gázhasznosítási eljárás eszközét, ha gázmotoros, akkor a gázmotor teljesítményét. Megnevezésre került a projektfejlesztő cég is.

Három táblázat készült a 3 típusnak megfelelően. Az első a mezőgazdasági biogáz üzemeket tartalmazza (49. táblázat). A második a szennyvíztelepekre épületeket (50. táblázat). A harmadik pedig a depónia gázra épült biogáz üzemeket Magyarországon (51. táblázat).

A mezőgazdasági biogáz üzemek közül a legnagyobb kapacitású a szarvasi üzem, ami 4,17 MW<sub>e</sub> villamos energiát termel. A legújabban épült a tiszavasvári, melyet 2015-ben terveztek. 2016. első negyedévében kezdte el a gáztermelést és 1,487 MW<sub>e</sub> villamos energiatermelést ad.

A mezőgazdasági biogáz üzemek mellett fontos kiemelni a szennyvízre épített biogáz üzemek jelentőségét is. A nagyobb városokban már megtalálhatóak, és a villamos energiatermelés mellett melegvizet is szolgáltatnak. Mind közül a Budapesten található FCSM a legjelentősebb.

A 18. táblázat a MEKH által nyilvántartott erőművek státuszát ismerteti Magyarországon. Az általam előzőekben használt három kategóriába sorolva tüzelőanyaguk, energiaforrásuk alapján: mezőgazdasági biogáz, depóniagáz, szennyvízgáz. Megkülönböztet kivitelezés előtti (alatti) üzemeket, termelő üzemeket, letező, de nem termelő üzemeket, és visszavont engedéllyel rendelkező üzemeket. A termelő mezőgazdasági biogáz 38,2 MW, a depóniagáz 14,5 MW és a szennyvízgáz 14,4 MW együttes teljesítménye 67,1 MW.

A MEKH a mezőgazdasági biogáz üzemekből 68-at tart nyilván, de ebből csupán 39 termelt 2014-ben. A termelő kapacitásuk 38,2 MW volt.

18. táblázat: Erőművek megoszlása Magyarországon 2014

	Mezőgazdasági biogáz		Depóniagáz		Szennyvízgáz	
	db	MW	db	MW	db	MW
<b>Kivitelezés előtt (alatt):</b>	20	38,7	2	0,4	0	0
<b>Termel:</b>	39	38,2	23	14,5	10	14,4
<b>Létezik, de nem termel:</b>	3	2,2	0	0	0	0
<b>Engedély visszavonva:</b>	7	10,9	0	0	0	0
<b>Összesen:</b>	69	90	25	14,9	10	14,4

Forrás: MEKH 2015

A MEKH (2015) szerint a biogáz üzemekre jellemző a projektek csúszása, vagy nem megvalósulása. Egyes erőművek a magas alapanyag költség, illetve annak bizonytalan ellátása miatt leálltak. A visszavont engedélyek kategóriát jellemzően a meg nem valósult, 3 évnél nagyobb csúszásban lévő 0,5 MW feletti üzemek alkotják. A KÁT egyéb támogatás nélkül, csak speciális esetekben ösztönzi a beruházásokat.

### 2.3. Karbantartás

A veszteségek jelentős részére a karbantartás nagy hatással van. A következő részben az értekezés a karbantartás különböző fajtáit és fejlődésüket ismerteti.

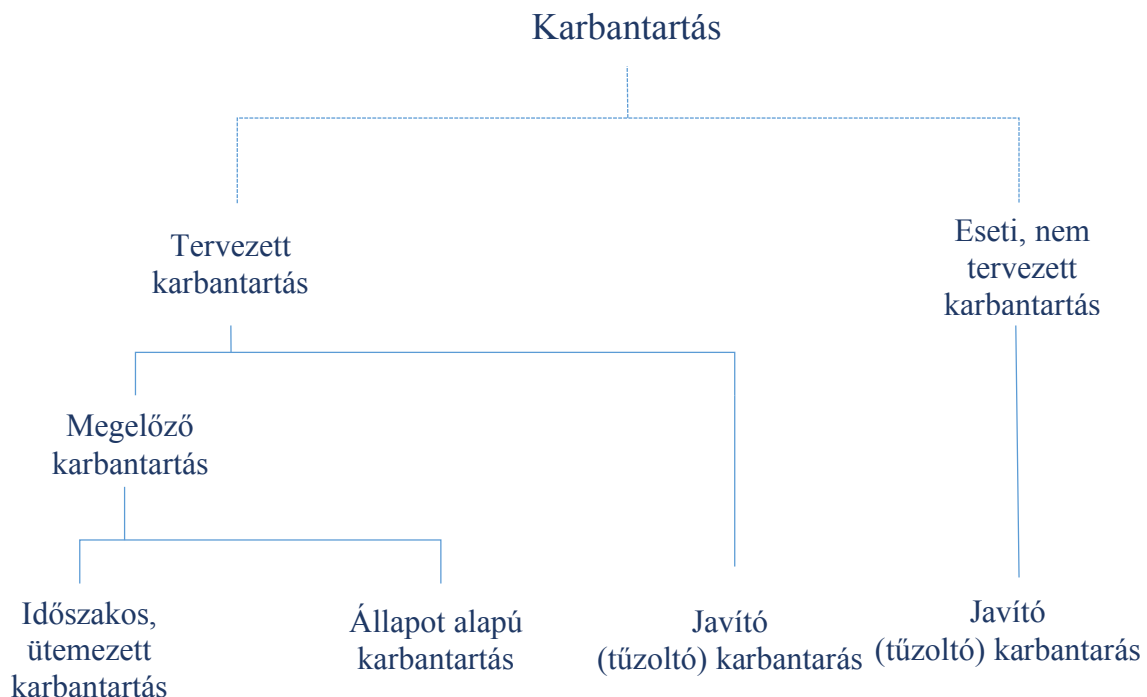
Az egyesült királyságbeli (Department of Trade and Industry) Kereskedelmi és Ipari Minisztérium (DTI 1991) a következőképpen definiálja a karbantartást:

A karbantartás vezetése, ellenőrzése, végrehajtása, valamint ezen tevékenységek minősége biztosítják az üzemek számára optimális szintű rendelkezésreállást és összeteljesítmény elérését az üzleti célok tükrében.

A British Standards által megfogalmazott definíció ehhez hasonlóan leírja, hogy:

A technikai és adminisztratív tevékenységek összessége, beleértve a felügyeleti intézkedéseket, szükségesek a karbantartás során, hogy megtartsuk az adott szintet, vagy hogy visszaállítsuk azt az állapotot, amelyben a megkövetelt funkció működőképes volt. (BSI 1993)

A British Standards 3811 (1993) részletes listát tartalmaz azokról a tevékenységekről, amelyek hozzájárulnak, vagy támogatják a karbantartás meghatározását. Korábban ugyanez a szabvány (BS3811 1984) osztályozta a karbantartást a különböző tevékenységekbeli hierarchia terminológia alapján (GREENOUGH 1999). A 25. ábra is mutatja a karbantartás különböző formáit, a 21. táblázat pedig a definíciókat.



25. ábra: A karbantartás különböző fajtái

Forrás: Saját szerkesztés DAVIES GREENOUGH 2001, BS3811 1984, GREENOUGH 1999 alapján

19. táblázat: Karbantartás különböző formáinak definíciója

<b>Terminológia</b>	<b>Definíciók, meghatározások</b>
<b>Karbantartás</b>	Lásd előző leírásban
<b>Tervezett karbantartás</b>	Az a karbantartás, amely szervezett és előre megfontolt szándékkal, irányítottan végrehajtott előre meghatározott terv alapján zajlik. Megjegyzés: A megelőző karbantartás mindig része egy tervezett karbantartásnak; a javító karbantartás nem minden esetben része.
<b>Eseti, nem tervezett karbantartás</b>	A karbantartás végrehajtása során nincs előre meghatározott terv.
<b>Megelőző, karbantartás</b>	Az a karbantartás, ami tervezett intervallumokban, vagy meghatározott kritériumok szerint zajlik és célja csökkenteni a lehetséges hibákat, vagy egy berendezés működésének degradációját.
<b>Időszakos, ütemezett karbantartás</b>	Aminek az elvégzése összhangban van a megalapozott időrenddel.
<b>Állapot alapú karbantartás</b>	A karbantartás szükségletek szerinti elvégzése, melynek alapja az állapot felmérés. Megjegyzés: Az állapot felmérés az adatok folyamatos vagy periodikus mérések és elemzésének folyamata, ami jelzi a berendezések állapotát, ezáltal segít meghatározni, a karbantartás szükségességét, általában elvégezhető az eszközökön működés közben, üzemképes állapotban, vagy eltávolítással, de nem szükséges jelentős bontás.
<b>Javító karbantartás</b>	A karbantartás elvégzése a hibák felismerése után lehetséges és olyan állapotba kell hozni a berendezést, hogy végrehajtható legyen a kívánt feladat. Megjegyzés: Javító, tűzoltó karbantartásra utal a 26. ábra, ami olyan karbantartás, amit azonnal szükséges megkezdeni, hogy ne legyen komoly következménye.

Forrás: Saját szerkesztés DAVIES-GREENOUGH 2001, BS3811 1993 alapján

A karbantartás definíciója és annak különböző formái bemutatásra kerültek (19. táblázat); a célok és meghatározások különbözőek. Ebből az okból kifolyólag lehetséges az, hogy a különböző cégek különböző megközelítést alkalmaznak, amely alapján a saját megközelítésüket alkalmazzák ezen definíciók felhasználására a szervezeten belül. Az is lehetséges, hogy ettől eltérő megfogalmazások is vannak a karbantartásra vonatkozó politikával kapcsolatban.

A megbízhatóság fogalmát jelenleg Magyarországon az MSZ IEC 50(191):1992 szabvány definiálja, mely szabvány műszaki tartalma és szerkezete teljesen megegyezik az IEC (50)191:1990 nemzetközi szabványban foglaltakkal. (MSZ IEC 50(191):1992; IEC(50)191:1990) Az IEC(50)191:1990 szabvány használata és az arra történő hivatkozások aktívan azonosíthatóak a megbízhatósággal és karbantartással foglalkozó külföldi és hazai kutatók munkáiban, időben és térben egyaránt. (CATELANI-GORI 1996; RAUSAND 1998; GAÁL-KOVÁCS 2002; PAKANEN-SUNDQUIIST 2003; KÖVESI 2011) Meulen és Koornneef munkájukban a megbízhatóság fogalmi értelmezéséhez az IEC (50)191:1990 szabványt ajánlja. (MEULEN-KOORNNEEF 2002) Így tesznek Leger és munkatársai is, akik tanulmányukban a megbízhatóság fogalmi körét ezen szabványhoz kötik. A hibák detektálásának fogalmi körét más tanulmányok szerzői az IEC (50)191:1990 szabvány fogalmai szerint javasolják. (CATELANI-GIRALDI 1999; LEGER et al., 1999; CATELANI-FORT 2000) Mindezen munkák mellett

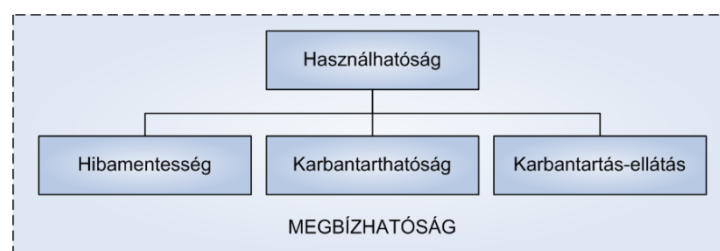
felhívom a figyelmet azon korábbi munkákra, melyek a megbízhatóságot alapértelmezésben az IEC (50)191:1990 szabvánnyal társítják. (VATN et al. 1996; HOKSTAD 1997)

Az MSZ IEC (50)191:1992 szabvány értelmezése szerint a megbízhatóság általános értelmében vett fogalma olyan „gyűjtőfogalom, amelyet a használhatóság és az azt befolyásoló tényezők, azaz a hibamentesség, a karbantarthatóság és a karbantartásellátás leírására használnak.” Ezen gyűjtőfogalom leírásához a szabvány másik három fogalmat használt fel, így ezek szabvány szerinti meghatározását is ismerni kell.

A használhatóság (üzemkészség, készenléti állapot) a szabvány előírása szerint „a terméknek az a képessége, hogy adott időpontban vagy időszakaszban, adott feltételek között ellátja előírt funkcióját, feltéve, hogy a szükséges külső erőforrások rendelkezésre állnak.” (MSZ IEC 50(191):1992)

A szabvány a hibamentességet a megbízhatóság szűkebb értelemben vett definíciójával azonosnak tekinti. E szerint a hibamentesség „a terméknek az a képessége, hogy előírt funkcióját adott feltételek között, adott időszakaszban ellátja.” A szabvány hozzáteszi, hogy az általános feltételezés az, hogy az időszakasz kezdőpontjában a termék olyan állapotban van, amiben előírt funkcióját ellátni képes. A szabvány szerint a karbantarthatóság értelmezését tekintve megegyezik a fenntarthatósággal. Definíció szerint „a terméknek az a képessége, hogy meghatározott használati feltételek között olyan állapotban tartható, illetve olyan állapotba állítható vissza, amelyben előírt funkcióját teljesíteni tudja, ha karbantartását adott feltételek között és előírt eljárások, valamint erőforrások felhasználásával végzik el.” (MSZ IEC 50(191):1992)

A karbantartás-ellátást a szabvány úgy definiálja, mint „a karbantartó szervezetnek az a képessége, hogy adott feltételek között – igény esetén – rendelkezésre bocsájtja azokat az erőforrásokat és eszközöket, amelyek az adott karbantartási politika mellett a termék (hálózat, összeköttetés, berendezés) karbantartásához szükségesek.” (MSZ IEC50(191):1992) A szabvány megjegyzése a definícióhoz, hogy az adott feltételek magára a termékre és azokra a körülményekre értendők, amelyek között a terméket felhasználják és karbantartják. (BOGNÁR 2010)



26. ábra: A megbízhatóság fogalma

Forrás: MSZ IEC 50(191):1992 szabvány

BÉKÉSI (2007) értelmezésében a hibamentes működés valószínűsége adott „t” időtartam alatt nem más, mint annak valószínűsége, hogy a „T” időtartam, ami a berendezés hibamentes működésének időtartama, nagyobb ennél a „t” előre megadott időtartamnál

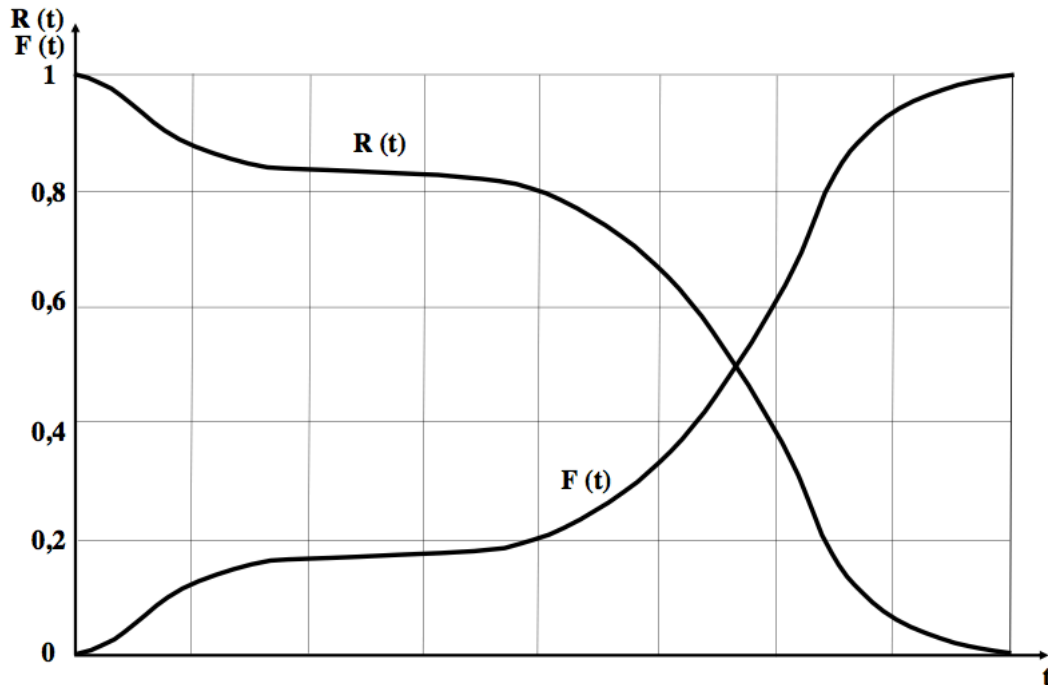
$$R(t) = P(T > t)$$

A meghibásodás bekövetkezésének valószínűsége megadott „t” időtartam alatt annak valószínűsége, hogy a hibamentes működés „T” időtartama kisebb mint „t”

$$F(t) = P(T < t)$$



A fenti meghatározásnak megfelelően  $F(t)$  a berendezés hibamentes működési időtartamának, vagyis a meghibásodás bekövetkezési idejének eloszlásfüggvénye. Tehát a  $R(t)$  és  $F(t)$  a berendezés „ $t$ ” működési idejét jellemző időfüggvények (lásd 28. ábra), ezeket tartalmuknak megfelelően megbízhatósági és megbízhatatlansági függvényeknek nevezzük.



27. ábra: A hibamentes működés és a meghibásodás valószínűségének függvénye  
Forrás: Peták 1981

A 27. ábra megmutatja a hibamentes működés  $R(t)$  és a meghibásodás  $F(t)$  valószínűség függvények jellegzetes alakja az időben.

Látható, hogy a meghibásodás és a hibamentes működés, komplementer események, ezért

$$R(t) + F(t) = 1$$

Bármilyen technikai berendezés hibamentes működésének valószínűsége  $R(t)$  alatt annak valószínűségét értjük, hogy a megadott „ $t$ ” időtartam alatt, az adott üzemeltetési körülmények között meghibásodás nem következik be. Ha a meghibásodásokról megfelelő számú adat áll rendelkezésünkre, a hibamentes működés valószínűségét közelítő relatív gyakoriságot (tapasztalati eloszlás) az alábbi képlet segítségével határozhatjuk meg:

$$R^*(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$$

ahol:  $N_0$  – a megfigyelés alatt levő berendezések száma a megfigyelés kezdetén;

$n(t)$  – a „ $t$ ” időtartam alatt meghibásodott berendezések száma.

A valószínűség értékét jellemző relatív gyakoriságot azért jelöltem meg csillaggal, mert a gyakorlatban korlátozott számú berendezést tudunk csak megfigyelés alá venni. Minél nagyobb számú azonban a megfigyelt berendezések mennyisége, annál jobban meg tudjuk közelíteni a valószínűség elméleti értékét.

A fenti képletből látható, hogy  $R^*(t)$  értéke a kezdő időpillanatban egy, az időtartam növekedésével, a meghibásodások előfordulásával pedig csökken. Ezt a paramétert

használhatjuk mind egyes berendezések, rendszerek, mind az egész repülőtechnika komplex jellemzésére a működési idő, és az alatt előforduló meghibásodások függvényében.

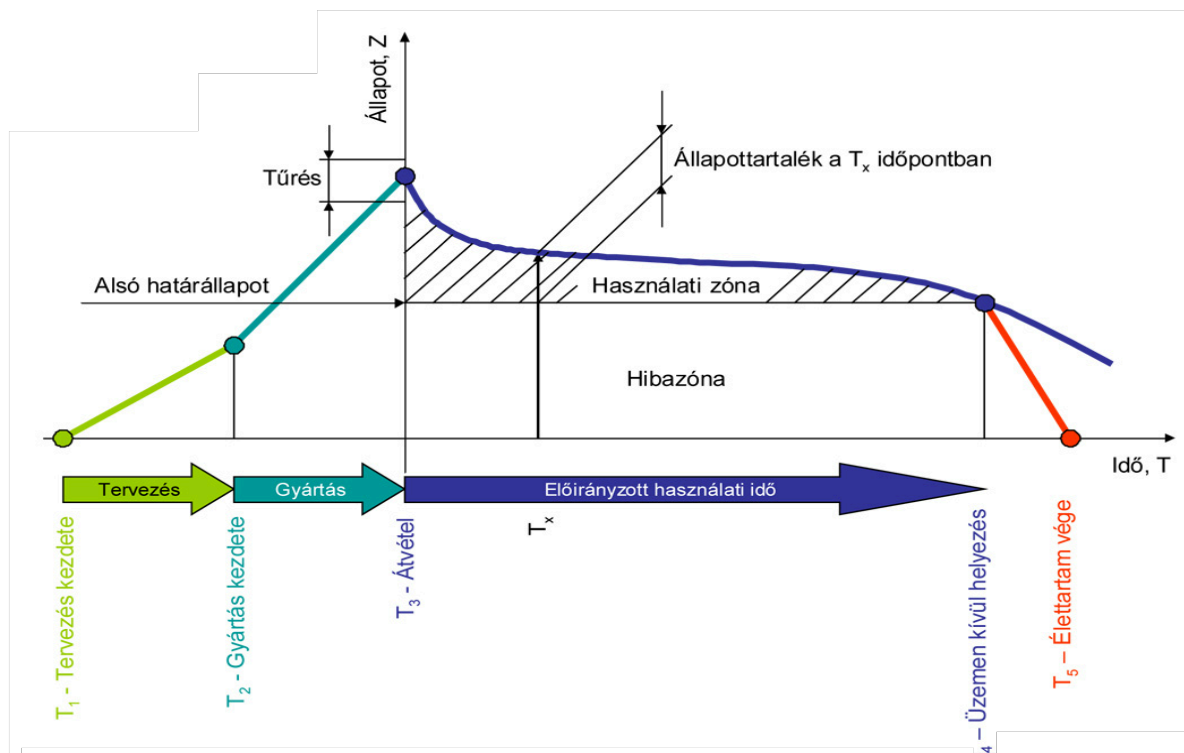
Néha, mint minősítő paramétert alkalmazhatjuk a hibamentes működés valószínűsége helyett a meghibásodás bekövetkezésének a valószínűségét jellemző relatív gyakoriságot  $F^*(t)$ , ami komplementer valószínűség

$$F^*(t) = 1 - R^*(t)$$

A csillag jelölés mindenütt azt jelenti, hogy gyakorlati statisztikai adatokkal számolunk. A meghibásodás bekövetkezésének valószínűségét megállapíthatjuk az alábbi képlet alapján is:

$$F^*(t) = \frac{n(t)}{N_0}$$

A számítást a gyakorlatban úgy végezhetjük, hogy a „t” működési idő során folyamatosan  $t_1, t_2, \dots, t_n$  időpontokban meghatározzuk a meghibásodott berendezések alapján  $R^*(t)$  értékét és felépítjük egy „R-t” koordináta-rendszerben a hibamentes működés, illetve a  $F^*(t)$  meghibásodás bekövetkezése valószínűségének alakulását a működési, adott esetben a használati idő függvényében. (BÉKÉSI 2007)



28. ábra: Gépek életciklusa, elhasználódási tartalék

Forrás: SZÁNTÓ 2013

A 28-as ábra a gépek életciklusát és az elhasználódási tartalékot szemlélteti. T1-es állapot a tervezés, amely az alsó határállapotig tart. Ezt követi a gyártás kezdete, amely az alapállapotig viszi a folyamatot. Az átvétellel megkezdődik az előirányzott használati idő, amely az üzemén kívül helyezésig tart. A folyamat a T5-el, az élettartam végével zárul.

### 2.3.1. Karbantartás szervezés kategóriái

A karbantartás-szervezést a következő 6 kategóriába lehet csoportosítani HORVÁTH (2007, 2010) és BOGNÁR (2010) munkássága alapján:

Elsőként a folyamat iskola kerül bemutatásra. Értelmezése szerint a karbantartás folyamat, az egyes elvégzendő feladatok folyamata. A karbantartás szervezés gyakorlatához köthető gyakorlati szempontú elemeket próbálja modellezni. Célja, hogy a képes legyen átlátható módon ellenőrizni, monitorozni, a karbantartás-szervezés elméleti oktatási feladatait támogassa és a folyamatok kutatását és javítási lehetőségeinek feltárását segítse elő. (HORVÁTH 2007; ERDEI et al. 2011) „A karbantartási folyamatok ezen iskolája képviselte megközelítés lényege, hogy megértsük a karbantartás-szervezés különféle aspektusainak a célját, funkcióját és filozófiáját, illetve azokat további tanulmányozás céljából feljegyezzék.” (HORVÁTH 2007) A karbantartás-szervezés minden aspektusát azonosítani kívánja a karbantartás-szervezés általánosítható, nem ipar-specifikus és szemléltől független jellemzőinek figyelembevételével. Ezek alapján elmondható, hogy következtetései és létrehozott modelljei általános képet adnak. Ezen iskola képviselői: Düll, Vermes, Horváth, Nyman és Lewitt (DÜLL 1996, VERMES 2004, HORVÁTH 2007, NYMAN- LEWITT 2010). Van átfedés a művek alapján a szervezési iskolával, de a kapcsolat nem mondható erősnek. (BOGNÁR 2010)

Másodikként a matematikai iskola kerül bemutatásra. A lényege a mennyiségi megoldások definiálásában rejlik a karbantartás-szervezési problémák kezelésére. Matematikai viszonyokként fejezi ki a problémákat és a karbantartási problémákat logikai eszközökkel ragadja meg. Matematikai modellezésről beszélhetünk, mivel a probléma megoldását a matematikai viszonyokra leírt megoldásra származtatja. Az esetek többségében a kvantitatív megoldásaival a gazdasági optimalizálásra törekszik. A matematikai iskola előnye a mennyiségi megközelítéséből ered, amely lehetőséget nyújt, hogy közvetlenül kapcsolódhasson a számítógéppel segített szervezési megoldásokhoz és azok kialakításához.

Ezen iskola képviselői: Pokorádi és Horváth (POKORÁDI 2000, 2006, HORVÁTH 2007) továbbá BOGNÁR (2010) szerint ide sorolható még Kosztyán és Hegedűs (KOSZTYÁN et al. 2007, KOSZTYÁN-HEGEDŰS 2010, BOGNÁR 2010).

Harmadik a megbízhatósági iskola, amely az eszközök karbantartását szükségessé tevő jelenségek elemzésének eredményei alapján definiálják a karbantartási stratégiák kidolgozási folyamatait. Ezek alapján az iskola körébe számos megközelítés csoportosítható. A meghibásodások megelőzése áll a fókuszában, a már észlelt meghibásodás következményeitől függően. Mindezt úgy hajtja végre, hogy a priori elemzésekre helyezi a hangsúlyt. Az iskolához tartozik a megbízhatóság-központú karbantartás (RCM) vagy a hibamód és hatáselemzés (FMEA) módszerei, melyeknek számos továbbfejlesztett változata és számítógépes programok formájában kifejlesztett változata létezik.

Ezen iskola képviselői: Gaál, Kovács és Kövesi szerzőtársaival (KÖVESI et al. 1987; KÖVESI 2003, GAÁL-KOVÁCS 2002, GAÁL-HAUSZMANN 2006, HAUSZMANN 2007, HORVÁTH 2007).

2008 utáni megjelenések közül ide tartozik Jónás, Kövesi, Hegedűs, Kosztyán (JÓNÁS-KÖVESI 2009; HEGEDŰS-KOSZTYÁN 2010, 2011).

A nemzetközi szakirodalomból kiemelném Mobley, Telang és szerzőtársa munkáit (MOBLEY et al. 2008, TELANG-TELANG 2010, BOGNÁR 2010).

Negyedikként a minőségi iskolát, amely a teljeskörű hatékony karbantartás (TPM) filozófiája módszertani eszközeinek egyik legmarkánsabb képviselőjének nevezhető. „A TPM olyan termelékenységre orientált karbantartás, melyet a kiscsoportos tevékenységekben szervezve minden dolgozó végez. A TPM-ben a berendezés karbantartója felelős a berendezés karbantartásáért, valamint az üzemeltetésért is.” (NAKAJIMA 1989)

Mivel a tanácsadók körében kifejezetten kedvelt a TPM egy rendkívül dinamikusan fejlődő filozófia a karbantartás-szervezés területén, újabbnál újabb megközelítések látnak napvilágot ezen tématerületen.

A témában kutató Horváth szerint Kövesi publikációi alapján nem biztos, hogy célszerű különbséget tenni a megbízhatósági és minőségi iskola között, de a két iskola gyökereinek különbözősége miatt megtehető (KÖVESI 1996, 2003; HORVÁTH 2007).

Ezen iskola képviselői: Péczely, aki munkái túlnyomó többségében a TPM-mel és az ahhoz kapcsolódó területekkel foglalkozik (PÉCZELY 2009, 2010, 2012). A nemzetközi szakirodalomban is számos ide tartozó munka található. (HARTMANN 2007; LEWITT 2010, BOGNÁR 2010)

Ötödikként az állapotfüggő iskolát, melynek célja a meghibásodások előfordulásának észlelésének és előrejelzésének megvalósítása a paraméterek, változók azonosításával, mérésével. Az iskola arra törekszik, hogy olyan technikákat alkalmazzon, amelyek segítségével a meghibásodások elkerülhetővé válnak, hogy még azok bekövetkezése előtt a karbantartás elvégezhető legyen. Mindenek előtt a meghibásodások korai érzékelését, diagnosztizálását tartja szem előtt. Az iskola által alkalmazott technikák feltűnően heterogének és dominánsak. Az alkalmazás területének függvényében változnak. (HORVÁTH 2007)

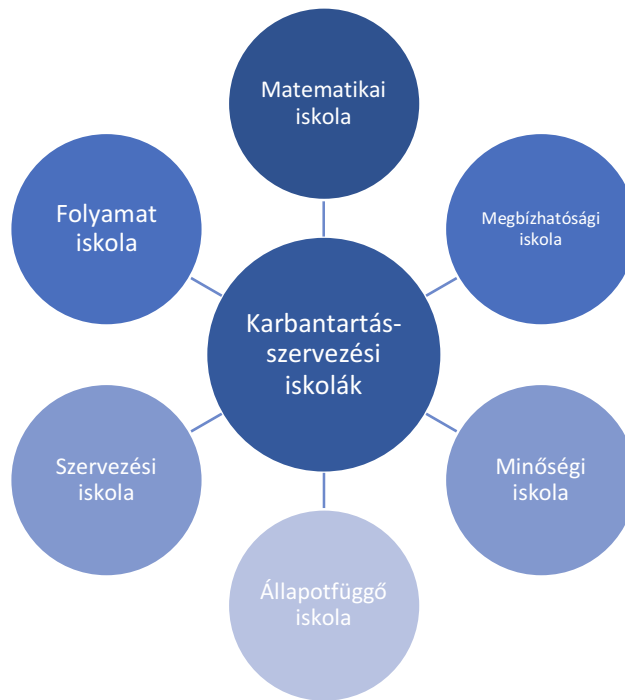
Ezen iskola képviselői: Horvát szerint Fazekas, Homolya és Terpó munkásságuk alapján, őket ezen iskola hazai „apostolaiként” említi és kiköti, hogy felsorolása nem lehet teljes. BOGNÁR (2010) ide sorolja még Kisdéák és Dömötör nevét is (DÖMÖTÖR 2008, 2010, KISDEÁK 2011, 2012).

Hatodikként a szervezési iskolát, amely a karbantartási munkákra alapvetően a menedzsmenttudomány szemszögéből tekint és ezt tartja a karbantartás-szervezés lényegének. A karbantartási tevékenységek tervezésére, szervezésére, ellenőrzésére helyezi a hangsúlyt a szervezési iskola. (HORVÁTH 2007) Az iskola a karbantartói munkát főleg döntési alapokon és a projektmenedzsment „szemüvegén” keresztül vizsgálja. A szervezési iskola fókuszának központjában a karbantartásban dolgozók motiválásának kérdése, a szervezeti kultúra karbantartással kapcsolatos értelmezései és a karbantartás irányvonalainak jövőbetekintő meghatározása van.

Ezen iskola képviselői: kiemelném Horváth munkásságát, aki „veszprémi iskolának” is nevezi. Számos kutatási eredményt publikáltak ezen területen hazai és nemzetközi viszonylatban: Gaál, Kovács, Szabó, Lewitt, Balogh, Horváth. (GAÁL et al. 2008a,b; KOVÁCS et al. 2008; SZABÓ et al. 2008; LEWITT 2009; BALOGH et al. 2010; HORVÁTH 2010, 2011, 2012)

Bognár munkái is főleg ide sorolhatóak (BOGNÁR 2010, BOGNÁR et al. 2010, BOGNÁR-GAÁL 2011, 2013).

Az egyes iskolák határai nem válnak el élesen egymástól, helyenként homályosnak tűnnek és megnehezítik a kategorizálást. A 29. ábra rendszerező és összefoglaló jelleggel mutatja be a karbantartás-szervezés iskoláit. Fontos, hogy az ilyen definitív módon az egyes iskolák egymástól történő elkülönülése még nem fejeződött be, napjainkban is folyamatban van.

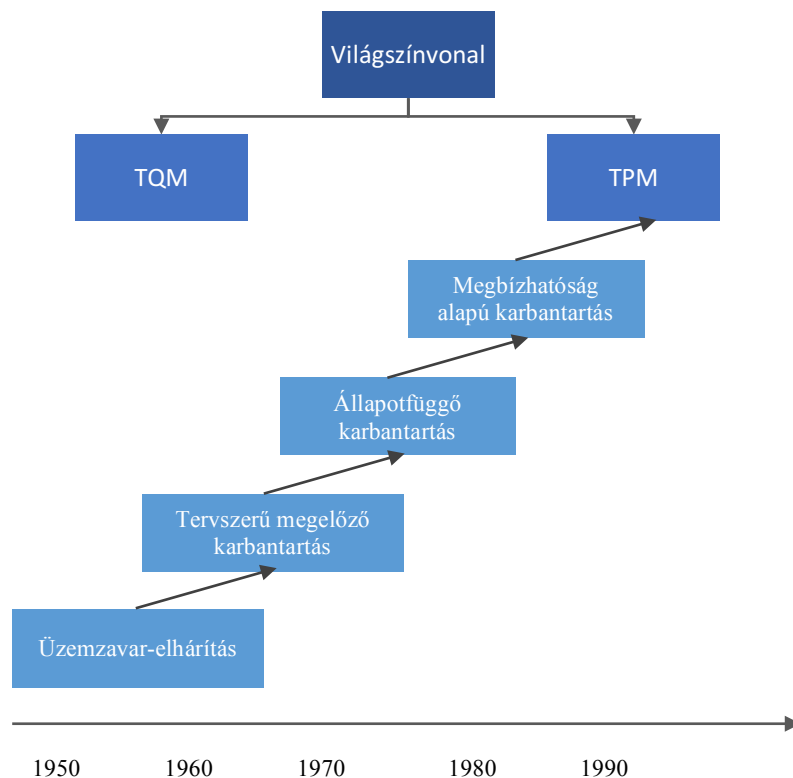


29. ábra: Karbantartás-szervezés iskolái

Forrás: Saját szerkesztés ANDERSON 1998, BOGNÁR 2010 alapján

### 2.3.2. A karbantartási stratégiák fejlődése

GAÁL rendszerbe foglalja munkájában a karbantartási stratégiákat és a karbantartási gondolkodás fejlődését. Elgondolásában különböző irányzatok időben, és a fogalmi körök tekintetében összefüggenek egymással, így egyértelműen nem lehet róluk, mint különálló jelenségekről beszélni. (GAÁL 2007)

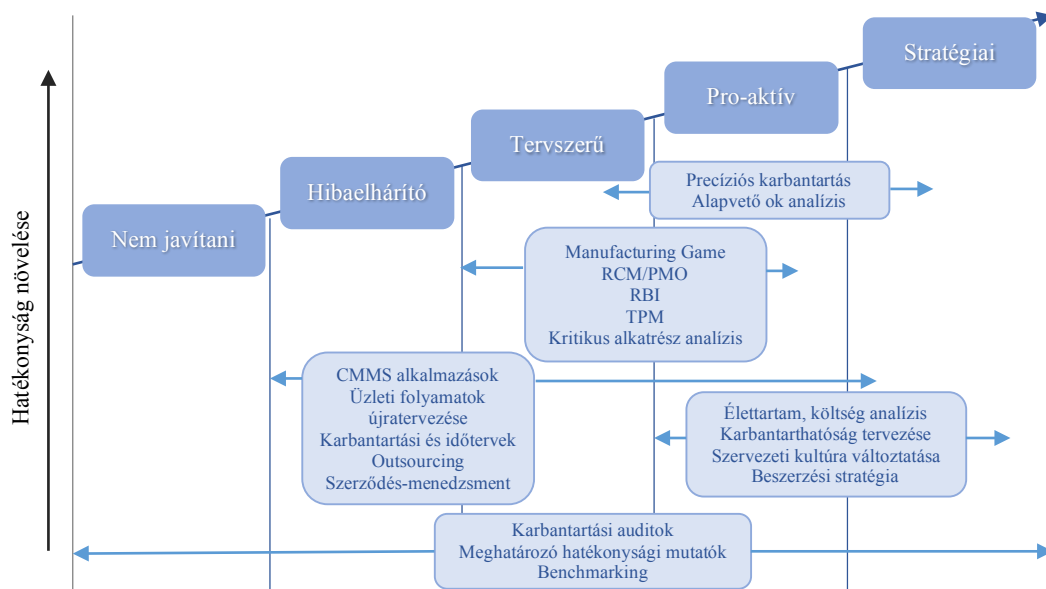


30. ábra: A karbantartási gondolkodás fejlődése az idő függvényében ábrázolva  
Forrás: Saját szerkesztés GAÁL 2007, BOGNÁR 2010 alapján

Az 1950-es évekig alapvetően az eseti vagy másik nevén „tűzoltó” stratégia volt a jellemző, majd – elsősorban az iparilag fejlettebb országokban – felismerték, a karbantartás termelésben betöltött meghatározó jelentőségét. Ezt követően a tervszerű megelőző karbantartási stratégia indult fejlődésnek, majd az állapotfüggő vagy szokás diagnosztikán alapuló karbantartási stratégia fejlődésének időszaka következett (30. ábra). (GAÁL 2007) Ezt követően indultak azok a stratégiai irányzatok, amelyek a valódi karbantartás megelőzési stratégia felé vezetnek, megalapozzák azt. Ez megtalálható a megbízhatóság alapú karbantartás (RMB), a teljeskörű hatékony karbantartás (TPM), a kockázatalapú karbantartás (RBM) és számos más irányzat jellemzőiben is. A karbantartási stratégiák rendszerét ezen logika szerint négy stratégia alkotja, és ahogy Kovács (2008) írja munkájában, a karbantartás szakirodalmában a fenti négy karbantartási stratégiát szokás megkülönböztetni:

- eseti karbantartási stratégia,
- ciklikus karbantartási stratégia,
- állapotfüggő karbantartási stratégia,
- karbantartás-megelőzési stratégia.

Közel hasonló értékelésre jut Dunn a stratégiák felosztásában, de esetében a szemlélet a cselekvési motivációk megfogalmazásában, vagy más értelmezésben a kihívásokra adott válaszokban található. Dunn továbbá egy ötödik fogalmat a stratégiai karbantartást is bevezeti. (GAÁL 2007) Ezt szemlélteti a 31.ábra.



31. ábra: Karbantartási stratégiák a cselekvési motivációk szempontjából

Forrás: GAÁL 2007, BOGNÁR 2010

Az eseti karbantartási stratégiánál a ciklikus, állapotfüggő, karbantartás-megelőzési stratégiák alkalmazása nagyobb megbízhatóságot és üzembiztonságot eredményeznek, azonban sokszor fennállhat olyan eset, hogy ezeket a stratégiákat nem lehet eredményesen, vagy nem célszerű alkalmazni.

Az eseti karbantartási stratégia célszerűen akkor alkalmazandó hatékonyan, ha olyan meghibásodásokat kell elhárítani, amelyeknek a megelőzése nagyobb ráfordítással járnának, mint a javítás. Ide tartozhatnak még a jellegüket tekintve egyszerűbb, karbantartó szakembert nem igénylő beavatkozások, amit akár a gépkezelő is el tud végezni. (GAÁL-KOVÁCS 2002) A karbantartási stratégia döntésméleti alapokon nyugvó definíciója alapján, az eseti karbantartás

esetén a döntéssorozat kiinduló pontja maga a meghibásodás. Az üzleti folyamatok karbantartásán értelmezve, jó példa az, amikor a munkavállaló nem jelenik meg a munkában, így az üzleti folyamatokban meghibásodás keletkezik, mert nincs, aki elvégezze a munkát. Ez az eset előfordulhat, előre jelezni nehezen lehet és tűzoltó jelleggel találni kell valakit, aki a munkát hatékonyan elvégzi, vagy az üzleti folyamatrendszerben tartós marad a meghibásodás. (BOGNÁR 2010)

Ez a karbantartási stratégia állandó, mivel ami elromolhat, az egyszer el is fog romlani. Bármilyen modern karbantartó rendszert hozzanak is létre, meghibásodások mindig lesznek, ezért az eseti karbantartási stratégiával, ennek következtében mindig számolnia kell a karbantartóknak. (SZÁNTÓ 2003) Egybehangzó véleménye számos publikációnak, hogy ez a karbantartási stratégia az iparosodás „eredeti” karbantartási stratégiája. (WAEYENBERGH-PINTELON 2004; MECHEFSKE-WANG 2003) Ezt a karbantartási stratégiát elsőszeretettel alkalmazzák olyan vállalatok, annak ellenére is, hogy sokszor emberéltre és környezetre veszélyes kimenetele lehet egy esetleges meghibásodásnak, ahol a kitermelhető profitráta magas és ehhez képest a meghibásodás elhanyagolhatóan kis költséggel jár. (SHARMA et al., 2005) Ezen stratégia előnye, hogy kihasználható a teljes elhasználódási tartalék, azonban hátránya, hogy a helyreállítás nem tervezhető, a helyreállítás ideje a váratlan meghibásodás miatt jelentősen hosszabb. (SZÁNTÓ 2003)

A ciklikus karbantartási stratégia szemben az eseti karbantartási stratégiával, ezen stratégia elébe megy a meghibásodásnak, nem várja be míg a hibaállapot bekövetkezik. A ciklikus karbantartási stratégia alkalmazása során a meghibásodások megelőzésére bizonyos ciklusonként felülvizsgálatot kell elvégezni és szükség esetén be kell avatkozni. A ciklus számításának többféle alapja is lehet, általában eltelt idő, vagy a leadott teljesítmény függvénye alapján számítható ki. Olyan jellegű meghibásodások megelőzésére célszerű alkalmazni, melyeknek a váratlan bekövetkezése nagyobb termelés kieséssel, nagyobb profitelmaradással járnának, illetve jelentős előkészületeket igénylő javítások, felújítások esetén is eredményesen alkalmazható. (GAÁL 2007)

Ezen karbantartási stratégia lényege, hogy az előre meghatározott teljesítmény, illetve időadatok alapján a tényleges állapot figyelembe vétele nélkül műszaki, gazdasági intézkedéseket kell elvégezni a berendezés vagy folyamat valós vagy vélt károsodási magatartásának ismeretei alapján. A döntéssorozatot egy előre rögzített időstruktúra határozza meg, a karbantartási intézkedés során a berendezés vagy folyamat működőképes. (SZÁNTÓ 2003) A ciklusidő csökkentésével csökken a meghibásodások valószínűsége, de a költségek ellenben megnőnek.

Az üzleti folyamatok karbantartásán erre a stratégiára példa, a dolgozók adott időközönkénti rotálása más szervezeti pozíciók között, ami Japánban is elsőszeretettel alkalmazott technika. Többek között emberek munkavégzési rendjének szabályozása is ennek a stratégiának tulajdonítható. (Például, amikor előírják, hogy adott munkafolyamatot meddig végezhet ugyanazon személy, mielőtt kötelezően le kell váltani. Gondolhatunk itt nyugodtan a sofőrökre vonatkozó előírásokra, de akár a radioaktív környezetben dolgozókéra is, vagy technológiai folyamatokban lévő előírásokra, ajánlásokra.) (BOGNÁR 2010)

Ezen karbantartási stratégia egyértelmű előnye, hogy ha jól alkalmazzák, akkor a váratlan meghibásodások előfordulásának valószínűségét jelentősen csökkenteni lehet, de hátránya, hogy ha túl nagy biztonságra törekedve alkalmazzák, akkor jelentős teljesítmény tartalékot vesznek ki a működésből, amit akár nyugodtan fel is használhattak volna. (MECHEFSKE-WANG 2003)

Állapotfüggő karbantartási stratégia esetén a berendezés működtetése szempontjából fontos paraméterek folyamatos figyelemmel kísérése alapján lehet következtetni az üzemképességre, és

az elhasználódás mértékére. Ennek következtében a váratlan meghibásodások előfordulási valószínűsége a lehetséges minimumra korlátozható. (GAÁL-KOVÁCS 2002)

Az üzleti folyamatok karbantartására példa, amikor a szervezet saját magát belső auditok formájában időszakosan ellenőrzi, vagy a szervezet beszállítóinak működését időszakosan felülvizsgálja, átvilágítja. Az éves időszakos teljesítményértékelési eljárások is ebbe a kategóriába tartoznak. Ide sorolható ezen karbantartási stratégiával rokon szemléletű a szervezet stratégiájának időszakonkénti felülvizsgálata és a szükséges változtatások megtétele is.

A karbantartás-megelőzési stratégia az összefogást és az integrációt erősítő, hangsúlyozó karbantartási stratégia. A karbantartás hatékonyságát valamennyi vállalati folyamatban figyelembe veszik. (GAÁL 2007) Mindenkinek a feladata az adott vállalati eszközök karbantartása. Lényeges, hogy az eszköz vagy folyamat megtervezésekor olyan célkitűzésekre fókuszál a stratégia, mint a megbízhatóság javítása, a karbantarthatóság javítása, a karbantartási erőforrások minimalizálása, illetve a rutin szervízszolgáltatások szükségességének megszüntetése. (GAÁL 2007) Az üzleti folyamatok karbantartásán példa erre a stratégiára, amikor úgy végeznek el egy folyamatát szervezést, hogy abba minden lehetséges érintettet bevonnak, és a működtetés során is mindenki ténylegesen tesz azért, hogy a rendszer a működőképességét megőrizze hosszú időn át. (BOGNÁR 2010)

A 32. ábra összefoglalja és jól szemlélteti a karbantartás evolúcióját a II. világháborút megelőző időszaktól a 2000-ot követő évekig. Az ábrán megtalálhatóak a technikák fejlődése és az elvárások fejlődése egyaránt.

ELVÁRÁSOK FEJLŐDÉSE	Háború okozta erőfeszítések Fokozott gépesítés	Megnövekedett rendelkezésre állás és költséghatékonyság A megbízhatóság fontossága A megelőzés felismerése	Üzemi / Ipari biztonság Környezetvédelmi kérdések Fejlesztett rendelkezésre állás/ megbízhatóság üzleti tudatosság					
	A TECHNIKÁK FEJLŐDÉSE	Lerobban-karbantart. Minőségellenőrzés mintavételezés és tesztelés elfogadás	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karbantartási standardok</li> <li>• Ütemezett nagyjavítások</li> <li>• Megelőző karbantartás</li> <li>• Terotechnológia (csere-telepítés)</li> <li>• Hibafa elemzés</li> <li>• Karbantartás tervező rendszerek</li> </ul>					
ÉVEK	II Világháború előtt	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000+
						<ul style="list-style-type: none"> <li>• Állapot alapú karbantartás</li> <li>• Számítógép vezérelt karbantartás</li> <li>• Teljeskörű Hatékony Karbantartás (TPM)</li> <li>• Profit növelő szerep</li> <li>• Belső/ Külső partnerség</li> <li>• Integrált termelési / karbantartási rendszerek</li> </ul>		

32. ábra: A karbantartás evolúciója

Forrás: Saját szerkesztés VANRIJN-SCHOLTEN 1996, SHERWIN 2000 alapján



### 2.3.3. Karbantartás menedzsment

A karbantartás menedzsment 3 részre a műszaki, humán, és a gazdasági részre osztható fel. A menedzsment 12 fő karbantartási területtel rendelkezik, melyeket a 20. táblázat szemléltet.

20. táblázat: 12 fő karbantartás menedzsmenti terület

<b>Műszaki rész</b>	<b>A karbantartás „terméke”</b>	Meghatározni a különböző típusú szolgáltatások és termékek a karbantartási funkció alapján. Meghatározni a kapcsolatot az összes rendszer egységgel.
	<b>A karbantartás eredményének minősége</b>	Meghatározni a minőségét a karbantartási munkáknak. Minőségi jelentések, hitelesítő dokumentumok, döntések a karbantartási standardokról, stb.
	<b>Karbantartás munkamódja</b>	Munkamódban, idő színvonalban, a karbantartási munkák közötti kapcsolatban jelenik meg.
	<b>Karbantartás erőforrása</b>	A karbantartás berendezései, karbantartási szolgáltatások vétele, információ az új berendezésekről, az eszközök használata, irányítása stb.
	<b>Karbantartás kellékei</b>	Raktárkészlet tervezés, raktározás, kereskedőkkel való kapcsolattartás stb.
	<b>Karbantartói feladatok irányítása</b>	Megtervezni a karbantartási munkálatokat, a munkálatok előre menetele, humánerőforrás tervezés stb.
<b>Humán összetevő</b>	<b>Belső kapcsolatok a karbantartásban</b>	A részlegek közötti együttműködés, kapcsolat, és koordináció, a termelés érdekében.
	<b>Külső kapcsolatok a karbantartás funkcióiban</b>	Külső kapcsolatok az ügyfelek között, különösképpen a biztonság, környezet vagy önkormányzat felé.
	<b>A karbantartás funkciójának szervezete</b>	A rendszer megszervezése, emberek kiválasztása, csoportok képességei közötti kapcsolatok, felelősség és kötelezettség.
<b>Gazdasági rész</b>	<b>Karbantartás struktúrája</b>	Munka megállás a karbantartás következményében, terület szerkezete, alapleírása (pl.: rajzok)
	<b>Karbantartás gazdaságossága</b>	A javítások gazdasági irányítása, költség becslések, pénzforgalom, karbantartási számítások, készpénzes finanszírozások és beruházások.
	<b>Gyártás gazdaságossága</b>	Termelési gazdaság szemben a karbantartási költségvetéssel, költséghatékonysági szempontból vizsgálva a karbantartást.

Forrás: Saját szerkesztés LUXHOJ et al. 1997 alapján

## 2.4. Lean szemlélet

Az 1970-es években az addig a világon minden szempontból vezetőnek számító amerikai autóipar, melyet tulajdonképpen a triád (General Motors, Ford, Chrysler) alkotott drasztikus piaci térvesztést szenvedett el az addig jelentéktelen ellenfélnek hitt japán autógyártókkal szemben. Kezdetben a vállalatok és az elemzők is az egyes vállalatoktól független, külső tényezőkben látták a visszaszorulás okát, mint az olcsó japán fizetőeszköz, vagy az alulfizetett japán dolgozói réteg. Egy nagyszabású nemzetközi kutatás azonban egyértelműen rávilágított, hogy a japán autógyártók sikere nem a gazdasági környezetből adódik, hanem az egyes japán vállalatok amerikai társaikét jelentősen meghaladó termelési hatékonyságából. A Toyota autógyár pl. hatékonyságban kétszeresen haladta meg a General Motors-t, miközben minőségi jellemzőkben is felülmúlta azt (WOMACK et al. 1990). Mindezeket az előnyöket egy sajátos japán termelésmenedzsment rendszer biztosítja, Production System: TPS). Ezt a rendszert az egyik kutató nyomán az irodalom „lean” jelzővel illeti (KRAFCIK 1988). A rendszer életképességét misem bizonyítja jobban, mint a Toyota évek óta töretlen üzleti sikere (HOLWEG 2007), hogy a TPS gyakorlata termelési paradigmává vált, (LEWIS 2000), valamint, hogy a lean termelési elvek alkalmazása az autóiipari ellátási láncokban mára alapszintű követelménnyé vált a beszállítókkal szemben (DEMETER et al 2006).

A Toyota fejlesztette ki a lean gondolkodásmódot, és azóta széles körben - szinte minden ágazatban - erre a filozófiára és módszerre igyekeznek áttérni. Egy olyan vállalatirányítási rendszer, amelynek célja, a termékek és szolgáltatások gazdaságos előállítása. Elsősorban a vevő teljeskörű kielégítése a cél, kevesebb erőforrással (idő, tőke, alkalmazott) ad a vevőnek jobb minőségű terméket, szolgáltatást. A folyamatok hatékonyságának növelésével és a veszteségek csökkentésével a pazarlást szünteti meg illetve minimalizálja (WOMACK-JONES 2009).

Meghatározták azt az öt pillért, ami a lean filozófia alapja: érték, értékáram, áramlás, húzó rendszer, folyamatos fejlesztés. A stratégiai szinten meghatározott alapelveket az operatív szinten lévő eszközökkel kívánják elérni. A Deming-ciklust, vagy PDCA-ciklust (terv-cselekvés-ellenőrzés-korrekción) kibővítették a helyzetfelismeréssel, ami a helyzet felmérésére ad lehetőséget.

A felismeréshez használható egyik legfontosabb eszköz és módszertan az 5W azaz 5 miért-módszertan. Ez a problémamegoldás egyik, elsősorban a lean vállalatoknál alkalmazott eszköze. Segítségével ok-okozati kapcsolatok tárhatóak fel 5 miért kezdetű kérdéssel, és megtalálható a probléma valódi oka (gyökérok). Ez az módszer a Toyota alapítójától, Sakichi Toyodatól származik.

- What? Mit csinál?
- Why? Miért? Miért van szükség a feladatra?
- Where? Hol?
- When? Mikor?
- Who? Ki csinálja?

Egy kis- vagy középvállalkozás esetében elegendő, hogy első lépésben a felmerülő problémát azonnal megszüntesse, illetve ezek után tárja fel az azt kiváltó okokat. Célszerű megelőző intézkedéseket hozni annak érdekében, hogy e hibák a későbbiekben még egyszer ne fordulhassanak elő.

8D Problémaelemző és folyamatos fejlesztést elősegítő elemei GREGÁSZ (2009) alapján ismertetem. A Six Sigma Ford által kifejlesztett módszertanán belül ezt az eszközt a gyártási minőségbiztosítási területen alkalmazzák:

- D0- Awareness of Problem - A problémajelenség érzékelése, azonosítása, a 8D alkalmazás szükségességének értékelése, előkészítése, indítása.
- D1- Use Team Approach - Problémamegoldó team alakítása.
- D2- Describe the Problem - A probléma leírása.
- D3- Implement and Verify Interim (Containment) Action(s) -Ideiglenes, azonnali intézkedések megtétele a probléma és hatásának izolálására.
- D4- Define Root Cause(s) - Az ok források felderítése, mélyvizsgálata, elemzése, a lehetséges megoldási lehetőségek meghatározása, megoldáspróba.
- D5- Choose/Verify Corrective Actions - A véglegesítendő javító intézkedések kiválasztása, amelyekkel a probléma és a kicsúszási lehetőségek megszüntethetők.
- D6- Implement Permanent Corrective Actions - A javító intézkedések bevezetése.
- D7- Prevent Recurrence - A megelőző intézkedések meghatározása és bevezetése a probléma visszatérésének megakadályozására.
- D8- Congratulate Your Team - A team munkájának elismerése.

A lean menedzsment néhány évtizeddel ezelőtt radikális újszerűségével robbant be a termelés- és szolgáltatásmenedzsmentbe, ma már az értékteremtő folyamatok menedzsmentjének új alapját jelenti. Az elmúlt húsz-harminc év elégnak bizonyult arra, hogy megfejtjük a lean vállalatok működési kiválóságának titkát. Ezen időszak alatt a lean elvek elterjedtek a gazdasági élet számos területén. Számos iparág (pl. a hazánkban is jelentős hídfőállásokkal rendelkező autó- vagy elektronikai ipar) vállalatai kizárólag lean megoldásokban gondolkodnak, a lean menedzsment képesítő kritériummá vált. A lean szemszögéből vizsgálva az értékteremtő folyamatokat egyfajta kétarcúság jellemzi: amíg a szolgáltató cégek a 21. század elején még jellemzően a „kísérletező” fázisában járnak, addig a lean elvek és eszközök termelési paradigmaként dominálják a termelési rendszerek szervezését (KARLSSON- AHLSTROM 1996).

A lean filozófia két fő alapelve:

- az ember tisztelete és
- a veszteségek, azaz az értéket nem teremtő lépések eltávolítása minden folyamatból, tevékenységből.

A lean menedzsment középpontjában a vevői értékteremtés áll – megfelelő minőségben, megfelelő mennyiségben, megfelelő áron, megfelelő időben és megfelelő helyen a fogyasztó igényének megfelelő termék vagy szolgáltatás (a továbbiakban: termék). A lean első lépése: a meghatározó vevőkkel folytatott párbeszéd keretében definiálni kell a vevői értéket, és lefordítani egy meghatározott áron meghatározott képességeket kínáló termékre. Egy autógyár esetében a végső vevő az autót vásárló, egy banknál a bank szolgáltatásait (pl. hitel) használó. A vevői érték meghatározása szervezeti kapcsolatokban, vevő-szállító relációban is hasonló logika alapján épül fel. A vevői igény alapján minden esetben azonosíthatók az igényt kielégítő értékteremtő lépések, amit a lean menedzsmentben értékáramnak nevezünk. Az értékteremtő lépések „determinálják”, hogy mely tevékenységek feleslegesek, miért nem hajlandó a vevő fizetni. Lean terminológiában ez a pazarlás (angolul *waste*, japánul *muda*).

Muda "veszteséget" jelent, azaz minden olyan emberi tevékenységet, amely erőforrást használ fel, de nem teremt értéket: javítást igénylő hibákat, felesleges cikkek termelését, amelyek azután készleten halmozódnak, szükségtelen feldolgozási lépéseket, alkalmazottak és áruk céltalan mozgását, illetve mozgását, a folyamat valamelyik lépésénél amiatt veszteglő embereket, hogy

az előző lépései nem végeztek időben, valamint a vevő igényeinek nem megfelelő termékeket és szolgáltatásokat. (WOMACK-JONES 2009)

A nem megfelelő működés további két nagy csoportra osztható a Mudán kívül. Az egyik a Mura, amely a változékonyság, célszerűtlenség, kiegyensúlyozatlanság. A másik a Muri, amely a kiegyenlítetlenség, túlterheltség. (PÉCZELY 2011)

A lean szemlélet lényeges kiindulópontja az érték. Csakis a végfelhasználó döntheti el, hogy mi számít értéknek, és csak akkor van értelme értékről beszélni, ha egy bizonyos termék (áru vagy szolgáltatás, vagy gyakran a kettő ötvözete) az adott áron és az adott időpontban kielégíti a vevő igényeit. Az értéket a gyártó teremti. A vevő szemszögéből nézve ez a gyártók létezésének oka. Viszont a gyártók számos ok miatt nagyon nehezen tudják pontosan meghatározni az értéket.

Az értékfolyamat magában foglalja mindazon műveleteket, amelyek szükségesek ahhoz, hogy egy bizonyos terméket (árut, szolgáltatást vagy egyre inkább a kettő kombinációját) végigvezessük valamennyi vállalkozás három legfontosabb vezetési feladatán: az elgondolástól a részletes forma- és műszaki tervezésen át a gyártásindításig terjedő problémamegoldási feladaton, a rendelésvételtől a részletes ütemezésen át a szállításig terjedő információfeldolgozási feladaton, valamint a nyersanyagtól a vevőnek átadható késztermékig terjedő fizikai átalakítás feladatán. A lean szemlélet következő lépése minden egyes termék (vagy bizonyos esetekben minden termékcsalád) teljes értékfolyamatának azonosítása. Ezt a lépést kevés cég kísérelte meg, de amelyik mégis, az szinte mindig jelentős, sőt elképesztő mennyiségű mudára bukkan. (WOMACK-JONES 2009)

Az értékáram mindazon meghatározott cselekvések összessége, amelyeket egy meghatározott termék előállítása megkövetel. A vállalati gyakorlatban egy-egy értékáramot jellemzően egy-egy termékre, termékcsaládra értelmeznek. Az értékáram elemzés során a tevékenységek három fajtája azonosítható:

1. Azon tevékenységek, amelyek minden kétséget kizáróan értéket teremtenek – értékteremtő tevékenységek. Például egy kerékpár vázának hegesztése vagy egy utas elszállítása repülővel.
2. Több olyan tevékenységet találunk, amely nem hoz létre értéket, de meglévő intézményi és technológia környezetben elkerülhetetlen – szükséges nem értékteremtő tevékenységek. Például a hegesztések ellenőrzése a minőség biztosítása érdekében.
3. A megmaradt tevékenységek közös jellemzője, hogy nem teremtenek értéket és azonnal megszüntethetőek – pazarlás. (MONDEN 1983)

Paradox módon a lean sikere mögött az áll, hogy a szervezetek nagy része rendkívül sok pazarlással működik. A fenti hármas felosztást használva elmondható, hogy az „értékteremtő-szükséges, nem értékteremtő-pazarlás” egymáshoz viszonyított aránya jó esetben 5:35:60. Jellemző, hogy értékhozzáadás a teljes átfutási idő 0,05-5%-ában történik (LIKER 2008). A teljesítményjavítás legnagyobb potenciális lehetősége a „szintiszta” pazarlást jelentő közel 60%-nyi tevékenység, ezek megszüntetését kell megcélozni.

A termékhez, termékcsaládhoz tartozó folyamat lépéseit az értékáram elemzés (value stream mapping, VSM) módszerével vizsgálják. A VSM egy folyamatkép, amiben felrajzolják a folyamat lépéseit, szereplőit, értékteremtés alapján osztályozzák a tevékenységeket, felmérik a munkaerő- és időigényt, felvázolják az anyag- és információáramlás útvonalát. Utolsó lépésben azonosítják a fejlesztési lehetőségeket.

A 21. táblázat összehasonlítja a hagyományos gondolkodásmódot a lean gondolkodásmóddal. A táblázat segítséget nyújt a két gondolkodásmódbeli különbség megértésében.

21. táblázat: A hagyományos és a lean gondolkodásmód

<b>A hagyományos gondolkodásmód</b>	<b>A lean gondolkodásmód</b>
A „gondolkodás” és a „cselekvés” elválik	A „gondolkodás” és a „cselekvés” integrálása
Alacsonyan képzett munkaerő	Magasan, többcélúan képzett munkaerő
Funkcionális alapon elkülönülő osztályok	Funkciók közötti csapatok
A munka előkészítését és rendszerezését „gyámkodó” külsősök végzik	A vevői igények szerinti helyi munka- és termelésstervezés
A munka előkészítése és a létesítménytervezés adja a minőséget	Minőségi termék/folyamat előállítása és a minőség önálló javítása
A hibást kell megtalálni	A problémák gyökerét kell megtalálni
A beszállító ellenség	A beszállító szövetséges
Külsős, elkülönült osztályok, szakértők végzik a létesítmény- és a lebonyolítás-tervezést – részben az ügyintézővel/termeléssel szemben	Ipari tervezés a termelésben – az ügyintézők és üzemi dolgozók aktív közreműködésével
Külsős, elkülönült osztályok, szakértők végzik a fejlesztést és innovációt, részben az érintettek tudta nélkül	Racionalizálás, fejlesztés és innováció magán az értékteremtő szinten
Standardizált tömegtermeléshez nagy teljesítőképességű célgépek	Az egyedi gyártáshoz is rugalmasan használható, kisebb berendezések
Nagy gyártási mélység: minden egy fedél alatt	Alacsony gyártási mélység: minél korábban önállóítani
A nagyobb mennyiség alacsonyabb költséget eredményez	A pazarlások kiiktatása alacsonyabb költséget eredményez
Az információt védeni kell	Az információt meg kell osztani

Forrás: KISARI (2017)

A Toyota egyik alapcélja, hogy tanuló szervezetként működjön, a saját hibájukból következtetést levonva és önkritikát gyakorolva (*hansei*) fejlődjenek. Az önkritika a japán kultúrában elfogadott gyakorlat, Európában ez szokatlan.

A tanuló vállalat azt jelenti, hogy a vállalat képessé válik a lépésenkénti, folyamatos és állandó változásra. Japán megfelelője a *kaizen*, vagyis az állandó javítás a változás irányába, amelyben a vezetők és a dolgozók egyaránt részt vesznek. Alapfilozófiája, hogy minden nap fejleszteni kell valamit, nem elégedhetnek meg az elért pozícióval, eredménnyel. A folyamatok javítása mind a dolgozók, mind a vezetők által történjen, folyamatos jobbítást és javulást szem előtt tartva. Arra biztat, hogy kis lépésekben, folyamatosan fejlesszék a rendszert.

### 2.4.1. Lean menedzsment fejlődésének fő szakaszai

A fejezet a lean megnevezés születésével kezdődik. A lean fogalmát KRAFCIK (1988) vezette be a szakirodalomba. A kutató 1988-ban a Sloan Management Review-ban „Triumph of the Lean Production System” címmel publikálta tanulmányát. A szerző – többek között Daniel T. Jones-szal és John Paul MacDuffie-val együtt – aktív tagja volt az International Motor Vehicle Programnak (IMVP). A kutatók a program során az autóiipari gyártók versenyképességének összetevőit vizsgálták. Krafcik a lean fogalommal azt a gyártási rendszert írta le, amellyel a legkiválóbb járműgyártók rendelkeztek. A fogalom eredeti formájában nem kizárólagosan a japán gyártókra, és nem is csak a Toyotára utalt. (LOSONCI et al 2010)

A lean fogalom 1988-as megjelenésének voltak előzményei. A lean menedzsment alapjai és a Toyota menedzsmentrendszere is ismertek (MONDEN 1983; SUGIMORI et al. 1977; OHNO 1988) és megtalálhatóak voltak a vállalati gyakorlatokban (Holweg 2007; Schonberger 2007). Magyarul az 1980-as évek végén a Dr. Makra Ernőné szerkesztette „JIT vezetési perspektíva” c. segédlet mutatta be a menedzsmentrendszert (MAKRA 1988, LOSONCI et al 2010).

A 33. ábra összefoglalja a lean menedzsment fontosabb fejlődési szakaszait.

Főbb szakasz	Időszak	Tartalmának legfontosabb jellemzője
Kezdetek	1940-től	Toyota termelési rendszer kialakulása Modern minőségmenedzsment terjedése, japán (Toyota) innovációk
JIT-korszak	1970-1980	A Toyota termelési rendszere egy komplex menedzsmentrendszer, a vállalati gyakorlat mégis az anyagáramlás fejlesztésére (pl. JIT) és eszközök bevezetésére helyezi a hangsúlyt
Lean fogalom megjelenése	1988 és 1990	KRAFCIK (1988): a lean a globálisan legkiválóbb teljesítményű autóiipari cégeket jelöli WOMACK és társai (1990): a lean fogalom nemzetközileg ismertté válik, melynek legjobb megvalósítása a Toyota termelési rendszere
Lean termelés	1990-es évektől	Lean termelés meghatározó termelési paradigma Programszerűen lean termelési rendszerek megjelenése, eszközök közötti szinergia és szervezeti feltételek
Lean menedzsment	1990-es évek végétől, látványos a 2000-es évek közepétől	Tömegtermelésen kívüli területek, pl. szolgáltatások, egyedi igényeket kielégítő folyamatok Lean filozófia: lean vállalat, azaz a szervezeti közeg és a további szervezeti funkciók is összhangban vannak a lean elvekkel

33. ábra: A lean menedzsment tartalmának változása

Forrás: LOSONCI et al. 2010

- Kezdetek: a Toyota termelési rendszere Fujimoto (idézi HOLWEG 2007) szerint egy fúzió eredményeként jött létre: a Ford rendszerének különböző elemeit adaptálták, amelyeket toyotás megoldásokkal és más iparágak tapasztalataival egészítettek ki. A szerepe jelentős a modern minőségmenedzsmentben is. Ebben az időszakban az elvek és eszközök még csak a Toyota hálózatában, illetve a japán vállalatok körében váltak igazán ismertté.

- JIT-korszak: A nyugati köztudatban az 1970-1980-as években JIT megnevezés alatt vált ismertté a Toyota gyakorlata. A termeléshez szorosan kapcsolódó folyamatszervezési technikákra helyezték a hangsúlyt, és azokat kiemelték az akkorra már ismert szervezeti közegből (eszköz- és menedzsmentrendszerből). A kutatások felhívták a figyelmet a JIT átfogó jellegére, a fókuszba rövid időn belül a technikai eszközök és eredmények megértése került. A JIT mint termelésszervezési elv – szembeállítva az akkoriban jellemző anyagszükséglet-tervezési rendszer logikájával – a magyar szakirodalomban is fellelhető (lásd NAGY 1991). Több kutató és szakértői csoport is foglalkozott akkoriban a témával, azonban a hazánkban nem vált széles körben ismertté. (LOSONCI et al. 2010)

- Lean termelési rendszer tekintetében a nemzetközi érdeklődés fokozódása volt tapasztalható az 1990-es évek közepétől a lean átalakítások iránt. Az előző, 1980-as JIT-korszakhoz képest két jelentősebb változást tulajdoníthatunk ennek az időszaknak. A korábbi, néhány gyakorlat adaptálásán nyugvó megközelítés helyett a programszerű adaptálás vált jellemzővé. A lean termelés sokkal szélesebb vállalati körben jelent meg. A lean termelési rendszer stratégiai (VÖRÖS 2010) és funkcionális kapcsolatokkal, formalizált keretek között alakítja át a vállalatok működését. A szervezeti keretek kapcsán a munkaerő-szervezés is előtérbe kerül. A lean termelés mögötti komplex átalakítás alatt a JIT, a TQM, az AMT (Advanced Manufacturing Technology – fejlett termelési technológia,) és a TPM (Total Productive Maintenance – teljes termeléskény karbantartás) együttes alkalmazását értjük.

A versenyelőny-forrást támogató lean rendszer (KELEMEN 2009; KOLTAI 2009; VÖRÖSMARTY 1999) az 1990-es évek közepére a termelési rendszerek szervezésének domináns stratégiává fejlődött (HAVAS 1996; KARLSSON-ÅHLSTRÖM 1996), egyesek a terület legbefolyásosabb paradigmájaként is említik (HINES, HOLWEG, és RICH 2004). Azaz (KOVÁCS 2004) szavait idézve: „Bevallottan vagy sem, sok vállalat termelési rendszeréhez a TPS szolgált mintaként.” (LOSONCI et al. 2010)

- Lean menedzsment esetében a legjobb gyakorlat megközelítésnek megfelelően a szakasz a lean elvek térnyeréséhez kapcsolható (szervezettől, kontextustól, stratégiától, szektortól függetlenül). A változások két fontos vetülete jelenik meg: elsőként, hogy a lean túllép a tömegtermelő vállalatok termelési tevékenységén és megjelenik a szolgáltatások szervezésében, a tudásiparban, az irodai tevékenységekben, a logisztikában, a közszférában, és az egészségügyben. Másodjára felértékelődik a lean rendszer és a szervezeti kontextus, a termelés és a további szervezeti funkciók közötti kapcsolat. Nem csak a termelési folyamatokat kell átgondolni, a szervezeti kultúra átformálás is szükséges. Gyakran találkozhatunk a lean filozófia megjelenésével.

Az egyes szakaszok többnyire hasznosították az előzőek eredményeit: úgy erősítették meg az előző szakaszt, hogy tovább gondolták annak problémáit. Azaz a lean fogalom megjelenését követően a „lean termelési rendszer” szakasz igyekezett megtalálni a választ arra, hogyan lesz eszkozhalmazból az üzleti célokat szolgáló rendszer. A „lean menedzsment” szakasz túlmutat a termelésen és a teljes (kiterjesztett) vállalat megújítását irányozza elő. A két utolsó szakasz azonosan ítéli meg a lean eszközöket és kiemeli a stratégiai szemléletet. (LOSONCI et al. 2010)

A 1970-80-as évek ismerté vált „nyugati” JIT rendszere – különösen, ha azt a TQM-mel és TPM-mel együtt alkalmazták – a TPS-hez állt közel. Mai fogalmaink alapján az eszkozsrendszer és a filozófiai szemszög is lefedi a lean menedzsmentet.

A kutatók között nincsen egyetértés a lean menedzsment a lean termelés gyakorlataiban, és a lean termelés eszkozsrendszer vagy filozófia megközelítése is megosztja őket. SHAH ÉS WARD (2007) két nézőpont köré csoportosítja a véleményeket:

Az első az eszkörendszer megközelítés, amely a közvetlenül megfigyelhető menedzsment gyakorlatok, eszközök, vagy technikák halmazának gyakorlati nézőpontja (pl. LI 2000; SHAH és WARD 2003).

A második a filozófiai szemzőg, amely az elvekhez és átfogó célokhoz kapcsolódik (SPEAR és BOWEN 1999; WOMACK-JONES 2003; 2009).

Az eszkörendszer nézőpont képviselője SCHONBERGER (2007), aki a globálisan legjobb gyakorlatokat egy elnyúló japán magból eredezteti. Konceptiói között megtalálhatóak pl. minőségköltség, termelésre és összeszerelésre tervezés, fizetés rotáció/szakképzettség alapján, közvetlen és tevékenység alapú költségszámítás, teljes körű minőségmenedzsment és csapatmunka, nyilvános megbecsülés, újraszervezés, folyamatos pótlás és szállító által menedzselt készlet, lean termelés, hat szigma és együttműködő ellátási lánc menedzsment. A szerző munkássága során az eszközök bevezetését preferálja.

Egy másik megközelítést képviselnek HINES és társai (2004) a lean menedzsment stratégiai/filozófiai szintjét az általános érvényű lean gondolkodás öt elvével (WOMACK-JONES 2003) azonosítják. Itt a lean termelés az átfogó ernyő, és nem csak egy központi elem, mint Schonbergernél. A lean alapelvek operatív megvalósítását a legjobb termelési gyakorlatoktól várják (pl. JIT, kanban, hat szigma, TQM). A filozófia nézőpont szerint a lean menedzsment stratégiai irányvonala és operatív eszkörendszer folyamatosan integrálja a termelésmenedzsment (sőt általánosabb menedzsment területek és más funkciók) gyakorlatait. SCHONBERGER (2007).

LOSONCI et al. (2010) meglátása szerint a termelésmenedzsmentben a lean eszkörendszer és lean filozófia kérdésben ma a kettő nézőpont együttese kerül előtérbe. Ez a nézőpont is hangsúlyosan kezeli az eszközöket, csak azokat egy menedzsmentrendszer/gondolkodásmód keretei közé szorítja, a céloknak alárendelve. A filozófia nézőpont összekapcsolható a lean menedzsment programszerű bevezetését szorgalmazó iránnyal.

Egyes kutatók véleménye szerint, ha a lean rendszert integrált termelési rendszerként kezeljük (széles eszkörendszer értünk alatta), akkor nincsen érzékelhető különbség az eszkörendszer és a filozófia nézőpont között – legalábbis a gyakorlatok operacionalizálása szintjén. Empirikus eredmények is igazolják, hogy sok lean eszköz hosszútávú jelenléte a lean filozófia szervezeti jelenlétére utal (de MENEZES, WOOD, és GELADE 2010). A két nézőpont közötti különbség csak korlátozott fókusznál jelentős: a csak néhány gyakorlatra korlátozódó lean alkalmazásokat (villámfejlesztések, a Kaizen kezdetleges folyamatai) az eszkörendszer nézőpont leannek tekinti, a filozófia nézőpont azonban ezeket nem fogadja el lean menedzsmentként. A vállalat teljes lean átalakítása irányába mozdító célok/elvek/eszközök hiánya fedezhető fel ezekben az esetekben. LOSONCI et al. 2010).

A fent ismertetett kutatások alapján megállapítható, hogy a lean menedzsment nagyon erősen a japán vállalatok, elsősorban a Toyota gyakorlatára épülve alakult ki. Ennek ellenére, a lean fogalom megjelenése nem csak a rendszer elnevezésében, hanem tartalmában és alkalmazásának kiterjedtségében is jelentős mérföldkönek számít. Széles eszkörendszer felöleli a korábbi koncepciókat is (JIT, TQM, TPM, AMT) és a munkaerő-szervezésre egyaránt kiterjed. Mindeközben az is bebizonyosodik, hogy a hosszútávon fenntartható sikeresség nem érhető el az eszközök független bevezetésével. A lean rendszer csak úgy lehet sikeres, ha az elvek megvalósítását az eszközök programszerű adaptálása támogatja, továbbá a változások nem korlátozódnak a termelési területre, hanem más funkciók és a piaci kapcsolatok (vevő és szállító) átgondolása is megtörténik. Kizárólag a lean filozófia és a módszertan együttes alkalmazása hozhatja meg a tartós és gyors eredményeket.



A meghatározás egyik kulcsfogalma a változékonyság. A lean rendszerben a vevők irányába fontos szerepe van a rugalmasságnak és a választéknak, így a változékonyság megszüntetése semmiképpen nem ezek megszüntetését értjük. A változékonyság megszüntetésére való törekvés a szabvány alapú működést jelenti. A lean rendszerben elvárás az előre meghatározott szabványok szerinti működés. Ha a szabványtól eltérünk, akkor ez az eltérés beavatkozást indokol. A szabvány léte adja meg a lehetőséget az eltérés megállapítására, eltérés esetén az eltérés okait meg kell keresni és fejlesztést kell eszközölni. Maga a hiba okának keresése és a fejlesztés is szabványra épül. A változékonyság megszüntetése a folyamatok/tevékenységek kivitelezésének standardizálására utal. A változékonyság felszámolása más kontextusban is megjelenik, mivel feltétele a lean rendszer 3. alapelvének (3. alapelv, lásd WOMACK-JONES, 1996). A 3. alapelvnél az ingadozó kereslethez kapcsolódó veszteségeket kell megelőzni (kiegyensúlyozatlanság=mura, túlterhelés=muri), mert az ingadozó keresletet a lean rendszer nem képes kezelni. (LOSONCI et al, 2010)

### 2.4.2. Lean eszközök

A Lean 7 fő veszteséget különböztet meg:

1. *Túltermelési veszteség - Waste of overproduction* (A szükségesnél több termék legyártása, vagy túl korai gyártása.)
  2. *Várakozási veszteség - Waste of waiting time* (Információra, utasításra, anyagra, karbantartóra, átvételre, stb. várakozás.)
  3. *Szállítási veszteség - Waste of transportation* (Anyagok, alkatrészek felesleges szállítása.)
  4. *Felesleges tevékenységek végzése miatti veszteség - Waste of over-processing (túlmunka)*
  5. *Készletezésből származó veszteség - Waste of inventory* (A gyártási alapanyagok, félkész termékek, eszközök, dokumentumok szükségtelen, illetve indokolatlan mennyiségben és ideig történő tárolása.)
  6. *Szüségtelen mozdulat - Waste of motion* (Alkatrészek, dokumentumok keresése, hajlogtatás és nyújtózás, mozdulatok ismétlése a helytelen műveleti sorrend miatt.)
  7. *Selejt, hulladék veszteségek - Waste of product defects* (Nem megfelelő termékek.)
- +1 A kihasználatlan emberi tudás (PÉCZELY 2011)

A problémák okainak csoportosítására M kategóriákat használ a lean. Megkülönböztet:

- Man – Ember
- Machine – Gép
- Material – Anyag
- Method – Módszer
- Milieu – Környezet

Általában a halszálkadiagramon használjuk őket. Eredetileg 3M-nek nevezték a felhasznált erőforrások alapján (ember, gép, anyag), majd hozzákapcsolták a method kifejezést. Ebben a formájában terjedt el leginkább, bár a későbbiekben számos további m-mel bővült a lista, például: measurement – mérés, milieu – környezet, maintenance – karbantartás. (Lean szótár 2015)

Az 5S-rendszer alkalmazásának célja a munkahelyi rend, a tisztaság, a tisztántartás, az átláthatóság, a szervezettség, a rendtartás, a munkaterület és az eszközállomány karbantartottságának magas színvonalú biztosítása, folyamatos fejlesztése.

SEIRI: a szükségtelen dolgok eltávolítása a munkaterületekről,

SEITON: a tárgyak és eszközök helyének meghatározása és jelölése,

SEISO: a munkahely tisztaságának biztosítása,

SEIKETSU: az első 3S szabványosítása és fenntartása,

SHITSUKE: jó munkamorál, fegyelem, nevelés, folyamatos fejlesztés

Az 5S előnyeit az alábbi 10 pontban lehetne összefoglalni:

1. A kevesebb baleset növeli a biztonságot!
2. A zéró hiba magasabb minőséget hoz!
3. A nulla veszteség alacsonyabb költséget jelent!
4. A kevesebb meghibásodás növeli a gépek jobb kihasználását!
5. A nulla átállási idő szélesebb termékválasztékot hoz!
6. Az időre történő szállítás magasabb megbízhatóságot jelent!
7. A nulla reklamáció nagyobb bizalmat és hitelt hoz!
8. A nulla deficit a társaság növekedését hozza!
9. Hozzájárul a szervezet aktivizálásához és a morál javításához!
10. Elősegíti a vállalat arculatának és hírnevének javítását!

Az 5S alkalmazása szinte elengedhetetlen a karcsúsított gyártás eredményes műveléséhez. A módszer eléggé elterjedt már hazánkban is, viszont a magyar nyelven hozzáférhető irodalma elég szegényes. (Sixsigma 2016)

### 2.4.3. PDCA

A PDCA ciklus egy tudományos módszeren alapuló fejlesztési ciklus, amely a javasolt változásokat, azok végrehajtását, az eredmények mérését és a megfelelő intézkedéseket foglalja magában. A módszer más néven Deming ciklusként, vagy Deming kerékként is ismert W. Edwards Deming után, aki 1950-ben mutatta be a módszert Japánban. A PDCA minden fejlesztési folyamatra alkalmazható.

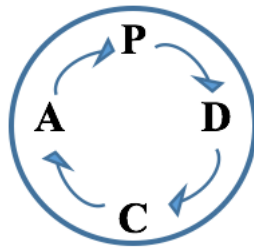
A PDCA ciklus négy szakaszból áll:

Plan - tervezés: célok meghatározása és a célok eléréséhez szükséges változtatások megfogalmazása

Do - cselekvés: végrehajtani a változtatásokat

Check - ellenőrzés: eredmények ellenőrzése a teljesítmény szempontjából

Act - végrehajtás: standardizálni és stabilizálni a változásokat, vagy újratekinteni a ciklust az eredmények függvényében (34. ábra). (LEAN LEXICON 2016)



34. ábra: A PDCA ciklus

Forrás: Saját szerkesztés

### 2.4.4. SW - Standard Work – Standard munka

A Standard Work (SW) a modern munkaszervezés módszertana. A munkavégzés általunk ismert legjobb módja, figyelembe véve a biztonságot a minőséget és a hatékonyságot. A kifejezés, az „általunk ismert legjobb” garantálja a módszer dinamizmusát, mivel új ötlet születése esetén, ami által tovább fejleszthető a munkafolyamat, kötelességünk azt bevezetni. A fejlesztések megvalósításánál a költséghatékonyságot figyelembe kell venni minden esetben!

A standard munkának három eleme van:

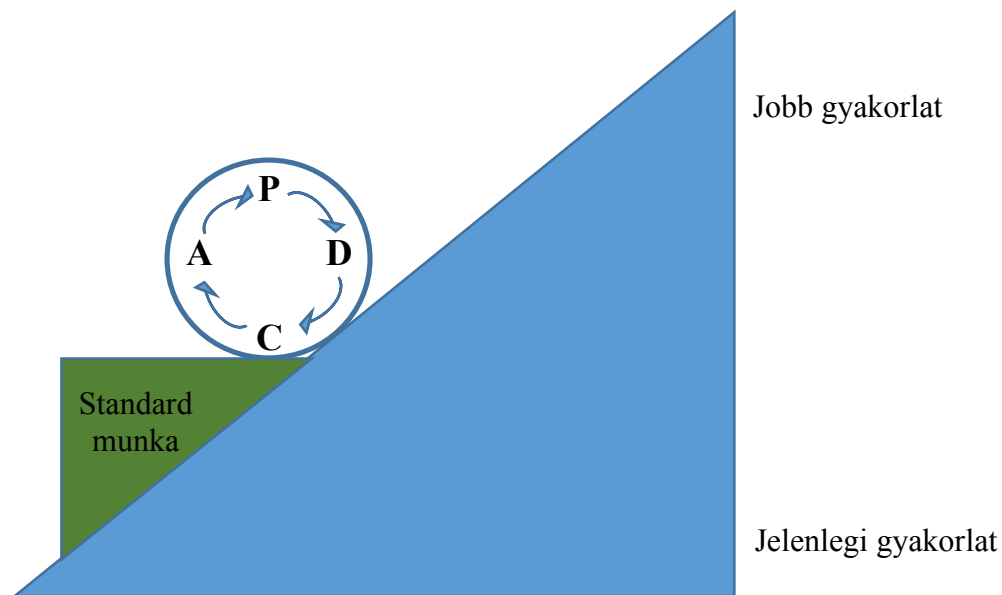
- Ütemidő (takt idő, takt time)
- A műveleti sorrend, munkaszekvencia (Standard munka ábra - Standard work chart, SW kombinációs tábla - SW combination table)
- A folyamatközi készlet - SWIP (standard work in process) ez fix vagy változó mennyiséget is lehet, de meg van határozva.

Korábban a folyamatábra, a munkautasítások voltak a jellemzőek, de azok kevésbé voltak vizuálisak, tovább nem tartalmazták a takt időt.

A standardizált munka arra törekszik, hogy lean elvek alapján szervezze meg és hajtsa végre a mindennapi, elsősorban az ismétlődő feladatokat, de ez nem jelenti azt, hogy a más típusú munkát nem kell standardizálni.

Standard munkavégzés műveleteinek fejlesztése:

- Az anyagáramlás fejlesztése
- A spacializáltról a többfunkciós vonalak és sokoldalúan képzett operátorokra történő átállás
- Mozgás csökkentése
- Műveleti szabályok létrehozása, felállítása
- Berendezések, eszközök fejlesztése
- Gépek és emberek szétválasztása
- Hibák megelőzése (ENNA 2016)



35. ábra: A PDCA és a standard munka kapcsolata  
Forrás: Saját szerkesztés DEMING 2014 alapján

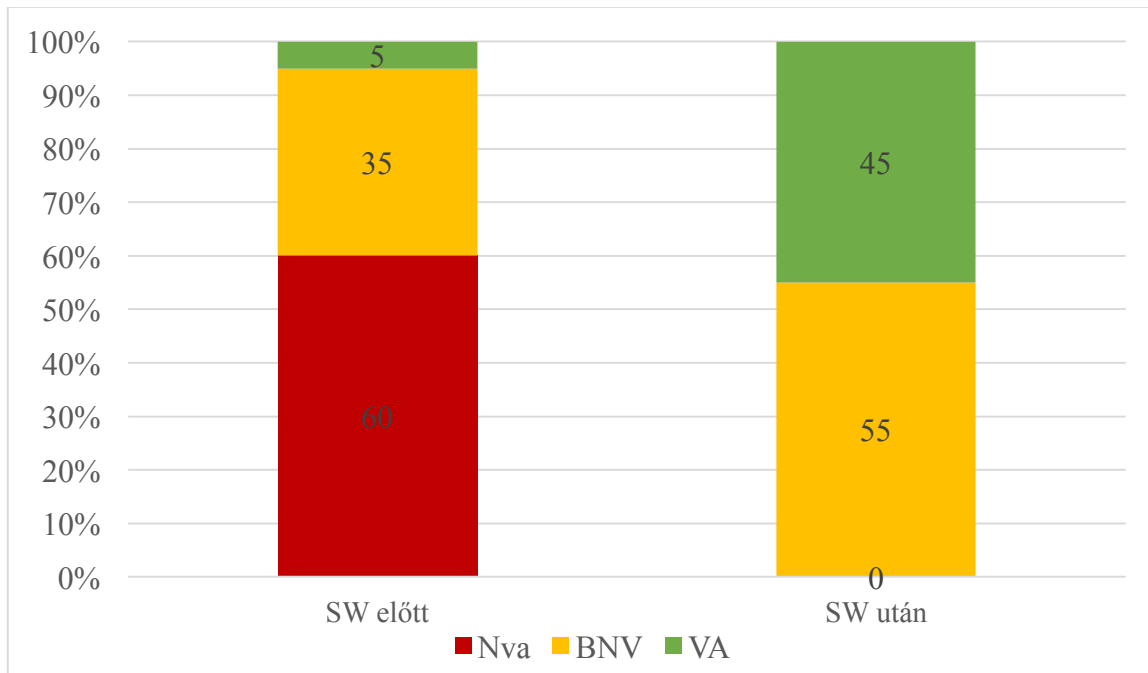
A 35. ábra szemlélteti, hogy a PDCA ciklusokkal a jelenlegi gyakorlatból hogyan jutunk el a jobb gyakorlat felé. A standard munka pedig segíti a már kialakított fejlesztések megőrzésében. Az ábrán egy kerék szimbólum a PDCA és az ék a standard munka, ami nem engedi visszagurulni a PDCA fejlesztést.

A tevékenységeket 3 kategóriába soroljuk, meg kell különböztetni:

Érték adó – VA – Value Added

Nem érték adó – NVA – Non Value Added

Nem érték adó, de szükséges munkafolyamatokat – BNVA – Business Non Value Added



36. ábra: VA, NVA+BNVA

Forrás: Saját szerkesztés

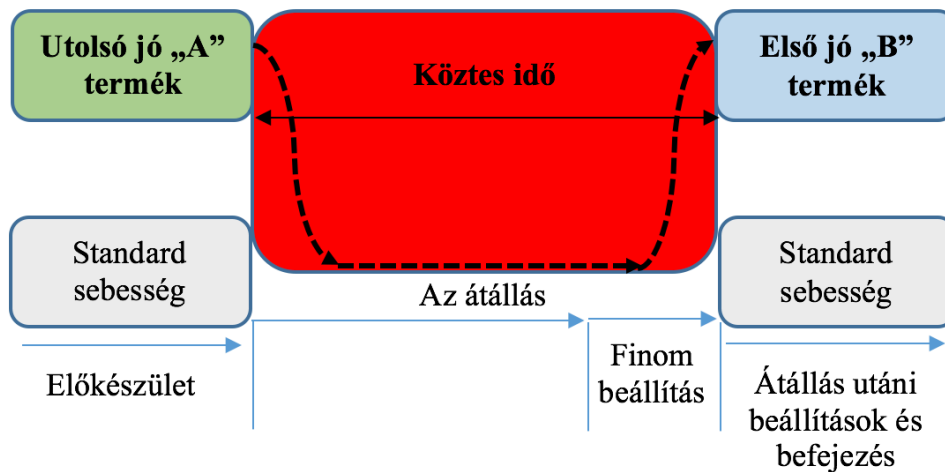
A 36. ábra szemlélteti a SW fejlesztése során a VA/NVA arány változásának eredményeként létrejövő hatékonyság változást százalékos megoszlásban. A fejlesztés során sikerült az NVA nem értékadó folyamatok arányát 60%-ról 0%-ra csökkenteni. Az BNVA szükséges, de nem értékadó folyamatok 35%-ról 55%-ra nőttek. A VA értékadó folyamatok 5% helyett 45%-át teszik ki a teljes folyamatnak. A veszteségek eliminálása a korábban ismertetett 7 veszteség azonosításával és csökkentésével, megszüntetésével történt.

Cél a tevékenységen belül a lépések számának csökkentése, a nem hozzáadott értéket képező tevékenységek megszüntetése, a szükséges feladatok legkisebb ráfordítással való elvégzése. A kevesebb jelenti az embert, alkatrészt, szerszámot, gépet, mérést és időt minden tekintetben. A SW megalkotása úgy az irodai, mint a termelési folyamatokra szükséges.

Például a kötőelemek esetén a csavar vagy szeg típusának és méretének a megválasztása. Kevesebb, ha lehet egy féle kötőelem használata azonos típusú szerszámmal. Legpraktikusabb szerszám nélküli kötőelemek használata, ahol lehet, ilyenek például a gyorscsatlakozók.

Irodai tevékenységre példa, egy adattárolás helyének pontos megadása, gyorseléréssel és lépésenkénti elmagyarázása a folyamat végrehajtására az archíválás esetén.

## 2.4.5. SMED



37. ábra: Az átállás modell

Forrás: Saját szerkesztés VAJNA I., CSAPÓ A. L., KISARI K. (2012) alapján.

A SMED átállás az utolsó jó „A” termékkel kezdődik és az első jó „B” termékkel végződik. Célja az átállási idő minimalizálása, a berendezés termelésbeli kiesésének csökkentése. Jellemző, hogy az átállások következtében megnő a selejt mennyisége, a SMED segítségével a selejt jelentős mértékben csökkenthető (37. ábra).

A 22. táblázat az SMED bevezetését ismerteti grafikusán. A folyamat során két nagy csoportba soroljuk a tevékenységek idejét:

E: Külső tevékenységek ideje (előtte, utána végrehajtható) pl. tisztítás előkészítés.

I: Belső tevékenységek ideje (a gép megállításával jár) pl. szerelések.

22. táblázat: A SMED bevezetés folyamata

I.	????????????????????????????????????????????	A valós adatok nem ismertek. Adatgyűjtés video felvétel alapján.
II.	<b>EEIEIEIEIEIEEIIIIIEEEEIIIEEIEE</b>	Belső és külső tevékenységek és idejük azonosítása.
III.	<b>EEEEEEEEIIIIIIIIIIIEEEEEEE</b>	Az érték adó (VA) tevékenységek azonosítása és szétválasztása a veszteségektől (Non VA, Business Non VA). A külső tevékenységek idejét a belső köré, elé és utána rendezzük (pl. előkészítés, C/O, tisztítás) egy jobb és hatékonyabb sorrendű módozat elérése érdekében. <b>(EIE)</b>
IV..	<b>EEEEEEEEIIIEEEEEEE</b>	A belső tevékenységek idejének megszüntetése vagy csökkentése, külső idővé történő átalakítással ( <b>I→E</b> ) és további csökkentés ( <b>→I←</b> ).
V.	<b>EEEIIIEE</b>	Külső tevékenységi idők eltávolítása és csökkentése ( <b>→E←</b> ). A SMED jelen fejlszítése befejeződött.

Forrás: Saját szerkesztés VAJNA I., CSAPÓ A. L., KISARI K. (2012) alapján.

### 2.4.6. Jidoka

A Jidoka célja eliminálni a folyamatból a nem értékteremtő tevékenységeket.

- A Jidoka-elvek szerint fejlesztett berendezés kitolja a dolgozói érzékelés határait. Szükségtelenné válik, hogy a munkavállaló folyamatosan a berendezés környékén tüsténkedjen, ellenőrizve a működését (Önellenőrző rendszer).
- Az "emberi" értelem miatt az üzemeltetéshez kevesebb dolgozói figyelem, jelenlét szükséges, a gép mindig jelzi, amikor az operátornak bármi teendője van (Vizualizáció).
- A berendezés képes dönteni arról, hogy az általa legyártott termék vagy a felhasznált alapanyag megfelelő minőségű vagy sem (Minőségi ellenőrzések).
- Mit csinál az ember, ha hibát észlel? Jelzi azt. Ugyanezt teszi az "intelligens" gép is. Vizuálisan vagy hanggal hívja fel a figyelmet a problémára, hogy az ember minél hamarabb észlelhessen, majd megoldhassa azt (Vizualizáció).
- Hiba észlelésekor a berendezés leáll, megállítva az egész gyártósort. Így nem kerül további megmunkálásra a selejtes munkadarab, és a kiváltó ok is megkapja a kellő figyelmet (Hiba-mentes termelés).
- A berendezés, mivel "intelligens", segíti, támogatja az ember munkáját. Nem csak a saját folyamatai hibamentesek, hanem a dolgozói hiba lehetőségét is megszünteti (Poka-Yoke).

Elsőre jót (Right first time): Az átszereléskor minden paraméter könnyen az ideális értékre állítható, és azonnal látszik az eltérés. Így könnyebbé válik a munka, csökken a szükséges emberi jelenlét szükségességének ideje a berendezés mellett (Jidoka cél). (PÉCZELY 2011)

### 2.4.7. JIT

A Just in Time által a vállalat képessé válik a vevő számára megfelelő mennyiségben, megfelelő időben, megfelelő minőségben, és végül, de nem utolsósorban a megfelelő áron a megfelelő terméket szállítani. Ez nemcsak azt jelenti, hogy a megfelelő terméknek a megfelelő időben már rendelkezésre kell állnia, hanem hogy pontosan ebben az időpillanatban kell rendelkezésre állóvá válnia.

Az első értelmezés szerint JIT-nak tekinthető az óriási készleteket felhalmozó tömegtermelő rendszer is, mivel ha szükség van bármilyen anyagra, az a gigantikus raktárakban azonnal fellelhető. Ez a megközelítés azonban nem felel meg a Lean-elveknek. Ezért a JIT-ban nem megengedhető, hogy a tényleges anyagszükséglet megjelenése előtt rendelkezésre álljon a termék (természetesen egy bizonyos mértéken túl ez elkerülhetetlen, de ettől függetlenül az elvi cél a tökéletes). A Just in Time kifejezés szó szerinti fordítása is tükrözi az előzőeket: éppen időben.

A JIT célkitűzése:

- A túltermelés megszüntetése.
- Az értékfolyamokban állandó anyag- és információáramlás biztosítása (tervezhetőség).
- Nyugodtabb és stabilabb termelés kialakítása a vevői leghívások összehangolásával.
- Standardizált munkafolyamatok kialakítása.
- A folyamatosan tervezhető munkafolyamatok kialakítása a dolgozókra és a gépek tekintetében is.
- Az értékfolyamban a készletek minimalizálása és az átfutási idő lecsökkentése.

A vevő szempontú hatékonyság növelése és az összköltségek csökkentése. (PÉCZELY 2011)

### 2.4.8. Kaizen

A Kaizen a folyamatos fejlődés filozófiája, és az ezt támogató rendszerek, módszerek összessége, melynek fő célja a veszteségforrások visszaszorítása. A Kaizen szó a "Kai" és "Zen" szavakból tevődik össze, ami lefordítva "haladás jó irányban"-t jelent.

A Kaizen filozófiai alapelve a folyamatos haladásra való törekvés. Ennek a gyakorlati jelentése abban rejlik, hogy a szinten tartás gyakorlatilag visszalépés. Más szóval leírva, ami tegnap nagyon jó volt, az ma még éppen elmegy, de holnap már nagyon kevés lesz. Aki nem tartja a fejlődés ütemét, az hamar eltűnik.

A mai ipari-piaci viszonyokat ismerve ez a hatás egyáltalán nem ismeretlen, de a valóságban nagyon kevés olyan vállalat létezik, amely a Kaizen elveket ténylegesen alkalmazza.

A Kaizen ugyanakkor nem csak a filozófiai megközelítésről szól. A filozófiai elvek megvalósítását jól körülírható rendszer teszi lehetővé. A Kaizen 7 régi, és 7 új eszköze nyújt segítséget a fejlesztésre váró terület azonosításában. A kiválasztott egység fejlesztésére úgynevezett "Kaizen esemény"-ek során kerül sor. Egy ilyen esemény hossza, lefutása alapján három fő kategóriára oszlik. A kis-Kaizen gyakorlatilag a dolgozói ötletek alapján történő fejlesztést jelenti. A közepes-Kaizen egy kiválasztott terület több napos (jellemzően 1 hetes) célzott fejlesztése. A nagy-Kaizen egy komoly, nagy problémának a hosszú távú, részletes megoldása. A Kaizen események irányítását egy keresztfunkciós csapat irányítja.

Fontos megjegyezni, hogy a Kaizen, mint önálló rendszer az integráltság nélkül nem működhet igazán hatékonyan. Nagyon fontos a cégen belül alkalmazott rendszerek összekapcsolása, egymásra építése. Ennek hiányában a sok rendszer széthúzhat. Ugyanakkor abban az esetben, ha ez az együttműködés jól kialakított, működőképes, a Kaizenben levő lehetőségeket a legteljesebben ki lehet használni. (PÉCZELY 2011)

### 2.4.9. TPM

Az ipari tevékenység kezdetén a karbantartást szükséges rossznak tartották, és a vállalatok nem tulajdonítottak nagy jelentőséget neki. Nem tekintették a termelési folyamat szerves részének, ezért a menedzsmenttől minimális támogatást kapott. Csak az aktuálisan felmerülő hibák javítására törekedtek a lehető legkevesebb erőforrás felhasználásával. Egy idő után a gép fokozatosan leromlott, elvesztette eredeti teljesítőképességének jelentős potenciálját.

Máskor a javítást rosszul alkalmazott ellensúlyok, rögtönzött cseredarabok, drót vagy kötélrögzítések formájában valósult meg. Ez általános volt a XX. század első évtizedeinek iparában, különösen a kevésbé fejlett iparral rendelkező országokban. Nagy elismerésben részesült az a mester, akinek sikerült kitalálnia, hogyan lehetne valami törésbiztosabb megoldással felváltani bizonyos alkatrészeket (esetleg kiküszöbölve ezáltal az eredeti biztonsági funkciót is). Ezen átalakítások, kreatív megoldások több esetben veszélyeztették a gép biztonságos üzemeltetését, az eredeti jellemzőnek változását okozták.

Az 1945 utáni időszak változást, nagyobb versenyt, új légkört hozott, egy új ipari forradalmat. A hibáig üzemelés rendszere jelentősebb átalakult, kontrollt kapott, azonban még mindig sok termelési idő veszett el, amikor a javítás szükségessé vált. Ekkor már elsősorban eredeti pótalkatrészeket használtak fel. Ennek a karbantartási módszernek a gyenge pontja az, hogy az apróbb meghibásodások továbbra is észrevétlenül maradnak, és a viszonylag olcsó korai javítás helyett idővel jelentős költséges leállást okozó üzemzavarok alakulhattak ki.

Az 1950-es években jelent meg az új karbantartási irányzat, a Megelőző Karbantartás, amely a gépek és gépegységek élettartamának növelésével járult hozzá a termelési veszteségek csökkentéséhez. A '60-as évek Amerikájában a Ford Motor Company az elsők között vezette be a Megelőző Karbantartást, ami a berendezések meghibásodásból származó leállásainak csökkenését eredményezte. Jelentős hátránya azonban, hogy költségnövekedéssel járt a sok felesleges alkatrészcsere következtében, olyan elemeket dobtak el, amik még hónapokig vagy akár évekig is használhatóak lettek volna hibamentesen. Mindazonáltal kétség sem fér hozzá, hogy a Megelőző Karbantartási rendszer egy fontos mérföldkő volt a karbantartás fejlődésében.

Egy átmeneti állapot, a Termelékenység Központú Karbantartás, vezetett azon új perspektíva megszületéséhez, amiből később kialakulhatott a TPM. Ez a szemlélet az azelőtt alábecsült karbantartási osztály felelősségének és jelentőségének felemelkedésével, növekedésével járt.

A karbantartók beleszólást kaptak a gyár elrendezésébe és egyéb, a karbantartás hatékonyságát, a biztonságot érintő kérdésekbe, sőt még a berendezések vásárlása előtt is kikérték a véleményüket. Az új géptelepítésekben és a meglévő eszközök bővítésében is megfigyelhető volt a jobb, körültekintőbb tervezés. Ezen új séma lehetővé tette az eszközök és azok elhelyezésének optimálisabb megválasztását, ami által a layout vagy fizikai elrendezés optimalizálásának szerepe megnőtt. Az ipari mérnökök idő és mozgástanulmányokat végeztek, a nyersanyagok ütemezetten helyezték el a szerelőszalagokon. Ezeknek a lépések a bevezetése elősegítette folyamatok optimalizálását.

Más változások is megfigyelhetők voltak. Szervezett és hatékony kommunikációs kapcsolat jött létre a termelők és karbantartók között. A változások a mérnöki munkában is új eszközök szükségességét hozták magukkal, és a folyamattervezés is kivette a részét a modernizációs mozgalomból és ezáltal elősegítette a fejlődést.

Eleinte néhány évre volt szükség ahhoz, hogy ezek az elvek elterjedjenek az országok vagy régiók között. A kommunikációs technika fejlődésével, a piacok felgyorsult globalizációjával, a szabadkereskedelmi egyezményekkel és a külső piacok felé történő általános nyitással azonban a cégeknek hirtelen a legnagyobb és legerősebb ellenfelekkel kellett megküzdeniük a világpiacon. A késlekedés már nem volt célravezető. Ma már mindenki számára elérhetőek a nagy teljesítményű számítógépek, az internet, az információ jelentős sebességgel áramlik szét a világban. Szinte abban a pillanatban értesülünk a hírekről, eseményekről, amikor azok megtörténnek, bekövetkeznek. (PÉCZELY 2011)

Az információ szerepe a társadalmi élet minden szektorában nő, az oktatásban, a közigazgatásban, a kutatásban és fejlesztésben, a szórakoztatásban, és végül, de nem utolsósorban, a gazdasági életben, termelésben és szolgáltatásokban egyaránt. (KISARI et al. 2011)

Mindennaposak az új fejlesztésekről, előrelépésekről szóló hírek, és amelyik cég nem tart lépést, az nem csak kimarad a fejlődésből, de a lehetőségekről is lemaradt. A változások gyorsabbak, mint ezelőtt bármikor: minden öt év fejlődése, legalább az előző ötven évben elért fejlődés mértékével számolható. Itt az idő, hogy minden vállalat felismerje a tanulásban rejlő potenciált. A cégeknek a hozzáállásunk is alkalmazkodnunk kell, csak így biztosíthatják a túlélésüket ebben az új helyzetben.

Meg kell tanulni olyan világszerte elterjedt stratégiákat, mint pl. a Total Quality Manufacturing (TQM), a Just in Time (JIT) vagy a Total Productive Maintenance (TPM).

A TPM után még több TPM következik. Ezeknek a stratégiáknak az előnye, hogy védettek az elavulás ellen, állandóan képesek a megújulásra.



A TPM-re nem egy keretek közé szorított, szigorúan definiált rendszerként kell tekinteni, éppen ellenkezőleg, ez a józan ész és emberi kreativitás által megvalósított, a folyamatos javulásra törekvő szisztéma. Így válhat az optimális karbantartási és termelési rendszerre a jelen és a jövő számára.

A TPM bevezetések során elérhető eredmények, számadatok:

#### Termelékenység

- 100-200 %-os növekedés
- A géphibából adódó állásidők több mint 97 %-kal csökkennek

#### Minőség

- A selejtszám több mint 99 %-kal csökken
- 50 %-kal kevesebb vevői panasz költségek
- 50 %-kal csökken a szükséges munka ráfordítás
- 30 %-kal csökken a karbantartási költség
- 30 %-kal kevesebb energia befektetés szükséges

#### Raktárkészlet

- 50 %-kal kisebb raktárkészlet és az ebből származó költségek

#### Biztonság

- A környezetvédelmi és biztonsági előírások betartásának javulása
- A kockázatos körülmények figyelemre méltó csökkenése Morális változások
- A dolgozói javaslatok és indítványok akár 2000 %-os növekedése
- A teamgyűléseken való részvételi hajlam növekedése

Mindezek az előnyök akkor realizálódhatnak egy vállalat életében, ha a cég vezetőitől és a kétékezi dolgozóktól egyaránt maximális támogatottságot kap a rendszer. Kétség sem fér hozzá, hogy a TPM bevezetése lendületet adhat minden vállalatnak, aki elkötelezi magát mellette. (PÉCZELY 2011)

A TPM a karbantartás egyfajta megközelítése, amelyet Seiichi Nakajima fejlesztett ki és mutatott be Japánban 1971-ben; a kiadvány angol fordításának címe "Bevezetés a TPM-be (Introduction to TPM)" volt, 1988-ban jelent meg. Nakajima kimondja, hogy bár a TPM-nek és a terotechnológiának is vannak élet ciklus költségei és közös célja, különböznek a pontos célok és a felelősség meghatározásában. Míg a terotechnológia magában foglalja az eszköz szállítók, mérnöki cégek, tervezők és felhasználók csoportját, a TPM csak az eszköz használati gyakorlatával foglalkozik.

A TPM definícióját BAMBER et al. (1999) és társai mondták ki, akik RHYNE-ra (1990) hivatkoztak, aki a TPM fő jellemzőinek a következőket tekintette:

"Egy szövetkezés a karbantartási és termelési szervezetek között a termékek minőségének javítása, a hulladék csökkentése és gyártási költség növelése érdekében, növelve az üzembiztonságot, javítva a vállalat általános karbantartási állapotát."

A meghatározás értelmében a "csökkenteni a hulladékot" kifejezés a termelési hulladéokra értendő.

Lényegében Nakajima magyarázatai a TPM sajátos részleteire, a következő építőkövekből állnak:

1. Maximalizálni az eszköz hatékonyságát (általános hatékonyságot)
2. Létrehozni egy PM rendszert a berendezések élettartamának növelése érdekében
3. Végrehajtás különböző részlegek által (pl. műszaki, üzemeltetési, karbantartási)
4. Minden egyes alkalmazott bevonása, a felsővezetőktől a műhelyben dolgozóig
5. PM elősegítése (megelőző karbantartások) motivációmenedzsment által: autonóm kiscsoportos tevékenységek

A gyakorlati kérdései az építőköveknek, úgy, mint a fejlesztési tevékenységek a következők:

1. Távolítsunk el 6 nagy veszteséget, hogy javítsuk a berendezések hatékonyságát
2. Vezessünk be automatizált karbantartási programokat
3. Vezessünk karbantartási programokat
4. Bővítsük a karbantartási képességeinket és a személyzetet
5. Eszköz management programok indítása

Megjegyzendő, hogy a "6 nagy veszteség" (pl. berendezés meghibásodás, set-up és beállítás, üresjárat és kisebb leállások, csökkentett sebesség, folyamat hibák, és csökkentett hozam) leginkább termelési veszteségek, ahol a karbantartási "politika" csak többek között egy hatás. (Shewrin, 2000)

Meghatároztak egy közös témát, amely a sok különböző definíciót összekapcsolja és értelmezi a TPM-et a gyártásban, különösen kiemelve a különbséget Japán és a Nyugati gyártók között.

Lényegében a TPM működési megközelítése azonos; csak a fókusz az, ami eltérő. A japánok esetén a hangsúly a TPM esetén a csapatmunkát van és a rendszer produktív karbantartásának kiscsoportos megoldásán. A Nyugati megközelítés a teljes eszközhatékonyságot (OEE) hangsúlyozza az eszköz működtetőinek aktív részvételével, amely megközelítés a hangsúlyt eltereli a mind a karbantartásról mind a csapatmunkáról az eszköz management és kezelő általi részvétel felé.

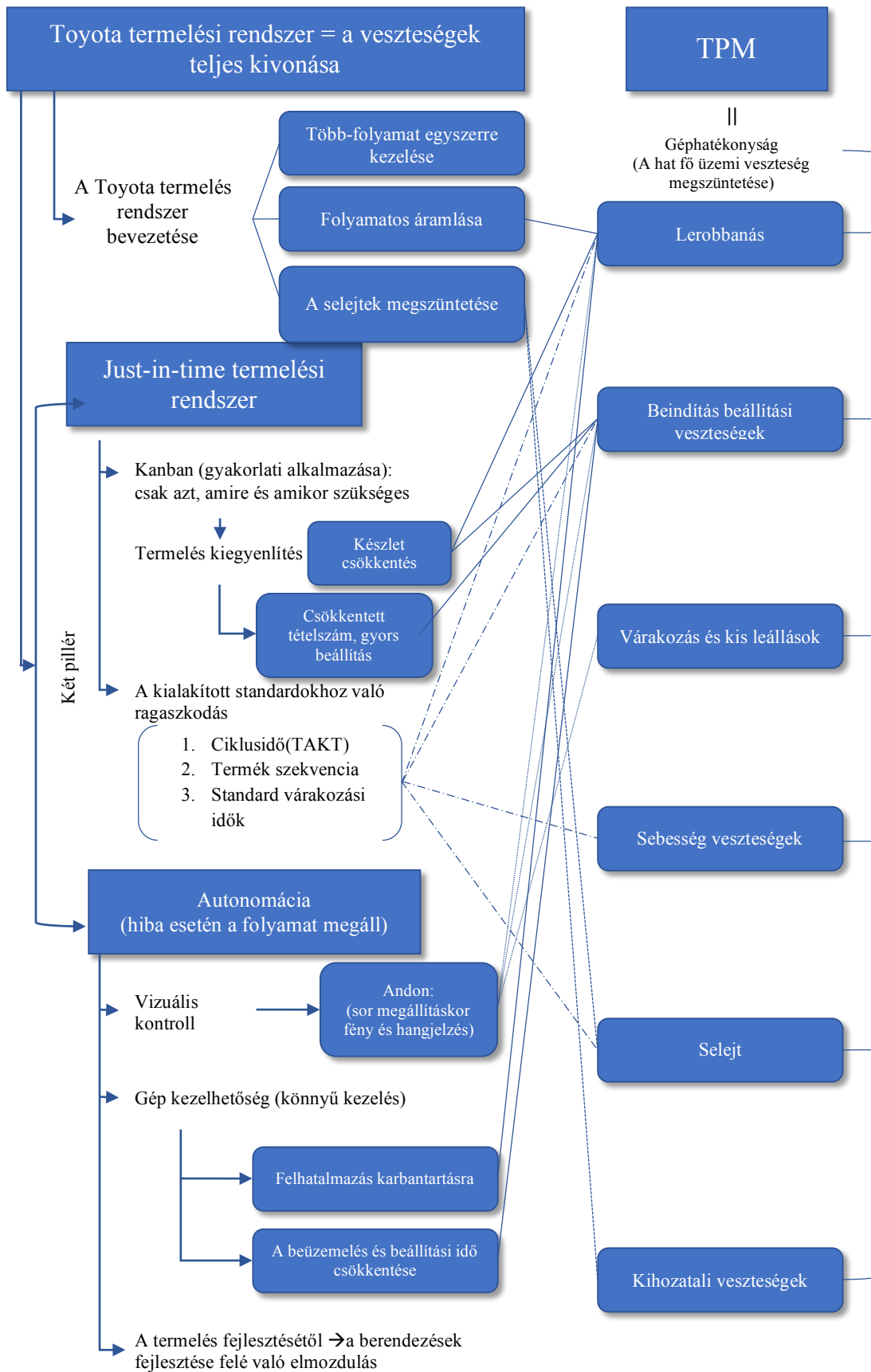
BAMBER és munkatársai megfogalmazták a főbb problémákat (1999), amelyek károsak voltak a sikeres végrehajtásra a TPM esetén az UK-en belül:

1. TPM bevezetése egyidejűleg túl sok készüléken
2. Termelési operátor bevonásának a hiánya
3. Nincs elegendő képzés, készség és tapasztalat
4. A vezetői támogatás és megértés hiánya
5. A program túl magas szinten, vezetők által vezetőknek működik

Mindazonáltal a megfigyelők között, mint pl. WOMACK-JONES (1996) a TPM nélkülözhetetlen hozzájárulást biztosít a lean termeléshez, támogatva a 'just-in-time' (JIT) gyártást és a "total quality management-et" (TQM). A lean termelés kérdései, mint a JIT és TQM a későbbiekben kerülnek részletes bemutatásra. Elmondható azonban, hogy a TPM teljes kihasználása a különböző gyártási és karbantartási kontextusokban kivitelezhetetlen. Például, az operátor bevonása különösen a termelés veszélyes vagy specializált területeire korlátozott az egészségügyi és biztonsági jogi követelmények miatt.

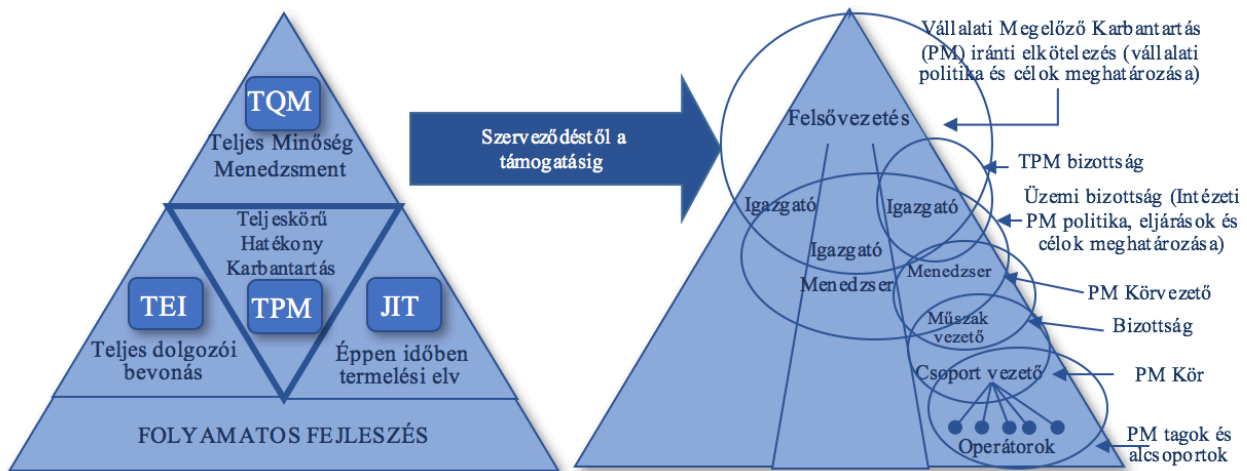
Ahogy korábban, a részben bemutatásra került, a TPM kifejlesztése és megvalósítása Japánban történt Sefichi Nakajima által 1971-ben (NAKAJIMA 1988). Nakajima szerint "nyugodtan kimondhatjuk, hogy TPM nélkül a Toyota termelési rendszer nem működne". Mint a lean termelés egyik jellemzője, a TPM célja a meghibásodások és hibák nullára csökkentése, amely eltér szakemberek általi karbantartási funkciótól, ezáltal javítva a globális felfogást, (pl. az operátor, a folyamat és a környezet) (NAKAJIMA 1988). A 38. ábra a TPM és a Toyota termelési rendszer elvi jellemzőinek kapcsolatát szemlélteti.

A leglátványosabb kapcsolat a TPM, JIT, TQM és TEI között a lean termelésen belül az az OEE használata. A Toyota termelési rendszer bemutatása során 41. ábra az OEE-t tekintik a vezetés egyik módjának és a hat nagy veszteség leküzdésének, leginkább a készülék elérhetőségi problémák és a minőség javítására.



38. ábra: Toyota termelés rendszer és a TPM  
 Forrás: Saját szerkesztés NAKAJIMA 1988 alapján

Hasonlóan a TQM-hez, JIT-hez és a “teljes munkavállalási részvételhez” (TEI) a lean-en belül, a TPM célja a folyamatos fejlesztés, ami által a karbantartási problémák láthatóvá válnak (JIT managementtel, tény megközelítés), valamint a megelőzés, és nem a reakció (pl. TQM prevenció, nem felderítő megközelítés). A 39. ábra bemutatja, hogyan illeszkedik a TPM egy szervezetbe és hogyan kívánja az adminisztrációs és erőforrás struktúrát terjeszteni és népszerűsíteni.



39. ábra: A szerveződéstől a támogatásig a TPM nézőpontjából  
Forrás: Saját szerkesztés DEWEESE 1999, KELLY 1997 alapján

#### 2.4.10. TQC

A Total Quality Control (TQC - teljeskörű minőségellenőrzés) rendszer a termelés optimalizálására törekszik Japán vállalatok által az 1950-es években kifejlesztett ötletek alapján. A rendszer, melyben keverednek a nyugati és északi ötletek, a minőség körökkel kezdődött, amelyekben 10-20 fős munkacsoportok kaptak felelőséget az általuk előállított termékek minőségéért vagy költségük csökkentés céljából. Ez fokozatosan átalakult különböző technikákká, ahol minden dolgozó és vezető azon dolgozott, hogy maximalizálja a termelést és a minőséget, beleértve a személyzet szigorú ellenőrzését és a kiváló ügyfélszolgálatot. A kaizen koncepció, amely szerint a fejlesztésbe a cég minden tagját be kell vonni a TQC központi eleme. (ENCYCLOPEDIA BRITANNICA 2016)

Armand V. Feigenbaum fogalmazta meg a Total Quality Control fogalmát és mutatta be először 1946-ban. Megállapította a Total Quality Management (TQM) alapelemeit. A világpiacon versenyhelyzetben a minőség és a nyereségesség alapú megközelítése nagy hatással volt a vállalatokra az USA-ban, az EU-ban, Ázsiában és a Közel-keleten egyaránt. A TQC egy hatékony rendszer arra, hogy integrálják a minőség fejlesztési, minőség karbantartási és a minőség javítási erőfeszítéseket a vállalatban belüli különböző csoportokból, annak érdekében, hogy a termelést és szolgáltatást a lehető leggazdaságosabb szinten működtessék. Ez lehetővé teszi a vevői elégedettség elérését. (FEIGENBAUM 2013)

A TQC Alapelvei:

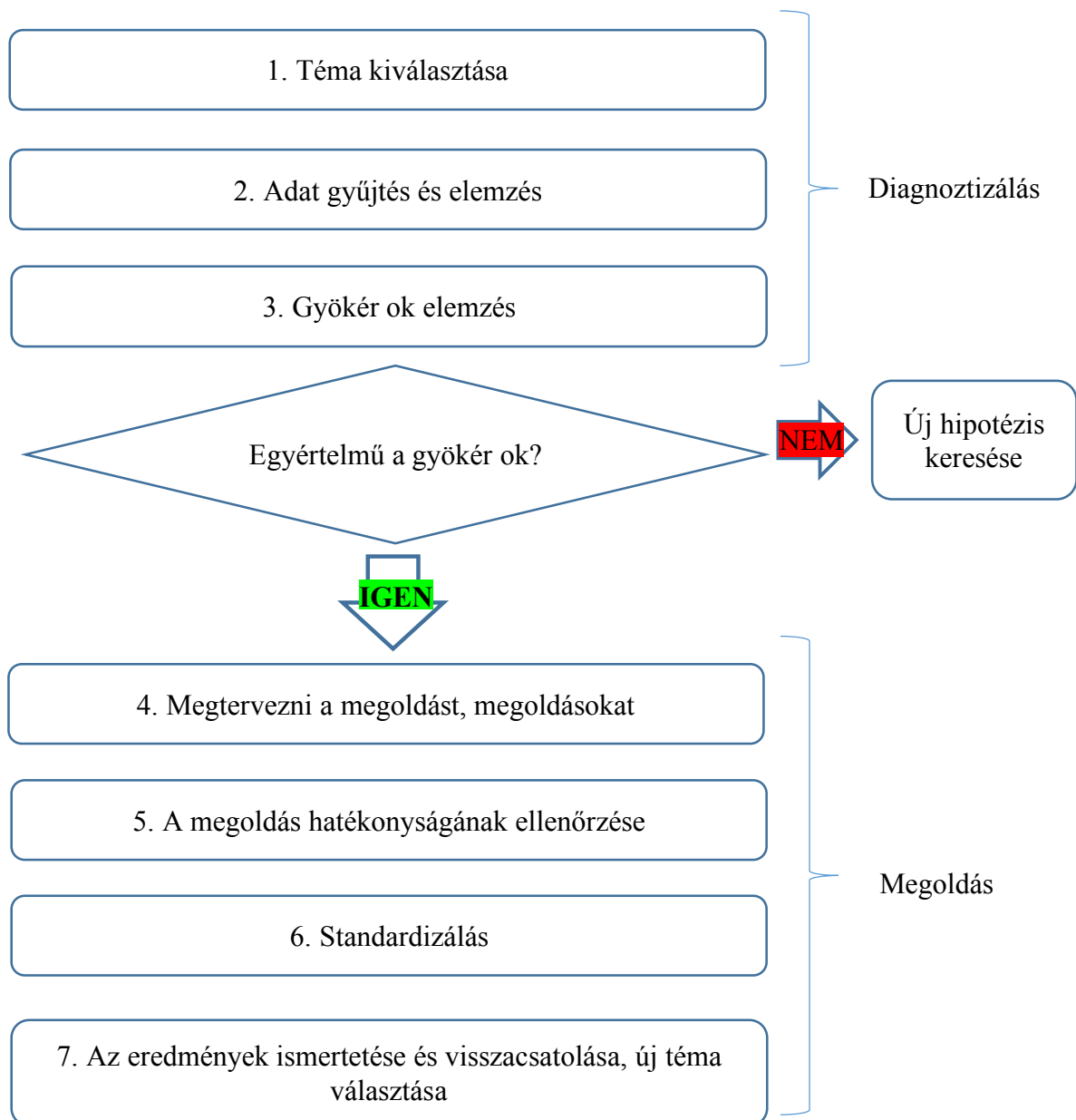
- minőség az első
- belső vevő a következő folyamat
- adatok a TQC motorja
- beszéljünk adatokkal

A csoport folyamatosan megvalósítja a műhelyben a szabályozást és a fejlesztést minden tag részvételével, a QC eszközök alkalmazásával, mint az egész vállalatra kiterjedő minőség szabályozás része.

A 7 alapvető TQC minőségfejlesztési eszköz:

1. Pareto diagram
2. Ok-okozati diagram (ishikawa)
3. Adatgyűjtő lap (táblázat, vizuális)
4. Hisztogram
5. Ellenőrző kártya
6. Korrelációs (szórási) diagram
7. Rétegződési diagram (szétválasztás) (MASAAKI 1986)

A QCC (Quality Control Circle – Minőség ellenőrzési körök) 7 lépése két nagy részre osztható. Egyik a diagnosztizálás, a másik pedig a megoldás. A diagnosztizálás után egyértelműnek kell lennie a gyökér okoknak, ellenkező esetben új hipotézist kell keresni és újra kell diagnosztizálni. A 40. ábra szemlélteti a QCC 7 lépését.

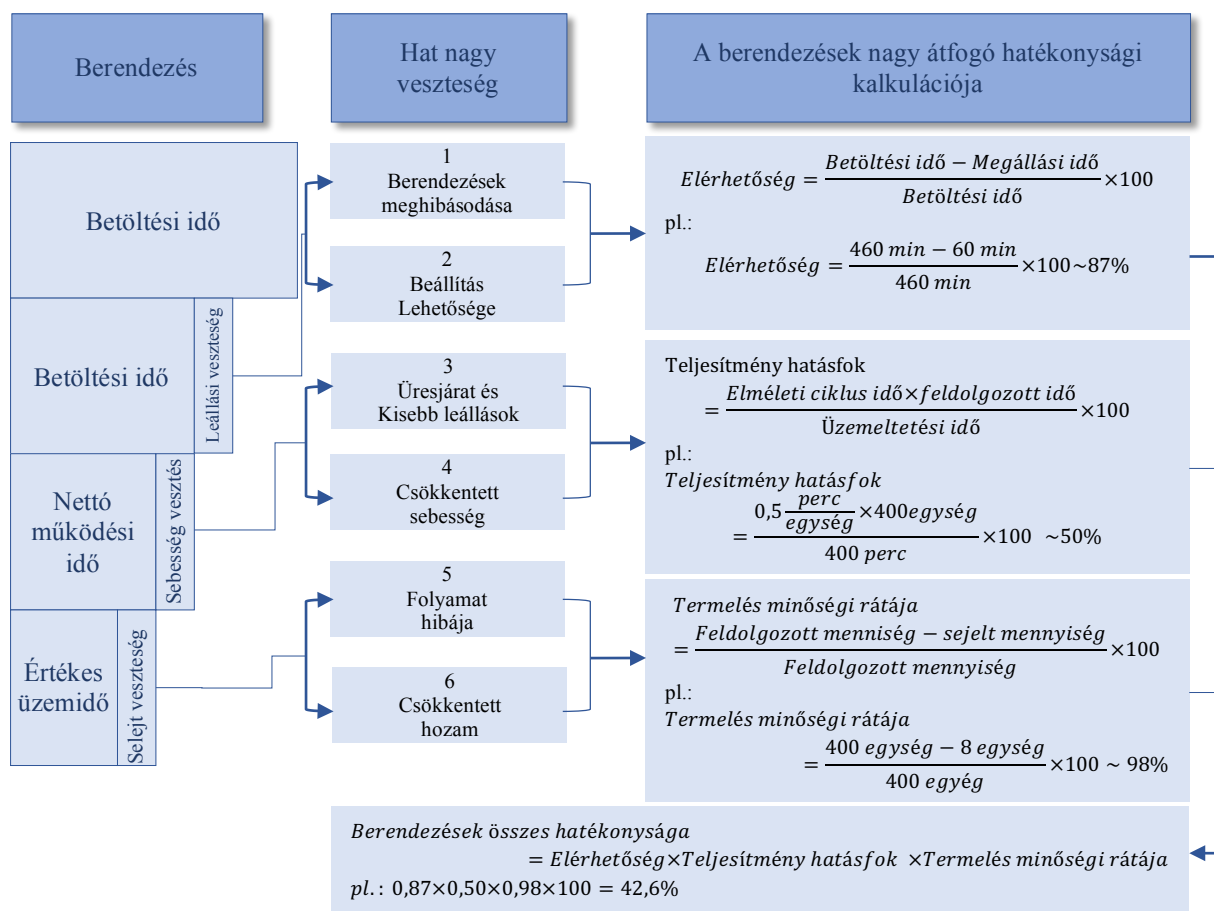


40. ábra: A QCC 7 lépése  
 Forrás: Saját szerkesztés VAJNA et al. 2012 alapján

Ezt a módszert a keverés technológia vizsgálatánál alkalmaztam. A központi rendszerből kerültek kigyűjtésre az adatok. A keverők rendszeresen meghibásodtak, hibára kiáltak. Ezáltal folyamatos üzemzavart okozott. A gyöker ok elemzés során a keverők meghibásodása a berendezés anyaghasználati minőségére és beszerelés hiányosságaira voltak visszavezethetőek. Megterveztünk egy kísérletet, hogy az egyik fermentoron kicseréljük egy másik típusúra. Ezt az F3-as fermentoron hajtottuk végre. A kicserélt keverők a szokásos 3-4 hónapos javítás helyett egy évig mentek meghibásodás nélkül, és akkor is csak az olaj csere vált szükségessé.

A pozitív QCC folyamat eredményét a többi fermentor esetében is alkalmazzuk a közel jövőben.

A 41. ábra rámutat arra, hogy hogyan kapcsolódik az OEE használata a készülék hatékonysághoz, a hat veszteséghez és hogyan kell kiszámítani. Egy tipikus lean termelési környezethez az ideális OEE nyereséges TPM-hez minimum 85% kell, hogy legyen. (NAKAJIMA 1988)



41. ábra: Berendezések átfogó hatékonysága  
Forrás: Saját szerkesztés NAKAJIMA 1988 alapján

A karbantartás teljesítményének további mérőszámait az M6. sz. mellékletben részletesen ismertetem. A karbantartás irányításán, adminisztrációján belül a részlegek működéséhez és a szolgáltatás értékeléséhez kapcsolódó mérőszámok találhatóak. Ezt követően a karbantartás hatékonysága, majd a karbantartási időhöz kapcsolódó mérőszámok kerülnek bemutatásra.

### 2.4.11. Lean bevezetés nehézségei

A vállalatoknak sajnos nem sikerül mindig időben felismerni, hogy a versenytársak lekörözik őket minőségben, árban, szállítási időben, amely veszélye a Lean bevezetésének segítségével hatékonyan csökkenthető. Későn ébrednek rá, hogy akár a vállalat sikerességének ellenére is lemaradásban lehetnek a fejlesztési, eredményességi versenyben, és folyamatosan szükségük van a megújulásra, kultúra, szemléletbeli változásra. Javasolt a gazdasági változások nyomkövetése, amennyiben ezekben esés, negatív hullám tapasztalható, el kell gondolkozni, hogy valamilyen folyamat nincs rendben. Meg kell vizsgálni a feladatokat, a szervezetet működés és stabilitás szempontjából, és meg kell keresni a gyenge pontokat.

A középvezető réteg ezeknek a kihívásoknak, csak úgy tud megfelelni, hogy változtat az eddig szemléletén, eszközein, működési módján, a korábban operatív vezetőből fejlesztési vezetővé kell válnia. A vezetők nem szívesen engedik ki a kezükből a döntéseket és valószínűleg nem szeretnek döntéseket hozni, nem szeretik a változásokat, félnek a változástól. Emiatt nehéz helyzetben van, aki lean bevezetésére vállalkozik.

Bevezetés, előkészítés, megvalósítás, fenntarthatóság biztosítás együttesen ad egy teljes ívet, amit szükséges betartani.

A bevezetés során nagyon fontos a dolgozókkal tudatni, hogy mi fog történni, mi lesz a szerepük ebben és a problémák megoldására milyen eszközök kerülnek alkalmazásra. Nem helyes, hogy minden féle előzmény nélkül a gyakorlatból saját kárunkra tanulnánk, szükséges az elméleti majd utána gyakorlati képzés. A tapasztalt tanulás elvet érdemes alkalmazni, mert az sokkal hatékonyabb a száraz irodalmi tudás átadásánál. A módszertani szimulációs gyakorlatok, esettanulmányok, számítási feladatok jó rávezetések.

Bevett gyakorlat egy kis területtel, Pilot területtel kezdeni a változást, ahol megismerhető a szervezet reakció képessége és készsége, hogyan reagál a változásokra. Itt elkezdve a változást és az emberekkel megértetni a szükségességét és átadni az ismereteket. Ezután következhet a tapasztalati tanulás, gyakorlati alkalmazása és kiterjesztése a vállalat többi részére. Fontos, hogy megértsük a valós problémát (5W2H, Ishikawa halszálka diagram, 5miért). Az alkalmazott eszközöket fel kell fűzni rendszerre, koncepcióra, egy teljes értékű folyamatra, hogy hatásaik erősítsék egymást és ne különálló rendszerek maradjanak.

Elengedhetetlen, hogy mérőszámokról beszéljünk (KPI) kulcsmutató rendszer felállítása a folyamat elején, hogy közösen definiálják azokat a mérőszámokat, amelyek fontosak vállalat számára és amelyek mérést fogják megcélolni ez a változási folyamat. Gyakori hiba az értékáramtérkép készítését kihagyása a bevezetés folyamatából. Érdemes ezzel kezdeni, mert nagyban megkönnyíti a fejlesztést. Gemba séta, üzemlátogatás alapján azonosított veszteségeket össze kell gyűjteni és rendszerezett listát kell készíteni. A tünetek, elsődlegesen szembeötlő veszteségek, amikkel először találkozhat egy külsős szem megértését is nagyban segíti egy precízen elkészített átfogó értékáram térkép a meghatározó termékcsaládról, ajtótól ajtóig, beszállítástól kiszállításhig.

Szintén gyakori hiba a cselekvések fókuszának hiánya. Fontos megállapítani, mi a húzó termék, amelyre a vállalat a hosszú távú sikerét építi, építeni szeretné, mi a vállalat portfóliója, termékek, termékcsaládok. Miután azonosítottuk tisztába kell lenni a gyártási folyamattal, hozzá kapcsolódó információ áramlás folyamatával. Mindenki közös nevezőt alkotva ugyanazt a nyelvet kell hogy beszélje a folyamattal kapcsolatban. Erre kell felépíteni egy programot és folyamatot a fejlesztendő területeket megcélolva.

A kommunikációra jelentős hangsúlyt kell fektetni, a változási folyamat része, a változások kommunikálása a vállalat különböző szintjeinek és területeinek. Mit csinálunk, miért csinálunk, éppen hol állunk ebben a folyamatban, eredmények, sikerek kommunikálása. A változási folyamat egyes állomásainak kommunikálása.

Az első számú vezetőt meg kell győzni és be kell vonni. Az első lépés a bizalom felépítése, amelyhez a teljesen tiszta és átlátható együttműködésen keresztül vezet az út, ahol a kezdetektől bevonásra kerül az egyes folyamatokban és ott döntéseket is hozhat. Úgy kell, hogy érezze, hogy részese a változásnak, és az nem nélküle történik. Meg kell, hogy maradjon a folyamatos kontroll és annak érzete a cég felett. Át kell formálni, hogy a vezető legyen a változás motorja. Szem előtt tartandó az átláthatóság, mérhetőség, megfelelő mérőszámok kialakítása. Fontos kiemelni milyen előnyei származhatnak, tovább milyen megtakarítások jelenthet ez a változás. A dolgozók jövője, megélhetése biztosított legyen, ezt kell sugallni és nyújtani. A sikeres lean bevezetés nagymértékben függ a vezetésnek a hozzáállásától, szándékától, hogy mennyire támogatják. Figyelemmel kell lennünk, hogy az vezetők elkötelezettsége az eredmények elérése érdekében mekkora.

Fontos, hogy a bevezetés sikeres legyen, ne csak a vezetés akarja, hanem a termelő területeken dolgozók is saját magukénak érezzék, éljék meg minden pillanatát. A folyamatot az eredmények elérése és a hosszútávú fenntarthatóság érdekében kell végezni és ezt kell érezniük a alkalmazottaknak nem pedig a felső kényszert. Ez kulcsfontosságú a siker érdekében. Nem csak a vezetéset, hanem az operatív szinteket is be kell vonni, és mindenki hivatásszerűen, elkötelezetten vegyen részt a bevezetésben.

Minden esetben számolni kell a változást megnehezítő dolgozókkal, akiket azonosítani kell. Ez a folyamat kulcsfontosságú eleme. Azonosítani kell őket és minél előbb be is kell őket vonni a változásba. Főleg informális vezetőkre kell gondolni, nem pedig a névjegyük, pozíciójuk alapján értendő vezetőkre. Ismertetőjük, hogy régóta dolgoznak a vállalatnál, jó szakemberek, elfogadta őket a közösség, a műszak. Hallgatnak rájuk az emberek. Általában a húzóember a csapaton belül. Ilyenek például az úgynevezett kommunikátorok, vagy „pletykafészek”. Mindig mindenről tudnak, minden információ birtokában vannak egy vállalatban belül. Megtalálhatóak még a folyamatos ellenállók is. Mindig minden változás ellen vannak, a lehető legnehezebben meggyőzhető dolgozók. Őket kell azonosítani, be kell vonni a változásba. Lehetőség szerint sikerélményt kell nekik adni az új irányban. Amennyiben sikeresen meggyőzzük őket, akkor nagyon hamar kialakulhat egy kritikus tömeg, akik a változás oldalára fogják állítani az embereket, és jóknak fogják tartani az új dolgokat. Ha azonban a könnyebb a utat választjuk és nem foglalkozunk velük, akkor ezek az emberek a háttérben sokkal nagyobb kárt tudnak okozni, és hátráltatni fogják a változási folyamatokat. A változás legnagyobb kockázati elemei az emberi oldal és az emberi készségek, személyek figyelembe vétele, nem a technikai részletek, gépek és a képletek.

A siker nagyban függ a harmóniától, hogy a vállalat vezetése és az operatív részek mennyire tudnak együtt dolgozni, a mérőszámokat mennyire tudják használni, hogyan alakították ki az új rutinokat, amik a változás felé fogják vinni a vállalatot. A változás kulcsa az ember.



### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A biogáz termelési technológia folyamatos fejlődésével iparszerűvé nőtte ki magát, amely következtében lehetségessé vált az ipari termelés során már sikeresen alkalmazott módszerek bevezetésére. Az utóbbi évtizedekben elterjedt és jelenleg a karbantartás területén hatékonyan alkalmazott minőségfejlesztési menedzsment módszer a Lean, amely a biogáz termelés során újszerű, és új megfontolásokat igényel. Ezen adaptáció során eddig nem ismert megoldások és eredmények keletkezhetnek, ezért is döntöttem ezen módszer tudományos megalapozást követő bevezetésének hatékonyság vizsgálatánál.

Biogáz rendszerek üzemeltetésének és fejlesztésének, valamint Lean termelési folyamatok, szervezési modellek adoptálásának kérdéskörét 2009 óta kutatom. Ezt megelőzően korábbi munkáim során nyertem betekintést ezen területre, ami tanulmányaimmal kiegészülve jó alapot jelentett, a későbbi összetett döntési, szervezési és vezetési rendszerek átláthatóságában. Munkám során rendszeresen dolgozom együtt a hazain kívül más országok tevékenységben jártas vezetőivel, szakemberivel és a rendszeres tapasztalatcsere kölcsönösen segíti munkánkat.

A vizsgálataim előtt gyakorlati megvalósításokat kerestem, és a modell jellegű kutatás volt a jellemző. A vizsgálati modell felállításánál az ilyen típusú kutatások gyakorlatát vettem figyelembe, mint például a NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet kutatásai.

A kutatás szervezési, de technológiára vonatkozó. A technológiai elemek változásának hatását az egyéb, biológia rendszerek, figyelembevételével hajtottam végre, és vizsgáltam. Az emberi tényező befolyásoló hatását nem vizsgáltam, változékonyságát a standardizálással kívántam menedzselni.

A kutatásnak ebben a fázisában a tartós üzemi vizsgálatra nem volt mód. A technológia szervezési, kutatási, kísérleti modell tesztelési kísérlete zajlott. A tartós üzemi vizsgálatokra a kísérleti eredmények tükrében a későbbiekben kerülhet sor, de ez nem képezte ennek a kutatásnak a tárgyát. Követtem azokat az irányelveket, amelyeket a NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet.

A mélyinterjúkat nem a technológiai modell kidolgozására, hanem a probléma feltárására és a jellemző technológia problémák azonosítására használtam fel. Nem volt elvárás a kutatás során a visszacsatolás megtörténe és a modell adoptálása sem a részvevő üzemekbe.

Valószínűsíthető, ha adott üzem ugyanazokkal a paraméterekkel rendelkezik, a módszertan és modell bevezetésével ugyanazokat a pozitív irányú eredményeket kell kapni.

#### 3.1. Hipotézisek

A szakirodalmi áttekintés alapján téma felvetése illetőleg a célkitűzések meghatározása kapcsán a következő hipotéziseket alakítottam ki, amelyeket az adott üzem, mint rendszer vizsgálatával kívánok bizonyítani, illetve elvetni.

H1: A biogáz üzem termelékenységének javulását idézi elő a hagyományos munkaszervezési módszerekről a lean módszerek alkalmazásra történő átállás.

H2.1: Az erőmű berendezéseinek váratlan meghibásodásából fakadó veszteségek előfordulásának gyakorisága csökken a Lean menedzsment alkalmazásával.

H2.2: A biogáz üzem berendezéseinek rendelkezésre állási ideje növekszik a lean menedzsment bevezetésével.

- H3: Lean menedzsment alkalmazása csökkenti az erőműegységek működési zavarainak elhárítási idejét.
- H4: A biogáz üzem javítási, karbantartási költségei csökkenthetőek a lean menedzsment alkalmazásával.
- H5: A biogáz üzem tervezett karbantartási időszükséglete, ezáltal az ebből fakadó termelési kiesés a lean módszerek alkalmazásával lerövidül.

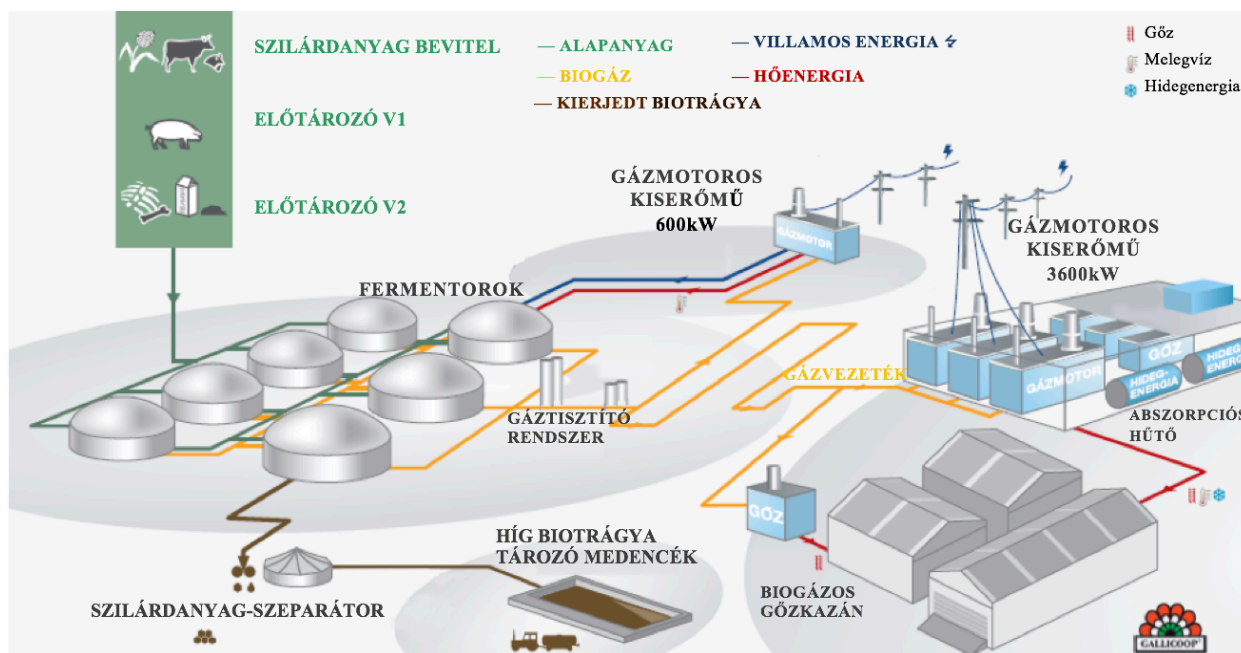
### 3.2. A vizsgálat körülményei

Az értekezés ezen alfejezetében ismertetem a vizsgálataim alapját képező üzem legfontosabb paramétereit, az általam végzett kutatás primer és a szekunder módszereit.

#### 3.2.1. Az üzem legfontosabb paramétereinek leírása

A vizsgálatokat a Szarvason üzemelő biogáz üzemben folytattam, amely Magyarország egyik legnagyobb biogáz üzeme. Az üzemet egy német cég leányvállalata hozta létre saját források, valamint uniós és kormányzati támogatások felhasználásával. Az építető az r.e.Bioenergie GmbH, a Baywa AG német befektetői csoport tagja. A cég az 1996-os alapítása óta tervez, kivitelez és üzemeltet megújuló energia projekteket, mely projektportfólió már 100 MW-nál is nagyobb beépített villamosenergia-kapacitással rendelkezik. A helyszínválasztás azért esett Szarvasra, mert a növényi és állati eredetű alapanyagok nagy mennyiségben szerezhetőek be a térségben, jelentős az igény a hőszolgáltatásra, valamint rendelkezésre állnak mezőgazdasági területek a biogáztrágya kihelyezéshez.

Az építés 2010 májusától 2011 júliusáig tartott, amelyet több éves előkészítés előzött meg. A kivitelező a technológiai részt illetően az UTS Biogas GmbH volt, mivel az üzem méret többszöröse volt a korábbiaknak, így a technológia folyamatos fejlesztéseket igényelt. A villamos energia a kötelező áramátviteli rendszerben (KÁT) kerül értékesítésre a hálózati betáplálás után. A hőszolgáltatást környező cégek, a Gallicoop Zrt. és a Katech Zrt. veszik jelenleg igénybe (42. ábra).



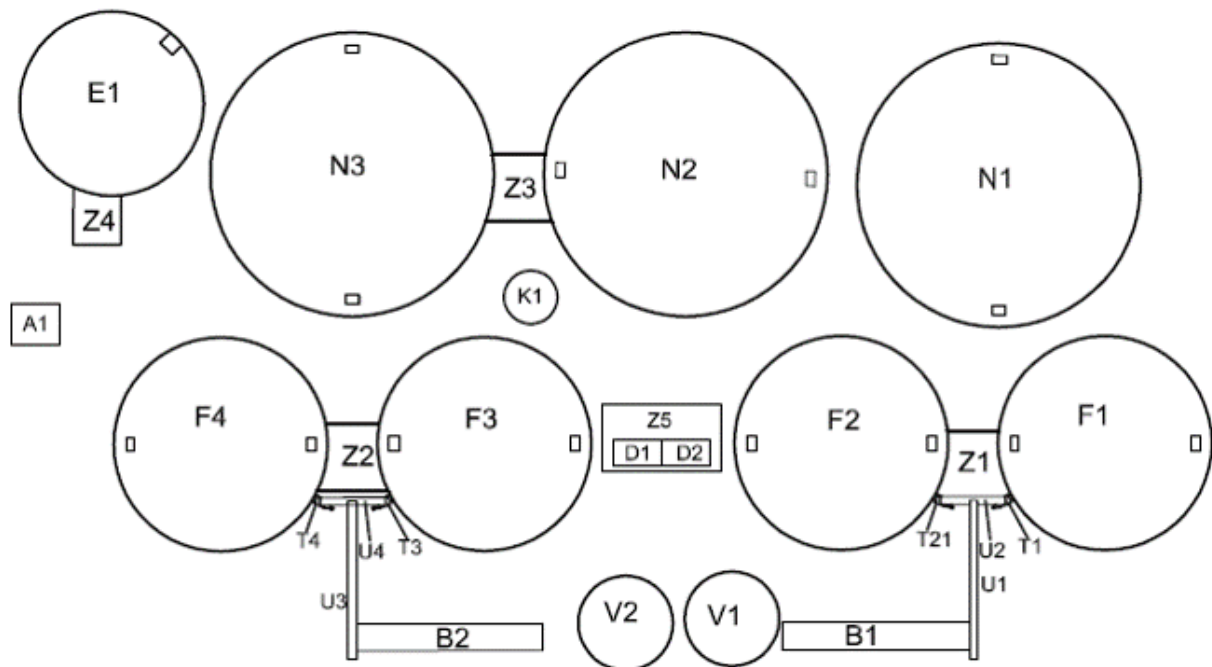
42. ábra: A szarvasi trigenerációs biogázermű  
Forrás: Szarvas Biogáz erőmű kivitelezési dokumentáció

Az erőmű beépített villamos teljesítménye 4,17 MW, amelyet a tervek szerint jelentős 145.000 t/év alapanyag felhasználással tudna biztosítani. A kalkulált termelt biogáz mennyisége 12.523.000 Nm<sup>3</sup>/év, amely termelt villamos energiában számítva nettó 26.228.300 kWh (hálózatra betáplált teljesítmény). A tervezett értékesíthető hő- és hidegenergia 16.998.000 kWh, mellyel kb. 1.700.000 m<sup>3</sup>/év földgáz váltható ki. A keletkező biogáztrágya mennyisége kb. 6.000 ha-on kiválthatja a műtrágya használatát. Az üzemeltetési idő a számítások szerint minimum 20 év.

A villamos teljesítményt a Gallicoop Zrt. területén levő kiserőműben található 3 db Jenbacher 416-es, egyenként 1200 kWh teljesítményű gázmotor és a biogáz erőmű területén 1 db MWM Deutz TCG 2016 V12 600 kWh motor adja. A motorok pajzshője a kiserőműben lévő Jenbacherek esetén a vágóhidnak kerül átadásra és annak melegvíz szükségletét biztosítja, a biogáz üzem területén pedig a fermentorok hőntartását szolgálja. A kipufogógázt hőhasznosító kazánok segítségével gőzfejlesztésre használják, amelyet a Gallicoop Zrt. és a Katech Zrt. használ fel tevékenysége során. A kiserőműben található egy abszorciós hűtőberendezés is, amely a motorok hőjét hideg energiává képes átalakítani, amelyet a Gallicoop teremhűtésre használ fel.

Az energia előállításához szükséges alapanyagok egy része folyamatosan érkezik az üzem területére (sertés hígtrágya, savó, sterilizált húslé), de a növényi alapanyagokat a szezonálisukból adódóan tárolni kell (siló, csuhé-csutka örlemények). Ezek jellemzően erre a célra kialakított betonos siló tározókban kerülnek elhelyezésre. Az állati trágyák tárolására két darab fedett betonos tároló áll rendelkezésre. A híg alapanyagok kettő földbe süllyesztett beton előtároló tartályba kerülnek lefejtésre, ahonnan az optimális működéshez kialakított receptúra alapján a szilárd alapanyagokkal együtt a fermentorba kerülnek.

### Üzemkonceptió



43. ábra: Üzemkonceptió

Forrás: Szarvas Biogáz erőmű kivitelezési dokumentáció

A biogáz üzem 7 db fermentorból áll, amely összesen 17 775 m<sup>3</sup> szubsztrátum befogadására képes (43. ábra). A szilárd és híg alapanyag beadagolás a 4 db főfermentorba történik (F1, F2, F3, F4). Az utófermentorok (N1, N2, N3) csak híg alapanyagot kapnak. A szilárd alapanyag a B1 beadagolóból az F1 és F2 fermentorokba kerül, a B2 beadagolóból pedig az F3 és F4 fermentorokba. A híg alapanyagot a V1 és a V2 tartályokból szivattyú továbbítja az F1, F2, F3, F4 főfermentorokba, és igény esetén az N1, N2, és N3 utófermentorokba. A fermentorok közötti szubsztrátum szállítást a Z1, Z2, Z3 pumpaházakban elhelyezett szivattyúk segítségével végzik.

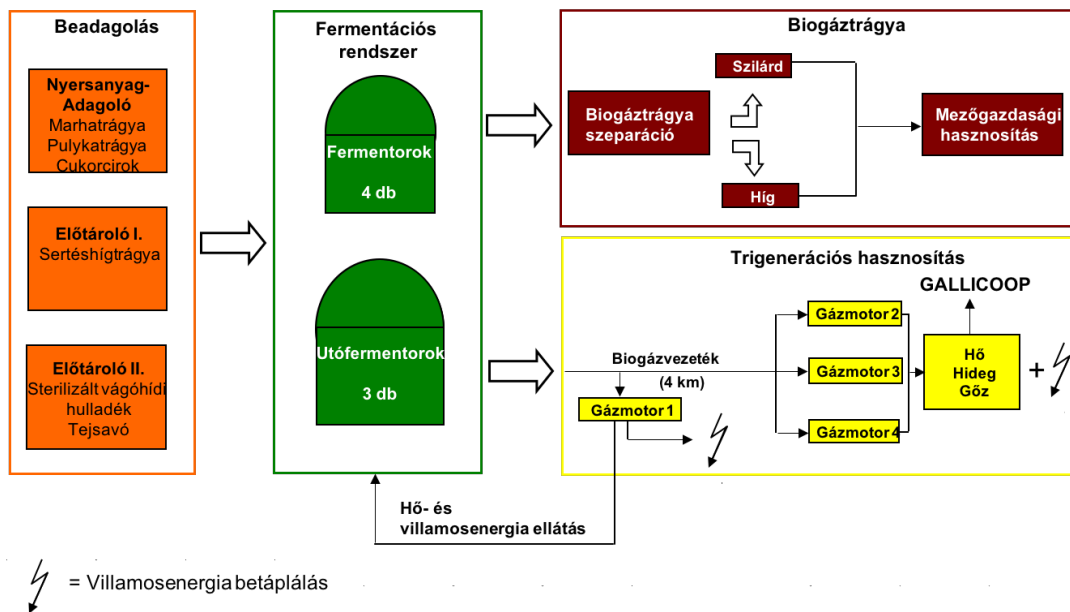
Háromlépcsős fermentációt alkalmaz az üzem. Az F1 és F2 főfermentorokból az N1 utófermentorba, az F3 és F4 főfermentorokból az N2 utófermentorba kerül a szubsztrátum, majd utó-utófermentáció céljából az N1 és N2 kerül az N3 utófermentorba. A fermentációs idő ezzel a módszerrel 75-90 nap, ez teszi lehetővé a hosszabb lebontási időigényű alapanyagok nagymértékű hasznosulását.

A folyamat végén 2 db szeparátor található, amely szétválasztja szilárd és híg frakcióra az N3 fermentorból kikerülő szubsztrátumot. A szilárd frakció, amely koncentráltan tartalmazza a talaj számára szükséges tápanyagot, biotrágyaként kerül kiszórásra a szántóföldekre. A híg frakció egy utótárolóba kerül, ahonnan traktoros kijuttató tartályok segítségével kerül injektálásra a szántóföldeken. Mivel oldott formában tartalmazza a tápanyagot, így a növények számára könnyebben felvehető.

A téli időszakban a kijuttatási tilalom alatt az üzem rendelkezésére álló lagúnarendszerben történik a híg biotrágya időszakos tárolása. 5 db bélelt tározó (1A, 1B, 2, 3, 4) található az üzem szomszédságában összesen 68.103 m<sup>3</sup> bruttó és 57.741 m<sup>3</sup> nettó tároló kapacitással. A kettő közötti különbség a hullámtérnek és habtérnek van biztonsági okokból fentartva. Az első kettő lagúna (1A, 1B) 2-2 db keverővel van ellátva.

A szubsztrátumot a fermentorokban elhelyezett keverők (2-2 db fermentoronként) homogenizálják és tartják mozgásban. A fermentáció mezofil hőmérsékleten 40-42°C-on történik. Az anaerob fermentáció négy lépésben megy végbe:

Ezen folyamatban jelen lévő biológia nagyon érzékeny a környezeti változásokra és komoly odafigyelést igényel a magas szintű működtetése. Elterjedt labor vizsgálatok során a FOS (Flüchtige Organische Säuren – illékony szerves savak), a TAC (Totales Anorganisches Carbonat – teljes szervetlen szén) és a hányadosuk kerül meghatározásra a pH érték mellett. Az ammónium-nitrogénen (NH<sub>4</sub>-N) kívül a vizsgálatok tárgyát képezi az ecetsav, propionsav, vajsav, izo-vajsav. Ezen kívül nagyon fontos az optimális szén-nitrogén arány tartása a fermentorokban. A jó minőségű gázhoz, amely jellemzője a magas metán (CH<sub>4</sub>) és alacsony kén (H<sub>2</sub>S) tartalom elengedhetetlen a biológiai stabilitás. A keletkező gázt a fermentorokon elhelyezett dupla membrános gázgyűjtők fogják fel, ahonnan a gáztisztító rendszer után a 600 kWh telephelyi motorba és a 4 km-es vezetéken keresztül a Gallicoopban lévő kiserőműben elhelyezett 3x1200 kWh gázmotorokba kerül felhasználásra (44. ábra).



44. ábra: A kogenerációs erőmű működésének folyamata  
 Forrás: Szarvas Biogáz erőmű kivitelezési dokumentáció

Ezek alapján is jól látszik, hogy milyen tiszta a biogáz üzemek által előállított energia, mivel a főleg hulladékok és melléktermékek felhasználásából keletkező energia mellett nem veszélyes hulladék, hanem biotrágya keletkezik, amely tápanyagban gazdag és táplálja a talajt.

### 3.3. Vizsgálat módszerei

A szekunder kutatás és módszereinek ismertetése:

A témával kapcsolatos fontosabb nemzetközi és hazai szakirodalomban megjelent publikációk alapján áttekintettem a legfrissebb (2016 novemberében rendelkezésre álló) adatokat, Európai Unió előirányzatokat a megújuló energiatermelésben, továbbá a hazai biomassza potenciál adta lehetőségeket. A vizsgálatokat a biogáz termelés rendszerével, majd a karbantartás menedzsmenttel, azon belül is lean módszertan, filozófia és eszközrendszer kutatásával folytattam.

A biogáz és a megújuló energiaforrások magyarországi helyzetéről az adatokat a Eurostat rendszeréből gyűjtöttem. A vizsgálatokat a lineáris korrelációval végeztem.

A primer kutatás és módszereinek ismertetése:

A primer kutatás adatgyűjtését három alappillére helyeztem. Az egyik az üzem működésének kezdetétől fogva vezetett üzemnapló, amely tartalmazza a szakszerűen rögzített eseményeket. Az események bekövetkezéséről és fennállásának időtartamáról a központi üzemirányítási rendszer ad tájékoztatást. A meghibásodások vizsgálatához ezekből a szöveges jelentések kerültek feldolgozásra és készült adatbázis, amely kategorizálva tartalmazza a hibák jellegét, gyakoriságát és időtartamát. A biogáz üzem technológiai rendszerét 13 üzemi területre bontottam, amelyek megadják a 13 vizsgálati kategóriát. Ezekhez hozzárendeltem a hibákat és elkészítettem az adatbázist, amely alapját képezi a hibajelenségek és az elért hatékonyság vizsgálatoknak. Az értekezésben három időszakot különböztettem meg. 2011.07-2012.06-ig az üzem beüzemelési időszakát. 2012.07-2014.06-ig a lean bevezetés előtti időszakot, és 2014.07-2016.06-ig a lean bevezetésének időszakát.

A primer kutatás adatgyűjtésének második alappillére az üzem teljesítmény adatait szolgáltató MAVIR Mérési Központ által üzemeltetett IDSpecto rendszer. <https://mkp.mavir.hu>.

A primer kutatás adatgyűjtésének harmadik alappillére az üzemi ügyviteli rendszer, amelyből kigyűjtésre kerültek a vizsgálatok elvégzéséhez szükséges üzemi karbantartási költségek.

Az általam lehatárolt 13 üzemi területen a hibák gyakoriságának, időbeli fennállásuknak és a hibákra eső elhárítási időtartam változásának vizsgálatára a varianciaanalízis előtesztjeként homogenitás vizsgálatot végeztem Levene teszt segítségével. A homogén adatokra elvégeztem a varianciaanalízist. A szignifikáns eredményeket Box-plot diagramokon szemléltetem.

Az üzem hatékonyságának és termelékenysége vizsgálatára hasonlóan a varianciaanalízis előtesztjeként homogenitás vizsgálatot végeztem Levene teszt segítségével. A homogén adatokra elvégeztem a varianciaanalízist. A szignifikáns eredményeket doboz diagramokon (Box-plot) szemléltetem. A karbantartási költség, vállalat- és üzemgazdasági elemzések vizsgálatára varianciaanalízist végeztem.

A lean alapú karbantartás hatékonyságának mérése megfigyelésekkel és empirikus vizsgálatokkal történt.

A kutatásom során nyert eredményeket alátámasztották a mélyinterjúk során szerzett tapasztalatok, adatok és információk. A mélyinterjú egy félig strukturált kérdéslista alapján készült, amely a M7. mellékletben megtalálható. A mélyinterjúkat 8 üzem 15 vezető beosztású munkatársával készítettem el. Ezek az eredmények nem önálló fejezetben kerülnek bemutatásra, az egyéb vizsgálati eredmények további igazolásaként, magyarázataként szolgálnak és kerültek beépítésre az értekezésbe. Az értékelésnél szövegelemzéssel azonosítottam a problémacsoportokat és az azokra jellemző kiváltó okokat. Az interjú alanyok beszámolóit alapján meghatároztam a legjobb gyakorlatokat, amelyeket a modell kidolgozásánál figyelembe vettem. Az eredmények struktúrája a lean biogáz modell bemutatása, a veszteségek feltárása, 7 fő veszteség fejezetekben található és nyomonkövethető, így itt nem kerül külön bemutatásra. Fölkeresésem előtt előre tájékoztattam az alanyokat a beszélgetés tárgyáról, és az elhangzottakról jegyzeteket, emlékeztetőket készítettem. Az interjúkészítés időintervalluma: 2014.08. - 2014.12. A mélyinterjúkhoz kapcsolódóan üzemlátogatást is végeztem, további tapasztalatok és információk gyűjtése érdekében.

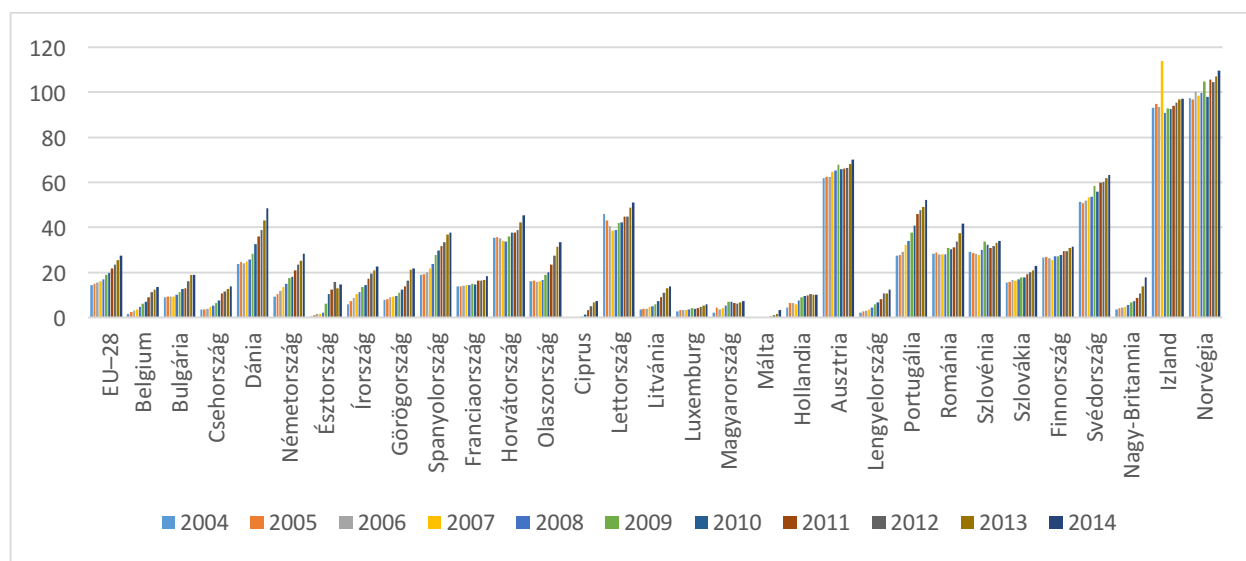
#### 4. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI, EREDMÉNYEI

Az értekezés főbb megállapításait a megújuló energiaforrások helyzetének vizsgálatával kezdtem, amelyben a nemzetközi kitekintés után Magyarország helyzetét is ismertetem. Az általam kidolgozott lean modell, Biogáz Termelési Rendszer bemutatását követi a bevezetés első lépéseként használt veszteségek feltárása, a 7 fő veszteség alapján, majd a karbantartási és üzemeltetési folyamatok vizsgálata az értékáram térkép alapján. A problémamegoldás lépéseit a TPM módszerrel az 5M x PQCDMS kategóriák figyelembevételével az üzem 13 fő egységének tekintetében mutatom be. Ismertetésre kerülnek a meghibásodások számának, időtartamának, hibákra eső elhárítási idők alakulásának vizsgálati eredményei, ezt követi az üzemi hatékonyság és termelékenység alakulása a lean bevezetése előtt és után, továbbá a karbantartási költségek alakulása. Végezetül a lean alapú karbantartás kerül szemléltetésre és az új és újszerű tudományos eredmények.

##### 4.1. Megújuló energiaforrások helyzetének vizsgálata

A fejezetben bemutatásra kerülnek a megújuló energiaforrások helyzetével kapcsolatban végzett nemzetközi kitekintés vizsgálati eredményei, amelyet követően a Magyarországi helyzetelemzés ismertetése kerül során.

##### 4.1.1. Nemzetközi kitekintés a megújuló energiaforrások tekintetében



45. ábra: A megújuló energiaforrások részesedése a bruttó belföldi energiafelhasználásban (2004–2014) a bruttó villamosenergia-fogyasztás százalékában

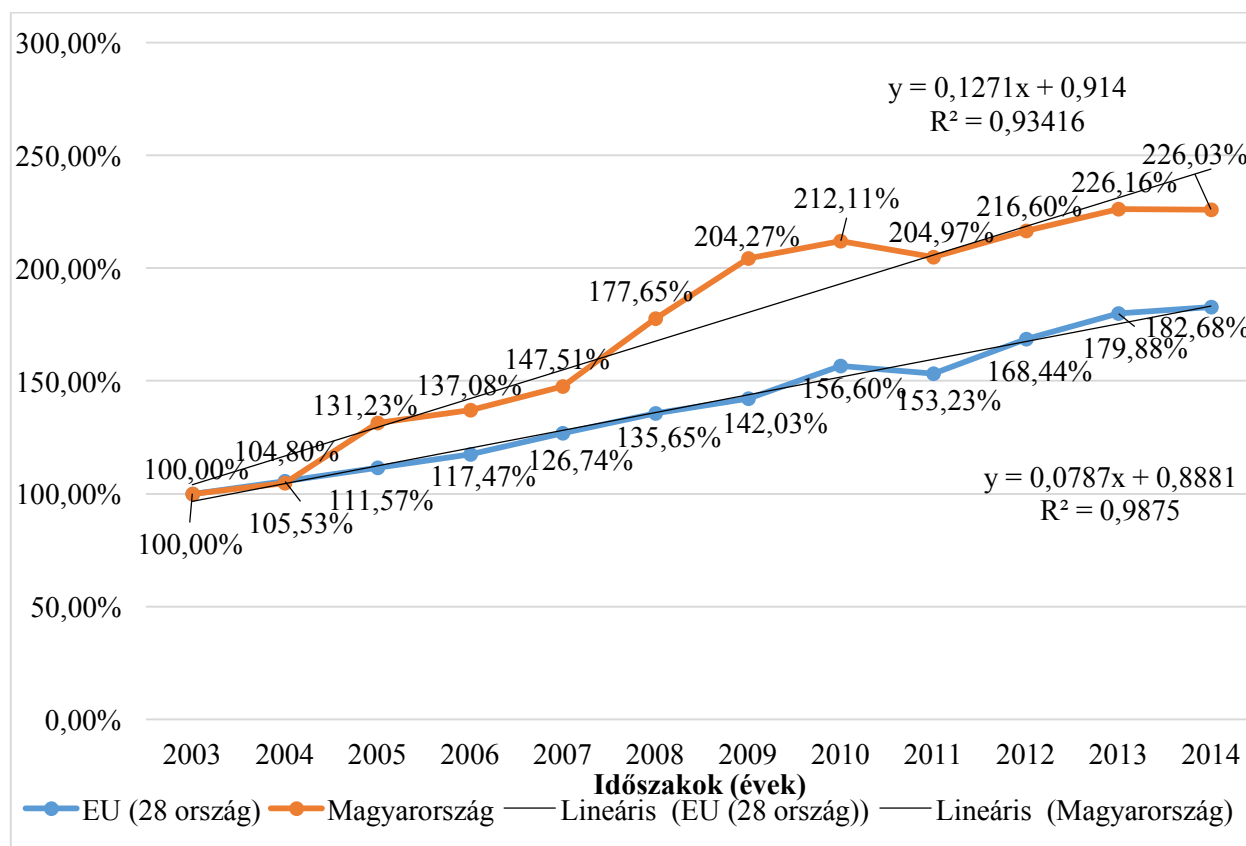
Forrás: Saját szerkesztés Ksh adatok alapján

A vizsgált mutató az adott naptári évben megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia és a bruttó belföldi villamosenergia-fogyasztás hányadosa. Annak mérésére szolgál, hogy milyen arányban járulnak hozzá a megújuló energiaforrások a belföldi villamosenergia-fogyasztáshoz. A megújuló energiaforrásokból megtermelt energia magában foglalja a vízierőművek által (szivattyúzás nélkül számított), valamint a szél-, nap-, geotermikus és a biomasszából/hulladékokból származó energia mennyiségét is. A bruttó belföldi villamosenergia-fogyasztás a minden tüzelőanyag segítségével előállított villamos energiát lefedti (beleértve a saját termelésű, valamint az importált energiát, és leszámítva az exportot).

A 45. ábra a megújuló energiaforrások részesedése a bruttó belföldi energiafelhasználásban (2004–2014) a bruttó villamosenergia-fogyasztás százalékában szemléltetni. Az összes vizsgált ország esetében fejlődés, növekedés figyelhető meg. Kiemelkedő Izland, Norvégia, Ausztria. Magyarország a felsorolás végén található. Elmaradottnak tekinthető a többséghez képest és jelentős fejlődés sem tapasztalható az esetében.

#### 4.1.2. Magyarországi áttekintés

A fejezetben Magyarország megújuló energiaforrásai felhasználásának alakulását vizsgálom. A megújulóknak közül a vizsgálatok során biogázt emeltem ki. A fejlődést és a változásokat összehasonlítom a EU28 országok fejlődésével. Az elemzések során az adatokat az Eurostat rendszerből gyűjtöttem. Az adatok az adatbázisban tonna olajegyenértékben szerepelnek, és ezeket vizsgálom bázis viszonyzámmal.



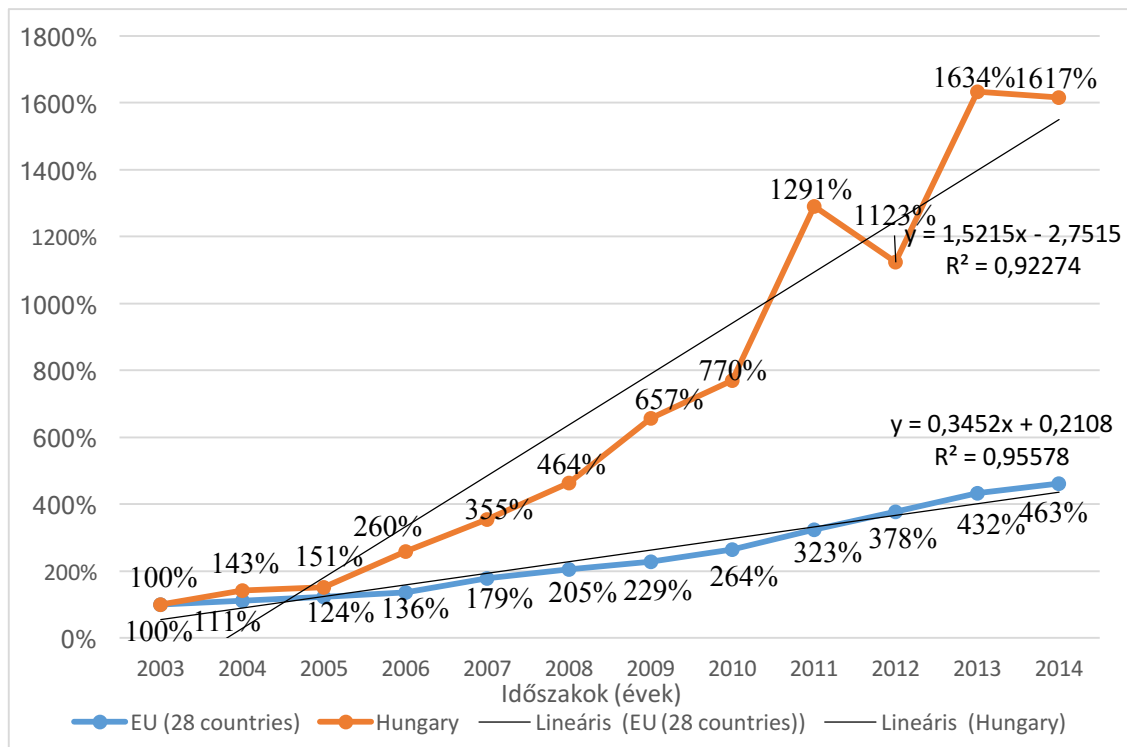
46. ábra: Magyarország és az EU28 megújuló energiafelhasználás változása (2003=100%)

Forrás: Saját szerkesztés Eurostat adatok alapján

A 46. ábrán látható, hogyan alakul Magyarország és az EU28 megújuló energia termelésének változása. A vizsgálat időszaka 2003-tól 2014-ig terjed. A termelés tonna olajegyenértékben van kifejezve. A vizsgálatot bázisviszonyzámmal végeztem és ennek eredményei kerültek ábrázolásra a diagramon. Magyarország és az EU28 láthatóan a 2003-as bázisához viszonyítva folyamatos növekedésen ment keresztül.

Magyarország saját magához képest 226,03%-os, az EU28 magához képest 182,68%-os emelkedést produkált a megújuló energiaforrások használatában.

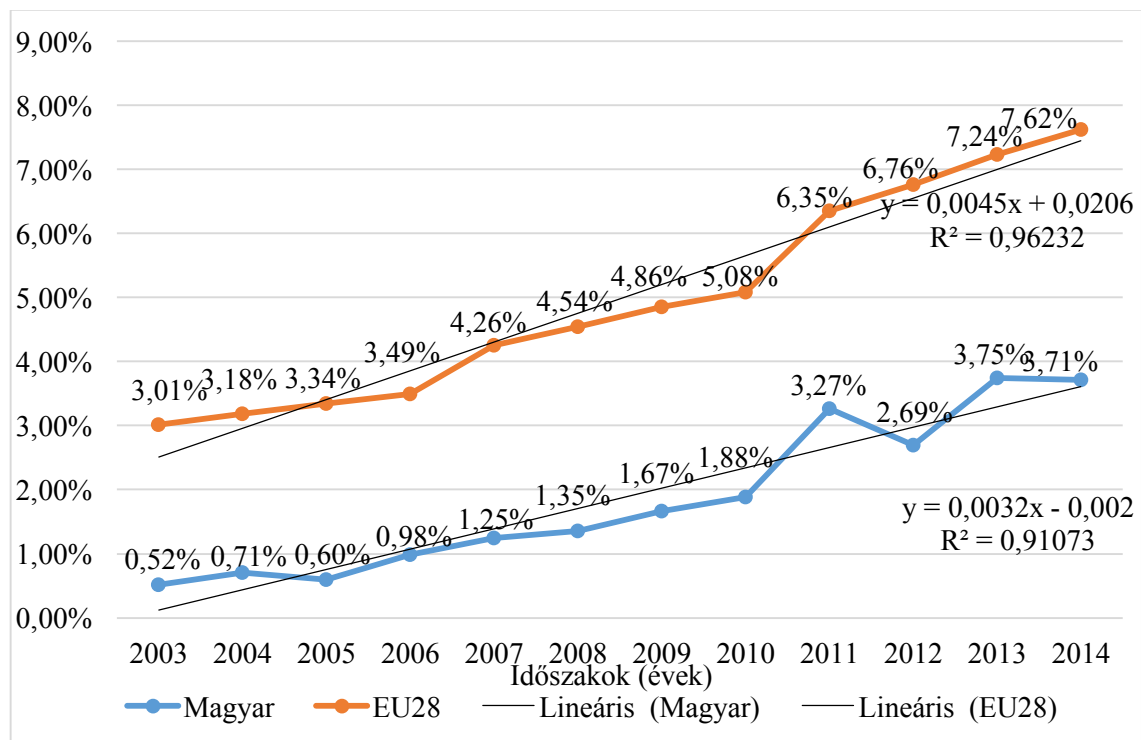




47. ábra: Magyarország és az EU28 a biogáz, mint megújuló energiafelhasználás változása (2003=100%)

Forrás: Saját szerkesztés Eurostat adatok alapján

A 47. ábrán látható, hogyan alakul Magyarország és az EU28 biogáz, mint megújuló energia termelésének változása 2003-2014-ig tonna olajegyenértékben kifejezve, bázisviszonyiszámmal. Magyarország és az EU28 láthatóan a 2003-as bázisévhez viszonyítva folyamatos növekedésen ment keresztül. Az emelkedés jelentősnek mondható, mivel Magyarország saját magához képest 1617%-os, az EU28 magához képest 463%-os emelkedést produkált.



48. ábra: Magyarország és az EU28 biogáz részaránya megújuló energia felhasználásban  
Forrás: Saját szerkesztés Eurostat adatok alapján

A 48. ábra a biogáz termelés, felhasználás vizsgálatával foglalkozik. A megújuló energia szerkezetében vizsgálja a részarányát és annak változását az évek során 2003-tól 2014-ig. 2014-re az EU28 3,01%-ról 7,62%-ra növelte, Magyarország 0,52%-ról 3,71%-ra növelte a megújuló energia szerkezetben a biogáz termelést. A Megújuló Energia Cselekvési Tervben 2010-2020 előírt 5%-os cél, ami 4,78PJ elérhetőnek látszik. Mivel a 2009-es 1,35% és a 2014-es 3,71% között 2,36% van, amit ha hozzá adunk a 2014-es 3,71%-hoz, ezzel folytatva a 2014-et megelőző 6 évet 6,07% kapunk. Amennyiben a növekedés továbbra is a 2009 és 2014 közötti 6 évhez hasonló lesz 2014 és 2020 között, akkor akár a 6,07%-os biogáz részesedés is elérhető a megújuló energiaforrás hasznosításban.

A vizsgálatokat tovább folytattam Magyarország tekintetében. 2003-tól 2014-ig terjedő időszakon. Lineáris korrelációval vizsgáltam hogyan alakul a biogáz és a megújuló energiaforrások kapcsolatát az évek során (23. táblázat).

23. táblázat: A biogáz és a megújuló energia Magyarországon

	Biogáz Magyarországon (1 000 t olajegyenértékben)	Megújuló energia Magyarországon (1 000 t olajegyenértékben)
2003	4,7	906,1
2004	6,7	949,6
2005	7,1	1189,1
2006	12,2	1242,1
2007	16,7	1336,6
2008	21,8	1609,7
2009	30,9	1850,9
2010	36,2	1921,9
2011	60,7	1857,2
2012	52,8	1962,6
2013	76,8	2049,2
2014	76,0	2048,1

Forrás: Saját szerkesztés

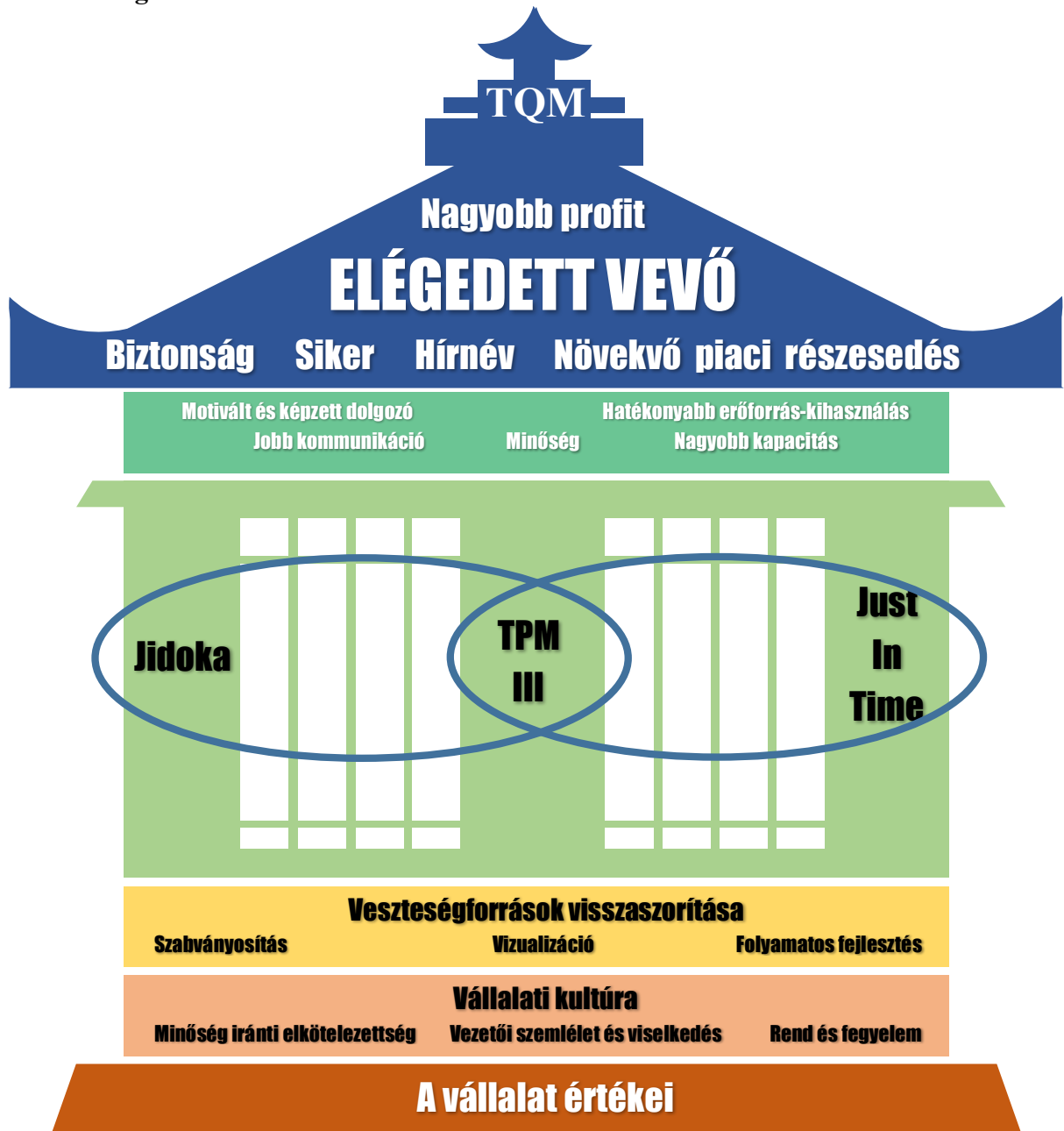
$$r = 0,89$$

A lineáris korrelációs együttható értéke ( $r=0,89$ ) igazán erős pozitív irányú összefüggésre utal a biogáz és a megújuló energiaforrások előállítása között Magyarországon.

#### 4.2. Lean menedzsment a biogáz üzemben

Értekezésem eredménye az általam létrehozott lean modell, amely lehetővé teszi a rendszer biogáz üzemi gyakorlatba történő bevezetését. Nagyon sok mérnöki elemet tartalmaz, de a megalapozása és a vizsgálatok során mindenkor a tudományos igényesség szabta követelmények alapján jártam el. Új területen kísérleteztem logikai modellt alkotva, gyakorlati adaptálással, működést tesztelve, azért, hogy amennyiben az eredmények igazolják a várakozást, a megközelítési mód és modell adaptálható legyen már szimpla mérnöki munkával hasonló tevékenységet folytató biogáz üzemekre.

## 4.2.1. Lean biogáz modell bemutatása



49. ábra: Biogáz Termelési Rendszer  
 Forrás: Saját szerkesztés PÉCZELY 2011 alapján

Az általam kidolgozott Biogáz Termelési Rendszer legfontosabb pillére a TPM, mivel erre alapozva a többi módszertan is hatékonyabban működik (49. ábra). A rendszer kidolgozásának alapjául PÉCZELY (2011) rendszerelméleteit vizsgáltam és fejlesztettem tovább többek között VAJNA, CSAPÓ, KISARI (2012), KISARI (2017) alapján.

A vállalat értékei az általam kidolgozott rendszerben katalizátorként működnek. Ide sorolhatóak az emberi kapcsolatok, szokások és a tudásbázis. Nem csupán használja, de folyamatosan fejleszti is a dolgozók tudását, ezzel megalapozva a vállalat hosszú távú és folyamatos fejlődését. A vállalati kultúrát folyamatosan szem előtt tartva tudatosan támogatják, építik, fejlesztik.

A vállalati kultúra átalakításában az egyik legfontosabb elem a képzés volt, a dolgozók felkészítése az általuk végzett, végzendő feladatokra. Mindenki bevonásra került a bevezetés során a vállalatnál. A motiváció és a következetesség alkalmazásával és a folyamatos ellenőrzések végzésével lehet sikeres a bevezetés.

A TQM segítségével a szervezet összes tevékenységének folyamatos javítása, tökéletesítése, a dolgozók minőség iránti elkötelezettségének növelése, a vevői elégedettség elérésére a cél.

A vezetői szemlélet és viselkedés túl kell hogy lépjen a megszokott példamutatáson és támogatáson, elő kell segítenie a folyamatot. A rend és fegyelem megteremtésében az 5S alkalmazása hozza az áttörést. A tisztaság, rendezettség, és a minőség szoros kapcsolatban van. A megelőzést szolgáló ellenőrzések, ápoló tisztítások, hibakereső eljárások előtérbe kell, hogy kerüljenek. Az 5S biztosítja a vállalatnak az alapot a fejlődéshez.

A veszteségek visszaszorításának a modellben alkalmazott standardizálás az egyik kulcsfontosságú eszköze. Nem célként, hanem a rendszer alapjaként kerül felhasználásra. Lehetővé teszi a fejlődést és az előrelépést. A standardizálás során kerül azonosításra a probléma, és annak megoldási metódusa a PDCA ciklusok rendszeres használatával. Az alkalmazott szabványosítás lényege a legjobb gyakorlat írásba fektetése, amely egyértelműen definiálja a munka menetét azáltal, hogy megszünteti a változékonyságot, ismételtetővé teszi a folyamatokat.

A vizualizáció is egy kiemelt szerepet kapott, amelynek nem csak a kialakítása, de a fenntartása is erőfeszítéseket igényel. Az információk közlésének, a kommunikáció fejlesztésének, megkönnyítésének elengedhetetlen eszköze.

A modellben a fő hajtóerő a Kaizen, amely a folyamatos fejlődést képviseli. Célja a veszteségforrások visszaszorítása és a hatékonyság növelése. Az alkalmazott elv, hogy ki kell menni az értékteremtés helyszínére, figyelni kell a tárgyakat, eseményeket a helyszínen, és a valós helyzetet. Kutatni kell a veszteségek után, és folyamatos fejlesztéseket kell végrehajtani. A problémákra úgy kell tekinteni, mint a kihasználatlan fejlődési lehetőségekre. A dolgozóknak nyitott szemmel kell járni és érzékenynek kell lenni a veszteségekre. Teret kell nekik engedni az önmegvalósításra, hogy motiváljuk őket.

A lean és a TPM kapcsolata nagyon szoros a modellben mivel a folyamat jellegű veszteségeket (Muda, Mura, Muri) a lean módszerrel, a berendezéshez kapcsolódó veszteségeket a TPM-mel tudjuk hatékonyan megoldani. A veszteségforrások visszaszorításának az első lépése az adatgyűjtés. Az eredményességének a titka, hogy pontosan azonosítjuk, milyen veszteségeket keresünk mindemellett, hogy a problémákat globálisan szemléljük.

A Biogáz Termelési Rendszerben alkalmazott lean eszközök: a sokoldalúan képzett munkaerő (Multi-Skilled Workers), érték áram térkép (Value Stream Mapping), gyors átállás SMED.

Az egyik fő pillér a Jidoka, kitolja a dolgozói érzékelés határait, mivel önellenőrző rendszer. Kevesebb dolgozói figyelem szükséges, jelzi a teendőket, segíti az emberek munkáját. A hiba észlelésekor a berendezés megáll. A modell a Jidoka segítségével érvényesíti az elsőre jót gyártani elvet, ezzel jelentősen csökkentve a selejt mennyiségét.

A Biogáz Termelési Rendszer célja a veszteségforrások eliminálása. A berendezéssel kapcsolatos veszteségek visszaszorítása esetében a TPM és a Jidoka, a termelési-szervezési-logisztikai veszteségekre JIT kerül alkalmazásra.

A Just in Time segítségével a túltermelés megszüntethető, az értékáram folyamatokban az állandó anyag- és információáramlás biztosítható. Nyugodtabb és stabilabb termelés alakítható ki. Standard és folyamatosan tervezhetővé válnak a munkafolyamatok a dolgozók és a gépek tekintetében egyaránt. A vevőszempontú hatékonyság nő és az összköltségek csökkennek.

A TPM fő pillérrel a kidolgozott modell olyan karbantartási és termelési rendszert kíván létrehozni, amely célja a termelékenység folyamatos növelése, valamint a kényszerleállások és meghibásodások nélküli termelés.

A Biogáz Termelési Rendszer alkalmazása lehetővé teszi a biogáz üzemek területén a lean bevezetését és ezáltal hozzájárul azok eredményes működéséhez.

#### 4.2.2. Veszteségek feltárása, 7 fő veszteség

A lean bevezetését a veszteségek feltárásával kezdtem.

A lean hét veszteségforrást különböztet meg, ami mai napig a legelterjedtebb veszteséglistának számít. A kategóriák a termelési és szolgáltatási tevékenységekre egyaránt alkalmazható.

1. *Túltermelési veszteség - Waste of overproduction* (A szükségesnél több termék legyártása, vagy túl korai gyártása.)

Magyarországon sajátosság és komoly probléma az üzemek számára, hogy a villamos energia átvétel három sávban történik 24. táblázat.

24. táblázat: 20 MW vagy annál kisebb erőműben (kivéve naperőmű) termelt átvételi ár

Napszak	Téli időszámítás	Nyári időszámítás	Átvételi ár
Csúcs	6:00 - 22:00	7:00 - 23:00	35,50 Ft / kW
Völgy	22:00 - 01:30 , 5:00 - 6:00	23:00 - 02:30 , 6:00 - 7:00	31,77 Ft / kW
Mélyvölgy	01:30 - 05:00	02:30 - 06:00	12,96 Ft / kW

Forrás: Saját szerkesztés MEKH 2016 alapján

A biogáz üzemek KÁT időszakonkénti értékesítésének megoszlását a 24. táblázat szemlélteti. A gáztermelés folyamatos a biológia egyenletességéből eredően. A mélyvölgy tekintetében még az alapanyag költség sem térül meg az esetek többségében, így a mélyvölgy időszakában beszélhetünk túltermelésről és készletezési kényszerről. Az ehhez szükséges tárolókapacitás a nagyobb teljesítményű üzemek esetében nem áll rendelkezésre és ez jelentős költséget jelent.

A szigorú menetrendadási kötelezettség következtében óvatosan terveznek az üzemek, és általában kisebb teljesítményt adnak le. A menetrendsértés 5 Ft / kW, ami súlyos költségeket jelent az üzemekre nézve, hatására az esetek többségében túltermelés áll fent.

25. táblázat: Biogáz KÁT üzemórák

	Mezőgazdasági	Depóniagáz	Szennyvízgáz
<b>2008</b>	4 686	5 483	5 982
<b>2009</b>	4 381	5 171	6 031
<b>2010</b>	4 865	4 996	4 763
<b>2011</b>	4 490	5 248	4 797
<b>2012</b>	4 795	5 095	4 632
<b>2013</b>	4 086	4 441	4 338
<b>Átlag:</b>	4 551	5 072	5 091

Forrás: MEKH 2015

A 25. táblázat a biogáz erőművek KÁT-os termelési üzemórát szemlélteti a 2008-2013-ig terjedő időszakban. Magyarországon a KÁT időbeli megoszlása 4.016 óra/év csúcs, 3.352 óra/év völgy és 1.392 óra/év mélyvölgy (EBA 2015). Az összesen 8.760 KÁT-os támogatottságú üzemórának a 2008-2013-ig terjedő, 5 éves átlagos adatok alapján az 51,95%-át érik el a mezőgazdasági üzemek, 57,90%-át a depóniagázos és 58,12%-át a szennyvízgázos erőművek.

A 26. táblázat szemlélteti hogyan tevődik össze a 8.760 KÁT-os üzemóra hónapról-hónapra. 1 MW esetében ez összesen 8.760.000 kWh maximálisan elérhető energiát jelent.

26. táblázat: Biogáz KÁT időszakok megoszlása

Hónap	Havi Csúcs negyedóra	Havi Völgy negyedóra	Havi Mélyvölgy negyedóra	Beépített kitáplálási teljesítmény (MW)	Maximum prognózis Csúcs (kWh)	Maximum prognózis Völgy (kWh)	Maximum prognózis Mélyvölgy (kWh)	Összesen
2017-01	1 408	1 098	470	1	352 000	274 500	117 500	744 000
2017-02	1 280	984	424	1	320 000	246 000	106 000	672 000
2017-03	1 408	1 094	470	1	352 000	273 500	117 500	743 000
2017-04	1 152	1 260	468	1	288 000	315 000	117 000	720 000
2017-05	1 408	1 098	470	1	352 000	274 500	117 500	744 000
2017-06	1 344	1 080	456	1	336 000	270 000	114 000	720 000
2017-07	1 344	1 158	474	1	336 000	289 500	118 500	744 000
2017-08	1 472	1 038	466	1	368 000	259 500	116 500	744 000
2017-09	1 344	1 080	456	1	336 000	270 000	114 000	720 000
2017-10	1 344	1 162	474	1	336 000	290 500	118 500	745 000
2017-11	1 344	1 080	456	1	336 000	270 000	114 000	720 000
2017-12	1 216	1 278	482	1	304 000	319 500	120 500	744 000
<b>Összesen</b>	<b>16 064</b>	<b>13 410</b>	<b>5 566</b>		<b>4 016 000</b>	<b>3 352 500</b>	<b>1 391 500</b>	<b>8 760 000</b>
Összesen óra	4 016	3 353	1 392					

Forrás: MEKH 2015

A 27. táblázat a KÁT rendszerben működő biogáz erőművek értékesítésének megoszlását szemlélteti a 3 időszak között.

27. táblázat: Biogáz KÁT értékesítés megoszlása

Biogáz, 2013	Kát értékesítés		Időarányosan	Eltérés
	GWh	%		
<b>Csúcs</b>	62	53%	46%	7%
<b>Völgy</b>	47	40%	38%	1%
<b>Mélyvölgy</b>	9	8%	16%	-8%
<b>Összesen</b>	118	100%	100%	0%

Forrás: MEKH 2015

A 27. táblázatban szereplő MEKH 2015 adatok alapján elmondható, hogy mélyvölgyben időarányosan 16%-ra lecsökkent az értékesítés, ami azt mutatja, hogy az erőművek megpróbálják a rendelkezésre álló energiát, teljesítményt főleg csúcs és völgy időszakban leadni.

A felhalmozott gázkészlet elfedheti a biológiában jelentkező problémákat és azok később észlelhetőek, így a beavatkozás nem történik meg időben. Továbbgondolva a túltermelés olyan biztonsági tartalékot jelent, ami elejét veheti a folyamatos fejlesztéseknek is. Csökken a beavatkozási, karbantartási hajlam.

Megoldás lehet a KÁT rendszer változása vagy a földgáz hálózatba történő biometán betáplálásra való átállás.

### 2. *Várakozási veszteség - Waste of waiting time* (Információra, utasításra, anyagra, karbantartóra, átvételre, stb. várakozás.)

A lean a pazarlások között tartja nyilván a várakozási időt. A várakozási idő kihasználatlan kapacitással jár, ami miatt a rendszer az értékteremtéshez minimálisan szükséges erőforrásigényénél többet használ fel. Ilyen veszteséget okoz az, amikor a dolgozók eszközre várakoznak, vagy anyaghiány, információhiány, gépleállás miatt nem tudnak dolgozni.

Az üzemek többségében ki lett építve a távfelügyelet. A működés közben fellépő hibákról a rendszer kiértesíti az ügyeletest és így lehetőség van a beavatkozásra. Komolyabb problémák estében a megoldás azonban elhúzódhat. További hátráltató tényezők lehetnek a rossz időjárás viszonyok, alkatrész hiány, gyári szakemberre várakozás. Gyakori a hibák felületes definiálása, a gyűjtő hibanevek használata például általános hiba. Előfordul, hogy nem állnak rendelkezésre a szükséges rajzok, dokumentumok a szét- illetve összeszereléshez, esetleg az alkatrész rendeléshez.

A várakozás egy másik fajtája, amely komoly gondot jelent egy biológiai rendszer esetében a kiegyenlítetlen alapanyag ellátás, ami a szállításokra történő várakozásból ered.

Megoldás a meglévő felügyeleti rendszerek felülvizsgálata, fejlesztése, hiányuk estében kiépítése, illetve e hibajelenségek pontosabb definiálása. Alapanyag ellátás esetében a szállítókkal történő szorosabb együttműködés segít.

### 3. *Szállítási veszteség - Waste of transportation* (Anyagok, alkatrészek felesleges szállítása.)

Veszteségnek tekinthető az anyagok, információk szállítása. A szállítás jelentősen megnövelheti az értékteremtő folyamatok átfutási idejét. A szállítási pazarlás felszámolásakor különbséget kell tennünk a szállítás racionalizálása (rossz hatásfokú szállítás) és a szállítási igény megszüntetése között. Jó megoldás lehet a szállítás automatizálása, de sokkal jobb, ha a szállítási igényt sikerül megszüntetni.

Az alapanyag beszállítása, mozgatása és a végtermék kijuttatása sorolható ide. A biogáz üzem esetében szerencsés, ha 20 km-en belül meg tudja termelni a szükséges kiegészítő silót, valamint a főbb alapanyag beszállító partnerei sem esnek ezen a körön kívül. A legjobb megoldás a csővezeték hálózat kiépítése, amely közvetlen kapcsolatot biztosít az alapanyag bázissal. Itt is előfordul, hogy a költségcsökkentés következtében nem megfelelő a méretezés és meghibásodások, dugulások jönnek létre.

A kijuttatás esetében is a legjobb megoldás, ha van lehetőség a közvetlen kilocsolásra, ha ez nem megoldott, vagy nem engedélyezett, akkor marad a tartályos kiszállítás. Itt jelentős költség merül fel, amely akár ellehetetlenítheti az üzemek működését.

#### 4. *Felesleges tevékenységek végzése miatti veszteség - Waste of over-processing (túlmunka)*

A biogáz előállítás során a gáz tisztítása elengedhetetlen a motorba, kazánokba történő felhasználása, vagy a hálózatba betáplálása előtt. A tisztítás többlépcsős folyamat. A levegő befűvése a fermentorba, kemikáliák adagolása, kondenzálás, vizes mosás, hűtve szárítás, nyomásfokozás, utóhűtés, aktív szén tisztítás. A túl sok levegő a baktériumok számára is káros, bizonyos tartományban pedig robbanásveszélyes elegyet képez. A szükségesnél több vegyszer beadagolása is veszteség, a vizes mosás esetében pedig a nem optimális vízmennyiség, vagy felületnövelő anyag használata. A túlzott hűtési energia felhasználás akár kristályosodást is okozhat, ami kárt tesz a rendszerben. A szükségesnél magasabb gáznyomás létrehozása energiapazarlás. Az idő előtti szénecsere a tartályokban és a szükségesnél sűrűbb karbantartás szintén veszteséget jelent.

Megoldás a folyamatok rendszeres ellenőrzése és felügyelete, andon jelzések alkalmazása, standardok kialakítás, poke-yoke, vizuál menedzsment használata a berendezéseken.

#### 5. *Készletezésből származó veszteség - Waste of inventory (A gyártási alapanyagok, félkész termékek, eszközök, dokumentumok szükségtelen, illetve indokolatlan mennyiségben és ideig történő tárolása.)*

Az üzemek jelentős része alapanyag-ellátási, ebből kifolyólag pedig részben teljesítményproblémával küzd. A tervezés, és a kivitelezés során végzett előkalkulációk eredményei nem tükröződnek a működés során tapasztalt tényleges kihozatalokban, teljesítményekben. A rendelkezésre álló csekély alapanyag mennyiségekből következik, hogy nagy figyelmet kell fordítani azok kiválasztására, tárolására, felhasználására, a megfelelő készletek kialakítására.

Az üzemek kivitelezése során nem a műszaki tökéletesség, hanem a költségek redukálása volt a fő szempont, ezért számos konstrukciós problémát kell megoldaniuk az üzemeltetőknek. További probléma, hogy a berendezések kiválasztásánál az egységesítés nem volt elvárás, így azonos feladatra eltérő típusú, különböző gyártók berendezéseit építették be. Ebből kifolyólag jelentős készleteket tartanak az alkatrészekből, hogy a felmerülő problémákat meg tudják oldani. A téli időszakban a végtermék kihelyezés nem megengedett, ezért fél éves tároló kapacitással kell rendelkeznie az üzemeknek, amelyet külső tényezőként a csapadékos időjárás jelentősen befolyásol.

A megoldás a lehetőségekhez mérten az egységesítés, megelőző karbantartások végzése és a híg alapanyagok használatának racionalizálása.

#### 6. *Szükségtelen mozdulat - Waste of motion (Alkatrészek, dokumentumok keresése, hajlogtatás és nyújtózás, mozdulatok ismétlése a helytelen műveleti sorrend miatt.)*

A munkavállaló mozdulatait az értékteremtés tükrében kell értékelni. A leanben pazarló mozdulat, az alkatrészek és eszközök keresése, elővétele vagy felhalmozása. A mozdulatból eredő veszteségek csökkentésének egyik legfontosabb forrása a munka szabványosítása. A munka szabványosítása biztosítja, hogy a tevékenységeket egyszerűen és hatékonyan végezzék el. Az egységes és dokumentált munkavégzés egyben a folyamatos fejlesztés alapja – a fejlesztési ötletek bárholnan jöhetnek, miközben eredményeit mindenki használhatja.



Ilyen jellegű veszteségek a mindennapi munkavégzéstől a karbantartásokon át egészen a nagy javításokig előfordulnak az üzem életében. Megoldás az 5S bevezetése.

#### 7. *Selejt, hulladék veszteségek - Waste of product defects* (Nem megfelelő termékek.)

Ide sorolható a nem megfelelő tárolás következménye a siló penészedése, amely használhatatlanná teszi az értékes alapanyagot. Figyelmetlenségből eredő változás a beadagolásban komoly gondokat okoz a baktérium kultúrában, mivel befolyásolja azok életkörülményeit, ezáltal gázképző teljesítményét.

A keletkező biogázban a kén érték túlzottan magas tartományba engedése komoly károsodást okozhat a berendezésekben.

Alulnyomás kialakulása esetén a rendszerbe levegő jut, ami felhígítja és használhatatlanná teszi a biogázt.

A rendszer nem optimális működtetése következtében az erjesztés nem megy végbe magas szinten, így lebontatlanul kerülhet ki alapanyag a rendszerből. Ennek oka lehet a nem megfelelő keverés, a kevés benntartózkodási idő, az alapanyag előkészítés tökéletlensége, továbbá, ha a baktériumkultúra nem dolgozik megfelelő hatásokkal.

Megoldás lehet a folyamatok szabványosítása és e szabványok betartatása, TPM bevezetése.

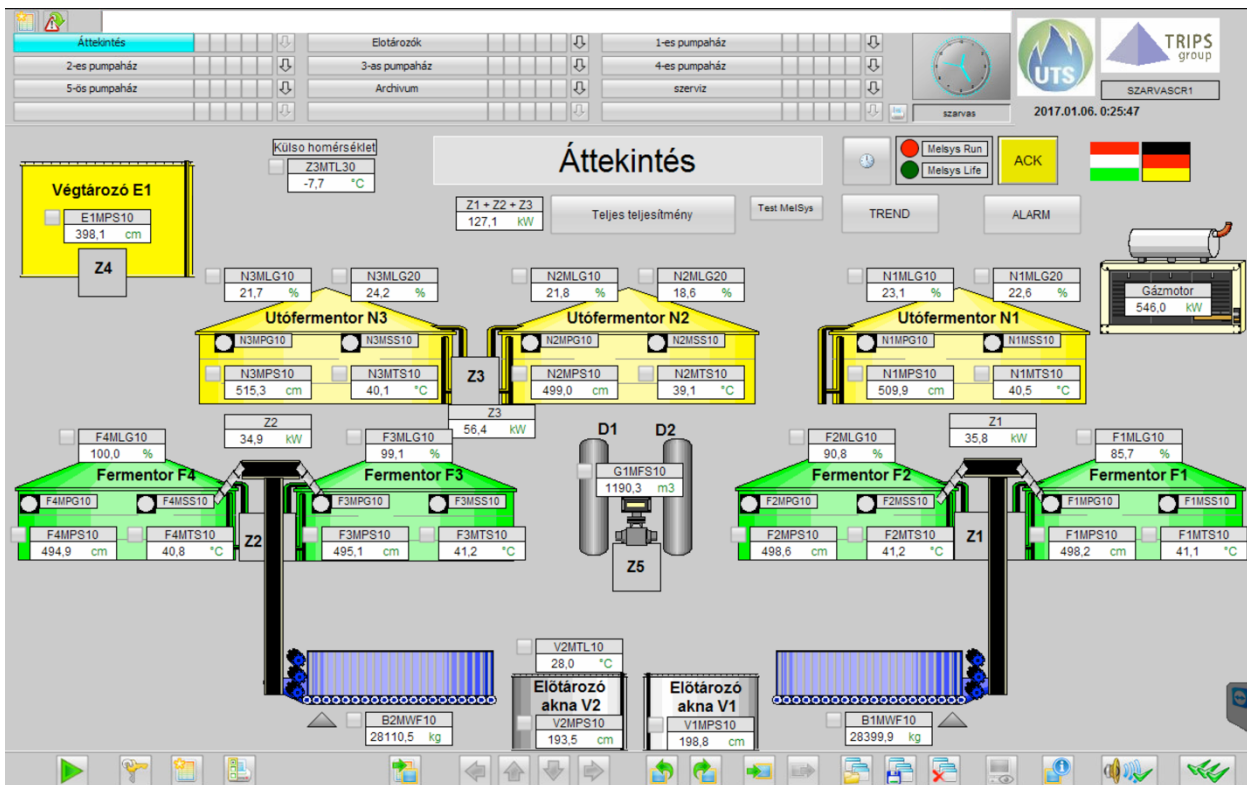
#### **4.2.3. Vizuál menedzsment – VM**

A vizuál menedzsment bevezetésénél a problémafeltárássra egy fókuszcsoportos kutatás során került sor. Olyan kompetens személyekkel, akik érintettek és a használat során tisztába voltak a rendszer működésével, tapasztalataik alapján meg tudják ítélni az egyes vizuális funkciók működését. Fókuszcsoport által kidolgozott fejlesztési súlypontok képezték az új képernyőszerkezettel támasztott követelményeket.

Az üzemben végrehajtott vizuál menedzsment bevezetések közül kiemelném az üzemirányítási rendszer megjelenítőjén végzett fejlesztéseket. Az automata rendszer ezen számítógép segítségével ellenőrizhető és vezérelhető.

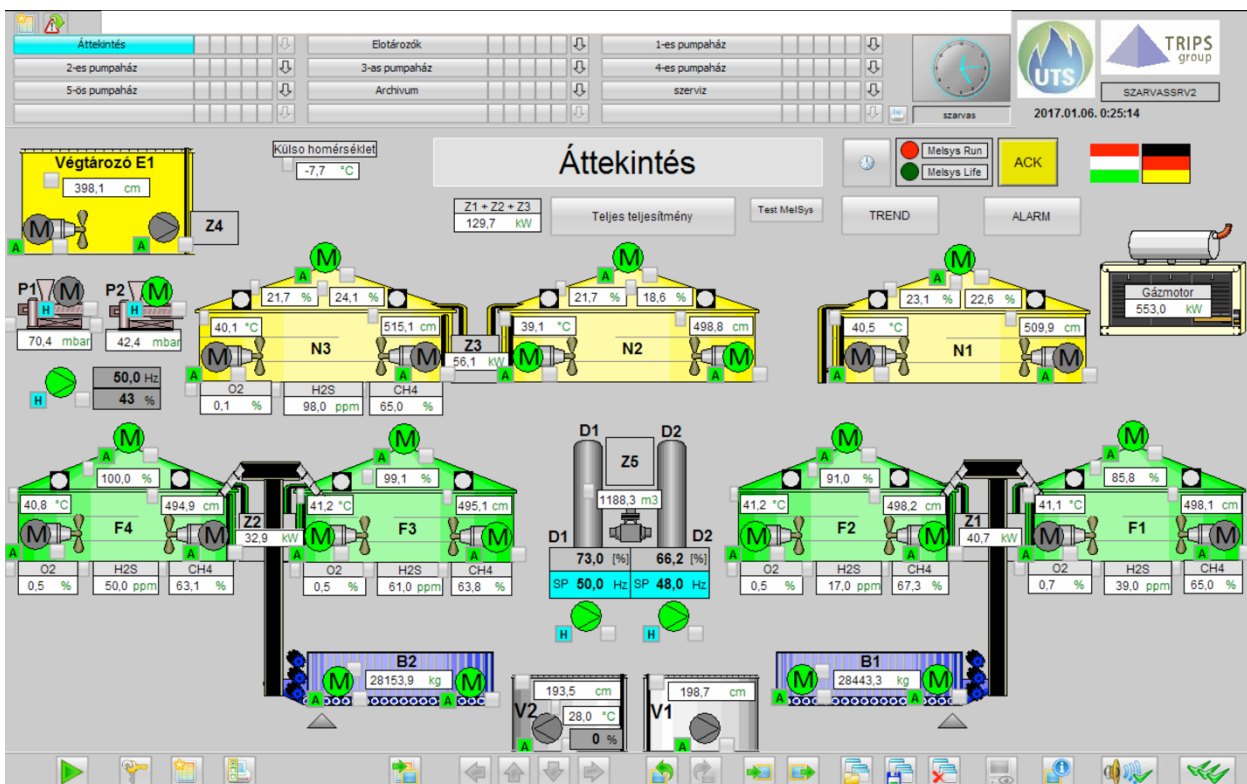
Az üzemirányítási rendszer megjelenítőjének képernyőjén az áttekintés lap az alapértelmezett monitorkép. Ennek segítségével tájékozódnak az operátorok az éppen zajló folyamatokról és a berendezések állapotáról.

Az 50. ábrán a megjelenítő az VM előtti állapotot szemlélteti. Az ellenőrzéshez szükséges információk jelentős része nem olvasható le. Ezek az adatok több kattintással és az összetett menürendszer segítségével kereshetők elő. Az operátorok a nap folyamán különböző időközönként (2-3 óránként) végigkattintgatták a folyamatokat. Mivel ezek között több óra is eltelt, így a hibák ez alatt az idő alatt rejtve maradtak, és nem volt lehetőség egyből beavatkozni.



50. ábra: Üzemirányítás megjelenítő VM előtt  
Forrás: Saját szerkesztés

Az 51. ábrán az VM utáni állapot látszik. Kiválasztásra és megjelenítésre kerültek a legfontosabb berendezések, mint a keverők, szivattyúk, beadagoló tépő hengerek és láncok, köztes fűvők, támlvegő ventilátorok, szeparátorok és a gázösszetétel.

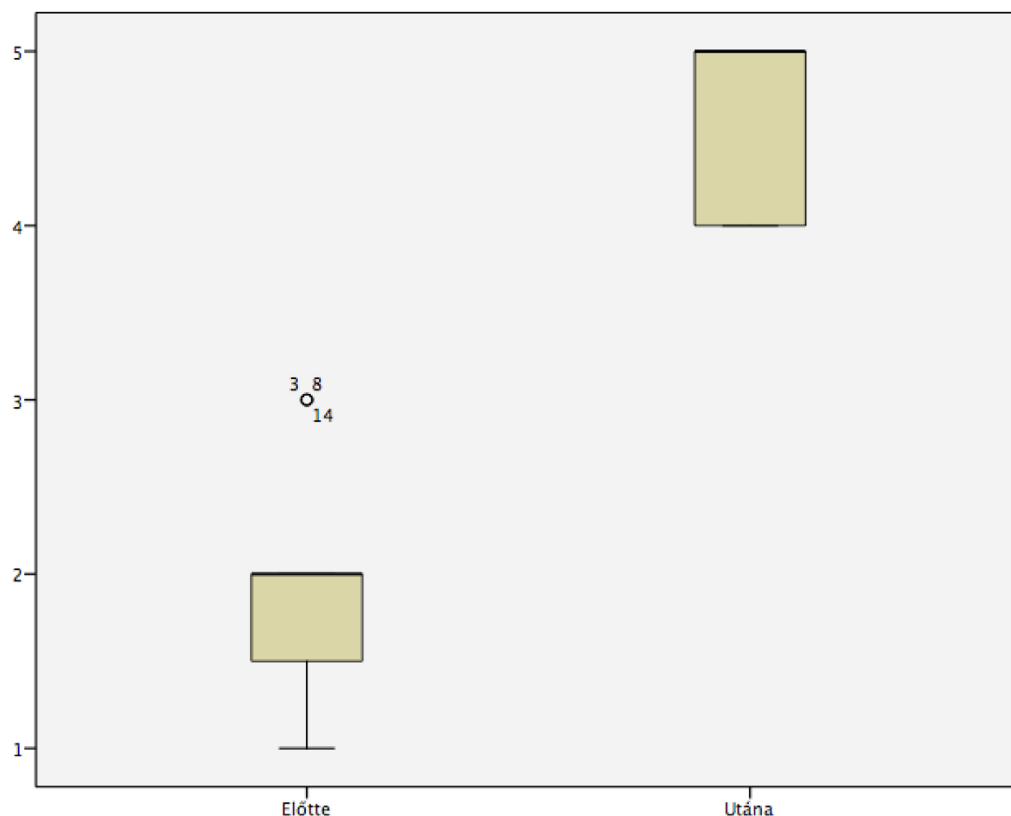


51. ábra: Üzemirányítás megjelenítő VM utána  
Forrás: Saját szerkesztés

A VM bevezetése után a kiválasztott és megjelenített adatok és paraméterek segítségével, amint meghibásodik egy berendezés, vagy rendellenes állapot jön létre azonnal láthatóvá válik. A berendezéseket ábrázoló alakzatok pirosra váltanak és villogni kezdenek hiba esetén.

- A beavatkozások jelentősen meggyorsultak. 2-3 óra helyett 2-3 perc.
- Lecsökkent az elmaradt beadagolások száma
- A keverő motorhibák felúszás kialakulását idézték elő, most folyamatosan látható az állapotuk és a működésük.
- A biológiai folyamatok jobban nyomonkövethetővé váltak a gázösszetétel folyamatos megjelenítése segítségével.
- A gázelvétel beállításához 3 képernyő között kellett váltogatni, most ez a fő képernyőn elvégezhető
- A támlevegő ventilátorok megállása a külső környezeti membrán funkcióvesztését okozta, mivel azok levegő ellátása megszűnt. Ez főleg szeles, esős, havas időben akár a membránok károsodásához is vezethet. A bevezetés után folyamatosan nyomonkövethető és a beavatkozás a fő képernyőn is elvégezhető.

Készítettem egy kérdőívet, és megkértem a fejlesztéssel kapcsolatban érintett 15 személyt, hogy értékelje 5 fokú skálán az üzemirányítási rendszer megjelenítőjét VM fejlesztés előtt és után egyaránt (1 nagyon elégedetlen – 5 nagyon elégedett a megjelenítő tartalmával). A válaszokat box-plot diagrammon ábrázoltam az 52. ábrán. Egyértelmű, hogy a bevezetett fejlesztést mindenki jobbnak értékelte és előrelépésnek tekinti korábbi állapothoz képest.



52. ábra: Dolgozók VM értékelése  
Forrás: Saját szerkesztés

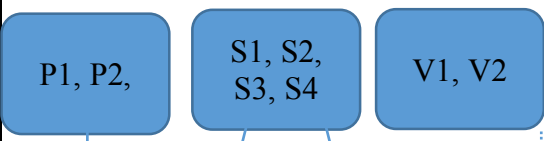
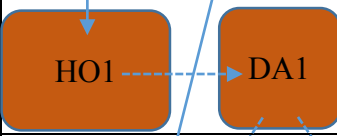
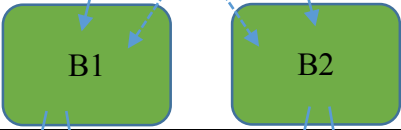
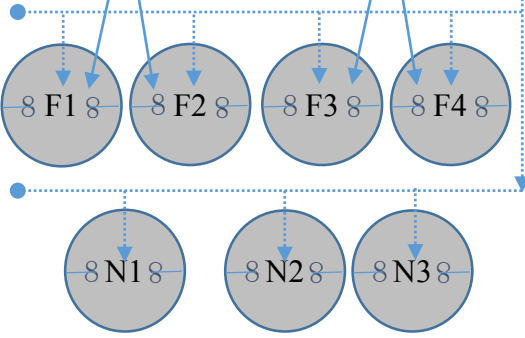
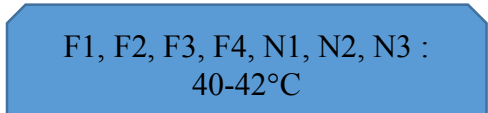
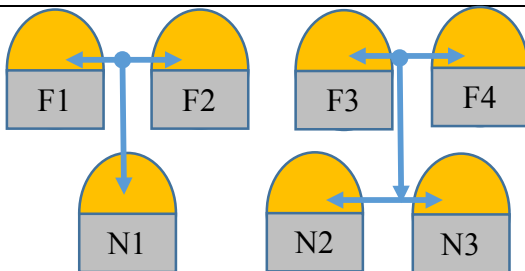
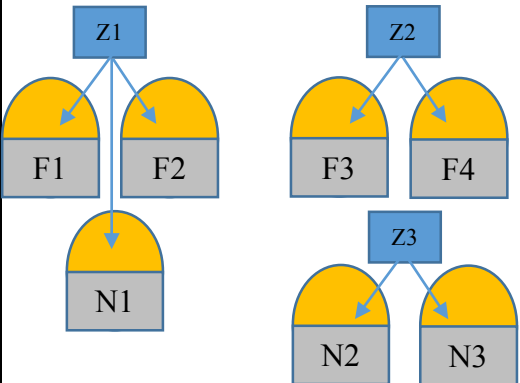
#### 4.2.4. Karbantartási és üzemeltetési folyamatok vizsgálata

A Szarvasi Biogáz Üzem technológiáját 13 fő egységre osztottam fel:

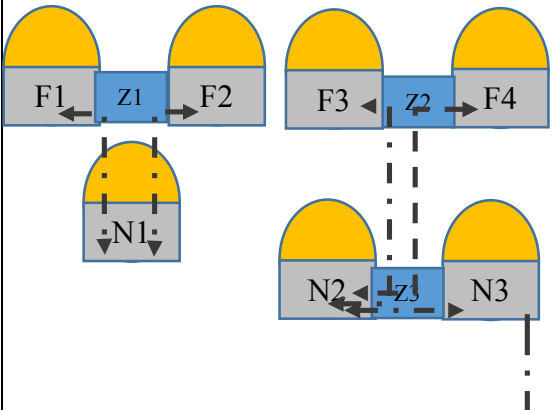
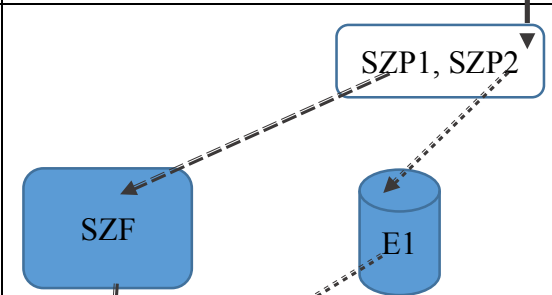
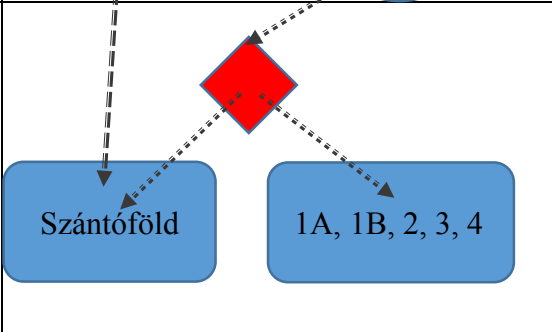
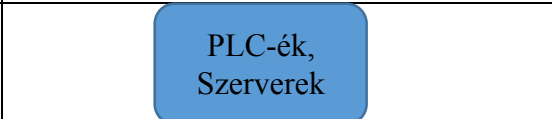
1. Alapanyag beszállítás - tárolás,
  - a. Szilárd alapanyag siló falak között,
  - b. Híg alapanyag földbe süllyesztett tárolókban
2. Alapanyag előkészítés
3. Beadagolás
4. Szubsztrát keverés, homogenizálás
5. Szubsztrát hőntartás
6. Gáz puffereelés
7. Gáz tisztítás
  - a. Levegő befűvés
  - b. Kondenz leválasztás
  - c. Esőztetés
  - d. Hűtve szárítás
  - e. Aktív szenes szűrés
8. Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás
9. Gázmotoros felhasználás
  - a. Áramfejlesztés
  - b. Hőenergia, melegvíz, hideg energia
  - c. Gőz
10. Szubsztrát szivattyúzás
11. Szeparálás, híg-szilárd fázis bontás
12. Kijuttatás
13. Központi rendszer vezérlés

Ez a felosztás az értékáram térkép készítés alapját képezi (28 táblázat).

28. táblázat: Biogáz erőmű értékáram térkép

s.sz.	Technológiai lépés	Ábra	Folyamat
1	Alapanyag tárolás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Szilárd darálás igénylő alapanyag tárolás fedett tárolóban P1, P2</li> <li>- Szilárd alapanyag siló falak között S1, S2, S3, S4</li> <li>- Híg alapa. földbe süllyesztett tárolókban V1, V2</li> </ul>
2	Alapanyag előkészítés		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Darálást igénylő anyagok homogenizálása (HO1-Huning) és darálása (DA1 - Scheffer)</li> </ul>
3	Beadagolás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Havelberger beadagolók (B1, B2)</li> </ul>
4	Szubsztrát keverés, homogenizálás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- A fermentorokba (F1, F2, F3, F4) beadagolt szubsztrátumokat a beépített keverők segítségével homogenizálják és tartják mozgásban</li> </ul>
5	Szubsztrát hőntartás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- A mezofil biológia megfelelő működéséhez elengedhetetlen a stabil hőntartás 40-42 °C</li> </ul>
6	Gáz puffereelés		<ul style="list-style-type: none"> <li>- F-es fermentorok 880m3</li> <li>- N-es fermentorok 2.100m3</li> <li>- Összesen: 10.000m3 biogáz tároló kapacitással rendelkezik az üzem</li> </ul>
7	Gáz tisztítás a, Levegő befűvés		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levegő befűvés (Z1, Z2, Z3 ventilátorok)</li> </ul>

7	b, Kondenz leválasztás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kondenz leválasztás (Víz leválasztás)</li> <li>F1, F2, N1 = D1-es oldal</li> <li>F3, F4, N2, N3 = D2-es oldal, amelyek átmennek a K1-es aknán keresztül az esőztetőbe</li> <li>- Köztes Meidinger fúvók (KM1 KM2)</li> </ul>
7	c, Esőztetés		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esőztetés két darab toronyban történik (D1, D2)</li> </ul>
7	d, Hűtve szárítás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hűtve szárítás</li> <li>Köztes fúvók (KF1-2)</li> <li>- Kondenzgyűjtő tartály (K2)</li> <li>- Kompresszoros továbbítás (C)</li> </ul>
7	e, Aktív szén szűrés		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktív szén szűrés (ACF – Aktive Carbon Filter)</li> </ul>
8	Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás</li> </ul>
9	Gázmotoros felhasználás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- GM4 saját hő és villamos energia felhasználás és a fennmaradó értékesítése</li> <li>- GM1, GM2, GM3</li> <li>Áram:</li> </ul>
9	b		<ul style="list-style-type: none"> <li>Hőenergia, melegvíz, hideg energia Gallicoop számára és a fermentorok fűtésére</li> </ul>
9	c		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gőz értékesítése a Gallicoop és a Katech részére</li> </ul>

10	Szubsztrát szivattyúzás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- A szubsztrátum szivattyúzás a pumpaházakban elhelyezett pumpák segítségével történik (Z1, Z2, Z3)</li> </ul>
11	Szeperálás, híg-szilárd fázis bontás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Szeperátor (SZP1, SZP2)</li> <li>- Szilárd fázis tároló (SZF)</li> <li>- Híg biozagy fázis tároló (E1)</li> </ul>
12	Kijuttatás		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Időszak és időjárás függvényében történik az elhelyezés</li> <li>- Fólia medrű tárolók (1A, 1B, 2, 3, 4)</li> </ul>
13	Központi rendszer vezérlés		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Siemens és Rockwell Allen Bradley PLC-k, WinCC rendszer.</li> </ul>

Forrás: Saját szerkesztés

#### 4.2.5. Problémamegoldás lépései TPM módszerrel az 5M x PQCDSM kategóriák figyelembevételével

A modell alapeleme, hogy meg kell honosítanunk a megbízhatóság és a jó minőség kultúráját. A problémák tüneteinek orvoslása nem elég, adatokat kell róluk gyűjteni és elemző módszerekkel ki kell értékelni azokat egészen a gyökérokokig lehatolva, mert csak úgy szüntethetjük meg azokat.

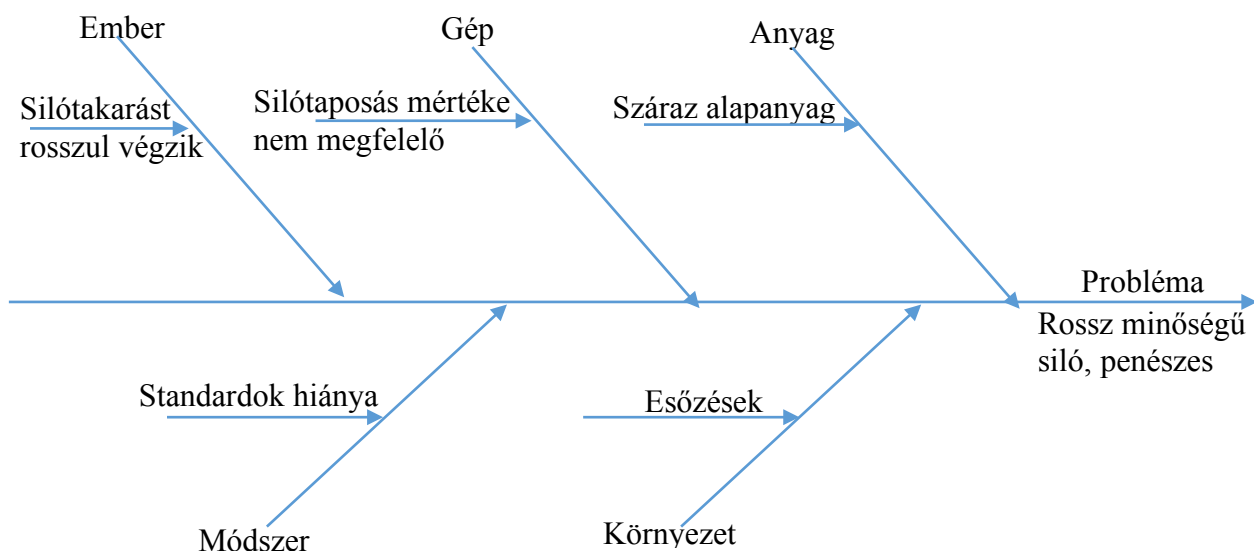
A meghibásodások az üzem működésének kezdetétől fogva vezetett üzemnaplóból kerültek kigyűjtésre, amely tartalmazza a szakszerűen rögzített eseményeket. Az események bekövetkezéséről és fennállásának időtartamáról a központi üzemirányítási rendszer ad tájékoztatást.

A modellben a fő hajtóerő a Kaizen, amely a folyamatos fejlődést képviseli, itt került először alkalmazásra. Célja a veszteségforrások visszaszorítása és a hatékonyság növelése. Az alkalmazott elv, hogy ki kell menni az értékteremtés helyszínére, figyelni kell a tárgyakat, eseményeket a helyszínen, és a valós helyzetet. Kutatni kell a veszteségek után, és folyamatos fejlesztéseket kell végrehajtani. A problémákra úgy kell tekinteni, mint a kihasználatlan fejlődési lehetőségekre. A dolgozóknak nyitott szemmel kell járni és érzékenynek kell lenni a veszteségekre. Teret kell nekik engedni az önmegvalósításra, hogy motiváljuk őket.

A Szarvasi Biogáz Üzem technológiájának mind a 13 fő egységénél megvizsgáltam a problémák tüneteit és információkat gyűjtöttem róluk. Elemző módszerként a ok-okhatás diagrammot használtam, hogy feltárjam a gyökérokokat, mely alapján lépéseket lehet tenni a megszüntetésükre.

A halszálka diagrammok első fázisban került megszerkesztése (53. ábra).

##### 1. Technológiai lépés: Alapanyag tárolás



53. ábra: Halszálka diagram a silótaposás problémára

Forrás: Saját szerkesztés

A halszálka diagrammokat az áttekinthetőség érdekében táblázatba foglaltam és a továbbiakban táblázatban kerültek megadásra a többi egységekkel kapcsolatban (29. táblázat).



29. táblázat: Alapanyag tárolás technológiai lépések problémái és megoldásuk 5M x PQCDMS

Ssz	Technológiai lépés	5M PQCDMS	Probléma	Megoldás
1.	Alapanyag tárolás a.) szilárd alapanyag tárolás	Ember PM	Ad-hock problémamegoldás Szervezetlenség Silótakarást rosszul végzik	Szervezett problémamegoldás Silótakarás standardizálása
		Gép QM	Nem megfelelő súlyú, könnyű a taposó gép Sérült védőréteg, ki és betárolásnál megsértik	Megfelelő súlyú taposógép használata Védőréteg javítása, technológia változtatás
		Anyag PQCD	Rossz minőségű siló (száraz, penészes)	Bejövő siló folyamatos vizsgálata Siló taposás mértékének meghatározása, ellenőrzése. Silósodás elősegítése, ellenőrzése.
		Módszer PQM	Szilárd alapanyag tárolási standardok hiánya	Folyamatok megfigyelése, és a legjobb gyakorlatból standardok kialakítása
		Környezet PQCS	Esőzések	Vízelvezetés, csatorna-hálózat karbantartása
	b.) híg alapanyag tárolás	Ember PQSM	Lefejtő csövek rongálása	Megfelelő minőségű lefejtő cső kiválasztása, védelmének kialakítása, figyelemfelhívás a rendeltetés szerű használatra
		Gép PQCDMS	Keverők meghibásodása Szivattyúk meghibásodása Lefejtő egység meghibásodása Szintérzékelő meghibásodása	Rendszeres tisztítás, takarítás, Javítás, karbantartás, ellenőrzés
		Anyag PQCSM	Üledék képződés Habzás	Rendszeres tisztítás, takarítás, Javítás, karbantartás, ellenőrzés
		Módszer PM	Híg alapanyag tárolási standardok hiánya, tűzoltó karbantartás	Folyamatok megfigyelése, és a legjobb gyakorlatból standardok kialakítása. Karbantartás hatékonyságának növelése
		Környezet PQCS	Téli fagyok	Csővek víztelenítése

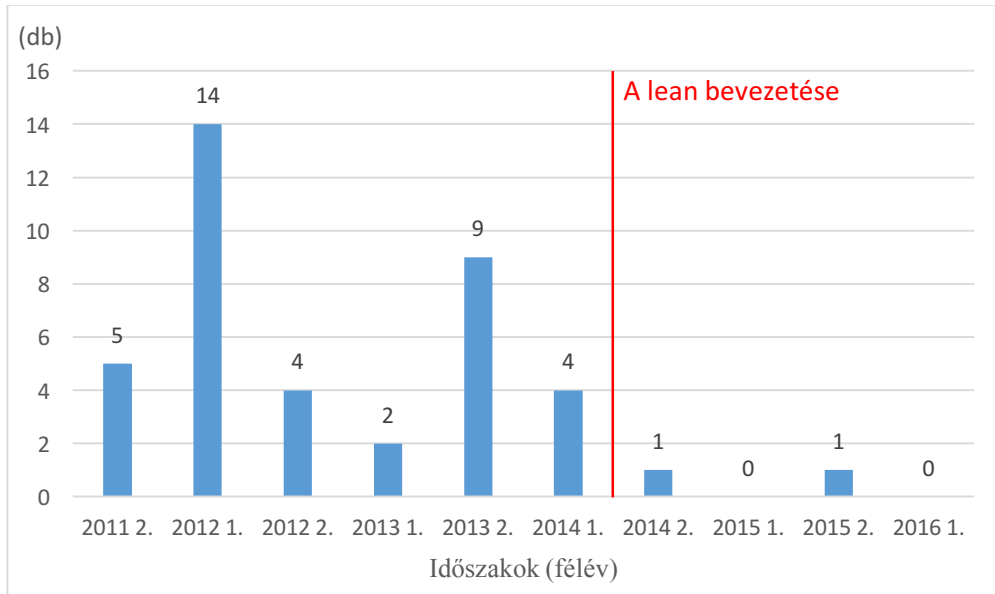
Forrás: Saját szerkesztés

A szilárd alapanyagok tárolása esetében kiemelt figyelmet kell fordítani a siló megfelelő időben történő betakarítására, beszállítására, taposás mértékének meghatározása, ellenőrzése. A silósodást elő lehet segíteni baktériumos kezeléssel. Fontos a silósodási folyamat követése, folyamatos ellenőrzése.

A silótárolók megóvása érdekében a megfelelő védőréteg kialakítása, a festék kiválasztása és az élettartamának meghatározása, a be- és kitárolás során a sérülések elkerülése nagy jelentőségű. Az anyagot emelném ki mert az hatással van a QCD-re.

A híg alapanyag tároló aknában lévő ülepedés folyamatos eltávolítása, és az arra hajlamos anyagok befogadásának csökkentése. A keverők rendszeres tisztítási, karbantartási ciklusának meghatározása, szivattyúk tisztítási, karbantartási ciklusának, lefejtő egység karbantartásának meghatározása, megfelelő lefejtő cső kiválasztása, védelmének kialakítása. Itt a gép és az anyag is hatással van a QCD-re.

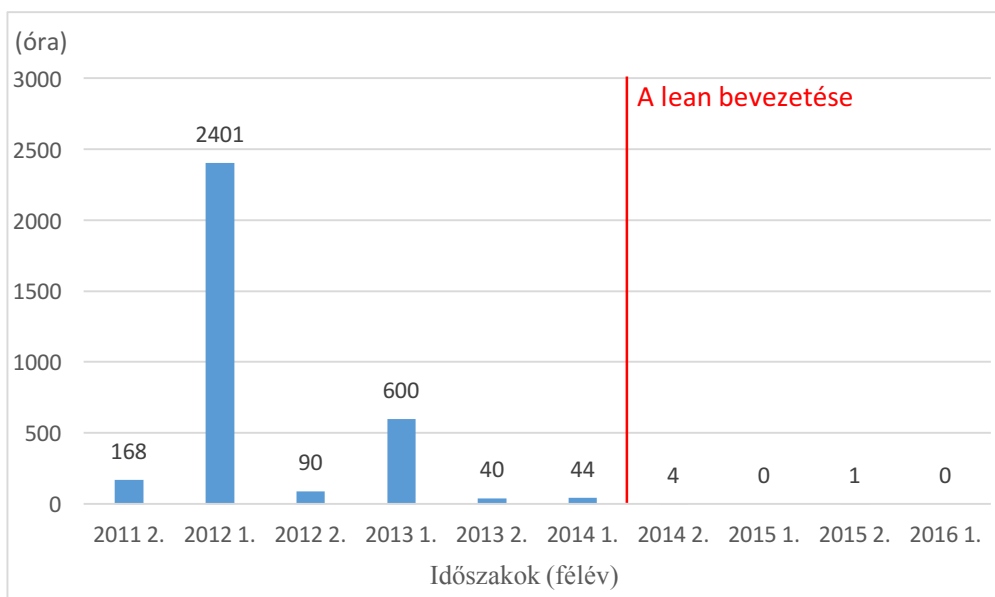
Törekedni kell a hét fő veszteségnél az előzőekben említett készletezési veszteség megszüntetésére.



54. ábra: Alapanyag tárolás hibái (db)

Forrás: Saját szerkesztés

Az 54. és az 55. ábráról leolvasható, hogy a hibák az üzem indulásától folyamatosan felléptek. A legtöbb hiba 2012-ben jelentkezett. 2014-ben a lean bevezetésének megkezdésével sikerül jelentősen lecsökkenteni majd 2016-ra megszüntetni az alapanyag tárolással kapcsolatos hibákat.



55. ábra: Alapanyag tárolás hibái (óra)

Forrás: Saját szerkesztés

## 2. Technológiai lépés: Alapanyag előkészítés

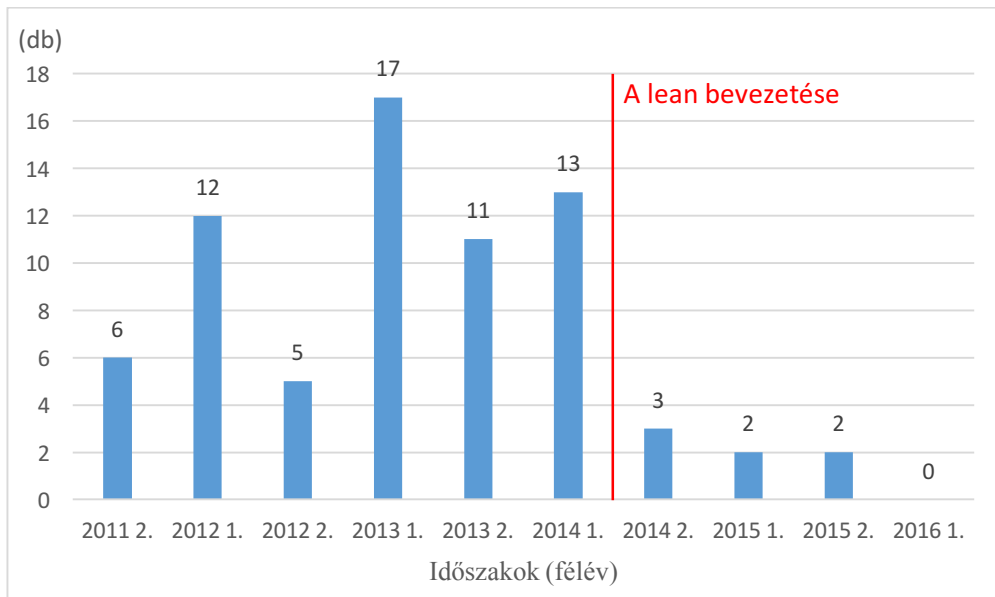
30. táblázat: Alapanyag előkészítés technológiai lépések problémái és megoldásuk 5M x PQCDMS

Ssz	Technológiai lépés	5M PQCDMS	Probléma	Megoldás
2	Alapanyag előkészítés	Ember PQCM	Idegen anyagok bekerülnek az előkészítő egységbe	Körültekintőbb kezelés
		Gép PQCDMS	Daráló kései eltörnek Rögzítő elemek fellazulnak, Rögzítő elemek korrodálódnak Láncok megszorulnak Csapágyak széttörnek Vezérlő szekrény szennyezett Puffer tartály rögzítő elemek csavar kötések, Puffer fém felületek korrodáltak Tépő kések kopottak Hajtóművek zörögnek Behordó csigarendszer megszorul, eldugul Kihordó csigarendszer korrodált Szalag félrefut, megszorul	Kések anyagának változtatása Meglazult elemek meghúzása Korrodált elemek cseréje, védőfestés alkalmazása Láncok kenése, ellenőrzése Csapágyak, hajtóművek kenése, zsírozása gyakoribb ellenőrzése Vezérlő szekrény tisztítása Puffer tartály festése Átfogó tisztítás, kenés, zsírozás standard kialakítása
		Anyag PQCDMS	Idegen anyagok az alapanyagban: kő, tégl, fém, fa	Meg kell válogatni az alapanyagok forrását
		Módszer PQCM	Aprítás mértéke nem megfelelő	Darálási mix standard készítése
		Környezet PQCSM	Időjárás, téli fagyok, por	Berendezések fagyvédelme Tisztítása

Forrás: Saját szerkesztés

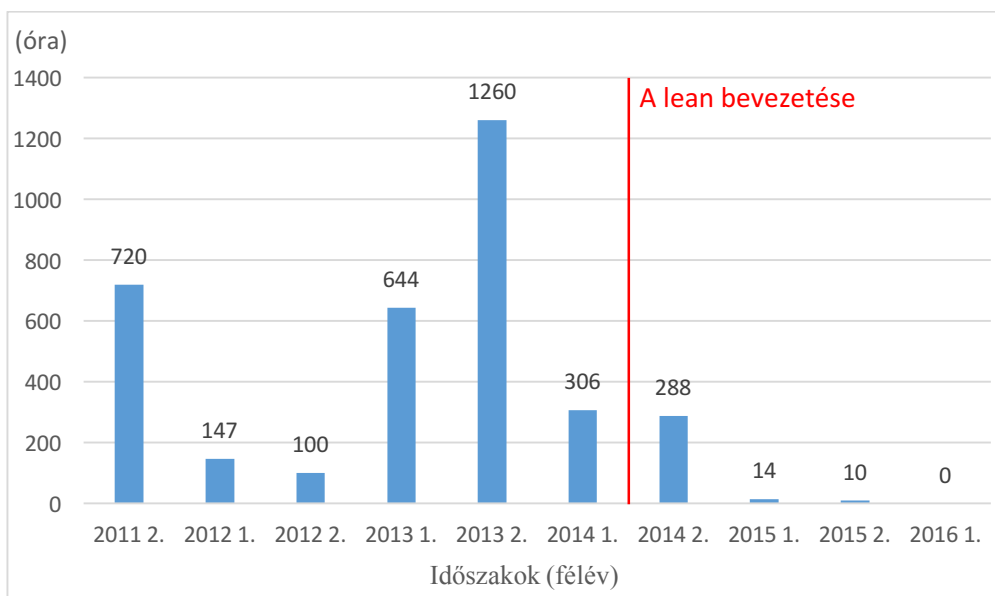
Az alapanyag előkészítés - amelynek problémáit a 30. táblázat mutatja be - hatással van a teljes technológiai folyamatra és a hatékonyságra. Kiemelt figyelmet kell fordítani a darálás, alapanyag előkészítés optimális mértékének meghatározására, a hosszú szálú anyagok megfelelő aprítására, idegen anyagok eltávolítására. A gazdaságosság szempontjából a kések élettartam növelése, megfelelő anyag választás, optimális alapanyag előkeverés a meghatározó. A berendezések üzembiztonságát javítja a vezérlő szekrény por és hővédelme, a hidraulika egység hő és porvédelme.

Az elemzés során a problémák az 5M esetében a termelésre, a minőségre és a költségre minden esetben hatottak. Az ember, gép, anyag van hatással a QCD-re.



56. ábra: Alapanyag előkészítés hibái (db)  
Forrás: Saját szerkesztés

Az 56. és az 57. ábráról leolvasható, hogy az alapanyag előkészítéssel kapcsolatos hibák a lean bevetése után csökkentek, a 2016 év első félévére sikerült megszüntetni azokat. A lean előtt rendszeresek voltak a meghibásodások, amelyek elhárítása is időigényes volt. Az alapanyag előkészítés problémái hatással voltak az eredményességre.



57. ábra: Alapanyag előkészítés hibái (óra)  
Forrás: Saját szerkesztés

## 3. Technológiai lépés: Beadagolás

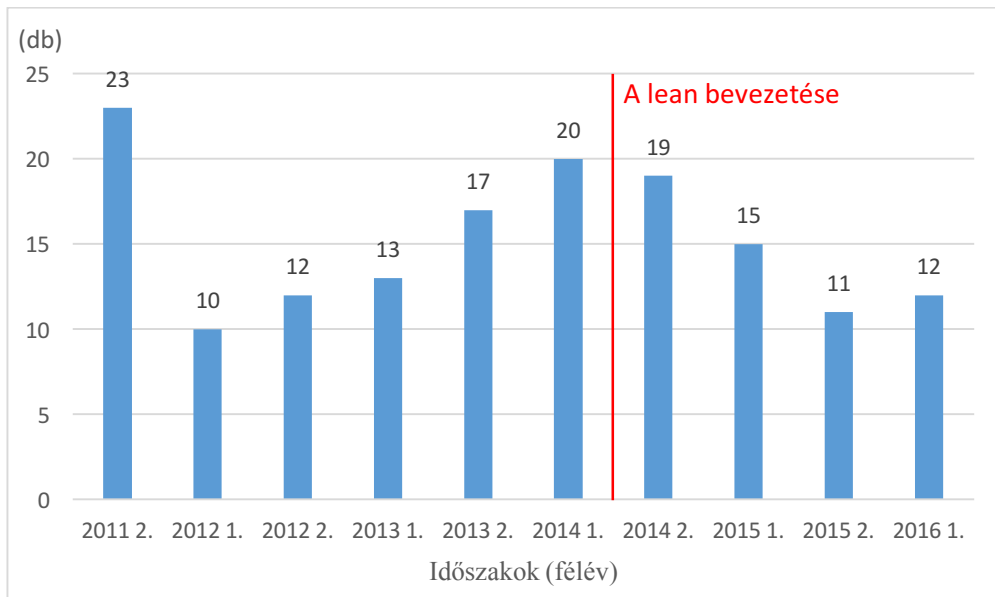
31. táblázat: Beadagolás technológiai lépések problémái és megoldásuk 5M x PQCDMS

Ssz	Technológiai lépés	4M PQCDMS	Probléma	Megoldás
3	Beadagolás	Ember PM	Gépek rendszeresen leálltak	Gépek állapotának folyamatos nyomon követése
		Gép PQCDMS	Beadagoló konténerek (B1,B2) tépőhengerek megszorulnak, kopottak Beadagoló konténerek (B1, B2) hajtóművei egyenetlenül járnak Beadagoló lánc nem feszes Felhordó szalag sérült, görgői kopottak. A behordó csiga zörög Rögzítő elemek csavar kötések lazák Fém felületek festése sérült Tépő kések kopottak Hajtóművek olaja elhasználódott Felhordó szalagok, csigás behordók szennyezettek Mérleg nem pontos	Tépő hengerek cseréje Hajtóművek kenésének felülvizsgálatára standard Kések anyagának változtatása Meglazult elemek meghúzása Korrodált elemek cseréje, védőfestés alkalmazása Láncok kenése, ellenőrzése standardizálás Csapágyak, hajtóművek kenése, zsírozása gyakoribb ellenőrzése standardizálása Mérleg kalibrálása Átfogó tisztítás, kenés, zsírozás standard kialakítása
		Anyag PQCDMS	Korrozív alapanyagok (trágyák) Szénacél elemek	Védőfestés alkalmazása Rozsdamentes, saválló anyagok használata
		Módszer PM	Receptúra betartása	Standard receptúra formátum kialakítása és elhelyezés a rakodógépben
		Környezet PQCDMS	Időjárás, téli fagyok	Fagyvédelem

Forrás: Saját szerkesztés

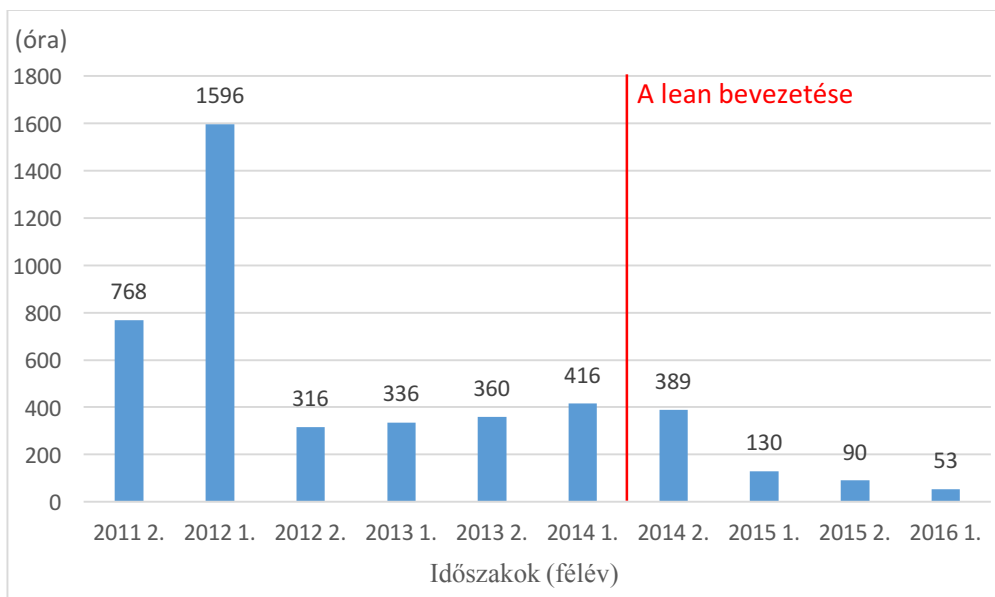
A megoldások során kiemelném az átfogó tisztítási, kenési és zsírozási standardot. A sérült felhordó szalag ki lett cserélve. A beadagoló konténer mérleglábak kalibrálásra kerültek. A láncokat tisztítás és kenés után megfeszítették, a kenőberendezés folyamatosan eldugulását elhárították. A tépőhengerek ki lettek cserélve. Csavarkötések ellenőrzése folyamatossá vált (31. táblázat).

A gép és az anyag volt hatással a QCD-re. A végrehajtott intézkedések javították a berendezés hatékonyságát.



58. ábra: Beadagolás hibái (db)  
Forrás: Saját szerkesztés

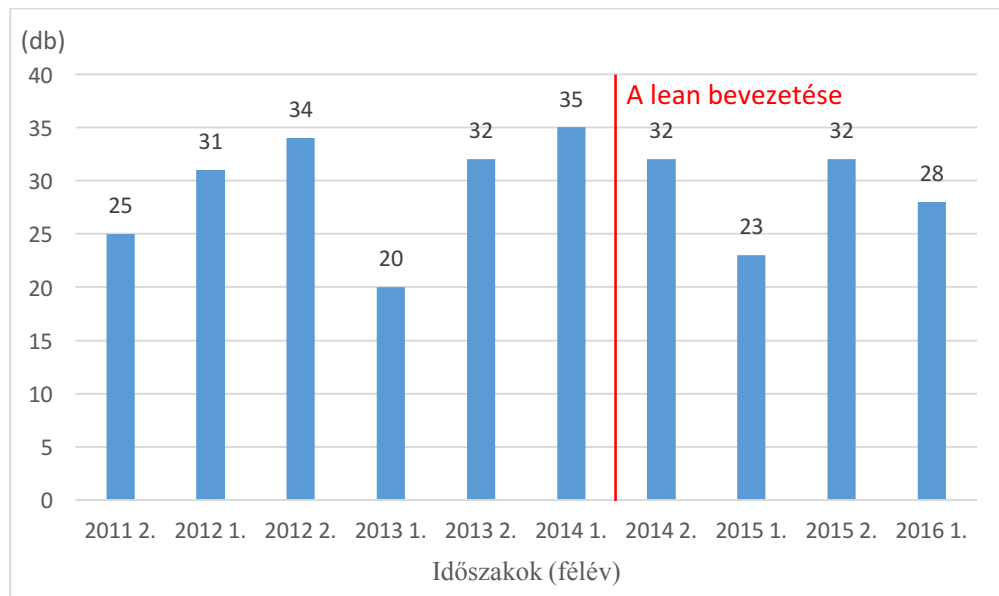
Az 58. és az 59. ábráról leolvasható, hogy a beadagolással kapcsolatos hibák mennyisége folyamatosan nőtt a lean bevezetése előtt. A bevezetés után csökkenés figyelhető meg a db számban és a hibák fennállásának időtartamában egyaránt.



59. ábra: Beadagolás hibái (óra)  
Forrás: Saját szerkesztés

A további technológiai lépéseknél az eredményeket fogom ismertetni a technológiai lépések problémái és megoldásuk 5M x PQCDMS táblázat nélkül tekintettel a doktori értekezés terjedelmi korlátaira, és figyelembe véve a biogáz erőmű belső szabályzatait és kérését.

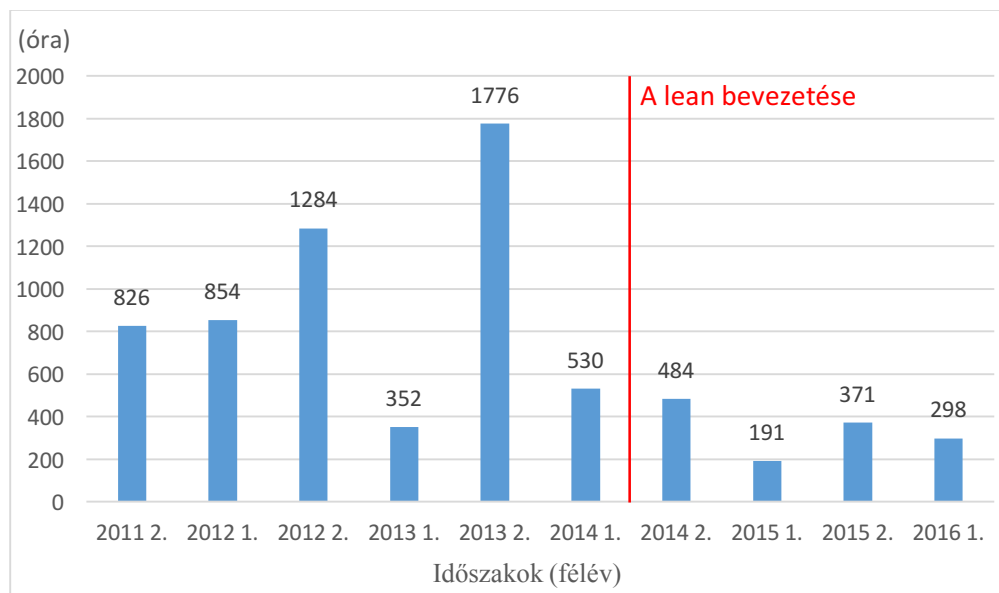
## 4. Technológiai lépés: Szubsztrátum keverés



60. ábra: Szubsztrátum keverés hibái (db)

Forrás: Saját szerkesztés

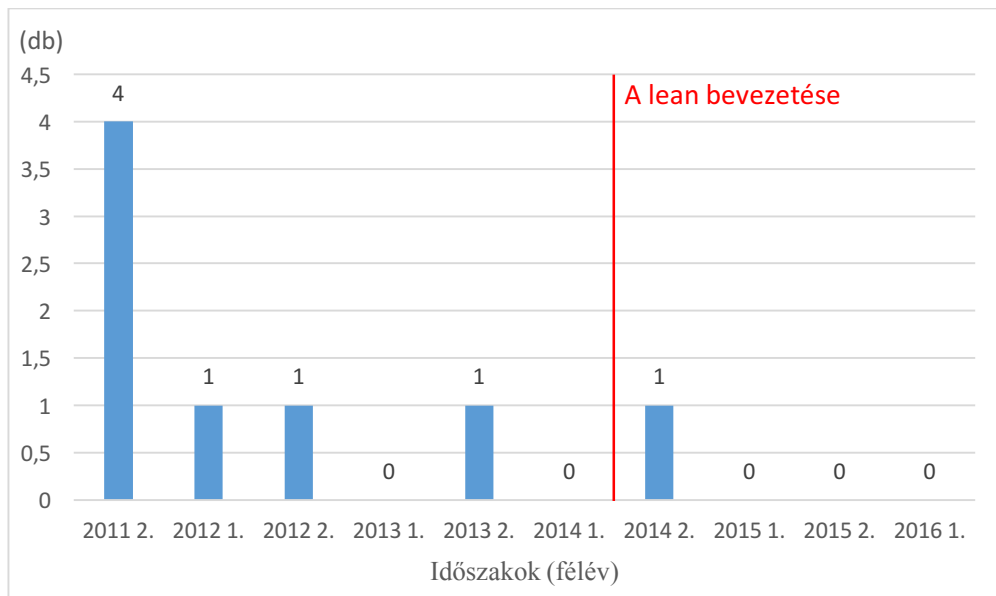
A 60. és a 61. ábráról leolvasható, hogy elég gyakori a keveréssel kapcsolatos problémák jelentkezése. Az üzem hidraulikus keverőkkel szerelték fel, ami folyamatosan meghibásodott és javításra szorult. A lean bevezetésével sikerült csökkenteni a hibák fennállásának idejét. A technológia azonban fejlesztéseket igényel ezen a területen, hogy jelentős javulást lehessen elérni. Az üzem fejlesztési tervében bele is került a keverők cseréje, áttérnek elektromos keverésre.



61. ábra: Szubsztrátum keverés hibái (óra)

Forrás: Saját szerkesztés

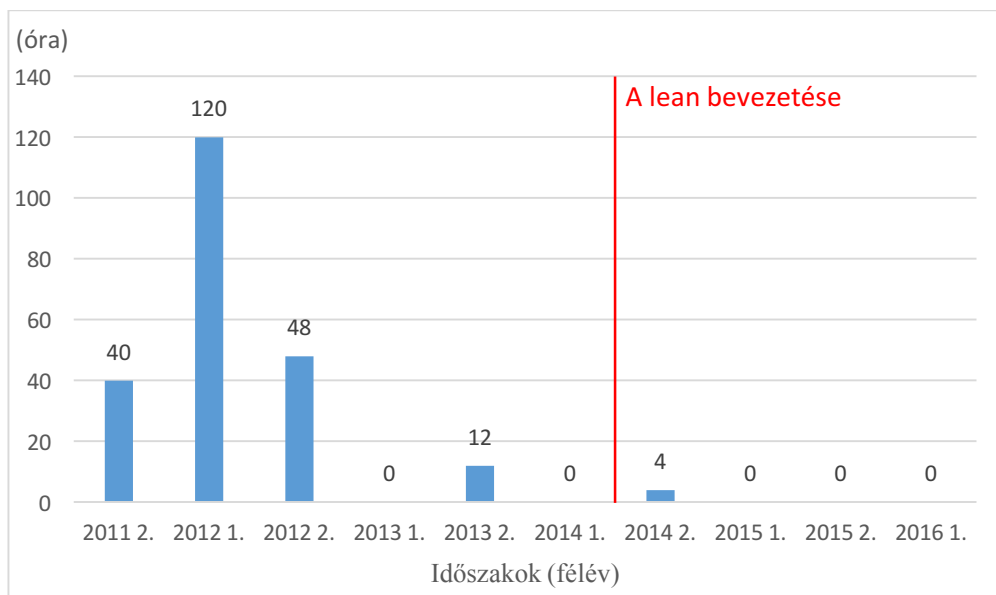
## 5. Technológiai lépés: Szubsztrátum hőntartás



62. ábra: Szubsztrátum hőntartás hibái (db)

Forrás: Saját szerkesztés

A 62. és a 63. ábráról leolvasható, hogy a szubsztrátum hőntartás területén alacsony számú probléma volt tapasztalható, amelyeket sikerült meg is szüntetni. A fűtési rendszer kevésbé van kitéve a környezeti és a fizikai hatásoknak. A lean bevezetésével a problémák megszűntek.

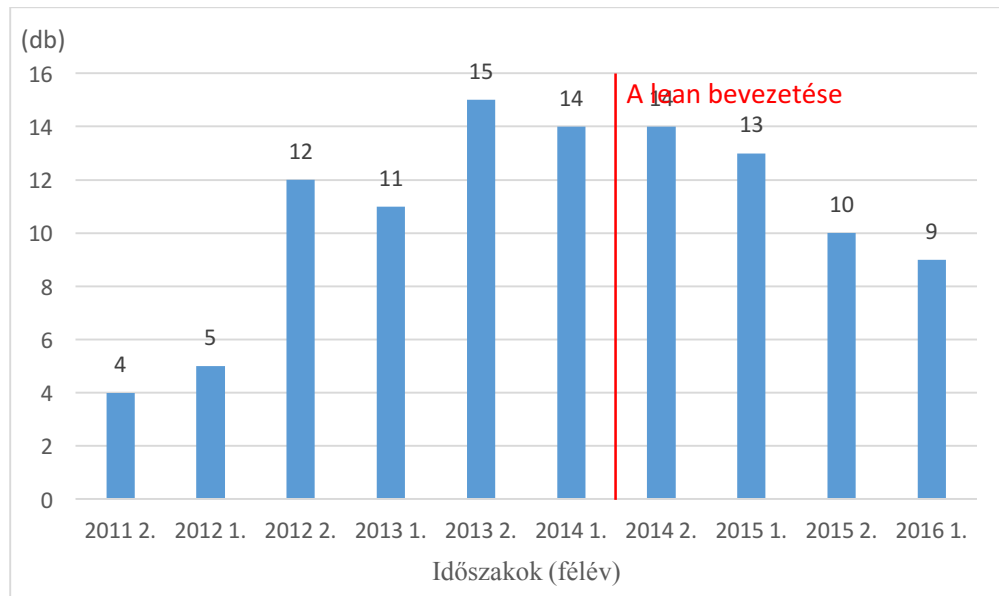


63. ábra: Szubsztrátum hőntartás hibái (óra)

Forrás: Saját szerkesztés

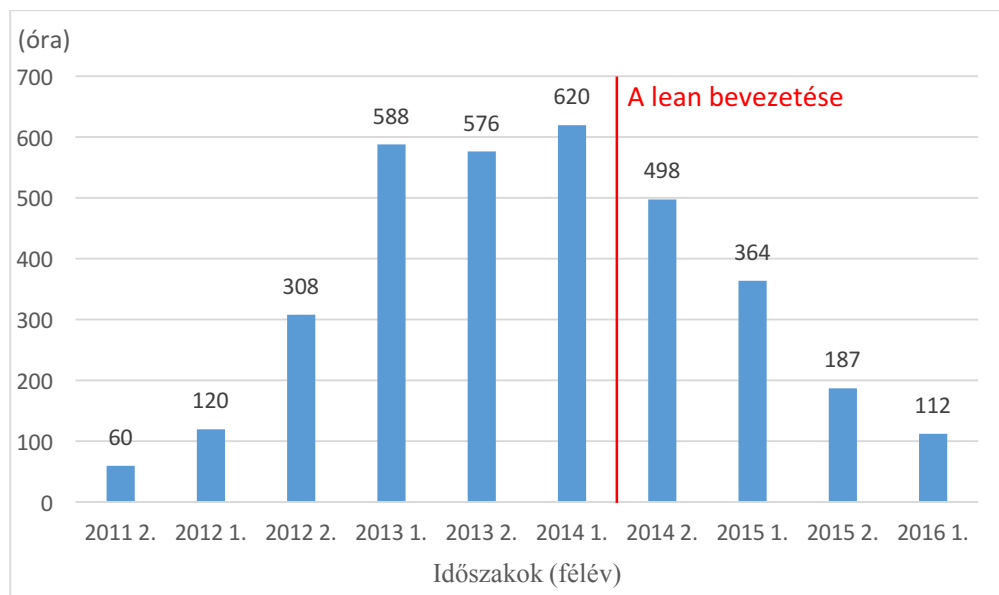


## 6. Technológiai lépés: Gáz puffereles



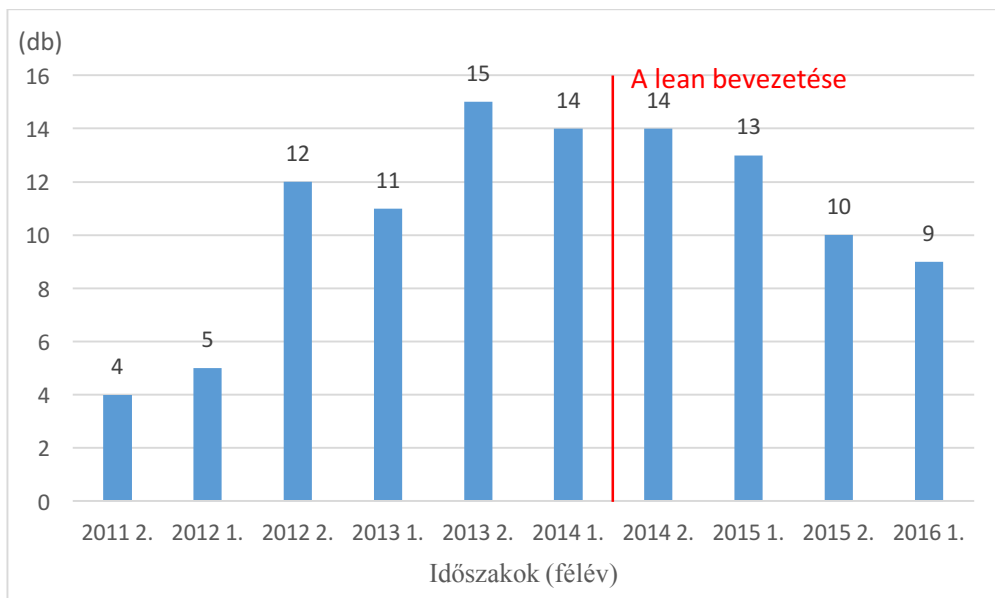
64. ábra: Gáz puffereles hibái (db)  
Forrás: Saját szerkesztés

A 64. és a 65. ábra a gáz pufferelessel kapcsolatos problémák alakulását mutatja. A lean bevezetése után a problémák száma és ideje csökkeni kezdett. A hibás technológiai kivitelezésből eredően gyakran sérültek a membránok, azonban ezeket a lean bevezetése után sikerült elhárítani, védelmet kialakítani, fejlesztéseket alkalmazni a probléma megelőzésére.



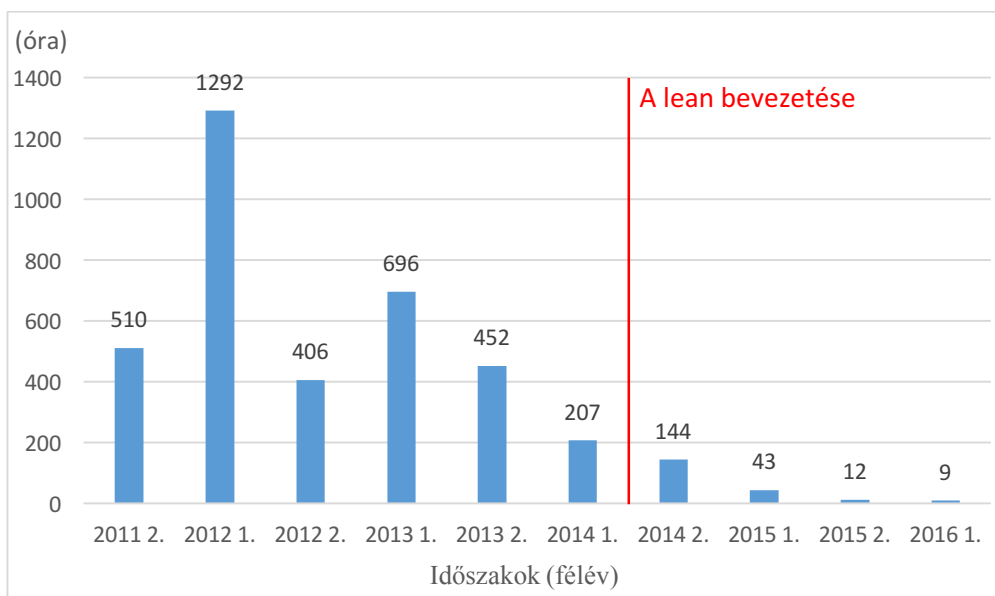
65. ábra: Gáz puffereles hibái (óra)  
Forrás: Saját szerkesztés

## 7. Technológiai lépés: Gáz tisztítás



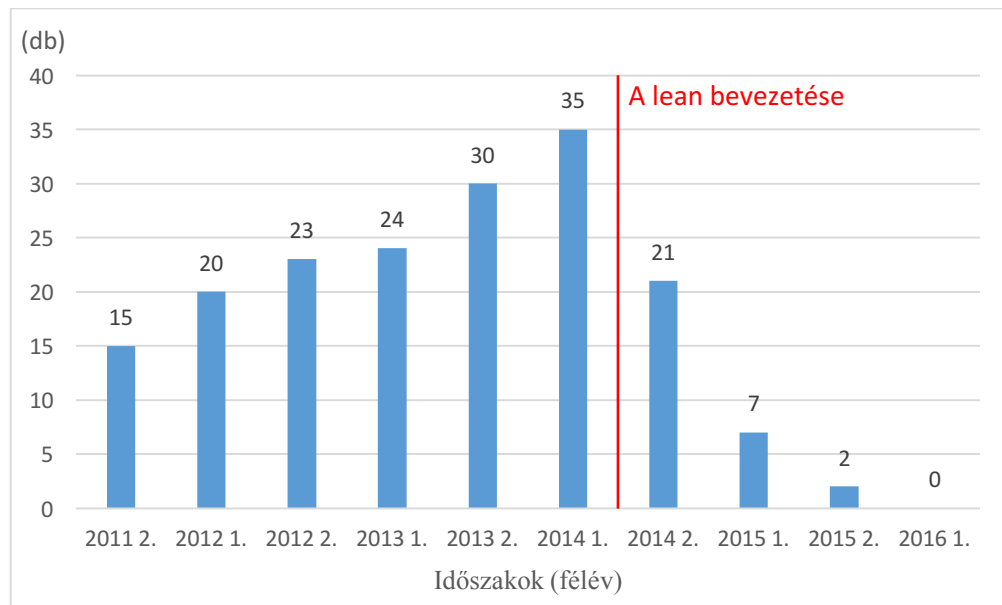
66. ábra: Gáz tisztítás hibái (db)  
Forrás: Saját szerkesztés

A 66. és a 67. ábra a gáz tisztítással kapcsolatos problémák alakulását mutatja. A gáz tisztító rendszeren a TPM és 5S alkalmazása jelentős mértékben csökkentette a meghibásodások számát. A szűk keresztmetszetek meg lettek szüntetve, ki lettek cserélve a csövek és a kondenzedény.



67. ábra: Gáz tisztítás hibái (óra)  
Forrás: Saját szerkesztés

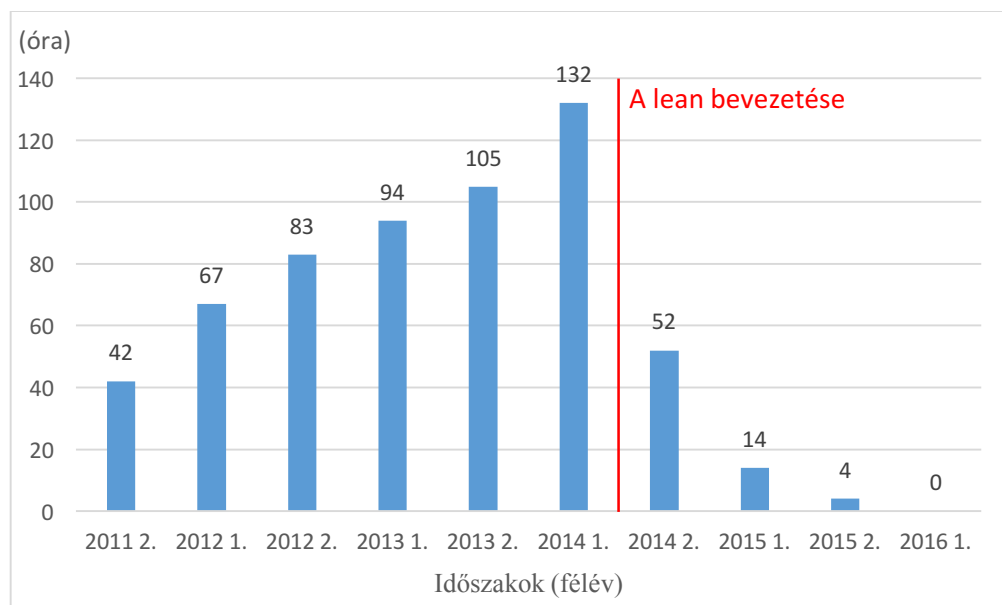
## 8. Technológiai lépés: Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás



68. ábra: Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás hibái (db)

Forrás: Saját szerkesztés

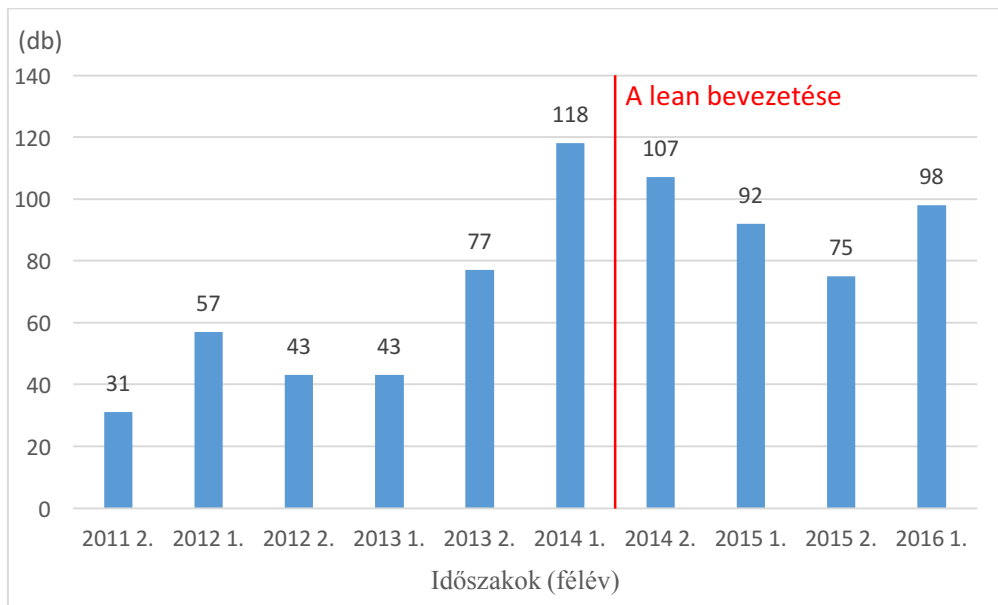
A 68. és a 69. ábráról leolvasható, hogy a kezdetektől fogva növekvő problémát okozó kompresszoros továbbítás és nyomás fokozás a lean bevezetése után drasztikusan csökkent és 2016 I. félévében már nem is volt tapasztalható. A 4,2 km-re távolságba történő továbbítás miatt sok gondjuk volt az üzemeltetőknek, azonban a rendszer bevezetése után sikerült megoldást találni a problémákra.



69. ábra: Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás hibái (óra)

Forrás: Saját szerkesztés

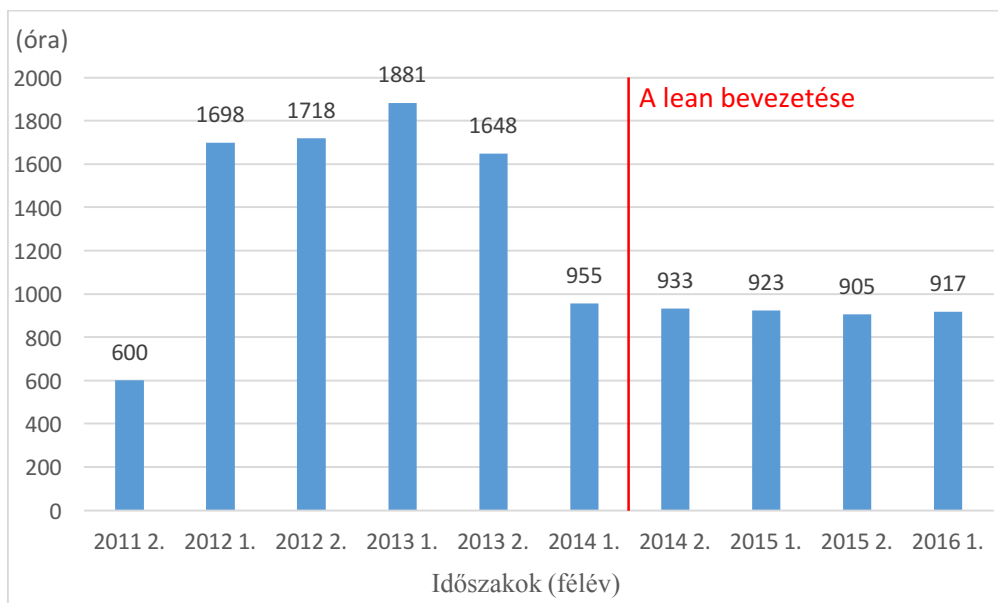
## 9. Technológiai lépés: Gázmotoros felhasználás



70. ábra: Gázmotoros felhasználás hibái (db)

Forrás: Saját szerkesztés

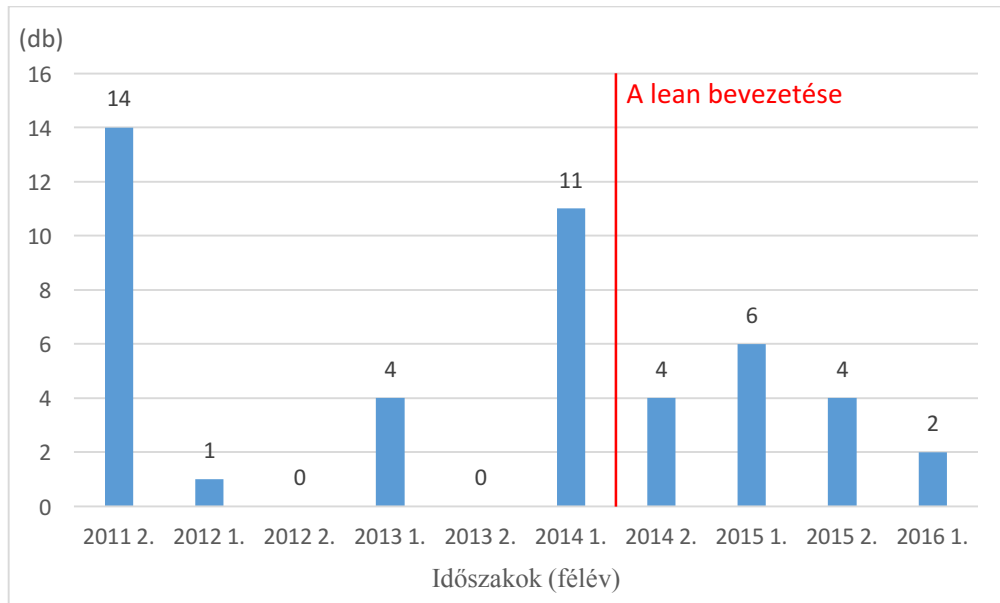
A 70. és a 71. ábra a gázmotoros felhasználásnál jelentkező problémákat szemlélteti. A hibák száma jelentősen nem csökkent - mivel nőtt az üzem teljesítménye, így a motorok igénybevétele is -, viszont a hibák időtartama a lean bevezetés előtti állapothoz viszonyítva csökkenést mutat. Ebből a karbantartás hatékonyságának javulására lehet következtetni, mivel egy adott hibát rövidebb idő alatt, hatékonyabban oldottak meg.



71. ábra: Gázmotoros felhasználás hibái (óra)

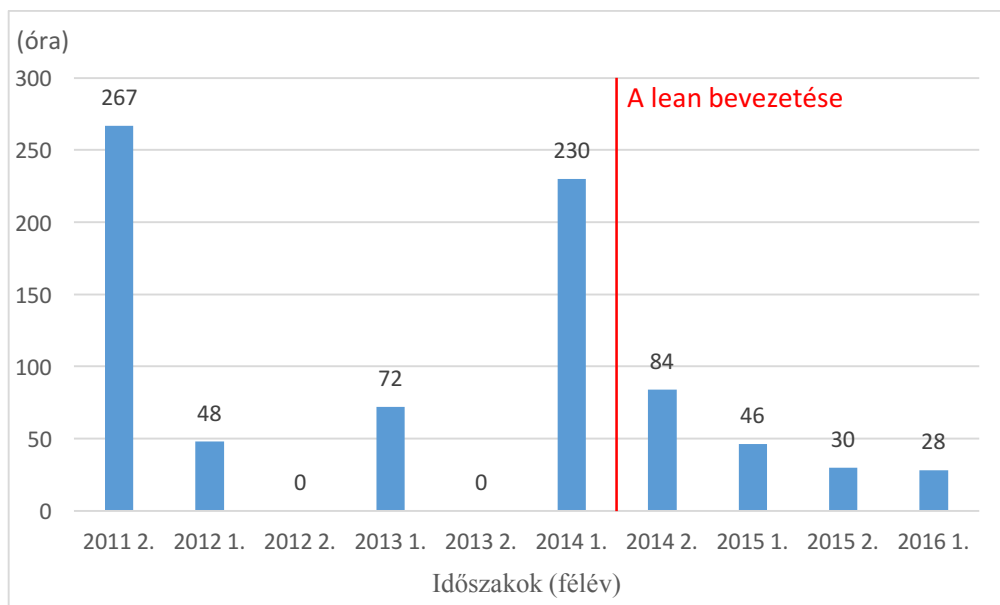
Forrás: Saját szerkesztés

## 10. Technológiai lépés: Szubsztrátum szivattyúzás



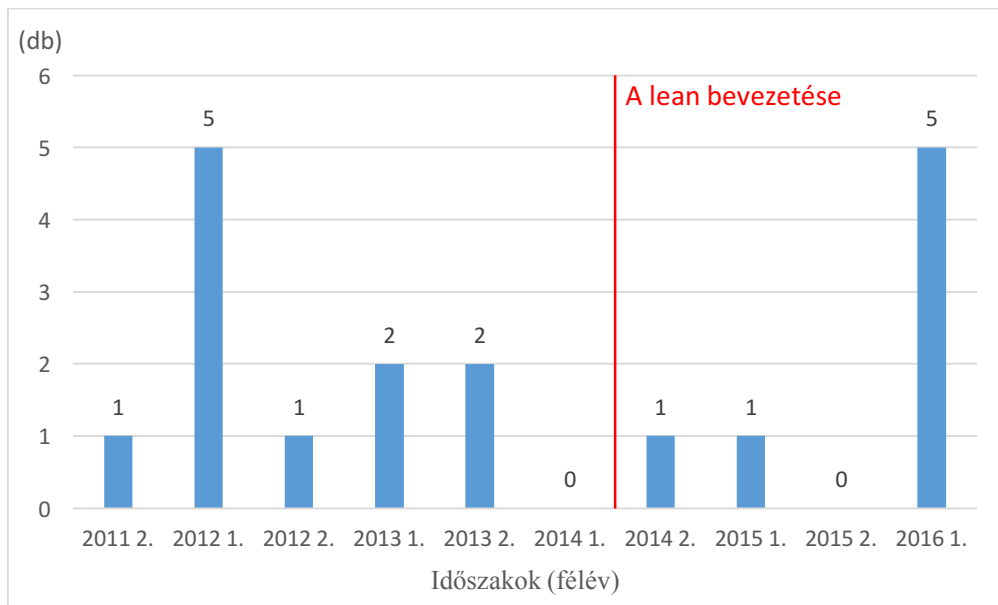
72. ábra: Szubsztrátum szivattyúzás hibái (db)  
Forrás: Saját szerkesztés

A 72. és a 73. ábráról leolvasható, hogy a szubsztrátum szivattyúzás hibái a közvetlen lean bevezetés előtti állapothoz képest javultak. Standardok lettek kidolgozva az üzemeltetésre és a karbantartásokra (Karbantartási, üzemeltetési, tisztítási, ellenőrzési standardok).



73. ábra: Szubsztrátum szivattyúzás hibái (óra)  
Forrás: Saját szerkesztés

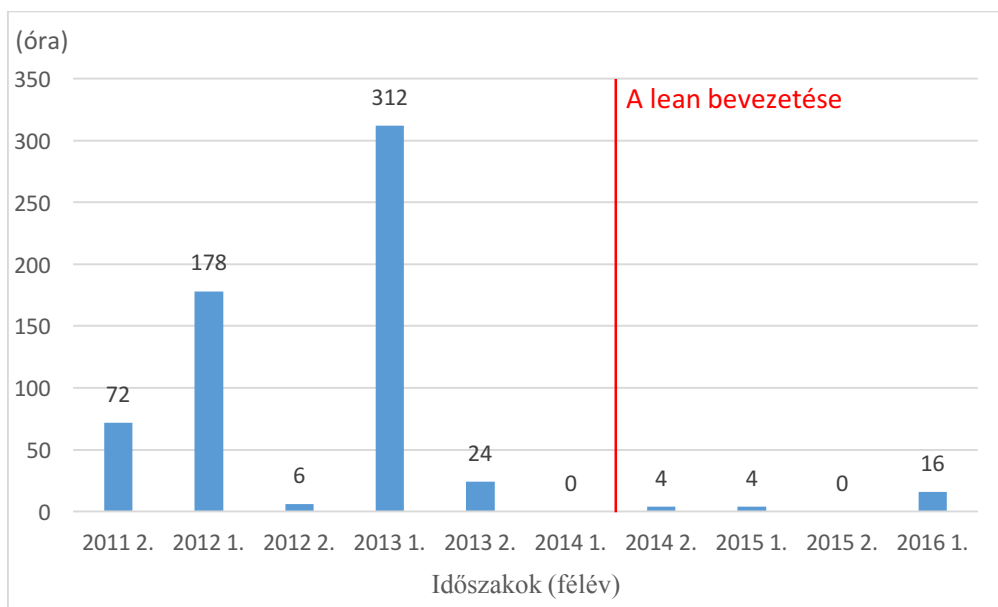
## 11. Technológiai lépés: Szeparálás



74. ábra: Szeparálás hibái (db)

Forrás: Saját szerkesztés

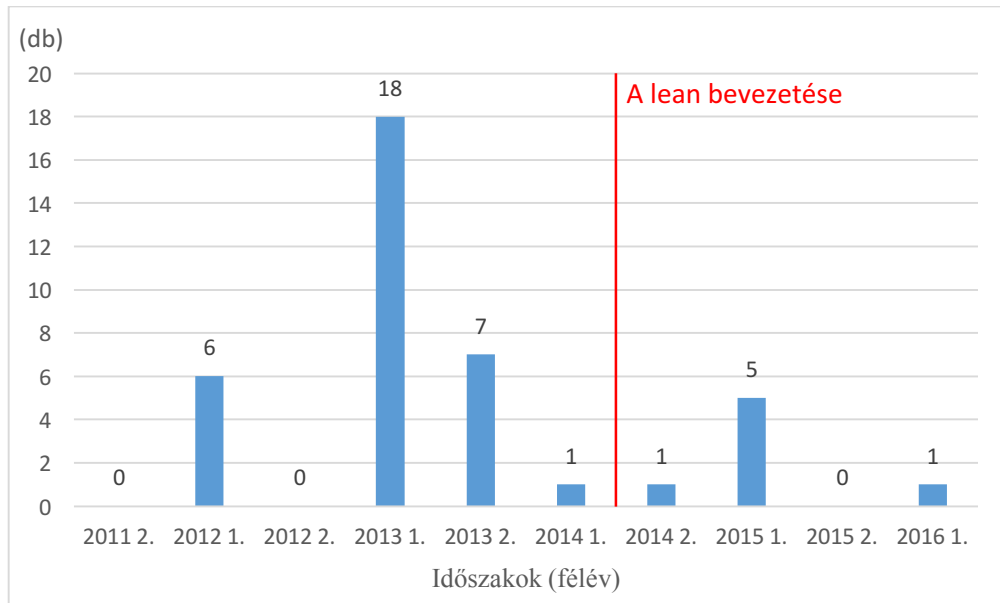
A 74. és a 75. ábra a szeparátorral kapcsolatos meghibásodások gyakoriságát és idejét mutatja. Jelentős problémát okoztak a téli fagyok. A lean bevezetésével a veszélyek és a problémák meg lettek szüntetve, az üzembiztonság nőtt. A kopó alkatrészek élettartamát folyamatosan nyomonkövetik a lean bevezetése óta.



75. ábra: Szeparálás hibái (óra)

Forrás: Saját szerkesztés

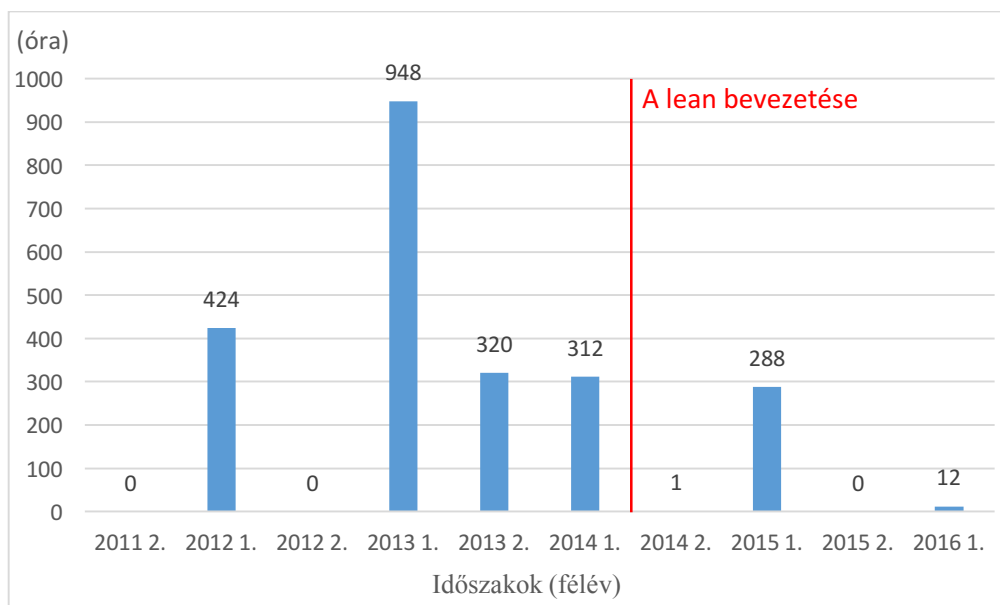
## 12. Technológiai lépés: Kijuttatás



76. ábra: Kijuttatás hibái (db)

Forrás: Saját szerkesztés

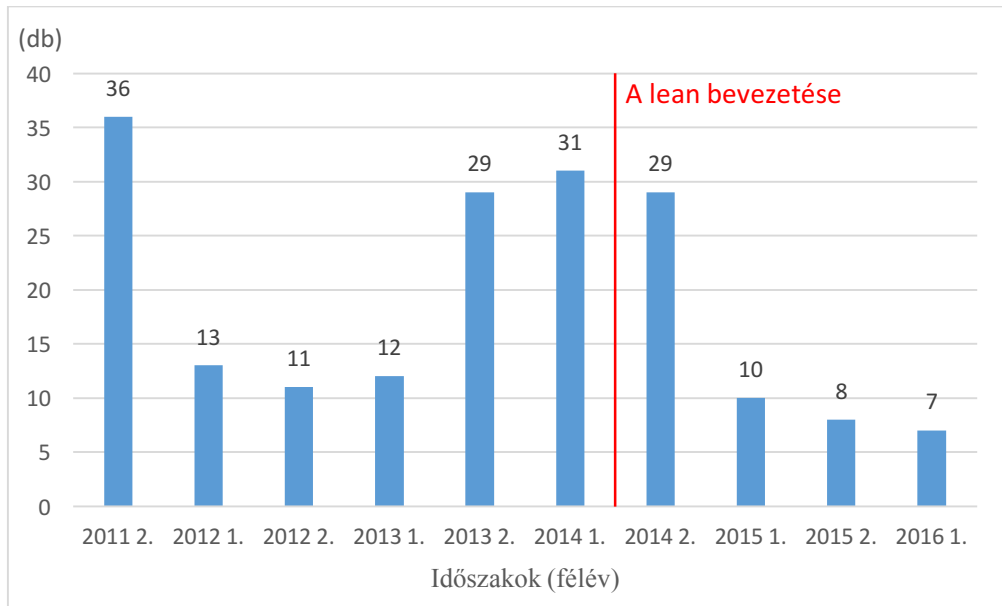
A 76. és a 77. ábra a kijuttatással kapcsolatos problémákat mutatja. Az időjárás ebben az esetben a meghatározó, mert ha jelentős mennyiségű eső esik, akkor nem tudják megközelíteni a mezőgazdasági területeket, ahová elhelyezésre kerül a szubsztrátum. A kiszolgáló egységeken és a gépek műszaki állapotán is sikerült javítani. Több töltési pont is létrehozásra került.



77. ábra: Kijuttatás hibái (óra)

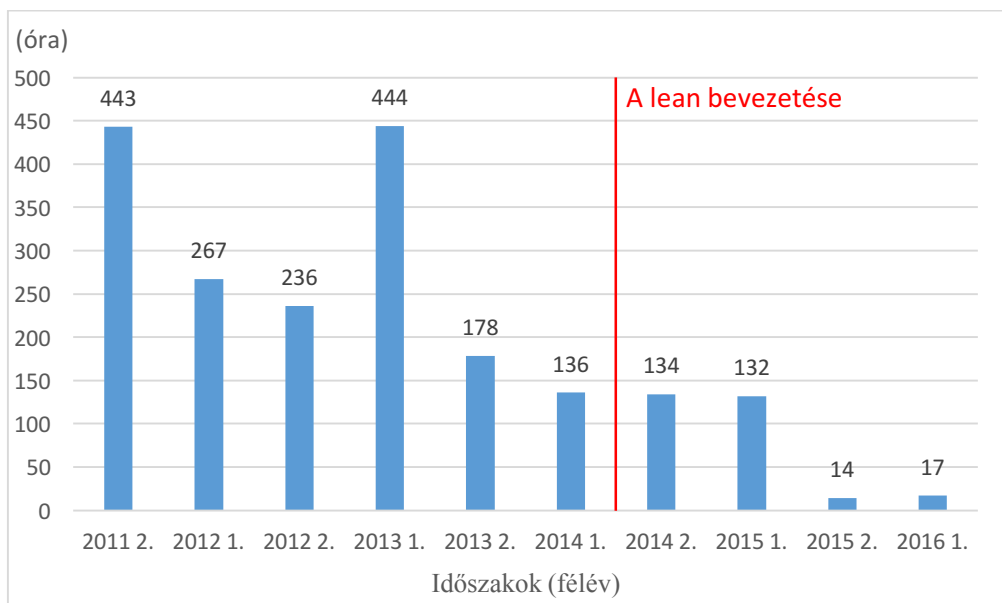
Forrás: Saját szerkesztés

## 13. Technológiai lépés: Központi rendszer vezérlése



78. ábra: Központi rendszer vezérlése hibái (db)  
Forrás: Saját szerkesztés

A 78. és a 79. ábra mutatja a központi rendszer vezérlésének meghibásodási gyakoriságát. A központi irányítási rendszer kulcsfontosságú az üzem működése szempontjából, mivel a teljes rendszer automatizált és ez látja el az üzem felügyeletét is. A lean bevezetése óta folyamatos fejlesztések kerülnek végrehajtásra a rendszeren, hogy a stabil és megbízható működés fenntartható legyen.



79. ábra: Központi rendszer vezérlése hibái (óra)  
Forrás: Saját szerkesztés

Összességében elmondható, hogy mind a 13 üzemegység területén a TPM módszerrel az 5M x PQCDMS kategóriák figyelembevételével sikerült feltárni és megoldásokat találni a problémákra és ezáltal javulást, fejlődést elérni.



#### 4.2.6. Meghibásodások számának alakulása

A vizsgálataim alapja a Szarvasi Biogáz Erőmű. Az kutatásom során végzett adatgyűjtéseim alapján elmondható, hogy a biogáz erőművek technológiai felépítése nem tér el jelentős mértékben, ezért az itt kialakított rendszer kisebb korrekciókkal alkalmazható a többi üzem vizsgálatára is egyaránt.

Az üzem működésének kezdetétől fogva üzemnaplót vezetnek és rögzítik az eseményeket. A meghibásodások vizsgálatához ezekből a szöveges jelentések feldolgozásából készül adatbázis, amely kategorizálva tartalmazza a hibák jellegét, gyakoriságát és időtartamát. Ezen adatbázis szolgáltatja a hibajelenségek és az elért hatékonyság vizsgálatok alapját. Az értekezésben három időszakot különböztetek meg. 2011.07-2012.06-ig az üzem beüzemelési időszakát. 2012.07-2014.06-ig a lean bevezetés előtti időszakot és 2014.07-2016.06-ig a lean bevezetésének időszakát. Ezeket az előző pontban ismertetett 13 fő egységhez rendeltem és vizsgáltam.

Az általam lehatárolt 13 üzemi területen a hibák gyakoriságának vizsgálatára a varianciaanalízis előtesztjeként homogenitás vizsgálatot végeztem Levene teszt segítségével (32. táblázat).

32. táblázat: Homogenitás vizsgálat a 13 üzemegység hibaszámaival

Variancia analízis homogenitás vizsgálata

13 üzemegység bevezetés előtt és után	Levene teszt érték	Számláló szabadságfoka	Nevező szabadságfoka	Szignifikancia érték	Eredmény
Alapanyag tárolás (db)	6,017	1	46	0,018	Homogén
Alapanyag előkészítés (db)	9,862	1	46	0,003	
Beadagolás (db)	2,020	1	46	0,162	Homogén
Szubsztrátum keverés (db)	0,464	1	46	0,499	Homogén
Szubsztrátum hőntartás (db)	1,412	1	46	0,241	Homogén
Gáz pufferelés (db)	0,062	1	46	0,804	Homogén
Gáz tisztítás (db)	0,070	1	46	0,792	Homogén
Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás (db)	5,263	1	46	0,026	
Gázmotoros felhasználás (db)	0,269	1	46	0,607	Homogén
Szubsztrátum szivattyúzás (db)	1,220	1	46	0,275	Homogén
Szeparálás (db)	1,050	1	46	0,311	Homogén
Kijuttatás (db)	8,965	1	46	0,004	
Központi rendszer vezérlése (db)	0,484	1	46	0,490	Homogén
Üzemi összesen (1-13) db	0,928	1	46	0,340	Homogén

Forrás: Saját szerkesztés

A homogenitás vizsgálat eredményeként elmondható, hogy az elvégzett 13 vizsgálatból szignifikancia szint 0,05 felett volt 10 esetben, így ebben a 10 esetben az adatok homogének és elvégezhető a varianciaanalízis. A maradék 3 esetben alapanyag előkészítés, kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás és kijuttatás, nem végezhető el a vizsgálat, így ezekben az esetekben Welch próbát végeztem.

33. táblázat: Welch próba a 13 üzemegegység hibaszámaival

Welch próba (átlagok egyezőségének erőssége)					
		Welch próba értéke	Számláló szabadságfoka	Nevező szabadságfoka	Szig.
Alapanyag előkészítés (db)	Welch	10,813	2	21,424	0,001
Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás (db)	Welch	2,403	2	28,785	0,108
Kijuttatás (db)	Welch	2,004	2	30,004	0,152

Forrás: Saját szerkesztés

A Levene teszt homogenitás vizsgálata után a nem homogén elemekre Welch próbát alkalmaztam. A Welch próba során az alapanyag előkészítés szignifikancia szintje 0,05 alatt volt. A kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás 0,11-es szignifikancia szint mellett fogadható el (33. táblázat).

A homogenitás vizsgálat után mind a 10 esetben lefuttattam a varianciaanalízist.

34. táblázat: Varianciaanalízis vizsgálat a 13 üzemegegység hibaszámaival

ANOVA						
		Eltérés négyzet összeg	Szabadságfok	Szórás négyzet	F érték	Szig.
Alapanyag tárolás (db)	Csoportok között	6,021	1	6,021	4,342	0,043
	Csoporton belül	63,792	46	1,387		
	Összesen	69,813	47			
Beadagolás (db)	Csoportok között	0,521	1	0,521	0,079	0,780
	Csoporton belül	303,458	46	6,597		
	Összesen	303,979	47			
Szubsztrátum keverés (db)	Csoportok között	0,750	1	0,750	0,055	0,816
	Csoporton belül	628,917	46	13,672		
	Összesen	629,667	47			
Szubsztrátum hőntartás (db)	Csoportok között	0,021	1	0,021	0,343	0,561
	Csoporton belül	2,792	46	0,061		
	Összesen	2,813	47			
Gáz puffereelés (db)	Csoportok között	0,750	1	0,750	0,248	0,621
	Csoporton belül	139,167	46	3,025		
	Összesen	139,917	47			
Gáz tisztítás (db)	Csoportok között	50,021	1	50,021	5,633	0,022
	Csoporton belül	408,458	46	8,880		
	Összesen	458,479	47			
Gázmotoros felhasználás (db)	Csoportok között	172,521	1	172,521	2,133	0,151
	Csoporton belül	3720,958	46	80,890		
	Összesen	3893,479	47			
Szubsztrátum szivattyúzás (db)	Csoportok között	0,021	1	0,021	0,015	0,904
	Csoporton belül	64,958	46	1,412		
	Összesen	64,979	47			
Szeperálás (db)	Csoportok között	0,083	1	0,083	0,257	0,615
	Csoporton belül	14,917	46	0,324		
	Összesen	15,000	47			

ANOVA						
		Eltérés négyzet összeg	Szabadságfok	Szórás négyzet	F érték	Szig.
Központi rendszer vezérlése (db)	Csoportok között	17,521	1	17,521	1,604	0,212
	Csoporton belül	502,458	46	10,923		
	Összesen	519,979	47			
Üzemi összesen (1-13) db	Csoportok között	526,688	1	526,688	1,261	0,267
	Csoporton belül	19212,125	46	417,655		
	Összesen	19738,813	47			

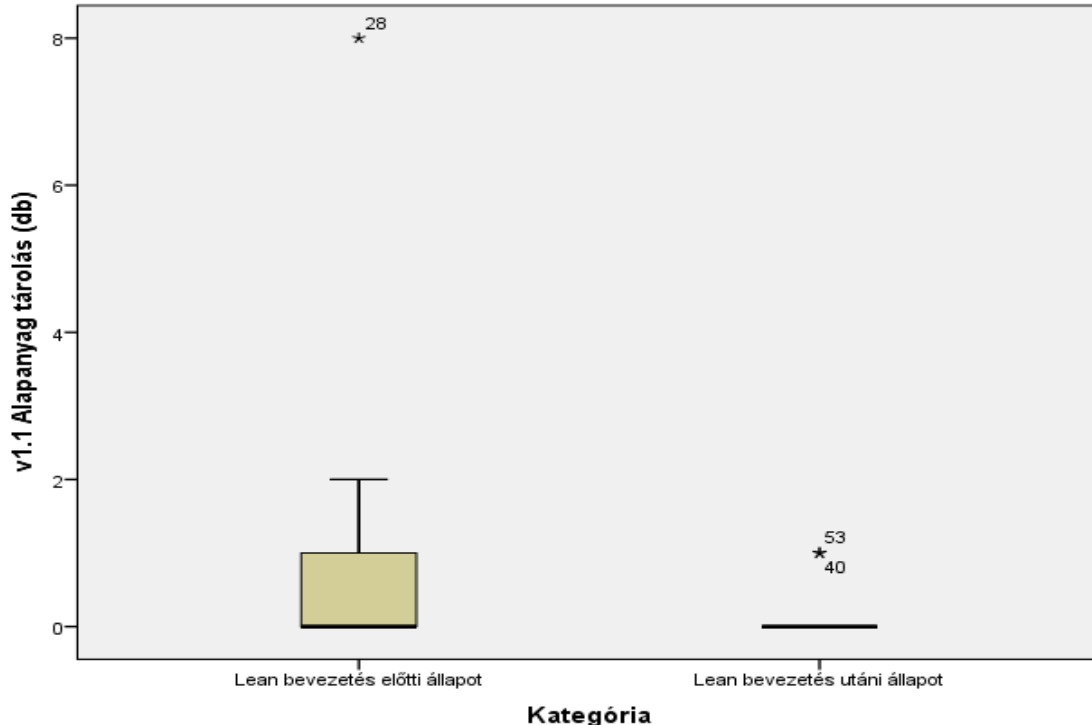
Forrás: Saját szerkesztés

A 34. táblázatból jól leolvasható, hogy a F hányad, amely a csoportok közötti és a csoporton belüli eltérésnégyzetének az aránya ( $6,021/1,387=4,342$ ). Mivel az F próbához tartozó valószínűség szignifikanciaszintje 0,043, vagyis kisebb, mint 0,05, ezért a nullhipotézist elutasítjuk. Tehát a kategóriaátlagok szignifikánsan különböznek egymástól, vagyis a bevezetett lean módszertan csökkenti a hibák gyakoriságát az alapanyag tárolás esetében.

A gáztisztítás vizsgálatánál F hányad ( $50,021/8,880=5,633$ ) Mivel az F próbához tartozó valószínűség szignifikanciaszintje 0,022, vagyis kisebb, mint 0,05, ezért a nullhipotézist elutasítjuk.

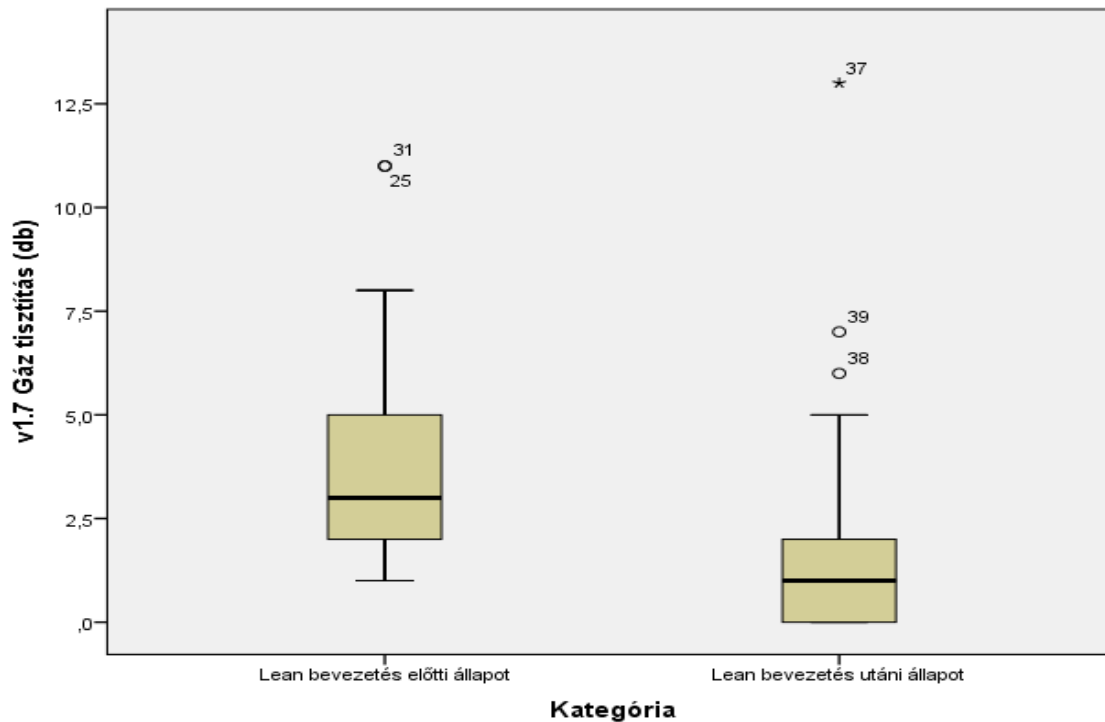
Tovább folytatva a vizsgálatot a 0,05-ös szignifikancia helyett 0,2 alkalmazásával a gázmotoros felhasználás 0,151 esetében is igazolható, hogy a lean bevezetése szignifikánsan csökkenti a hibák gyakoriságát.

A kapott eredményeket Box-plot diagrammon ábrázoltam (80. és a 81. ábra).



80. ábra: A lean bevezetéssel alapanyag tárolás hibaszámainak csökkenése

Forrás: Saját szerkesztés



81. ábra: A lean bevezetéssel gáz tisztítás hibaszámainak csökkenése  
Forrás: Saját szerkesztés

Ezzel ismertetem a H2.1-es hipotézis igazolását, amely szerint az erőmű berendezéseinek váratlan meghibásodásából fakadó veszteségek előfordulásának gyakorisága csökken a Lean menedzsment alkalmazásával.

#### 4.2.7. Meghibásodások időtartamának alakulása

Az általam lehatárolt 13 üzemi területen a hibák időtartambeli fennállásának vizsgálatára a varianciaanalízis előtesztjeként homogenitás vizsgálatot végeztem Levene teszt segítségével.

35. táblázat: Homogenitás vizsgálat a 13 üzemegység hibák időtartambeli fennállására

Variancia analízis homogenitás vizsgálata

13 üzemegység bevezetés előtt és után	Levene teszt érték	Számláló szabadságfoka	Nevező szabadságfoka	Szignifikancia érték	Eredmény
Alapanyag tárolás (óra)	4,540	1	46	0,038	
Alapanyag előkészítés (óra)	15,379	1	46	0	
Beadagolás (óra)	6,007	1	46	0,018	
Szubsztrátum keverés (óra)	12,835	1	46	0,001	
Szubsztrátum hőntartás (óra)	5,555	1	46	0,023	
Gáz puffrelés (óra)	3,417	1	46	0,071	Homogén
Gáz tisztítás (óra)	20,750	1	46	0	
Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás (óra)	10,569	1	46	0,002	
Gázmotoros felhasználás (óra)	1,920	1	46	0,173	Homogén
Szubsztrátum szivattyúzás (óra)	2,949	1	46	0,093	Homogén
Szeparálás (óra)	4,437	1	46	0,041	
Kijuttatás (óra)	12,058	1	46	0,001	
Központi rendszer vezérlése (óra)	9,606	1	46	0,003	
Üzemi összesen (1-13) (óra)	7,796	1	46	0,008	

Forrás: Saját szerkesztés

A homogenitás vizsgálat eredményeként elmondható, hogy az elvégzett 13 vizsgálatból szignifikancia szint 0,05 felett volt 3 esetben, így a gáz puffereelés, a gázmotoros felhasználás és a szubsztrátum szivattyúzás esetben az adatok homogének és elvégezhető a varianciaanalízis. (35. táblázat) A maradék 10 esetben nem végezhető el a vizsgálat, így ezeknél Welch próbát végeztem.

36. táblázat: Welch próba a 13 üzemegység hibák időtartambeli fennállására

<b>Welch próba (átlagok egyezőségének erőssége)</b>					
		Welch próba értéke	Számláló szabadságfoka	Nevező szabadságfoka	Szig.
Alapanyag tárolás (óra)	Welch	2,227	2	19,844	0,134
Alapanyag előkészítés (óra)	Welch	4,768	2	23,369	0,018
Beadagolás (óra)	Welch	3,020	2	23,449	0,068
Szubsztrátum keverés (óra)	Welch	10,520	2	25,599	0,000
Szubsztrátum hőntartás (óra)	Welch	1,491	2	19,936	0,249
Gáz tisztítás (óra)	Welch	15,682	2	20,684	0,000
Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás (óra)	Welch	3,983	2	25,857	0,031
Szeperálás (óra)	Welch	1,764	2	19,895	0,197
Kijuttatás (óra)	Welch	2,223	2	26,296	0,128
Központi rendszer vezérlése (óra)	Welch	6,350	2	24,798	0,006

Forrás: Saját szerkesztés

A Levene teszt homogenitás vizsgálata után elvégzett Welch próba során az alapanyag előkészítés, szubsztrátum keverés, gáz tisztítás, kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás, központi rendszer vezérlésének szignifikancia szintje 0,05 alatt volt. A beadagolás is elfogadható 0,068-as szignifikancia szint mellett (36. táblázat).

A homogenitás vizsgálat után mind a 3 esetben lefuttattam a varianciaanalízist (37. táblázat).

37. táblázat: Variancia analízis vizsgálat a 13 üzemegység hibák időtartambeli fennállására

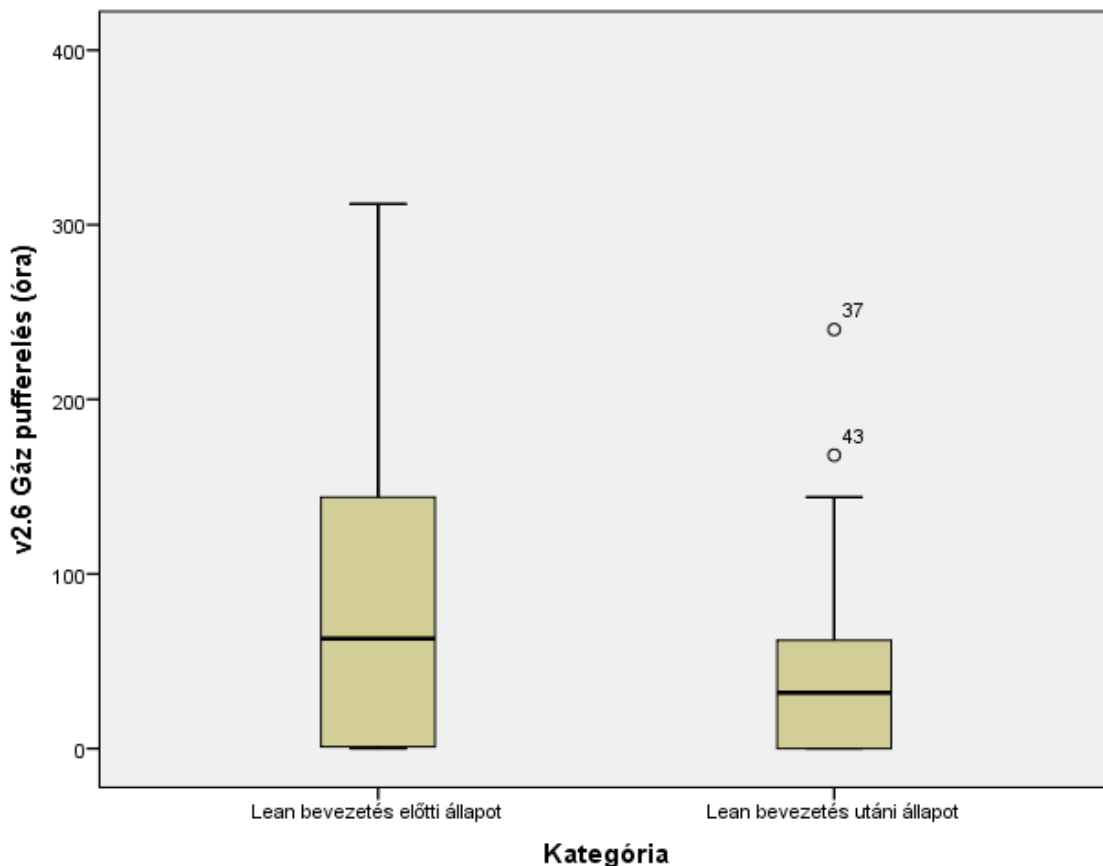
<b>ANOVA</b>						
		Eltérés négyzet összeg	Szabadságfok	Szórás négyzet	F érték	Szig.
Gáz puffereelés (óra)	Csoportok között	18057,521	1	18057,521	3,007	0,090
	Csoporton belül	276224,958	46	6004,890		
	Összesen	294282,479	47			
Gázmotoros felhasználás (óra)	Csoportok között	132720,333	1	132720,333	8,820	0,005
	Csoporton belül	692168,333	46	15047,138		
	Összesen	824888,667	47			
Szubsztrátum szivattyúzás (óra)	Csoportok között	270,750	1	270,750	0,400	0,530
	Csoporton belül	31115,167	46	676,417		
	Összesen	31385,917	47			

Forrás: Saját szerkesztés

A táblázatból jól leolvasható, hogy a F hányad ( $132720,333/15047,138=8,820$ ). Mivel az F próbához tartozó valószínűség szignifikanciaszintje 0,005, vagyis kisebb, mint 0,05, ezért a nullhipotézist elutasítjuk. Tehát a kategóriaátlagok szignifikánsan különböznek egymástól, vagyis a bevezetett lean módszertan csökkenti a hibák időtartambeli fennállására az alapanyag tárolás esetében azaz a biogáz üzemek berendezéseinek rendelkezésre állási ideje növekszik.

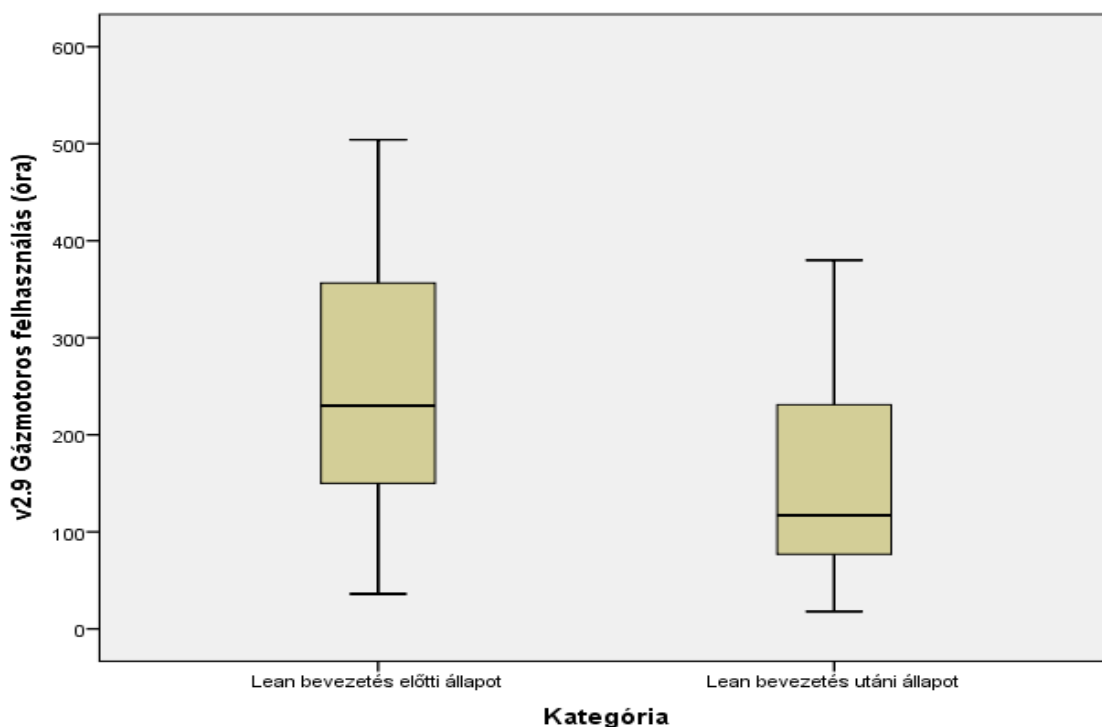
Tovább folytatva a vizsgálatot a 0,05-ös szignifikancia helyett 0,09 alkalmazásával a gáz puffereles esetében is igazolható, hogy a lean bevezetése szignifikánsan csökkenti hibák időtartambeli fennállására, azaz a biogáz üzemek berendezéseinek rendelkezésre állási ideje növekszik.

A kapott eredményeket Box-plot diagrammon ábrázoltam (82. és a 83. ábra).



82. ábra: A lean bevezetéssel gáz puffereles hibák időtartambeli fennállására

Forrás: Saját szerkesztés



83. ábra: A lean bevezetéssel gázmotoros felhasználás hibák időtartambeli fennállására  
Forrás: Saját szerkesztés

Ezzel ismertetem a H2.2-as hipotézis igazolását, amely szerint a biogáz üzem berendezéseinek rendelkezésre állási ideje növekszik a lean menedzsment bevezetésével.

#### 4.2.8. A hibákra eső elhárítási idők vizsgálata

Az általam lehatárolt 13 üzemi területen a hibák elhárítási idejének vizsgálatára a varianciaanalízis előtesztjeként homogenitás vizsgálatot végeztem Levene teszt segítségével.

38. táblázat: Homogenitás vizsgálat a 13 üzemegegység hibák elhárítási idejének

Variancia analízis homogenitás vizsgálata

13 üzemegegység bevezetés előtt és után	Levene teszt érték	Számláló szabadságfoka	Nevező szabadságfoka	Szignifikancia érték	Eredmény
Alapanyag tárolás (óra/db)	0,802	1	11	0,390	Homogén
Alapanyag előkészítés (óra/db)	1,395	1	25	0,249	Homogén
Beadagolás (óra/db)	1,734	1	35	0,196	Homogén
Szubsztrátum keverés (óra/db)	15,894	1	45	P < 0,001	
Szubsztrátum hőntartás (óra/db)	.b,c	0	.	.	
Gáz puffereelés (óra/db)	0,432	1	32	0,516	Homogén
Gáz tisztítás (óra/db)	16,738	1	36	P < 0,001	
Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás (óra/db)	1,690	1	17	0,211	Homogén
Gázmotoros felhasználás (óra/db)	13,090	1	46	0,001	
Szubsztrátum szivattyúzás (óra/db)	1,189	1	16	0,292	Homogén
Szeperálás (óra/db)	11,368	1	7	0,012	
Kijuttatás (óra/db)	1,837	1	12	0,200	Homogén
Központi rendszer vezérlése (óra/db)	0,021	1	33	0,887	Homogén
Üzemi összesen (1-13) (óra/db)	1,588	1	46	0,214	Homogén

Forrás: Saját szerkesztés

39. táblázat: Welch próba a nem homogén üzemegeység hibák elhárítási idején

<b>Welch próba (átlagok egyezőségének erőssége)</b>					
		Welch próba értéke	Számláló szabadság-foka	Nevező szabadság-foka	Szig.
Szubsztrátum keverés (óra/db)	Welch	12,318	2	25,145	0,000
Szubsztrátum hőntartás (óra/db)	Welch				
Gáz tisztítás (óra/db)	Welch	19,064	2	16,251	0,000
Gázmotoros felhasználás (óra/db)	Welch	10,267	2	18,931	0,001
Szeperálás (óra/db)	Welch	1,857	2	4,001	0,269
Szolgáltatást érintő (óra/db)	Welch	13,361	2	18,805	0,000
Áramszünet (óra/db)	Welch	5,722	2	14,316	0,015

Forrás: Saját szerkesztés

A Levene teszt homogenitás vizsgálata után a nem homogén elemekre Welch próbát alkalmaztam. A Welch próba során a szeperálás kivételével mindegyik vizsgált elem szignifikancia szintje 0,05 alatt volt (39. táblázat).

40. táblázat: Variancia analízis vizsgálat a 13 üzemegeység hibák elhárítási idejének

#### ANOVA

		Eltérés négyzet összeg	Szabadságfok	Szórás négyzet	F érték	Szig.
Alapanyag tárolás (óra/db)	Csoportok között	7210,126	1	7210,126	0,278	0,609
	Csoporton belül	285784,182	11	25980,380		
	Összesen	292994,308	12			
Alapanyag előkészítés (óra/db)	Csoportok között	225,655	1	225,655	0,056	0,815
	Csoporton belül	100579,082	25	4023,163		
	Összesen	100804,737	26			
Beadagolás (óra/db)	Csoportok között	2824,987	1	2824,987	5,854	0,021
	Csoporton belül	16890,756	35	482,593		
	Összesen	19715,743	36			
Gáz puffereelés (óra/db)	Csoportok között	1682,545	1	1682,545	1,458	0,236
	Csoporton belül	36935,554	32	1154,236		
	Összesen	38618,099	33			
Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás (óra/db)	Csoportok között	12,696	1	12,696	6,319	0,022
	Csoporton belül	34,154	17	2,009		
	Összesen	46,849	18			
Szubsztrátum szivattyúzás (óra/db)	Csoportok között	462,250	1	462,250	3,897	0,066
	Csoporton belül	1897,875	16	118,617		
	Összesen	2360,125	17			
Kijuttatás (óra/db)	Csoportok között	9020,903	1	9020,903	1,289	0,278
	Csoporton belül	83964,574	12	6997,048		
	Összesen	92985,477	13			
Közp. rendszer vezérlése (óra/db)	Csoportok között	476,941	1	476,941	0,700	0,409
	Csoporton belül	22468,382	33	680,86		
	Összesen	22945,323	34			



## ANOVA

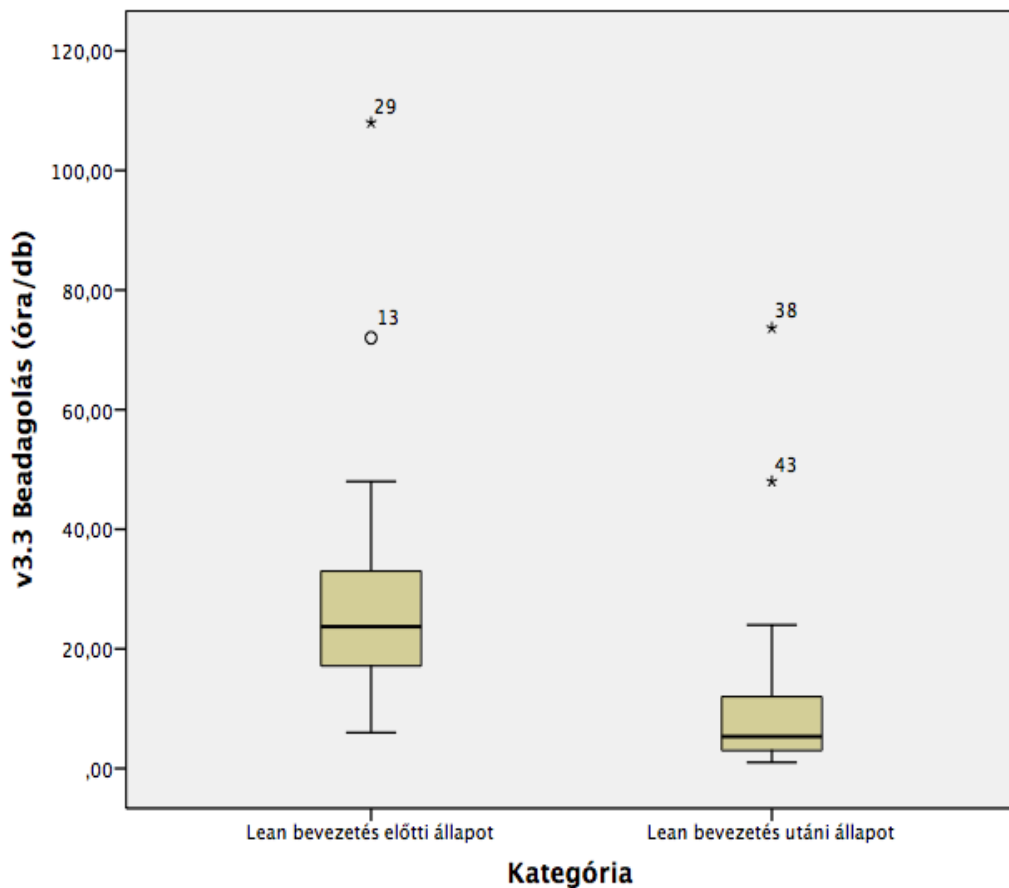
		Eltérés négyzet összeg	Szabadságfok	Szórás négyzet	F érték	Szig.
Átlag idő (óra/db)	Csoportok között	5161,514	1	5161,514	30,550	0
	Csoporton belül	7771,930	46	168,955		
	Összesen	12933,445	47			
Üzemi átlagosan (1- 13) óra/db	Csoportok között	2770,871	1	2770,871	35,516	0
	Csoporton belül	3588,835	46	78,018		
	Összesen	6359,706	47			

Forrás: Saját szerkesztés

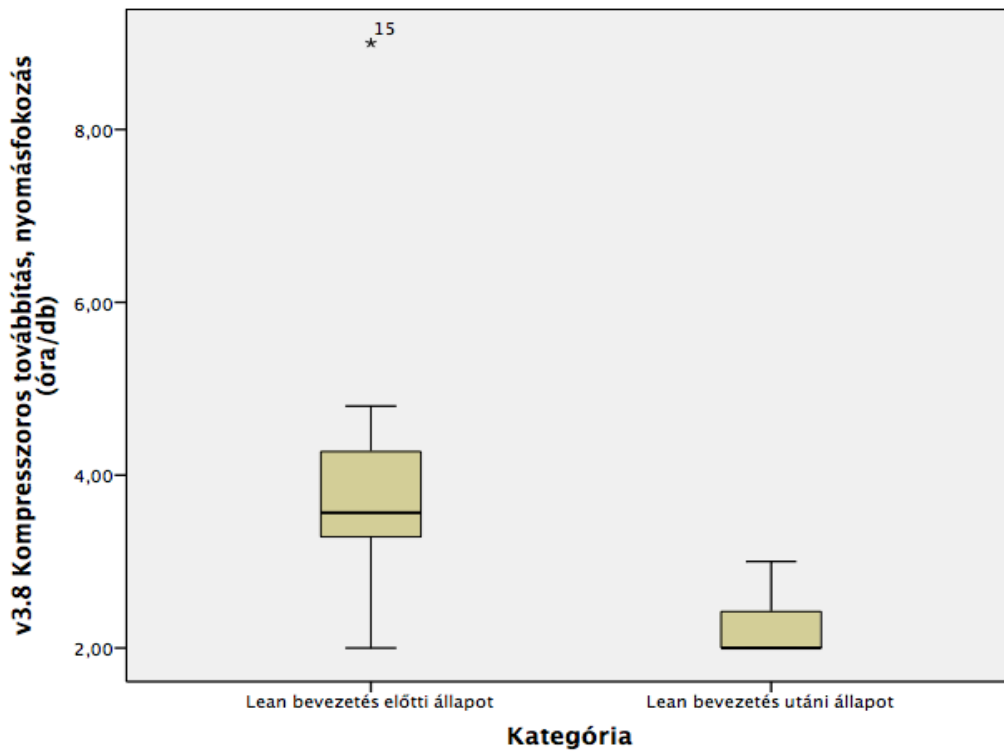
A táblázatból jól leolvasható, hogy az alapanyag tárolás, alapanyag előkészítés, beadagolás, kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás esetében az F próbához tartozó valószínűség szignifikanciaszintje 0,005, vagyis kisebb mint 0,05, ezért a nullhipotézist elutasítjuk. Tehát a kategória átlagok szignifikánsan különböznek egymástól, vagyis a bevezetett lean módszertan csökkenti a hibák elhárítási időtartamát.

Tovább folytatva a vizsgálatot a 0,05-ös szignifikancia helyett 0,066 alkalmazásával a szubsztrátum szivattyúzás esetében is igazolható, hogy a lean menedzsmenttel szignifikánsan csökken a problémák elhárítási ideje (40. táblázat).

A kapott eredményeket Box-plot diagrammon ábrázoltam (85.-89. ábra).

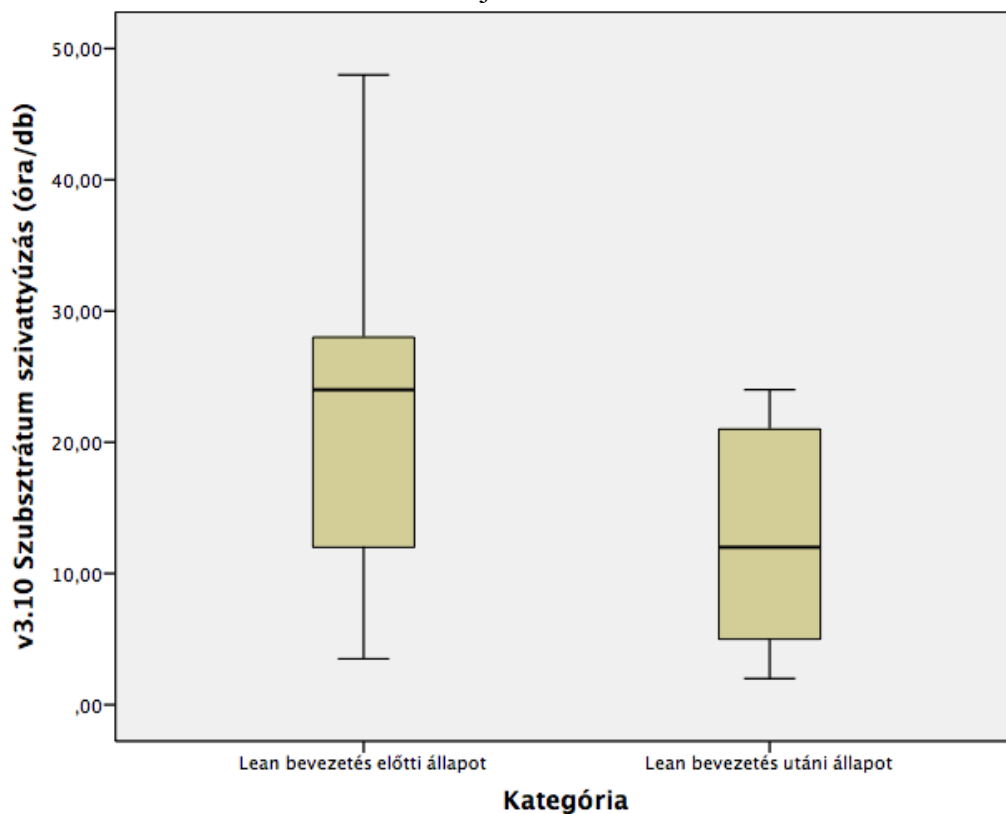


84. ábra: A lean bevezetéssel a beadagolás hibáinak elhárítási idejének alakulása  
Forrás: Saját szerkesztés



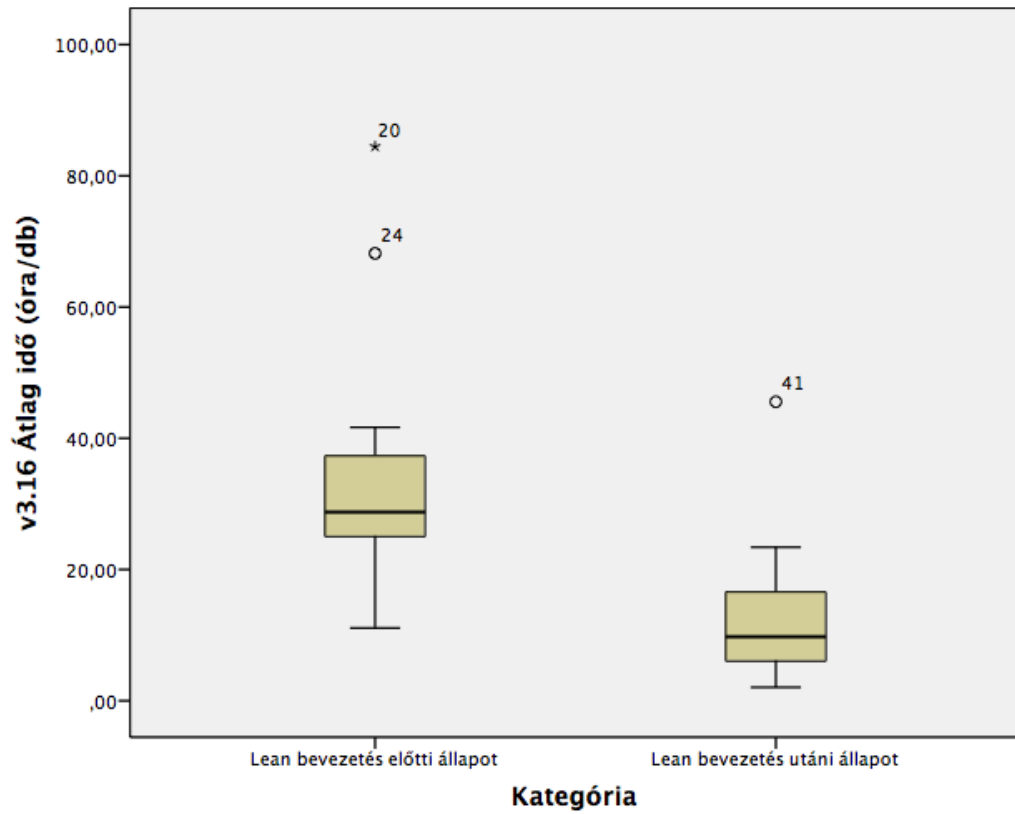
85. ábra: A lean bevezetéssel a kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás hibáinak elhárítási idejének alakulása

Forrás: Saját szerkesztés

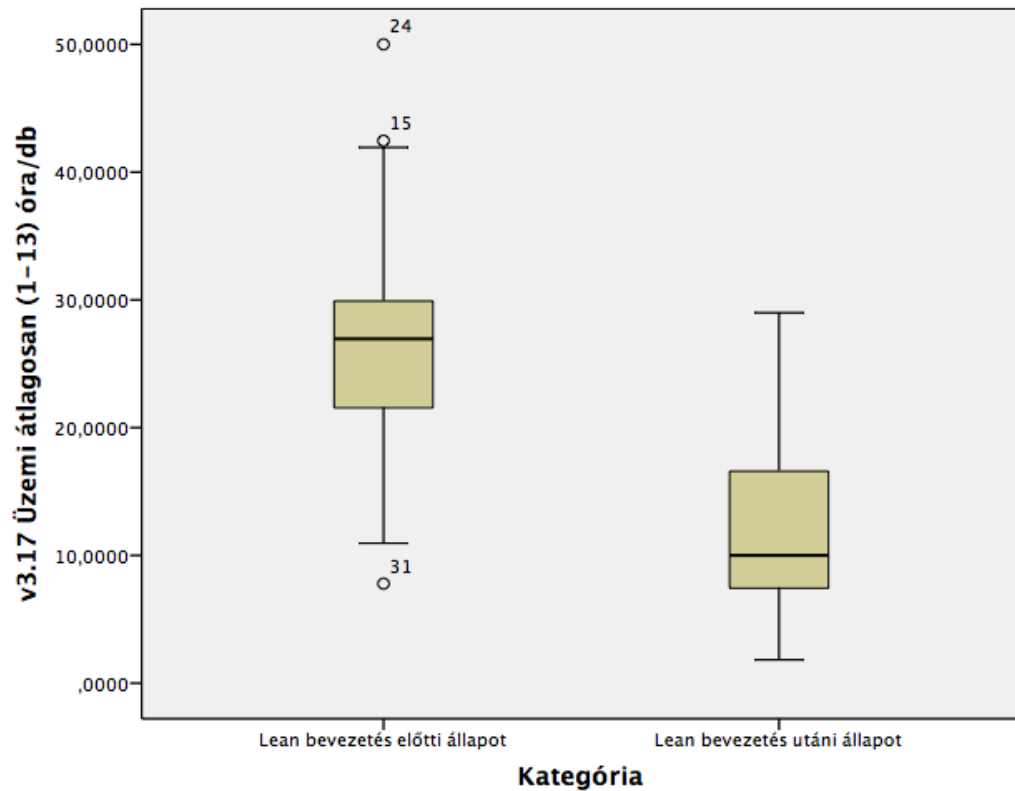


86. ábra: A lean bevezetéssel a szubsztrátum szivattyúzás hibáinak elhárítási idejének alakulása

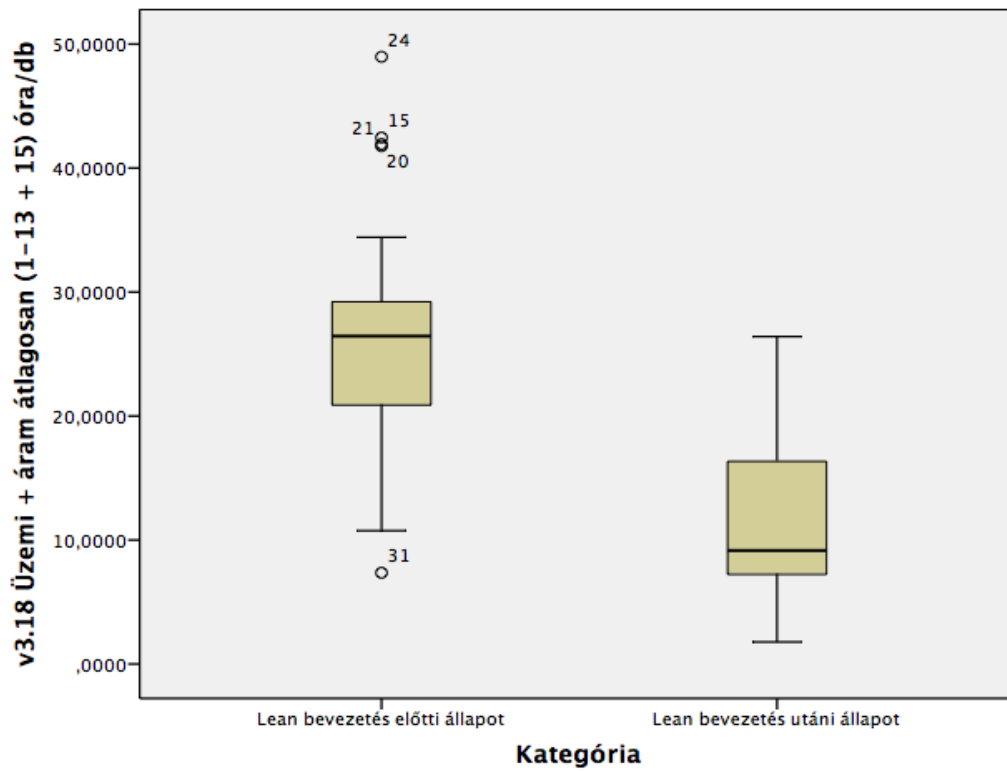
Forrás: Saját szerkesztés



87. ábra: A lean bevezetéssel az átlag meghibásodások elhárítási idejének alakulása  
 Forrás: Saját szerkesztés



88. ábra: A lean bevezetéssel az üzemi hibák átlagos meghibásodások elhárítási idejének alakulása  
 Forrás: Saját szerkesztés



89. ábra: A lean bevezetéssel az üzemi hibák és az áramszünetekből eredő átlagos meghibásodások elhárítási idejének alakulása  
 Forrás: Saját szerkesztés

Ezzel ismertetem a H3-es hipotézis igazolását, amely szerint a lean menedzsment alkalmazása csökkenti az erőműegységek működési zavarainak elhárítási idejét.

#### 4.2.9. Üzemi hatékonyság és termelékenység alakulásának vizsgálata a lean bevezetés előtt és után

Az értekezés ezen a részen vizsgálom az üzemi hatékonyság és a termelékenység alakulását a lean bevezetése előtt és után. Az üzem teljesítmény adatai a MAVIR Mérési Központ által üzemeltetett IDSpecto rendszerből származnak. (< <https://mkp.mavir.hu>>)

Az biogáz üzemek működése során a termelékenység az egyik legfontosabb tényező a hatékonysághoz.

A vizsgálatot varianciaanalízissel végeztem.

41. táblázat: A produktivitás leíró statisztikája

##### Descriptives

Produktivitás GWh

	Elemszám	Átlag	Szórás	Átlag hibája	95% Konfidencia intervallum az átlagra		Minimum	Maximum
					Alsó határ	Felső határ		
Lean bevezetés előtti állapot	24	1,297	0,443	0,091	1,110	1,484	0,323	1,983
Lean bevezetés utáni állapot	24	1,831	0,406	0,083	1,660	2,003	0,106	0,246
Összesen	48	1,564	0,500	0,072	1,419	1,709	0,323	0,246

Forrás: Saját szerkesztés

A hatékonyság és a termelékenység alakulását vizsgálatára a varianciaanalízis előtesztjeként homogenitás vizsgálatot végeztem Levene teszt segítségével (42. táblázat).

42. táblázat: A produktivitás homogenitás vizsgálata

##### Test of Homogeneity of Variances

Produktivitás GWh

Levene teszt érték	Számláló szabadságfoka	Nevező szabadságfoka	Szignifikancia érték
0,006	1	46	0,938

Forrás: Saját szerkesztés

A homogenitás vizsgálat eredményeként elmondható, hogy az elvégzett vizsgálat szignifikancia szint 0,05 felett volt, így az adatok homogének és elvégezhető a varianciaanalízis (42. táblázat).

43. táblázat: A produktivitás variancia analízise

##### ANOVA

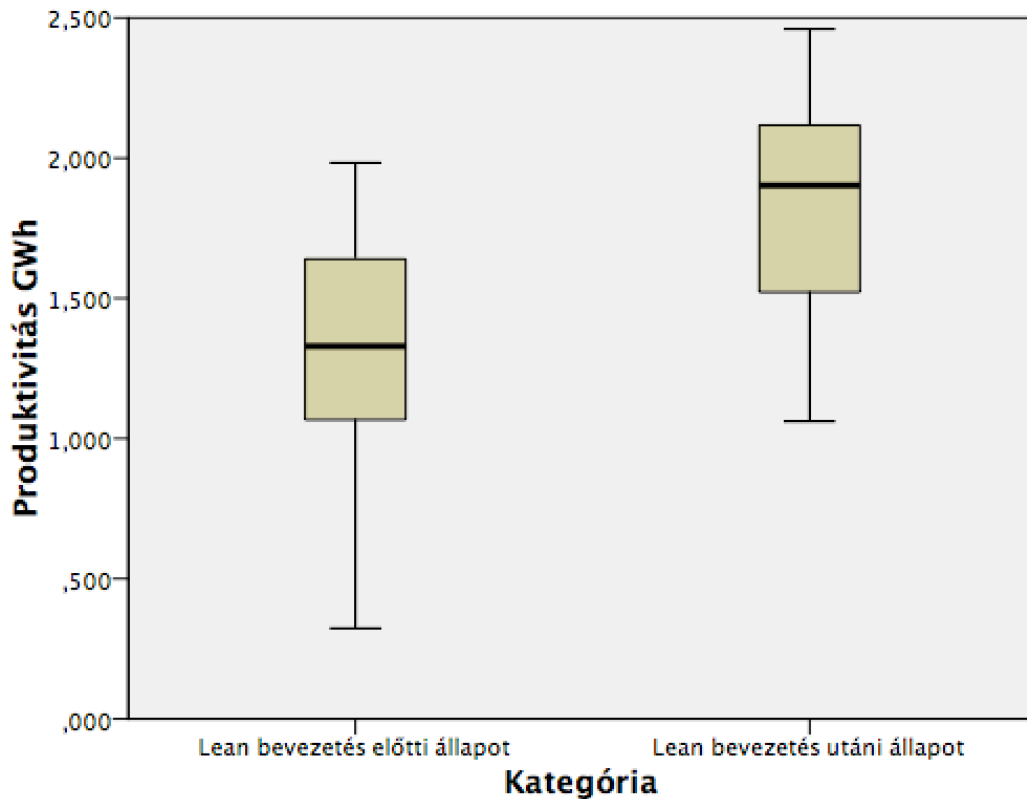
Produktivitás GWh

	Eltérés négyzet összeg	Szabadságfok	Szórás négyzet	F érték	Szig.
Csoportok között	3 426 067,129	1	3 426 067,129	18,935	P < 0,001
Csoporton belül	8 323 068,840	46	180 936,279		
Összesen	11 749 135,969	47			

Forrás: Saját szerkesztés

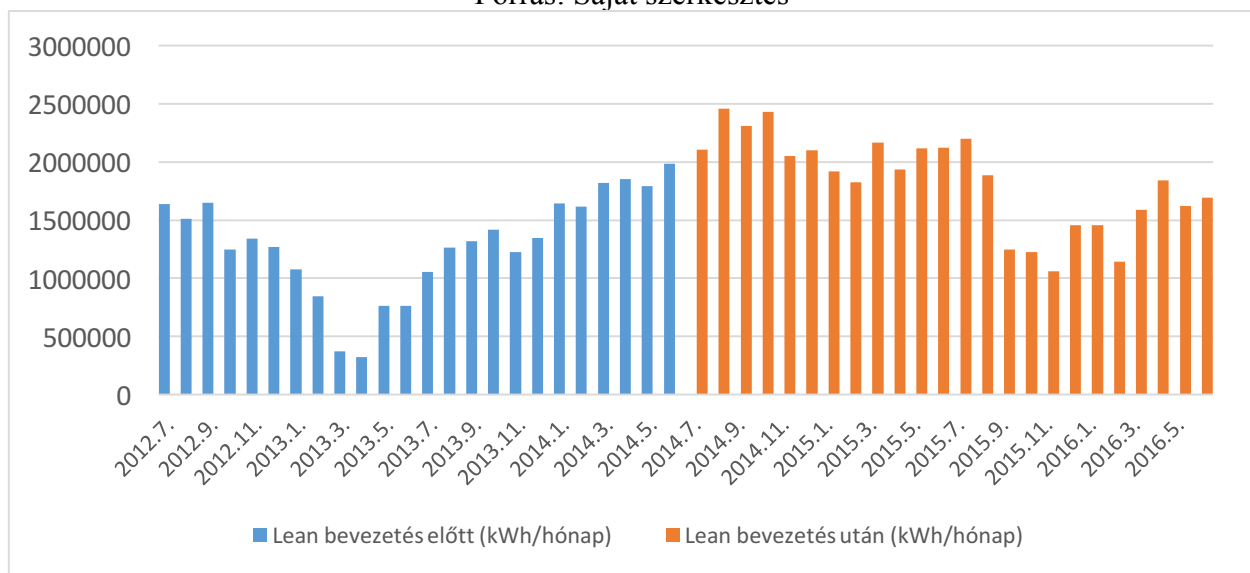
A táblázatból jól leolvasható, hogy a F hányad ( $3\,426\,067,129/180\,936,279=18,935$ ). Mivel az F próbához tartozó valószínűség szignifikanciaszintje  $7,454E-05$ , vagyis kisebb, mint  $0,05$ , ezért a nullhipotézist elutasítjuk. Tehát a kategóriaátlagok szignifikánsan különböznek egymástól, ezzel igazolom a H1-es hipotézisem, amely szerint a biogáz üzem hatékonysága, termelékenysége javult a lean módszerek alkalmazásával (43. táblázat, 91. ábra).

A kapott eredményeket Box-plot diagrammon ábrázoltam (90. ábra).



90. ábra: Üzemi hatékonyság és termelékenység alakulása a lean bevezetéssel

Forrás: Saját szerkesztés



91. ábra: Üzemi hatékonyság és termelékenység havi alakulása a lean bevezetéssel

Forrás: Saját szerkesztés

Ezzel igazoltam a H1-es hipotézist, amely szerint a biogáz üzem termelékenységének javulását idézi elő a hagyományos munkaszervezési módszerekről a lean módszerek alkalmazására történő átállás.

#### 4.2.10. Karbantartási költségek alakulása

Az biogáz üzemek működése során termelékenység és a hatékonysághoz hasonlóan a másik legfontosabb tényező a karbantartási költségek alakulása.

A vizsgálatot egytényezős varianciaanalízis segítségével végeztem (44. táblázat).

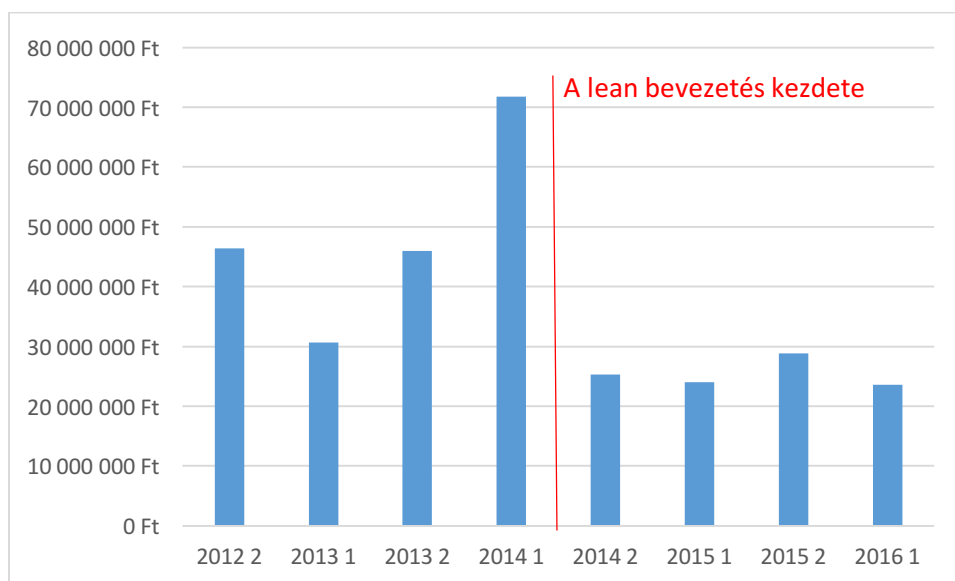
44. táblázat: Karbantartási költségek variancia analízise

##### VARIANCIANALÍZIS

<i>Tényezők</i>	<i>Eltérés négyzet összeg</i>	<i>szabadságfok</i>	<i>Szórás négyzet</i>	<i>F érték</i>	<i>Szignifikancia a</i>	<i>F krit.</i>
Csoportok között	5,490E+15	1	5,490E+15	39,097	2,117E-05	4,600
Csoporton belül	1,966E+15	14	1,404E+14			
Összesen	7,455E+15	15				

Forrás: Saját szerkesztés

A táblázatból jól leolvasható, hogy a F hányad ( $5,490E+15/1,404E+14=39,097$ ). Mivel az F próbához tartozó valószínűség szignifikanciaszintje  $2,117E-05$ , vagyis kisebb, mint  $0,05$ , ezért a nullhipotézist elutasítjuk. Tehát a kategóriaátlagok szignifikánsan különböznek egymástól, ezzel igazolom a H4-és hipotézisemet, amely szerint a biogáz üzemek javítási, karbantartási költségei szignifikánsan csökkennek a lean módszer alkalmazásával.



92. ábra: Karbantartási költségek alakulása

Forrás: Saját szerkesztés

A kimutatás tartalmazza az anyagfelhasználást, felosztott bért és járulékokat és igénybe vett idegen anyag jellegű szolgáltatásokat.

Megtakarítás forrásai a kevesebb anyagszükséglet és a kevesebb bér és munkaóra. Az átlagos 45 millió forintos költség, mint egy 20 millió forinttal csökkent (92. ábra).

Ezzel igazoltam a H4-és hipotézist, amely szerint a biogáz üzem javítási, karbantartási költségei csökkenthetőek a lean menedzsment alkalmazásával.

#### 4.2.11. Lean alapú karbantartás

Az üzemek működése során 3-5 évente jelentkező nagykarbantartás kiemelt jelentőségű és hosszútávon meghatározó horderejű esemény, amely tovább ronthatja az eredményeket, vagy éppen ellenkezőleg megfelelő módszertannal elősegítheti az erőművek eredményes működését.

A fermentorok az alapanyag bázistól függően folyamatosan töltődnek fel és 3-5 év alatt kritikus szintet is el tudnak érni, amely során akár a hasznos térfogatuk felét is elveszíthetik. Ennek okozója lehet a sterilizált húslével érkező hamu, csontliszt és egyéb szerves anyagok, valamint az állati trágyákkal és növényi silóval bekerülő por és föld.

Ez a termelés velejárója. Komoly technológiai beruházásokkal lenne csak megelőzhető, amelyre ha nem került sor a tervezés, vagy a kivitelezés során, akkor közeljövőben az alacsony jövedelmezőségből kifolyólag nem valósítható meg külső forrás nélkül.

A lean módszertan megoldást jelenthet, hogy előrelépés legyen a karbantartás, ne pedig további súlyos teher az erőmű működésében, költségvetésében. Az erőművek vezetőivel és a karbantartó cégekkel készített interjúk alapján elmondható, hogy a karbantartás a nemzetközi tapasztalatok alapján fermentoronként 1,5-2 hetes munkavégzéssel kalkulálható. Ezen idő alatt az érintett fermentorok kiesnek a termelésből, és a befejezés utáni visszaállításuk, termelési felfutásuk ideje a karbantartással függvényében elhúzódhat. 45. táblázat szemlélteti az eredeti 40 napos karbantartási tervet.

A vizsgálatom alapja és a módszertan alkalmazásának helyszíne a Szarvasi Biogáz Üzem, ahol 4 db fermentor karbantartása volt esedékes. Alapvetően 6-8 hetes munkavégzéssel kalkuláltak és 3-4 hónapos felfutási idővel.

A lean módszertan segítségével mozdulati szintre került lebontása a teljes karbantartási folyamat minden egyes lépése. Ezek után felmértem ezen műveleteknek az idősükségletét és időszávokat alakítottam ki. Megvizsgáltam a folyamatok kapcsolatát, hogy melyek az egymásra épülők, és a párhuzamosan végezhetőek. Ennek tudatában újra elrendeztem a folyamat lépéseket. A 46. táblázat a lean módszertannal átdolgozott karbantartási terv szemlélteti a változást a két terv között.

A következő lépés a folyamatokhoz tartozó eszközsükséglet meghatározása volt. Az adott feladathoz milyen és mennyi eszközre van szükség. Ezeknek biztosítani kellett a hozzáférhetőségét SMED, és a befejezés után újbóli használatra kész állapotában a megfelelő helyre kerülését 5S.

Az adott folyamathoz tartozó létszám is meghatározásra került. További lean módszerek és eszközök 5S, SMED, TPM és VSM segítségével eltávolításra kerültek a veszteségek, amelynek eredményét a 47-es táblázat szemlélteti.

Az eredmény: 2 hét alatt sikerült befejezni a munkálatokat úgy, hogy további 2 fermentoron végeztek membráncserét, ami alap esetben legalább 2-3 napos munkavégzést igényel fermentoronként.

További eredmény, hogy a hatékony és gyors munkavégzésnek köszönhetően, a biológia nem sérült és a felfutási idő a 3-4 hónapról 1 hétre csökkent. A folyamatosan végzett laborvizsgálatok, és a termelés eredményei alapján elmondható, hogy ezt stabilan és tartósan értük el.



45. táblázat: Eredeti 40 napos karbantartás terv

	<b>N 3</b>	<b>N 2</b>	<b>F 3</b>	<b>F 2</b>
2016.09.09	Nyitás			
2016.09.10	Kotrás			
2016.09.11	Kotrás			
2016.09.12	Kotrás			
2016.09.13	Mosás			
2016.09.14	Takarítás			
2016.09.15	Javítás			
2016.09.16	Javítás			
2016.09.17	Spaniferezés			
2016.09.18	Zárás			
2016.09.19		Nyitás		
2016.09.20		Kotrás		
2016.09.21		Kotrás		
2016.09.22		Kotrás		
2016.09.23		Mosás		
2016.09.24		Takarítás		
2016.09.25		Javítás		
2016.09.26		Javítás		
2016.09.27		Spaniferezés		
2016.09.28		Zárás		
2016.09.29			Nyitás	
2016.09.30			Kotrás	
2016.10.01			Kotrás	
2016.10.02			Kotrás	
2016.10.03			Mosás	
2016.10.04			Takarítás	
2016.10.05			Javítás	
2016.10.06			Javítás	
2016.10.07			Spaniferezés	
2016.10.08			Zárás	
2016.10.09				Nyitás
2016.10.10				Kotrás
2016.10.11				Kotrás
2016.10.12				Kotrás
2016.10.13				Mosás
2016.10.14				Takarítás
2016.10.15				Javítás
2016.10.16				Javítás
2016.10.17				Spaniferezés
2016.10.18				Zárás

Forrás: Saját szerkesztés

46. táblázat: Lean módszertannal átdolgozott karbantartási terv

	N 3	N 2	F 3	F 2		N 3	N 2	F 3	F 2
2016.09.09	N					N, K			
2016.09.10	K					K, M, S			
2016.09.11	K					K, T			
2016.09.12	K					J, M	N, K		
2016.09.13	M					S, Z	K, M, S		
2016.09.14	T						K, T		
2016.09.15	J						J, M	N, K	
2016.09.16	J						S, Z	K, M, S	N, K
2016.09.17	S							K, T	K, M, S
2016.09.18	Z							J, M	K, T
2016.09.19		N						S, Z	J, M
2016.09.20		K							S, Z
2016.09.21		K							
2016.09.22		K							
2016.09.23		M							
2016.09.24		T							
2016.09.25		J							
2016.09.26		J							
2016.09.27		S							
2016.09.28		Z							
2016.09.29			N						
2016.09.30			K						
2016.10.01			K						
2016.10.02			K						
2016.10.03			M						
2016.10.04			T						
2016.10.05			J						
2016.10.06			J						
2016.10.07			S						
2016.10.08			Z						
2016.10.09				N					
2016.10.10				K					
2016.10.11				K					
2016.10.12				K					
2016.10.13				M					
2016.10.14				T					
2016.10.15				J					
2016.10.16				J					
2016.10.17				S					
2016.10.18				Z					

Forrás: Saját szerkesztés

Lean módszertan alapú karbantartás 14 napra csökkentette a szükséges időtartamot. A 47. táblázat a munkafolyamatok tényleges megvalósulási időrendjét mutatja.

47. táblázat: Megvalósult karbantartási terv

	N 3	N 2	F 3	F 2	F 4	N 1
16.09.09	Nyitás, Kotrás					
16.09.10	Kotrás, Mosás, Spaniferezés					
16.09.11	Kotrás, Takarítás					
16.09.12	Javítás, Mosás	Nyitás, Kotrás				
16.09.13	Spaniferezés, Zárás	Kotrás, Mosás, Spaniferezés				
16.09.14		Javítás, Mosás	Nyitás, Kotrás			
16.09.15		Spaniferezés, Zárás	Kotrás	Nyitás, Kotrás		
16.09.16			Kotrás, Mosás	Kotrás, Mosás, Spaniferezés		
16.09.17			Javítás, Mosás	Javítás, Mosás	Nyitás, Takarítás	
16.09.18			Spaniferezés	Spaniferezés	Zárás új membrán	
16.09.19			Esőnap	Esőnap		
16.09.20			Túl nagy szél	Túl nagy szél		
16.09.21			Spaniferezés, Zárás	Spaniferezés, Zárás		Nyitás, Takarítás
16.09.22						Zárás új membrán

Forrás: Saját szerkesztés

A 47. táblázat alapján elmondható, hogy úgy sikerült 14 napra csökkenteni a munkálatok időszükségletét, hogy közben 2 napot az időjárás alkalmatlanná tett a munkavégzésre. 2016.09.19-én folyamatosan esett az eső, ami csúszásveszélyt okozott, főleg a magasban végzett munkálatok esetén. 2016.09.20-án túl nagy szél volt a membránok emeléséhez. A szél bele tud kapni a membránba és az vitorlaként tud viselkedni. Ez nagyon veszélyes a munkálatokat végzőkre és a berendezésekre is, mert a darut is feldöntheti és komoly károkat okozhat.

Az általam bevezetett lean menedzsment segítségével kockázatok nélkül, biztonságban sikerült kivitelezni a munkálatokat a normál 40 nap helyett 14 nap alatt, ami 65% időmegtakarítást jelent. Ezzel igazoltam a H5-ös hipotézist, amely szerint a Lean rendszerben menedzselt biogáz üzemek karbantartási munkafolyamatai rövidebb idő alatt elvégezhetőbbek, így csökkentve az üzem termelésbeli kiesését.

A munkafolyamatok lépésenként kerültek a tervben rögzítésre, amelyet az M8. számú melléklet tartalmaz. A terv első két oszlopa tartalmazza a munkavégzés dátumát, a folyamat rövid megnevezését. A második az időpontot amikor kezdődik és amikor befejeződik. A harmadik oszlop az időtartamot. A negyedik az eszközök mennyiségi igényt és a megnevezését. Az ötödik a folyamat lépés tevékenységét és a hozzá szükséges létszámot. Az utolsó oszlopban az igényelt napi létszámot találjuk.

Összefoglalva elmondható, hogy az üzemek működése során az egyik legjelentősebb karbantartás, amely hosszú távon meghatározza az eredményességüket, az általam kidolgozott lean módszerrel sikeresen menedzselhető. A munkálatok időszükségletének csökkentésén kívül anyagi megtakarítást is eredményez, továbbá elősegíti a termelés, teljesítmény felfutását és az üzemmenet helyreállítását.

Ezzel ismertettem a H5-ös hipotézis igazolását, amely szerint a biogáz üzem tervezett karbantartási időszükséglete, ezáltal az ebből fakadó termelési kiesés a lean módszerek alkalmazásával lerövidül.

### 4.3. Új és újszerű tudományos eredmények

1. Kidolgoztam a lean filozófián alapuló Biogáz Termelési Rendszert.  
Az adatgyűjtés során bebizonyosodott, hogy Magyarországon nincs olyan biogáz üzem, amelyben a lean modellt alkalmazták volna, de a forráskutatás során látókörömbe került nemzetközi viszonylatban sem találtam hasonló implementálást.
2. Tudományos módszerekkel igazoltam, hogy az általam kidolgozott lean filozófián alapuló Biogáz Termelési Rendszer szignifikánsan csökkenti az erőmű egységek berendezéseinek meghibásodási gyakoriságát.
3. Igazoltam, hogy a lean filozófián alapuló Biogáz Termelési Rendszerben meghibásodás esetén a helyreállítási idő több mint felére csökken, a berendezések üzembiztonsága és rendelkezésre állási ideje szignifikánsan megnő.
4. Bizonyítottam, hogy a lean modellen alapuló általam kidolgozott és optimalizált karbantartási folyamatok időszükséglete szignifikánsan csökkent a technológiai kockázat növekedése nélkül.
5. Tudományos módszerekkel igazoltam, hogy a biogáz erőmű karbantartási költségei, mint egy felére csökkentek a lean módszerek alkalmazásának hatására.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Kutatási tapasztalataim alapján elmondható, hogy nem jellemző az ilyen jellegű modell alkalmazása a biogáz üzemek működtetési területén. Adatgyűjtésem során a módszer alkalmazására még nemzetközi viszonylatban sem találtam hasonló implementálást, így mint fejlesztési cél és lehetőség javasolom kezelni a biogáz erőművek számára az általam kidolgozott rendszert.

A modellvizsgálatok eredményei általánosíthatók, ha figyelembe vesszük, hogy a menedzselt folyamatok nem helyspecifikusak. A hasonló elven, hasonló környezeti feltételek között működő biogáz üzemek esetében a vizsgált üzemhez hasonló módon viselkednek a menedzselt folyamatok. Ennek figyelembevételével értékelhetők a következtetésem.

A lean módszer alkalmazására történő átállás és az általam kidolgozott modell, a Biogáz Termelési Rendszer bevezetése a biogáz üzem termelékenységének javulását idézi elő a hagyományos munkaszerezési módszerekhez képest. Az üzem bevételei már a módszer alkalmazásának kezdeti szakaszában stabilizálódtak és növekedtek.

Másik nagy előnye, hogy szignifikánsan csökkenti az erőmű berendezéseinek váratlan meghibásodásából fakadó veszteségek előfordulásának gyakoriságát, növeli a biogáz üzem berendezéseinek rendelkezésre állási idejét jelentős javulást elérve a berendezések megbízhatóságában és működésük tervezhetőségében egyaránt.

Az erőműegységekben fellépő működési zavarok elhárítási idejét sikerült csökkenteni, ezáltal költségmegtakarítást és többletbevételt értem el. Ezt még tovább fokozza a biogáz üzem javítási, karbantartási költségeinek csökkentése. A biogáz üzem tervezett karbantartási időszükséglete, ezáltal az ebből fakadó termelési kiesés a lean módszerek alkalmazásával rövidül.

Az általam kidolgozott rendszer segítségével elért költségmegtakarítás és a felszabadított idő egy részét fejlesztésre, az ismeretek szélesebb körben történő elmélyítésére, a modell magasabb szintű alkalmazására fordítva tovább fokozhatóak az eredmények.

Az ismertett lean módszer bevezetése további üzemekbe hasonló pozitív eredményeket hozhat. Ez a kutatás továbbvihető más üzemi környezetben, és az általa elérhető eredmények jövőbeni kutatások alapja lehet. Jelen kutatásom jó alapul szolgál, hogy más üzemi környezetben is megvizsgáljam ezt a módszert, és tervezem is a további vizsgálatokat.

Kutatási eredményeim jelentőségét hangsúlyozza, hogy a világ népességének folyamatos növekedése többlet energia felhasználással jár, amely jelenlegi fő fedezeteként szolgáló fosszilis energiaforrások kimerülőben vannak, továbbá használatuk jelentős környezetterheléssel jár. Ebből következik, hogy a biomassza térnyerése megoldást jelenthet, mivel a természeti folyamatok során folyamatosan rendelkezésre áll, vagy újratermelődik. Elősegítheti az energiaforrások minél szélesebb körű diverzifikálását is, amely a versenyképes ár biztosításának elengedhetetlen feltétele. Ezt támogatja az Európai Unió az energiapolitikai célkitűzéseivel, melyben a megújuló energiatermelés arányát 2020-ra 20%-ra kívánja növelni. A tanulmányokból kiderül, hogy az országok jelentős része eléri a kitűzött célokat. Javaslatom, hogy érdemes példaként tekinteni az élen járó Svédországra, Lettországra, Finnországra és Ausztriára.

Magyarországon a Nemzeti Energiastratégia 2030 szakmai dokumentum tartalmaz kidolgozott tervet a mindenkori biztonságos energiaellátásának garantálására, a gazdasági versenyképességének, a környezeti fenntarthatóságának és a fogyasztók teherbíró képességének figyelembevételével. Arra törekszik, hogy az EU energiapolitikájával összhangba növelje a

megújuló energiaforrások arányát. A Magyar mező- és erdőgazdálkodásból igen jelentős mennyiségű mellékterméket produkál, amelyeket számos célra fel lehet használni, hogy csökkentsék a jelenleg túlnyomó részben lévő fosszilis energiahordozók használatát. A megújuló elméleti energiapotenciál 2600-2700 (PJ), a gyakorlati potenciál 163 (PJ) és ebből csupán 53,8 (PJ) a jelenleg hasznosított. Javaslatom, hogy a meglévő energiapotenciált minél jobban ki kell használni, és előnyben kell részesíteni a megújuló energiaforrások használatát.

A biogáz üzemek zöld energiát állítanak elő a biológiai (állati és növényi) hulladékok ártalmatlanításával. Az eljárás során keletkező szerves anyag gazdag beltartalma révén alkalmas a talaj tápanyag utánpótlására környezetkímélő módon. Mivel a biogáz és annak termelése egy megújuló energiaforrás így hatására kevesebb környezetszennyező anyag jut a légkörbe, csökken a levegőbe kikerülő metán mennyisége, és kiválthatja a fosszilis energiahordozók használatát. Magyarországon a támogatottság és az átvételi árak elmaradnak a többi országhoz képest, ez jelentősen megnehezíti az eredményes működésüket és gátolja a beruházási hajlandóságot. Javaslatom a támogatási rendszer átalakítását, az átvételi árak felzárkóztatása a szomszédos országok szintjére.

A biológiai folyamat összetett és az üzemi rendszerek működtetése nagy szakértelmet kíván. Létesítésük elősegíti a vidéki foglalkoztatást és a képzését a mezőgazdasági üzemek működését kiegészítve. Elengedhetetlen a megfelelő alapanyagbázis kiválasztása és az alapanyagok használata során nagyon fontos a optimális előkészítés a hatékony működés érdekében. Javaslatom több biogáz erőmű létesítése, az felhasználatlan alapanyagbázisokra alapozva a megfelelő támogatások és átvételi árak mellett, figyelembe véve a hulladék hő hasznosítását. Az alapanyagoknak kell a meghatározónak lennie a technológia kiválasztása során, mivel azok hatással vannak az anaerob elgázosítás technológiájára. A körülményekhez mérten a fermentor eltérő típusúak lehetnek, és az üzemek fermentációs eljárásai is különbözhetnek. A környezeti hatásokat és az alapanyagok elérhetőségét nem szabad figyelmen kívül hagyni az üzemek létesítése során.

Magyarország földgáz ellátottsága 95% körüli, a lakosság jelentős része a földgáz alapú fűtésre és főzésre van berendezkedve, érdemes lenne az ebben rejlő potenciált kihasználni a biogáz üzemek révén. A pozitív közvélemény kialakítása elengedhetetlen, hogy a biogáz erőművek társadalmilag elfogadottak legyenek. Sok helyen tapasztalható, ahol biogáz üzem létesült ott ellenük akció csoportok jöttek létre. A biogáz iparnak és a kormánynak a kommunikációra kell összpontosítania a biogáz pozitív szerepét illetően, és a jövőbeni energiaellátó rendszer fenntartása érdekében.

A karbantartás folyamatos fejlődésen ment keresztül az évek során. Az 1950-es években jellemző eseti vagy tűzoltó stratégia napjainkra a TPM teljeskörű hatékony karbantartás szintjére jutott. A biogáz üzemek működésből eredő veszteségek jelentős részére a karbantartás nagy hatással van. A már létesült üzemek esetében nagyon fontos, hogy rendelkezzenek a megfelelő karbantartással. A Toyota termelési rendszer, a lean szemlélet az 1970-es évektől nagy sikereket aratott az autógyártásban. A lean menedzsment folyamatos fejlődésen ment keresztül. Széles eszközzel rendelkezik, amely lefedi a korábbi koncepciókat (JIT, TQM, TPM, AMT) és a munkaerő-szervezésre is kiterjed. A bevezetése alapos előkészítést és megfontolást igényel, mert nagyon sok buktatóval és akadállyal kell szembenézni annak, aki erre vállalkozik.

Az általam létrehozott Biogáz Termelési Rendszer lehetővé teszi a lean módszertan biogáz üzemi gyakorlatba történő bevezetését. A rendszer legfontosabb pillére a TPM, mivel erre alapozva a többi módszertan is hatékonyabban működik. A veszteségfeltárásában a 7 fő veszteség vizsgálata eredményesnek bizonyult. A problémák tüneteinek orvoslása nem elég, adatokat kell róluk gyűjteni és elemző módszerekkel ki kell értékelni azokat egészen a

gyökérokokig lehatolva, mert csak úgy szüntethetjük meg azokat. A karbantartási és üzemeltetési folyamatok vizsgálatát az általam lehatárolt Szarvasi Biogáz üzem technológiájának 13 fő egységén végeztem. Elkészítettem az üzem értékáram térképét is, melynek alapját az előbbi felosztás képezte. A problémamegoldást lépései TMP módszerrel az 5M x PQCDSM kategóriák figyelembevételével történtek. Minden esetben halszálka diagramot használtam a gyökérokok megkeresésére és az áttekinthetőség érdekében ezeket táblázatba foglaltam.

Javaslom, hogy a meglévő felügyeleti rendszerek felülvizsgálatát, fejlesztését (hiányuk esetében kiépítése), a hibajelenségek pontosabb definiálását. A beszállítókkal történő szorosabb együttműködés kialakítását az alapanyag ellátás javítás érdekében. A csővezetékek előnyben részesítésével, valamint a szállítási távolságok racionalizálásával csökkenthetőek a szállítási veszteségek. A gyártási veszteségek megszüntetéséhez elengedhetetlen a folyamatok rendszeres ellenőrzése és felügyelete, andon jelzések alkalmazása, standardok kialakítása, poke-yoke, vizuál menedzsment használata a berendezéseken. A berendezések egységesítésével csökkenthető az alkatrész raktárkészlet. A híg alapanyagok használatának racionalizálása jelentős megtakarítást jelenhet. Az 5S bevezetésével csökkenthetőek a szükségtelen mozdulatok. A selejt, hulladék megszüntetésére megoldás lehet a folyamatok szabványosítása és e szabványok betartatása, a TPM bevezetése.

A berendezések váratlan meghibásodásainak előfordulásai szignifikánsan csökkenthetőek a lean menedzsmenttel a hagyományoshoz képest. A bevezetett lean módszertan szignifikánsan csökkenti a hibák időtartambeli fennállását. A hibákra eső idők vizsgálatának esetében is igazolható, hogy a lean menedzsmenttel szignifikánsan csökken a problémák elhárítási ideje. Az biogáz üzemek működése során termelékenység és a hatékonysághoz az egyik legfontosabb tényező, amely szignifikánsan javult a lean módszerek alkalmazásával. Az biogáz üzemek működése során termelékenység és a hatékonysághoz hasonlóan a másik legfontosabb tényező a karbantartási költségek alakulása. A biogáz üzemek javítási, karbantartási költségei szignifikánsan csökkennek. Az általam bevezetett lean menedzsment segítségével kockázatok nélkül, biztonságban sikerült kivitelezni a munkálatokat a normál 40 nap helyett 14 nap alatt, ami 65% időmegtakarítást jelent. A módszerrel biogáz üzemek karbantartási munkafolyamatai rövidebb idő alatt elvégezhetőbbek, így csökkentve az üzem termelésbeli kiesését. A Szarvasi Biogáz Erőmű technológiai felépítésében nem tér el jelentős mértékben a többi üzemtől, ezért az itt kialakított rendszer kisebb korrekciókkal alkalmazható a többi üzem vizsgálatára is egyaránt. Javaslom az általam kialakított Biogáz Termelés Rendszer bevezetését a többi biogáz üzem részére.

Az eredményeimet szakmai tudományos fórumokon ismertetem, szakmai tudományos folyóiratokban, kiadványokban publikálom.





## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az energiaforrások kérdésköre a népesség-szám folyamatos növekedésével egyre jobban foglalkoztatja az embereket. A fosszilis energiaforrások kimerülőben vannak, azonban a biomassza térnyerése reményeket adhat. Ezek közül kiemelkedik a biogáz, mivel sokoldalú, megújuló energiaforrás és a villamosenergia előállításán kívül hőenergia termelésre is felhasználható.

Az Európai Unió energetikai célkitűzései a megújuló energiaforrások használatát próbálják ösztönözni és 2020-ra előirányozták a megújuló energiaforrásokkal termelt villamosenergia 20%-os részarányát. A tanulmányok szerint a tagállamok jó irányba haladnak és a többségük sikeresen el is fogja érni ezt a célt. A kutatás bemutatja a megújuló energiákkal kapcsolatos Európai Uniós legfrissebb statisztikai adatokat. Ezen energiaforrások használata az üvegházhatást okozó gázok csökkentésén túl, elősegíti az energiaellátás jelenlegi kőolaj- és földgáz függő piacának diverzifikációját.

Bemutatásra került a Nemzeti Energiastratégia 2030 program, amely az EU energiapolitikájával összhangban kívánja növelni a megújuló energiaforrások részarányát. Három alappillére a versenyképesség, fenntarthatóság, és az energiaellátás biztonsága. A villamosenergia-termelés megoszlásának vizsgálata során jól látszik, hogy az elsődleges továbbra is a fosszilis energiahordozók használata. Az energiafelhasználás szektoraiban kiemelkedik az ipar, ezt pedig a lakosság követi. Magyarországon jelentős a megújuló energia-potenciál: 2600-2700 (PJ) elméleti és 163 (PJ) gyakorlati értelemben, jelenleg azonban csak 53,8 (PJ) van kihasználva ebből a mennyiségből.

Ismertetésre került a biogáz üzemek környezeti kapcsolatrendszere, illetve maga a technológia, amely alkalmas a biológiai hulladékok ártalmatlanítására, a legtöbb állati hulladék és szerves anyag felhasználására úgy, hogy közben zöld energia termelődik, továbbá az eljárás során keletkező szerves anyag alkalmas a talaj tápanyagutánpótlására környezetkímélő módon. Ezen felül a mezőgazdasági üzemek kiegészítése mellett segíti a vidéken élők foglalkoztatását, a terület korszerűsítését. A biomasszatípusok 3 kategóriája mellett a főbb jellemzőik, felhasználásuk, előnyei és gátló tényezők kerültek ismertetésre.

A villamosenergia-átvételi rendszer kulcsszerepet tölt be hazai és nemzetközi szinten is. Sajnálatos módon Magyarországon a kWh-ra eső átvételi árak jelentősen elmaradnak az EU-s átvételi árártól, így a hazai üzemek különösképpen hátrányos helyzetben vannak.

A biogázelőállítás során a különböző alapanyagok hozamain túl az optimális biológiai folyamat és annak feltételrendszere került ismertetésre, amely bonyolultságából kifolyólag nagy hozzáértést és odafigyelést igényel. Az alapanyag aprítási és előkészítési lehetőségei, a kémiai, fizikai és biológiai előkezelések kerültek bemutatásra. Elengedhetetlen a minél hatékonyabb feltárás elérésére törekedni az eredményes működés érdekében. Az alapanyagok hatással vannak az anaerob elgázosítás technológiájára, ezért ezt javasolt ezek alapján megválasztani. Jellemzően csőfermentor, erjesztőcsatorna, vízszintes fekvő tank és függőleges körtartály formában állítják össze az üzemeket. Az alapanyagfeldolgozás történhet folyamatos- és Batch-üzemmódban.

Magyarország földgáz ellátottsága 95% körüli, ami az Európai Unióban Hollandia után a második legnagyobb lefedettséget jelenti. Ezt érdemes lenne hasznosítani, és élni a biogáz nyújtotta lehetőségekkel. Alapanyag szempontjából hazánkban a mezőgazdasági melléktermékek közül a szalma 2,3-3,7 millió tonna/év, a kukoricaszár és csutka 5,0-6,5 millió tonna/év mennyiségben áll rendelkezésre. A napraforgószár mennyisége 1,0-1,2 millió tonna/év. Ezen

adatok alapján elmondható, hogy sokkal több biogáz üzem is működhetne Magyarországon ezekre az alapanyagokra alapozva.

Az üzemi működésből eredő veszteségek jelentős részére nagy hatással van a karbantartás. A már létesült üzemek esetében nagyon fontos, hogy rendelkezzenek a megfelelő karbantartással. Megkülönböztetünk tervezett-, eseti-, nem tervezett-, megelőző-, időszakos-, állapotfüggő- és javító karbantartást. Kiemelt fontosságú a megbízható működés elősegítése, a hibamentesség, karbantarthatóság. A karbantartásszervezés matematikai, megbízhatósági, minőségi, állapotfüggő és szervezési iskolára csoportosítható folyamat. A karbantartási stratégiák az idők során folyamatosan fejlődtek. Az 1950-es években jellemző eseti-, vagy tűzoltó stratégia napjainkra a TPM teljeskörű hatékony karbantartás szintjére jutott.

A Toyota termelési rendszer, a lean-szemlélet az 1970-es évektől nagy sikereket aratott az autógyártásban. Öt pillére van, amely a lean-filozófia alapját képezi: érték, értékáram, áramlás, húzórendszer, folyamatos fejlesztés. A lean-filozófia két fő alapelve az ember tisztelete és a veszteségek, azaz az értéket nem teremtő lépések eltávolítása minden folyamatból, tevékenységből. A nem megfelelő működést 3 nagy csoportra osztják, ezek a Muda, a Mura és a Muri. A lean-menedzsment folyamatos fejlődésen ment keresztül. Széles eszközzel rendelkezik, amely lefedi a korábbi koncepciókat (JIT, TQM, TPM, AMT) és a munkaerőszervezésre is kiterjed. Bevezetése alapos előkészítést és megfontolást igényel, mert nagyon sok buktatóval és akadállyal kell szembenéznie az erre vállalkozóknak.

Megvizsgáltam a magyarországi megújuló energia és biogáz alakulását az Eurostat rendszeréből gyűjtött adatok segítségével. Lineáris korreláció vizsgálatot végeztem, melynek eredményeként ( $r=0,89$ ) igazán erős pozitív irányú összefüggést fedeztem fel a biogáz és a megújuló energia kapcsolatában Magyarországon.

Az értekezésben a biogáz üzemek problémáival és azok lehetséges megoldásával foglalkozom, legfőként a lean bevezetését tanulmányozza e speciális területen. A lean, mint gyártásszemlélet több iparágban bizonyított már, jelen esetben egy újabb alkalmazási terület kerül górcső alá. Számos problémával kell szembenézniük az üzemeltetőknek, és ez nagyrészt a kivitelezésre vezethető vissza, illetve a technológiából ered. Mivel a biogáz üzemek Magyarországon nem kiemelten támogatottak, ezért különleges odafigyelést igényelnek, és még így sem biztosított a fenntartható, gazdaságos működésük. Az üzemeltetési költségek az évek során fokozatosan, esetenként drasztikusan emelkednek. Az alapanyag folyamatosan drágul, a bevétel jelentős része pedig villamosenergia-termelésből származik, amelynek az átvételi ára csökkent az elmúlt időszakban. A szigorú menetrend, a prognózishoz kötött termelés megsértése további jelentős anyagi terhet jelent. Jelen értekezésben többek között e problémák feltárása és megoldási lehetőségei kerültek bemutatásra a lean-módszer eszközei által.

Értekezésem fő eredménye az általam létrehozott lean-modell, a Biogáz Termelési Rendszer, amely lehetővé teszi a rendszer biogázüzemi gyakorlatba történő bevezetését. Bár nagyon sok mérnöki elemet tartalmaz, a megalapozásakor és a vizsgálatok során mindenkor a tudományos igényesség szabta követelmények alapján jártam el. Új területen kísérleteztem, logikai modellt alkotva, gyakorlati adaptálással, működést tesztelve. Mindezt azért, hogy az eredmények igazolják a várakozást, és ezen kívül a megközelítési mód és modell adaptálható legyen egy, már szimpla mérnöki munkával hasonló tevékenységet folytató biogáz üzemre.

A lean-modell bevezetését a veszteségek feltárásával, a 7 fős veszteség vizsgálatával kezdtem. Ezt követte a VM alkalmazásának bemutatása, majd a karbantartási és üzemeltetési folyamatok vizsgálata az általam lehatárolt Szarvasi Biogáz üzem technológiájának 13 fős egységén. Elkészítettem az üzem értékáram térképét is, melynek alapját az előbbi felosztás képezte. A

problémamegoldás lépései TMP módszerrel az 5M x PQCDM kategóriák figyelembevételével történtek. Minden esetben halszálka diagramot használtam a gyökérokok megkeresésére és az áttekinthetőség érdekében ezeket táblázatba foglaltam.

Megállapításra került, hogy a túltermelési veszteségekre a KÁT rendszer változása vagy a földgázhálózatba történő biometán-betáplálás elősegítése megoldást jelenthet. A várakozási veszteségek esetében a meglévő felügyeleti rendszerek felülvizsgálata, fejlesztése (hiányuk esetében kiépítése), a hibajelenségek pontosabb meghatározása szükséges. Az alapanyag-ellátás javítható a szállítókkal történő szorosabb együttműködéssel. A szállítási veszteségek csökkenthetők a csővezetékrendszer előnyben részesítésével, valamint a szállítási távolságok racionalizálásával. A gyártási veszteségek megszüntetéséhez elengedhetetlen a folyamatok rendszeres ellenőrzése és felügyelete, andon jelzések alkalmazása, standardok kialakítása, poke-yoke, illetve vizuális menedzsment használata a berendezéseken. A készletezési veszteségek esetében a lehetőségekhez mérten az egységesítés, a megelőző karbantartások végzése és a híg alapanyagok használatának racionalizálása hozhat előrelépést. Az 5S bevezetésével csökkenthetők a szükségtelen mozdulatok. A selejt, hulladék megszüntetésére megoldás lehet a folyamatok szabványosítása és e szabványok betartatása, a TPM bevezetése.

Vizsgálataim alapja a Szarvasi Biogáz Erőmű, mivel a biogáz erőművek technológiai felépítése nem tér el jelentős mértékben, ezért az itt kialakított rendszer kisebb javításokkal alkalmazható a többi üzem vizsgálatára is egyaránt. A hibák gyakoriságának vizsgálatára, a varianciaanalízis előtesztjeként homogenitás vizsgálatot végeztem Levene-teszt segítségével. A homogenitás vizsgálat után a nem homogén elemekre Welch-próbát végeztem. A homogén esetekben pedig lefuttattam a varianciaanalízist, és igazoltam, hogy a berendezések váratlan meghibásodásából fakadó veszteségek előfordulásának gyakorisága csökken a lean-menedzsment alkalmazásával. A vizsgálataim kiterjedtek a meghibásodások időtartamának vizsgálatára is, amely során igazoltam, hogy a bevezetett lean-menedzsmenttel a biogáz üzem berendezéseinek rendelkezésre állási ideje növekszik. A hibákra eső idők vizsgálatának esetében is igazolható, hogy a lean-menedzsmenttel szignifikánsan csökken az erőműegységek működési zavarainak elhárítási ideje.

Az biogáz üzemek működése során a termelékenység és a hatékonyság a legfontosabb tényezők. A varianciaanalízis előtesztjeként homogenitás vizsgálatot végeztem Levene-teszt segítségével, majd varianciaanalízissel igazoltam, hogy a biogáz üzem termelékenységének javulását idézi elő a hagyományos munkaszervezési módszerekről a lean-módszerek alkalmazására történő átállás.

Az biogáz üzemek működése során a termelékenység és a hatékonysághoz hasonlóan a másik legfontosabb tényező a karbantartási költségek alakulása. Varianciaanalízissel igazoltam, hogy a biogáz üzemek javítási, karbantartási költségei szignifikánsan csökkennek az általam kidolgozott módszer alkalmazásával.

Végezetül bemutattam a lean-alapú karbantartás hatékonyságát. Az általam bevezetett lean-menedzsment segítségével kockázatok nélkül, biztonságban sikerült kivitelezni a munkálatokat a normál 40 nap helyett 14 nap alatt, ami 65% időmegtakarítást jelent. Ezzel igazoltam, hogy a lean-rendszerben menedzselt biogáz tervezett karbantartási időszükséglete, ezáltal az ebből fakadó termelési kiesés a lean-módszerek alkalmazásával lerövidül.



## 7. SUMMARY

The issue of energy resources in the continuous growth of the population is concerning people increasingly. Though fossil energy resources are running low, biomass expansion gives hope. In particular, the biogas is a versatile, renewable energy source and can be used for thermal power generation as well.

The European Union's energetic goals try to stimulate the use of renewable energy sources and envisaged a 20 % share of use of renewable energy resources by 2020. Studies show that Member States are progressing successfully in the right direction and the majority of them will reach the aim. The research presents the latest EU statistics on renewable energies. The use of these energy resources not only decreases gas emissions that cause greenhouse effect but promotes the diversification of energy supply of crude oil and natural gas dependency on market.

The National Energy Strategy 2030 program was presented, with aims to increase the share of renewable energy resources in line with EU energy policy. Its three pillars are: competitiveness, sustainability and security of energy supply. During the examination of the distribution of electricity production it can be seen that the use of fossil fuels still dominates. In the energy sector, industry is outstanding, followed by population. Hungary's potential of renewable energy is significant 2600-2700 (PJ) theoretically and 163 (PJ) in practice, however, currently 53.8 (PJ) is used only and the rest has not yet been exploited.

Biogas plants' environmental relations and its technology itself have been described and explained, being suitable for the disposal of biological waste, the majority of animal waste and the use of organic material, thus, generating green energy. Moreover, organic material is generated in the process, which is suitable for soil nutrient supply in an environmentally friendly way. It also helps the employment of the rural population, while completing the modernization of agricultural holdings. In addition to the three categories of major types of biomass, their characteristics, uses, advantages and impediments have been described.

The power feed system plays a key role on both national and international level. Unfortunately, in Hungary the purchase prices per kWh are considerably below the EU prices, so domestic plants are in a particularly disadvantaged state.

During the production of biogas, beyond the returns of various raw materials the optimal biological process and its condition-system was presented, which requires great skill and care, due to its complexity. The chopping and preparation possibilities of the raw material, including chemical, physical and biological pre-treatment were presented. It is essential to strive to achieve the most efficient exploration to gain successful operation. The raw materials affect the anaerobic gasification technology, therefore it is recommended to choose on the basis of them. Plants are compiled in the form of fermenter pipes or fermenting sewers, horizontal tanks and vertical circular container.

Hungarian natural gas supply is around 95%, which has the second largest coverage in the European Union after the Netherlands. Regarding materials, the available amount of agricultural products are: 2.3 to 3.7 million tons / year of straw, corn stalk and cob 5.0-6.5 million tons / year in our country. The amount of sunflower stem is 1.0-1.2 million tons / year. Based on these data, it can be said that much more biogas plant could be operated in Hungary.

Maintenance operations have a big impact on a substantial proportion of losses. In the case of already established plants it is very important to have a proper maintenance. We distinguish between planned, ad hoc, unplanned, preventive, periodic repair and condition-based maintenance. A key priority is to promote the reliability, error-free maintenance. The maintenance organization can be categorized into mathematics-, reliability-, quality- and condition-based processes. The ongoing maintenance strategies have evolved over time. The typical 1950s fire or ad hoc strategies have reached the level of TPM Total Productive Maintenance by now.

The Toyota production system, the lean-approach has been having a great success since the 1970s in car industry. It has five pillars, based on the lean philosophy are: value, value stream, flow, pull systems and continuous improvement. Two main principles of the lean-philosophy are the respect for humanity and losses, meaning the removal of non-value creating steps from each process and activity. Improper operations are divided into three major groups: Muda, Mura and Muri. The lean-management has been continuously evolving. It involves a wide range of tools which cover the earlier concepts (JIT, TQM, TPM, AMT) and is extended to labor organization. Its introduction requires careful preparation and consideration, because a lot of pitfalls and obstacles has to be faced for those who undertake this mission.

I studied the changes of renewable energy and biogas in Hungary using the system of Eurostat data collection. Linear correlation test was performed, and as a result ( $r = 0.89$ ), I discovered a really strong positive correlation in the connection of biogas and renewable energy in Hungary.

I studied the problems and possible solutions of dealing with biogas plants, mainly the introduction of lean studying in this specific area. The lean manufacturing approach has been demonstrated in several industries, in this case a new application area will be examined. Many operators are facing problems that are largely attributable to the implementation, which derives from the technology. Since biogas plants in Hungary are not particularly supported, special consideration and attention is required, still, a sustainable, economical operation is not provided yet. Operating costs have been rising gradually, sometimes even dramatically over the years. The raw material prices go up steadily, a substantial part of the income is derived from electricity production, of which prices have decreased recently. The strict schedule, the violation of the forecast of production means a significant additional financial imposition. In the present study, exploration and potential solutions to these problems are presented through of the lean-method's implementations.

The main result of my dissertation is the lean model I have created, the Biogas production system that helps to take the system into practice. It contains many elements of engineering, but the foundation and in the tests I was carrying out my research on the basis of the scientific requirements determined by intensity at all times. I experimented on a new field to form a logical model, practical adaptation, testing its functionality. Thus, if the results confirm the expectations, the approaches and models can be adapted to similar biogas plants working with simple engineering techniques.

The introduction of the lean model was started with exploring the losses, examining the loss of seven employees. This was followed by inspection of the maintenance and operation of the processes on Szarvas biogas plant technology unit. I prepared the plant value stream map, based on the former given divisions. The problem solving method was carried out by following the TPM method, taking the 5M x PQCDMS categories into account. In all cases, fishbone diagrams were used to locate the root causes, and they are summarized in charts to keep an overview.

I allocated that changing the KÁT system or the intake of biomethane into the gas system could solve overproduction losses. In case of expectancy losses, defining of existing monitoring systems, development and error reports are necessary. Raw-material supply can be improved by closer cooperation with suppliers. Transmission losses can be reduced by prioritizing the piping system and rationalizing transport distances. In order to eliminate production losses it is essential to carry out regular monitoring and application of surveillance and design standards. In case of inventory losses, taking the possibilities into consideration, preventive maintenance and rationalizing of dilutive raw materials can result a progress. Unnecessary movements can be reduced with the introduction of the 5S. The elimination of scrap and waste can be a solution to standardization and enforcing these standards, along with the introduction of TPM processes.

The basis of my research was the Szarvas biogas plant, as the technological structure of the biogas plant does not differ significantly. For that reason, it can be applied to other plants with smaller corrections as well. In order to examine the frequency of errors, homogeneity test (Levene-test) was performed as a pre-test for the variance test. After the test, I ran the variance analysis test, and proved that unexpected equipment failures can be reduced more by using the Lean-management in opposition to the traditional management. The investigations covered the period of failures, during which I proved that the lean methodology reduces the duration of errors.

During operation of the biogas plant productivity and efficiency is a key factor. Homogeneity test (Levene-test) was performed as a pre-test for the variance test, then I proved with variance analysis that biogas plant efficiency, productivity is significantly improved by the use of lean methods. The other major factor is the maintenance cost. Variance analysis proved that repairing and maintenance costs of the biogas plant can be significantly reduced.

Finally, I presented the efficiency of the lean-based maintenance. Using lean management without risk, managed to carry out the work in 14 days safely instead of the normal 40 days, which means a 65% rate of time saving. This can prove that biogas plants' maintenance processes managed by the lean system can be performed in shorter time, thus reducing the operating loss of near production.





## 8. MELLÉKLETEK

### M1. Irodalomjegyzék

1. ACKER VAN R., VANHOLME V. B. R. (2010): "Potential of Arabidopsis systems biology to advance the biofuel field," *Trends in biotechnology*, vol. 28, number 11., pp.:543–588, November 2010.
2. AGRÁRÁGAZAT (2012)  
<http://www.pointernet.pds.hu/ujzagok/agraragazat/2012/08/2012090523063052500000685.html> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: biogázüzemek Magyarországon. Lekérdezés időpontja: 2016.11.09.
3. AJANOVIC A. (2010): Biofuels versus food production Does biofuels production increase the food prices? – In: Energy, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.705.8989&rep=rep1&type=pdf> pp. 1-7. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Biofuels versus food production. Lekérdezés időpontja: 2016.05.19.
4. ANCZA E., BAKOSNÉ DIÓSZEGI M., HORVÁTH M. (2014): Hydrodynamic cavitation device that makes straw cults suitable for efficient biogas production. pp. 572–576, Malaysia, Kuala Lumpur, Applied Mechanics and Materials.
5. BACHMANN N. (2013): Design and engineering of biogas plants, in: Wellinger, A., Murphy, J., Baxter, D. (Eds.), *The biogas handbook*. Woodhead Publishing Limited: [S.l.], pp. 191–211.
6. BAI A. (szerk) (2007): *A biogáz*, Budapest, Száz Magyar Falu Könyvesháza Kht., pp 284.
7. BAI A. (2002): *A biomassza felhasználása*, Budapest, Szaktudás Kiadó Ház, ISBN 9639422460. pp. 226.
8. BAGI Z. (2008): *Biogáz fermentáló rendszerek hatékonyságának mikrobiológiai fokozása*. Doktori értekezés. SzTE.
9. BAKOSNÉ DIÓSZEGI M.; HORVÁTH M.; SZIGETI M. (2013): *Biogáz alapanyag előkezelés technológiák*. Budapest, Óbudai Egyetem, p.100. 978–615–5018–95–4.
10. BALOGH Á., BOGNÁR F., GAÁL Z., SZENTES B. (2010): Kikből lesznek a jövő karbantartói? in: Balogh Á. (szerk.): *A karbantartás kihívása – A tudástőke felértékelődése nemzetközi konferencia kiadványa*, Veszprém, pp. 215-224.
11. BAMBER C.J., SHARP J.M. AND HIDES M.T. (1999): Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: A UX manufacturing case study perspective, *Journal of quality in maintenance engineering*, 5 (3), pp. 162-181
12. BÉKÉSI B. (2007): *A megbízhatóság leggyakrabban használt mérőszámai*. Repüléstudományi közlemények. Különszám 2007.április 20.
13. BENJAMIN et al. (1984): Anaerobic toxicity and biodegradability of pulp mill waste constituents, *Water Res.*, pp.: 601–607,

14. BÖHNKE B., BISCHOFBERGER W. UND SEYFRIED C.F. (1993): Anaerobtechnik: Berlin Springer. Verlag. pp.: 701
15. BÖRJESSON, P., MATTIASSON, B. (2007): Biogas as a resource-efficient vehicle fuel. Trends in Biotechnology Vol.26 No.1 p.8-13.
16. Biogáz erőművek Google térkép (2016): [https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=11b82Bt0Rx271VcVAAdfihzYPSrc&hl=en\\_US](https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=11b82Bt0Rx271VcVAAdfihzYPSrc&hl=en_US) 2016) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Biogáz erőművek Google térkép. Lekérdezés időpontja: 2016.04.21.
17. BITTON G. (1994): Anaerobic digestion of wastewater and sludge. Wastewater Microbiology. Wiley-liss. New York. 229-245.
18. BOBLTER O. (1994): Hydrothermal degradation of polymers derived from plants, Prog. Polym.Sci, 19 pp.:797–841.
19. BOGNÁR F. (2010): The role of maintenance strategies in inter-corporate cooperations. in: Proceedings of the 38th ESReDA Seminar on Advanced Maintenance Modelling, Session 7/1
20. BOGNÁR F. et al. (2010): Karbantartási stratégiák szerepe a vállalatközi együttműködésben. in: XXII. Nemzetközi Karbantartási Konferencia kiadványa; A karbantartás kihívása – A tudástőke felértékelődése; pp. 225-236. Veszprém.
21. BOGNÁR F., GAÁL Z. (2011): Rethinking business process maintenance related to corporate culture. Problems of Management in the 21st Century, Vol. 1., Issue 1. pp. 16-25.
22. BOGNÁR F., GAÁL Z. (2013): A beszállítói kapcsolatok megbízhatósági és karbantartási konzekvenciái. Vezetéstudomány, XLIV. évf. június, különszám, pp. 14-21.
23. BÖRJESSON P., MATTIASSON B. (2007): Biogas as a resource-efficient vehicle fuel. Trends in Biotechnology Vol.26 No.1 p.8-13.
24. British Standards Institution, (1993): British Standard Glossary of term used in Terotechnology BS 3811 (4thed.), BSI: London, UK
25. CATELANI M., GORI M. (1996): On the Application of Neural Networks to Fault Diagnosis of Eletronic Analog Circuits. Measurement, Vol. 17. Issue. 2. pp. 73- 80.
26. CATELANI M., GIRALDI S. (1999): A Measurement System for Fault Detection and Fault Isolation of Analog Circuits. Measurement. Vol. 25. No. 2. pp. 115-122.
27. CATELANI M., FORT A. (2000): Fault Diagnosis of Electronic Analog Circuits Using a Radial Basis Function Network Classifier. Measurement, Vol. 28. Issue 3. pp. 147-158.
28. CHOI H.B., HWANG K.Y., SHIN E.B. (1997): Effect on aerobic digestion of sewage sludge pretreatment, pp.: 207–211, Water Sci. Technol, 35 (10)

29. DARWIN C. (1859) [http://www.rubicon.hu/magyar/oldalak/1859\\_november\\_24\\_megijelenik\\_a\\_fajok\\_eredete/](http://www.rubicon.hu/magyar/oldalak/1859_november_24_megijelenik_a_fajok_eredete/) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Darwin fajok eredete. Lekérdezés időpontja: 2016.11.12.
30. DAVIES C., GREENOUGH RM (2000), The use of information systems in fault diagnosis, 16th National conference on manufacturing research, London, (U.K.), pp. 37-42
31. DAVIES C., GREENOUGH RM (2001), Maintenance survey: Identification of lean thinking within maintenance, 17th National conference on manufacturing research, Cardiff, (U.K), pp. 37-42
32. DE GROOTE P. (1999): Maintenance performance analysis: A practical approach, Journal of quality in maintenance engineering, Vol. 1(2), pp 4-24
33. DEMING W. E. (2014): <https://blog.deming.org/2014/01/standard-work-instructions-are-continually-improved-they-are-not-a-barrier-to-improvement/> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Deming standard work. Lekérdezés időpontja: 2016.11.16.
34. DUEBLEIN D., STEINHAUSER A. (2008): Biogas from Waste and Renewable Resources. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
35. DÚLL S. (1996): Emberi tényezők, vezetési módszerek, biztonságos munkavégzés és karbantartás. Gépgyártástechnológia, 36. évf. 4. sz. pp. 10-13.
36. DIÓSSY L. (2007): Megújuló energia felhasználásának esélyei és lehetőségei, Kereskedelmi és Iparkamara. 2007. Június 6. Sopron.
37. DOHANYOS M., ZABRANSKA J., JENICEK P. (1997): Enhancement of sludge anaerobic digestion by using of a special thickening centrifuge, pp: 145–153, Water Sci. Technol., 36 (11).
38. DÖMÖTÖR F. (szerk.) (2008): Rezgésdiagnosztika. I. kötet. Dunaújvárosi Főiskola Kiadói Hivatala, Dunaújváros
39. DÖMÖTÖR F. (szerk.) (2010): Rezgésdiagnosztika. II.kötet. Dunaújvárosi Főiskola Kiadói Hivatala, Dunaújváros
40. DTI, (1991; 1996, reprint), Optimising plant availability - An executive guide to effective maintenance, UK
41. EBA (2015): Biomethane & biogas report, European Biogas Association 2015 december Brussels pp. 36.
42. EDER B., SCHULZ H. (2006): Biogas Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit. Ökobuch-Verlag. Freiburg.
43. Elsődleges megújuló energiák Eurostat <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/mapToolClosed.do?tab=map&init=1&plugin=1&language=en&pcode=ten00081&toolbox=types> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: eurostat primary energy production. Lekérdezés időpontja: 2016.08.02.

44. Energia Központ Kht. Honlapja (2016): [www.energiakozpont.hu](http://www.energiakozpont.hu) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: energiaközpont. Lekérdezés időpontja: 2016.09.10.
45. Energiapolitika (2015) Luxemburg, az Európai Unió Kiadóhivatala, 2015 ISBN 978-92-79-42199-0
46. ENCYCLOPEDIA BRITANNICA 2016: <https://www.britannica.com/topic/Total-Quality-Control> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Total Quality Control britannica. Lekérdezés időpontja: 2016.12.20.
47. ENNA (2016): <https://enna.com/products/improvement-for-standard-work-poster/> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: standard work enna. Lekérdezés időpontja: 2016.12.15.
48. ERDEI J., KÖVESI J., TÓTH ZS. E. (2011): A karbantartás szerepe és fejlődése. in: Kövesi J. (szerk.) Minőség és megbízhatóság a menedzsmentben. Typotex, Budapest. pp. 91-101.
49. EU bizottsági közlemény (2011) <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0885&from=HU> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: EUR lex European law. Lekérdezés időpontja: 2016.07.23.
50. Eurostat toe [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Tonnes\\_of\\_oil\\_equivalent\\_\(toe\)](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Tonnes_of_oil_equivalent_(toe)) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Eurostat toe. Lekérdezés időpontja: 2016.07.20.
51. FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. (2013): Leitfaden Biogas. Von der Gewinnung zur Nutzung, 6th ed. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Gülzow. 244 p.
52. FEIGENBAUM V. A. (2013): <http://www.feigenbaumfoundation.org/about/dr-armand-v-feigenbaum/> 2016.12.21 Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Feigenbaum. Lekérdezés időpontja: 2016.07.23.
53. FUCHS W., HOLUBAR P., BRAUN R. (2009): Mikrobielle Grundlagen umweltbiotechnologischer Verfahren. BOKU. IFA-Tulln. Előadás. 2009.03.30.
54. FUTÓ Z. (2012): A mezőgazdasági melléktermékek biomassza célú hasznosításának lehetőségei Magyarországon. XIII. Nemzetközi Tudományos Napok, Gyöngyös. 337-344. p.
55. GAÁL Z., HAUSZMANN J. (2006): Lágymű eljárások alkalmazása a karbantartási döntések kimenetelének előrejelzésében. Vezetéstudomány 32. évf. 11. szám, pp. 33-50.
56. GAÁL Z., KOVÁCS Z. (2002): Megbízhatóság, karbantartás. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém
57. GAÁL Z., SZABÓ L., DANCSECZ G. (2008a): Értékközpontú karbantartási projektmenedzsment. in: Balogh, Á. (szerk.) A karbantartás fókuszában: Érték, költség, versenyképesség nemzetközi konferencia kiadványa, Veszprém, pp. 169- 176.

58. GAÁL Z., SZABÓ L., O. KOVÁCS Z. (2008b): Karbantartási kultúra – A karbantartás és a kultúra összefüggései. in: Balogh, Á. (szerk.) A karbantartás fókuszában: Érték, költség, versenyképesség nemzetközi konferencia kiadványa, Veszprém, pp. 176-182.
59. GARROTE, G., DOMINGUEZ, H., PARAJO, J.C. (1999): Hydrothermal processing of lignocellulosic materials. Holz Als Roh-und Werkst., 57, pp.:191–202.
60. GERGELY S. (2010): Megújuló energiák könyve. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 340. p. ISBN 978-963-9935-53-2
61. GERGELY S. (2010): Megújuló energia – kitörési lehetőség a szegénységből. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 292. p. ISBN 978-963-9935-54-9
62. GERGELY S., NÉMETHY S. (2010): Zöld gazdaság és az Új Széchenyi Terv. Fenntartható energiagazdálkodás. Tudományos Konferencia, Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös. 80-84. p.
63. GRAF W. (1999): Kraftwerk Wiese. Strom und Wärme aus Gras. Books on Demand.
64. GREENOUGH R. M. (1999): The Use of Hypermediato Support Team Based Maintenance of Manufacturing systems, Ph.D. Thesis: School of industrial and manufacturing science, Cranfield University, U.K.
65. GREGASZ T. (2009): 8D probléma megoldási és minőségfejlesztő módszer [http://rkk.uni-obuda.hu/mts/letoltesek/beszallitoi.../ea\\_8d\\_2009\\_v1.pdf](http://rkk.uni-obuda.hu/mts/letoltesek/beszallitoi.../ea_8d_2009_v1.pdf) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Gregasz 8D. Lekérdezés időpontja: 2016.08.30.
66. GRUBER W. (2007): Biogasanlagen in der Landwirtschaft. Aid infodienst. Verbraucherschultz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. Bonn. 1453.
67. GYURICZA CS. (2010): Energia biomasszából: esély vagy átok? <http://www.farmit.hu/sites/default/files/GyurizaCs.pdf> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Gyuricza biomassza. Lekérdezés időpontja: 2016.04.26.
68. HADABÁSNÉ SZIGETHY GY. (2008): Egyéb hulladékkezelési folyamatok, Magyarország, NSZFI, A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv TÁMOP 2.2.1 08/1–2008-0002.
69. HÁGEN I. ZS. (2009): A kontrolling alkalmazásának előnyei a magyar kis- és középvállalkozásoknál, Gazdálkodás 23. sz. (64. p.)
70. HÁGEN I. ZS., MAGYARY I. (2008): A biobrikett mezőgazdasági előállítás és felhasználásának lehetőségei. Gazdálkodás folyóirat, 52. évf. 1. sz. 83-86. p.
71. HAJDÚ. J. (2009): Alternatív energiatermelés a gyakorlatban, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő 170.
72. HARTMANN, E. H. (2007): TPM: Effiziente Instandhaltung und Maschinenmanagement. Finanzbuch Verlag, München.

73. HAUSZMANN J. (2007): Kockázat és megbízhatóság a karbantartás – menedzsmentben; „A karbantartás fókuszában: Minőség-Hatékonyság-Rendelkezésreállítás” XIX. Nemzetközi Konferencia Kiadványa, Veszprém, pp. 19-34.
74. HAVAS A. (1996): „A kicsi, a nagy, a szikár és az agilis. - Az ipari termelési rendszerek összehasonlítása”. *Vezetéstudomány* 27 (12): 23–32.
75. HEGEDŰS CS., KOSZTYÁN ZS. T. (2010): Treating Measurement Uncertainty in Maintenance Related Decisions, 38th ESReDA Seminar on Advanced Maintenance Modelling, Pécs, 4-5 May, Session 7/3
76. HEGEDŰS CS., KOSZTYÁN ZS. T. (2011): The Consideration of Measurement Uncertainty in Forecast and Maintenance Related Decisions. *Problems of Management in the 21st Century Vol. 1.* pp. 46-59.
77. HELMECZI B. (2005): *Mezőgazdasági Mikrobiológia.* DE Agrártudományi Centrum. MTK. Debrecen, 456.
78. HENDKS, A.T.W.M., ZEEMAN, G. (2009): Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. 100 pp.: 10–18, *Bioresource Technology*,
79. HINES P., HOLWEG M., RICH N. (2004): „Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking”. *International Journal of Operations & Production Management* 24 (10): 994–1011.
80. HÓDI J. (2006): *Biogáz Technológiák.* Energoexpo Konferencia. Megújuló Energiák: Biogáz. 2006.09.26.-27. Budapest.
81. HOLWEG M. (2007): „The genealogy of lean production”. *Journal of Operations Management* 25 (2): 420–437.
82. HOKSTAD P. (1997): The Failure Intensity Process and the Formulation of Reliability and Maintenance Models. *Reliability Engineering and System Safety.* Vol. 58. Issue 1. pp. 69-82.
83. HORVÁTH CS. (2007): A karbantartás-szervezés tudományos aspektusairól. in: Kovács Z., Szabó, L. (szerk.): *Menedzsment a XXI. században.* Veszprém, pp. 145-153.
84. HORVÁTH CS. (2010): Törekvések a karbantartás megbízhatóságának növelésére a vállalati kultúra fejlesztésével. in: Balogh Á. (szerk.): *A karbantartás kihívása – A tudástőke felértékelődése nemzetközi konferencia kiadványa,* Veszprém, pp. 280- 284.
85. HORVÁTH CS. (2011): Jöjjön a szerviz! (A külső karbantartás igénybe vételének szempontjai). in: Balogh Á. (szerk.): *Új utak és kihívások a karbantartásban nemzetközi konferencia kiadványa,* Veszprém, pp. 49-56.
86. HORVÁTH CS. (2012): Merre tart Európa? – Az Euromaintenance 2012 üzenetei. in: Balogh Á. (szerk.): *Karbantartás a hatékonyság és fenntarthatóság szolgálatában nemzetközi konferencia kiadványa,* Veszprém, pp. 243-245.
87. HORVÁTH M, BAKOSNÉ DIÓSZEGI M. (2012): Biogáz hozam növelése kavitációs mező alkalmazásával Románia, Erdély, Kolozsvár, OGÉT, 2012.04., ISSN 2068–1267.

88. HORVÁTH M, BAKOSNÉ DIÓSZEGI M. (2011): Kavítációs mező előállítása szonokémiai reakciókhoz, Románia, Erdély XIX. Nemzetközi Gépészeti Találkozó Konferencia-kiadványa, 2011. április, pp.: 168–171 ISSN 2068–1267.
89. HUSBAND T.M. (1976): Maintenance management and terotechnology, Saxon House publications
90. JENEI I. (2009): A lean elvek alkalmazása az egészségügyi folyamatok fejlesztésében. Budapesti Corvinus Egyetem, Vállalatgazdaságtan Intézet Műhelytanulmány sorozat, 110. műhelytanulmány. Elérhető: <http://edok.lib.uni-corvinus.hu/305/01/Jenei110.pdf> letöltve 2016-02-10
91. JÓNÁS T., KÖVESI J. (2009): Értékelőfüggvények a megbízhatóság alapú menedzsmentben. Minőség és Megbízhatóság, 43. évf. 6. sz.. pp. 311-320.
92. KALTSCHMITT M., HARTMANN H. (2001) Energia biomasszából. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. Biogashandbuch. 2004. (*info.fh-wels.at*)
93. Karbantartási stratégiák fejlődése  
<http://www.delta3n.hu/gepvedelem/karbantartasi-strategiak-fejlodese> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: karbantartási stratégiák. Lekérdezés időpontja: 2016.05.06.
94. KARLSSON C., AHLSTROM P. (1996): Assessing change towards lean production. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16 No. 2 1996, pp. 24-41
95. KÁRPÁTI Á. (2002): Komposztálás. Szennyvíziszap rothasztás és komposztálás. Ismeret- gyűjtemény. No. 6. Veszprémi Egyetem, Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszék.
96. KARPENSTEIN-MACHEN M. (2005): Energiepflanzenbau für Biogasanlagenbetreiber. DLG-Verlag. Frankfurt am Main.
97. KELEMEN T. (2009): A lean management megvalósításának jellegzetes problémái. Vezetéstudomány 40 (Special Issue): 62–67.
98. KISARI K. (2017): Leanmódszertan-alapú veszteségfeltárás a biogáztermelés területén. Gazdálkodás 61. évfolyam 1. szám, pp. 56-67.
99. KISARI K. CSERNÁK J. TAKÁCS I. (2011): Synergy of integrated enterprise resource planning with economic related geographic information system HUNGARIAN AGRICULTURAL ENGINEERING 2011:(23) pp. 22-24. (2011)
100. KISDEÁK L. (2011): Miért és hogyan befolyásolják az autógyárak a fogyasztói szokásokat? in: Balogh, Á. (szerk.) Karbantartás a hatékonyság és a fenntarthatóság szolgálatában nemzetközi konferencia kiadványa, Veszprém, pp. 17-24.
101. KISDEÁK L. (2012): Kenőanyagok és a nanofizika. in: Balogh, Á. (szerk) Új utak és kihívások a karbantartásban nemzetközi konferencia kiadványa, Veszprém, pp. 1-8.
102. KLEEMANN M., MELIB M. (1993): Regenerative Energiequellen, 2., völlig neu überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

103. KLEIN J., WINTER J. (2000): Biotechnology. vol. 11c. Environmental Processes III. Solid waste and Waste gas treatment, Preparation of drinking water. In: Rehm. H.-J., Reed, G., Pühler, A., Stadler, P. (series eds.). Wiley-VCH Verlag GmbH.
104. KOHLHEB N. (et al.) (2010): A megújuló energiaforrások foglalkoztatási hatásának meghatározása Magyarországon. ESSRG, Budapest, 59 p.
105. KOLTAI T. (2009): Termelésmenedzsment. Budapest: Typotex.
106. KOSZTYÁN ZS. T., HEGEDŰS CS. (2010): Computer aided diagnostic methods to forecast condition-based maintenance tasks. International Joint Conference on Computer, Information and System Sciences and Engineering (CISSE 10) - International Conference on Industrial Electronics, Technology & Automation (IETA 10), 3-12 December
107. KOSZTYÁN ZS. T., KOVÁCS Z., CSIZMADIA T. (2007): Mérési bizonytalanság kezelése statisztikai folyamatirányítással. in: Balogh Á. (szerk.): A karbantartás fókuszában: minőség – hatékonyság – rendelkezésre állás. I. kötet, pp. 1-18.
108. KOVÁCS A. (2007): Az EU megújuló energia politikája: célkitűzések és realitások. III. Biogáz Konferencia. Budapest.
109. KOVÁCS A., FUCHSZ M. (2007): Biogáz Magyarországon: Egy növekvő piac perspektívái. Első Magyar Biogáz Kft. 2007. április 27. Pécs ([www.ddkkk.pte.hu/~bnemet/KorFiz-PPT/Expo-KovacsA-EMBK-070427.ppt](http://www.ddkkk.pte.hu/~bnemet/KorFiz-PPT/Expo-KovacsA-EMBK-070427.ppt))
110. KOVÁCS K. et al. (2012): Biometán. Szegedi Tudományegyetem, TTIK, Biotechnológia Tanszék, Szeged. 2012
111. KOVÁCS L. K., BAGI Z. (2007): A biogáz. (szerk.: Bai A.) Száz magyar falu könyvesháza Kht. Budapest. 37-48.
112. KOVÁCS Z. (2004): „A korszerű termelési rendszerek sajátosságai A hatékonyabb gyárak titka”. Harvard Business manager 6 (4): 62–69.
113. KOVÁCS Z., PATÓ GÁBORNÉ SZŰCS B., PATÓ G. (2008): A karbantartás munkaterület feladat és kompetencia elvárásai – Egy kutatás előzetes eredményei. in: Balogh, Á. (szerk.) A karbantartás fókuszában: Érték, költség, versenyképesség nemzetközi konferencia kiadványa, Veszprém, pp. 190-204.
114. KÖVESI J. (1996): A TPM értelmezése és gyakorlata. Gépgyártástechnológia, évf. 36. sz. 4. pp. 23-24.
115. KÖVESI J. (2003): Megbízhatósági és gazdasági elemzések a TPM programok keretében. in: Gaál Z. (szerk.): Tudásbázisú karbantartás. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, pp. 41-62.
116. KÖVESI J. (szerk) (2011): Minőség és megbízhatóság a menedzsmentben. Typotex Kiadó, Budapest



117. KÖVESI J., NÉMETH I., PAPP L., SZABÓ G. (1987): Termelő berendezések megbízhatóság alapú karbantartása. Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest
118. KRAFCIK J. F. (1988): „Triumph of the Lean Production System”. *Sloan Management Review* 30 (1): 41–52.
119. LÁNG I. (1985): A biomassza hasznosításának távlatai. Akadémiai székfoglaló. 1985. december 4.
120. LAWRENCE A. W., MC CARTY P. L. (1964): (In: Kárpáti, 2002). The effect of sulphides on anaerobic treatment. In Proc. of the 19th Ind. Waste Conf., Purdue Univ. Engineering Extension Series. 117. 343-357.
121. LEAN LEXICON (2016): <http://www.lean.org/lexicon/plan-do-check-act> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: PDCA. Lekérdezés időpontja: 2016.12.11.
122. Lean szótár (2015): <http://leanszotar.hu/page.php?22> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: 4M lean. Lekérdezés időpontja: 2016.05.11.
123. LEIGHTON, T. G. (1994): The acoustic bubble, London: Academic, pp.: 531–551.
124. LEGER J. B., IUNG B., DE BECA F., PINOTEAU J. (1999): An Innovative Approach for Nem Distributed Maintenance System: Application to Hydro Power Plants of the REMAFEX project. *Computers In Industry*. Vol. 38. Issue 2. pp. 131-148.
125. LEWITT J. (2009): The Handbook of Maintenance Management. Second Edition. Industrial Press, New York
126. LEWITT J. (2010): TPM Reloaded. Industrial Press, New York
127. LI, LYNN LING X. (2000) „Manufacturing capability development in a changing business environment”. *Industrial Management & Data Systems* 100 (6): 261–270.
128. LIKER J. (2003): The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill. (p. 28, 29, 33)
129. LIKER J. K. (2008): A Toyota-módszer – 14 vállalatirányítási alapelv. HVG Kiadó Zrt., Budapest.
130. LIU C., WYMAN C.E. (2003): The effect of flowrate of compressed hot water on xylan, lignin and total mass removal from corn stover, *Ind. Eng. Chem. Res.* 42, pp.:5409–5416.
131. LOSONCI D., DEMETER K., JENEI I. (2010): „A karcsú (lean) menedzsment hatása a vállalati versenyképességre”.
132. LUCK W.S. (1956): Now you can really measure maintenance performance, *Factory managemet and maintenance*, Vol. 114(1), pp.81-86

133. MAGDA R. (2010): A természeti erőforrások optimális használata. In: Vidékgazdaságtan I. (szerk.: Magda R. – Marselek S.) Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 47-51. p.
134. MAGDA R. (2011): A megújuló energiaforrások szerepe és hatásai a hazai agrárgazdaságokban. Gazdálkodás, 55. évf. 6. sz. 575-588. p.
135. Magyar Energia Hivatal (2010): A biomassa, mint erőművi tüzelőanyag keresletének, kínálatának, valamint árának 2010-2020 időszakra vonatkozó éves előrejelzése. KPMG Tanácsadás. Jelentés. 1-98. p.
136. MAKRA E. (1988): JIT vezetési perspektíva. Budapest: Ipari Informatikai Központ. Marosán, György. 2003. „A verhetetlen minőség (A Toyota sztori)”. Munkaügyi Szemle 47 (7-8): 32–33.
137. MARQUES DE SÁ J. (2007): Applied Statistics Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R (Second Edition). Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
138. MASAOKI I. (1986): Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success. by Irwin/McGraw-Hill (p. 3, 13, 43, 55, 146, 158, 159)
139. MBE Magyar Biogáz egyesület <http://www.biogas.hu/1/frameset> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: biogáz egyesület. Lekérdezés időpontja: 2016.05.23.
140. MECHEFSKE C. K., WANG Z. (2003): Using Fuzzy Linguistics to Select Optimum Maintenance and Condition Monitoring Strategies. Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 17. No. 2. pp. 305-316.
141. Megújuló energia előrehaladási riport - Renewable energy progress report Brussels, 16 June 2015
142. Megújuló energia statisztika 2016 – Renewable energy statistics 2016 [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable\\_energy\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Renewable energy statistics. Lekérdezés időpontja: 2016.06.19.
143. MEKH (2016) [http://www.mekh.hu/download/3/7a/10000/kat\\_arak\\_megujulo\\_hulladek\\_2008\\_2016.xlsx](http://www.mekh.hu/download/3/7a/10000/kat_arak_megujulo_hulladek_2008_2016.xlsx) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: kat megújuló árak. Lekérdezés időpontja: 2016.08.12.
144. MEKH (2015)  
Biogáz Magyarországon és Európában 2015.április 23. Kecskemét
145. DE MENEZES L. M., WOOD S., GELADE G. (2010) „The integration of human resource and operation management practices and its link with performance: A longitudinal latent class study”. Journal of Operations Management 28 (6): 455–471.
146. Metar 2011 [www.metar.hu/NFM\\_11975\\_METAR\\_koncepcio.doc](http://www.metar.hu/NFM_11975_METAR_koncepcio.doc) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: metár koncepció. Lekérdezés időpontja: 2016.09.07.
147. MEULEN VAN DER M., KOORNNEEF F. (2002): Safety, Reliability and Security of Industrial Computer Systems. Safety Science. Vol. 40. Issue 9. pp. 715-717.

148. MÉZES L. (2007): Hogyan termelhető állati hulladékból biogáz? Mindentudás egyeteme előadássorozat X. szemeszter. 2007.03.19.
149. MÉZES L. (2011): Mezőgazdasági és élelmiszeripari biogáz-termelés optimalizálása Doktori értekezés DE
150. MÉZES L., BÍRÓ T., HUNYADI G. (2007): Sertéstelepek biogáz-ellátásának egy lehetséges technológiai alternatívája. Országos Környezetvédelmi Konferencia. Tanulmánykötet. Balatonfüred. 68-76.
151. MÉZES L., BÍRÓ T., TAMÁS J. (2008): Results of biogas production experiments based on agricultural and food industry wastes. Tamás J., Csépi N.I., Jávor A. (szerk.) "Natural resources and sustainable development." Acta Agraria Debreceniensis. Supplement. 297-303.
152. MOBLEY R. K., HIGGINS L. R., WICKOFF D. J. (2008): Maintenance Engineering Handbook. Seventh Edition, McGraw-Hill, New York
153. MONDEN Y. (1983): Toyota Production System – Practical Approach to Production Management. Industrial Engineering and Management Press, Norcross, Georgia USA
154. NACH I.W., et al. (2000): Mechanical mechanical pretreatment of waste activated sludge for anaerobic digestion process, pp.: 2362–2368, Water res., 34 (8)
155. NAGY E. (1991): „Integrált termelés-tervezési, termelésirányítási rendszerek”. Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem, Vállalatgazdaságtan Tanszék.
156. NAGY J., GÓCZI I., SINÓROS-SZABÓ B. (2008): A bioenergia előállítás komplex rendszere Mag Kutatás, Fejlesztés és Környezet. 2008.09-10. 40-44.
157. NAKAJIMA S. (1988): Introduction to TPM: Total Productive Maintenance, Productivity Press
158. NAKAJIMA S. (1989): TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance. Productivity Press, New York
159. NEMES CS. (2015): A megújuló energiaforrások hazai helyzete és jövője. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, MET napok. Budapest, 2015. november 19. [http://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2015/01\\_NemesCs.pdf](http://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2015/01_NemesCs.pdf)  
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Nemes megújulók helyzete. Lekérdezés időpontja: 2016.08.15.
160. Nemzeti energiastratégia 2030: <http://2010-2014.kormany.hu/download/4/f8/70000/Nemzeti%20Energiastratégia%202030%20teljes%20változat.pdf>  
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Nemzeti energiastratégia 2030. Lekérdezés időpontja: 2016.09.10.
161. NÉMETH I. (2008): A bioenergia stratégia és támogatásának lehetőségei Magyarországon. In: Magyar-Szlovák zöldenergia stratégia (szerk.: Gergely S.) Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös, 30-36. p.

162. NGVA Europe: [http://www.entsog.eu/public/uploads/files/publications/TYNDP/2013/7-Workshop/WS\\_130322\\_TYNDP2013-2022\\_NGVA-Maedge.pdf](http://www.entsog.eu/public/uploads/files/publications/TYNDP/2013/7-Workshop/WS_130322_TYNDP2013-2022_NGVA-Maedge.pdf) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: NGVA Europe. Lekérdezés időpontja: 2016.03.26.
163. NIEBEL W.B. (1994): Engineering maintenance management, Marcel Dekker
164. NYMAN D., LEWITT J. (2010): Maintenance Planning, Coordination, Scheduling. Second Edition, Industrial Press, New York
165. OHNO T. (1988): Toyota production system: beyond large-scale production. Productivity Press.
166. OTTOW J., BINDLINGMAIER W. (1997): Umweltbiotechnologie. Stuttgart: Fischer Verlag.
167. ÖLLŐS G. (1991): Csatornázás-szennyvíztisztítás I-II. Aqua Kiadó. Budapest. 697-740.
168. PAKANEN J. E., SUNDQUIST T. (2003): Automation-Assisted Fault Detection of an Air-handling Unit; Implementing the Method in a real Building. Energy and Buildings. Vol. 32. Issue 2. pp. 193-202.
169. PÉCZELY GY. (2009): T vagy R? Próbáljunk meg pontot tenni egy hosszú vita végére! in: Balogh Á. (szerk.) A karbantartás kihívásai válságban – Amikor a nagyok is táncolni tanulnak nemzetközi konferencia kiadványa, Veszprém, pp. 21-38.
170. PÉCZELY GY. (2010): Hogyan lépheti át a karbantartás a saját árnyékát? in: Balogh Á. (szerk.) A karbantartás kihívása – A tudástöke felértékelődése nemzetközi konferencia kiadványa, Veszprém, pp. 1-6.
171. PÉCZELY GY. (2012): Egy vállalat – több karbantartási rendszer: A fenntartási tevékenység korszerűsítése a Pick Szedeg Zrt. öt gyárában. in: Balogh, Á. (szerk.) Karbantartás a hatékonyság és fenntarthatóság szolgálatában nemzetközi konferencia kiadványa, Veszprém, pp. 169-176.
172. PÉCZELY GY., PÉCZELY CS., PÉCZELY GY. (2011): Lean3 Termelékenységfejlesztés egységes rendszerben A.A. Stádium Kft.
173. PÉCS M. (2011): Feldolgozási műveletek – Sejtfeltárás, BME oktatási anyag. 2011
174. PEREIRA, P.P.C. (2009): Anaerobic Digestion in Sustainable Biomass Chains. Ph.D.Thesis. Wageningen Univesity, Wageningen. 1-262.
175. PETÁK GY. (1981): A repülőtechnika üzembentartása és javítása. Főiskolai jegyzet. KGYRMF, Szolnok.
176. PETIS M. (2007): Biogázzról a gyakorlatban. Bioenergia. Bioenergetikai Szaklap. Szekszárdi Bioráma Kft. Szekszárd. II. évf. 2. 21-25. /www.dcc.uni-miskolc.hu/content/3/image003.jpg
177. PESTI M., GAZDAG Z. (2005): Környezeti Mikrobiológia. PTE TTK BI Általános és Környezeti Mikrobiológiai Tanszék. 18-19, 40-43.

178. PETIS M. (2004): Szerves hulladékok újrahasznosítása. [http://www.agraroldal.hu/biomassza-2\\_cikk.html](http://www.agraroldal.hu/biomassza-2_cikk.html)., Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Petis szerves hulladékok. Lekérdezés időpontja: 2016. 04. 17.
179. PILLI SRIDHAR, PUSPENDU BHUNIA, SONG YAN, R.J. LEBLANC. (2011): Ultrasonic pretreatment of sludge: A review, journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ultsonch](http://www.elsevier.com/locate/ultsonch) : Ultrasonics Sonochemistry, 18 pp.: 1–18
180. POPP J., POTORI N. (szerk.) (2011): A biomassza energetikai célú termelése Magyarországon. Budapest: Agrárgazdasági Kutató Intézet. 1-173. p.
181. PRIEL V. Z. (1962): Twenty ways to track maintenance performance, Factory, March, pp. 88-91
182. PRIEL V.Z. (1974): Systematic maintenance organisation, Macdonald and Evans limited
183. RACHNA S., WARD T. P. (2007): „Defining and developing measures of lean production”. Journal of Operations Management 25 (4): 785–805.
184. RAUSAND M. (1998): Reliability Centered Maintenance. Reliability Engineering and System Safety. Vol. 60. Issue 2. pp. 121-132.
185. RESS S., TOMBÁ CZ E., MOZSGAI K. (2010): Útban egy zöldebb és igazságosabb jövő felé. Öko XVIII. Évf. 1-2. sz. 6-36. p.
186. RHYNE D.M. (1990): Total Maintenance, APICS, Conference Proceedings, Birmingham, (U.K), pp. 683-686 plant performance advantages through total productive
187. Renewable energy statistics (2016) [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable\\_energy\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Renewable energy statistics. Lekérdezés időpontja: 2016.08.02.
188. REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Renewable energy progress report {SWD (2015) 117 final}
189. RÉCZEY G. (2007): A biomassza energetikai hasznosításának lehetősége és a vidékfejlesztésre gyakorolt hatása az Európai Unió támogatási rendszerének tükrében. Doktori értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem. Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Gazdasságtudományi Intézet. Mosonmagyaróvár.
190. SAJTOSI L., MITEV A. (2007): SPSS Kutatási és adatelemzési kézikönyv. Budapest: Alinea Kiadó.
191. SANCHEZ A.M., PEREZ M.P. (2001): Lean indicators and manufacturing strategies, International journal of production research, Vol. 21 (4), pp.
192. SCHULZ H., EDER B. (2005): Biogázgyártás, Cser Könyvkiadó és Ker. Kft., Budapest

193. SCHULZ, H., PERWANGER, A., MITTERLEITNER H. (1982): Einsatzmöglichkeiten verschiedener Energieträger in der Landwirtschaft. Endbericht des Landtechnischen Vereins in Bayern e.V. München.
194. SCHNEIDER, R., QUICKER, P., ANZER, T., PRECHTL, S., FAULSTICH, M. (2002): Grundlegende Untersuchungen zur effektiven, kostengünstigen Entfernung von Schwefelwasserstoff aus Biogas. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Biogasanlagen – Anforderungen zur Luftreinhaltung. Augsburg, 17. Oktober. 2002.
195. SCHONBERGER R. J. (1994): „Human resource management lessons from a decade of total quality management and reengineering”. California Management Review 36 (4): 109–123.
196. SCHONBERGER R. J. (2007): „Japanese production management: An evolution— With mixed success”. Journal of Operations Management 25 (2): 403–419.
197. SEMBERY P., TÓTH L. (2004): Hagymányos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 274-279.
198. SHAH R., WARD T. P. (2003): „Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance”. Journal of Operations Management 21 (2): 129–149.
199. SHARMA R. K., KUMAR D., KUMAR P. (2005): FLM to Select Suitable Maintenance Strategy in Process Industry Using MISO Model. Journal of Quality In Maintenance Engineering, Vol. 11. Issue 4. pp. 359-374.
200. SHINGO S. (1985): A Revolution in Manufacturing: The SMED System by Shingo, Shigeo published by Productivity Press Hardcover (p. 29, 43, 55)
201. Sixsigma (2016): sixsigma <http://www.sixsigma.hu/tanfolyam/5s-a-kivalo-munka-ot-pillere> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: 5S. Lekérdezés időpontja:2016.05.18.
202. SOMOSNÉ N. A. (2015): A laskagomba termesztés és a biogáz hasznosítás komplex, egymásra épülő termelő és biohulladék hasznosító rendszerének bemutatása. 2015 Kecel
203. SPEAR S., BOWEN H. K. (1999): „Decoding the DNA of the Toyota Production System”. Harvard Business review 77 (5): 96–106.
204. SUGIMORI, Y., K. KUSUNOKI, F. CHO, ÉS S. UCHIKAWA. (1977): „Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system”. International Journal of Production Research 15 (6): 553–565.
205. SUSLICK, K. S., DOKTYCZ, S. J. (1990): The effects of ultrasound on solids. In Advances in sonochemistry (ed. T. J. Mason) pp.: 197–230., New York: JAI., 1990.
206. SZABÓ I. (1999): Hulladékelhelyezés. Miskolci Egyetemi Kiadó. Miskolc. 369-392.
207. SZABÓ L., OBERMAYER-KOVÁCS N., CSEPREGI, A. (2008): Tudásmenedzsment a karbantartásban. in: Balogh, Á. (szerk.) A karbantartás fókuszában: Érték, költség, versenyképesség nemzetközi konferencia kiadványa, Veszprém, pp. 131-144.

208. SZÁNTÓ J. (2003): A karbantartási stratégiák és azok értékelése. in: Gaál Z. (szerk.) Tudásbázisú karbantartás. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, pp. 129-152.
209. SZÁNTÓ J. (2013): Karbantartásszervezés és ökonómiája. TÁMOP-4.1.2 A1 és a TÁMOP-4.1.2 A2 könyvei 2013.09.23.
210. SZIGETI M., BAKOSNÉ DIÓSZEGI M., DR. LEGEZA, L., DR. HORVÁTH M. (2013): "Magyarország hulladékhasznosítási lehetőségei hatékonyabb biogáz termelés céljából," XXI. Nemzetközi Gépészeti Találkozó Konferencia-kiadványa.
211. TAHERZADEN M., KARIMI K. (2008): Pretreatment of lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and biogas Production: A Review. *Int. J. Mol. Sci*, pp.: 1621–1651.
212. TELANG A. D., TELANG A. (2010): *Comprehensive Maintenance Management: Policies, Strategies, Options*. PHI Learning Private Limited, New Delhi
213. THRÄN et al. (2007): *Möglichkeiten enier europäischen Biogaseinspeisungsstrategie*. Institut für Energetik und Umwelt. Bündnis 90/Die Grünen Bundestagsfraktion Info-Dienst Platz der Republik 1 11011 Berlin
214. UNK J-NÉ et al. (2010): Magyarország 2020-as megújuló energiahasznosítási kötelezettség vállalásának teljesítési ütemterv javaslata – Műszaki-gazdasági megújuló energiaforrás potenciál vizsgálata, a célkitűzés teljesítésére vonatkozó NCST bontása szerinti forgatókönyvek. A Nemzeti Megújuló Energiahasznosítási Cselekvési Terv háttér tanulmánya. „C” kötet, Magyar Energia Hivatal, Budapest.
215. VAJNA I., CSAPÓ A. L., KISARI K. (2012) The Economic Effect of the Practical Introduction of the TPM and SMED Methods on Industrial Productivity and Quality Improvement. *ONLINE INFORMATION FLOW BETWEEN CERTIFIED SUSTAINABLE BUSINESSES AND THEIR POTENTIAL CUSTOMERS AND THE SIGNIFICANCE OF SEARCH ENGINE OPTIMIZATION (SEO)*. Gödöllő: SzIE, 2012. pp. 254- 261.
216. VAJNA I., KISARI K., CSAPÓ A. L., CSERNAK J. (2012) The productivity and quality improvement with lean and TQC seven step problem solving tools on one automated robot development. *ONLINE INFORMATION FLOW BETWEEN CERTIFIED SUSTAINABLE BUSINESSES AND THEIR POTENTIAL CUSTOMERS AND THE SIGNIFICANCE OF SEARCH ENGINE OPTIMIZATION (SEO)*. Gödöllő: SzIE, 2012. pp. 262- 271.
217. VAN VELSEN A. F. M. (1979): (In: Kárpáti, 2002). Adaptation of methanogenic sludge to high ammonia-nitrogen concentrations. *Wat. Res.*, 13, 995-999.
218. VATN J., HOKSTAD P., BODSBERG L. (1996): An Overall Model for Maintenance Optimization. *Reliability Engineering and System Safety*. Vol. 51. Issue 3. pp. 241-257.
219. VERMES P. (2004): Karbantartás menedzsment szemlélettel. *Gépgyártás*, 44. pp. 3- 5.
220. VÖRÖS J. (2010): *Termelés- és szolgáltatásmenedzsment*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
221. VÖRÖSMARTY GY. (1999): „A JIT rendszer”. In *Az értékteremtő folyamatok menedzsmentje*. Termelés, szolgáltatás, logisztika., 203–221. Budapest: Aula Kiadó.

222. WAEYENBERGH, G., PINTELON, L. (2004): Maintenance Concept Development: A Case Study. *International Journal of Production Economics*, Vol. 89. Issue 3. pp. 395-405.
223. WELLINGER A, MURPHY J., BAXTER D. (2013): *The Biogas Handbook - Science, Production and Applications*. Woodhead Publishing Series in Energy No. 52, pp. 512.
224. WENZEL W. (2002): *Mikrobiologische Charakterisierung eines Anaerobreaktors zur Behandlung von Rübenmelasseschlempe*. Dissertation an der Technischen Universität Berlin.
225. WOMACK J. P., JONES D. T. (2003): *Lean thinking – Banish waste and create wealth in your corporation*, Simon&Schuster UK Ltd, 2003
226. WOMACK J. P. (2007): *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production- Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. Freepress
227. WOMACK J. P., JONES D. T. (2009): *Lean szemlélet – A veszteségmentes, jól működő vállalat alapja*. HVG Kiadói Zrt., 2009.
228. YADVIKA, SANTOSH, T. R. SREEKRISHNAN, SANGEETA KOHLI, VINEET RANA (2004): Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques - a review. *Bioresource technology*. 95. 1-10.
229. ZABRANSKA J., DOHANYOS M., JENICEK P., KUTIL J. (2006): Disintegration of excess activated sludge- evaluation and experience of full-scale applications, *Water Sci Technol.*, pp.: 229–236, 53 (12).
230. ZENG M.; MOSIER N.S.; HUANG C.P.; SHERMAN D.M. (2007): *Ladisc. Microscopic examination of changes of plant cell structure in corn stover due to hot water pretreatment and enzymatic*, pp.:265–278., *Biotechnol. Bioeng.*
231. 389/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet
232. 1999/31/EK irányelv
233. 2000. évi XLIII. tv (Hgt.)
234. DTI 1991
235. MSZ IEC(50)191:1990
236. MSZ IEC 50(191):1992
237. [http://www.kormany.hu/download/1/25/80000/IIINemzeti%20Energiahatekonysagi%20Cselekvési%20Terv\\_HU.PDF](http://www.kormany.hu/download/1/25/80000/IIINemzeti%20Energiahatekonysagi%20Cselekvési%20Terv_HU.PDF) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Energiahatekonyság 2030. Lekérdezés időpontja: 2016.08.19.
238. [http://2010-2014.kormany.hu/download/2/b9/30000/Megujulo%20Energia\\_Magyarorszag%20Megujulo%20Energia%20Hasznos%20C3%ADtasi%20Cselekvési%20terve%202010\\_2020%20kiadvany.pdf](http://2010-2014.kormany.hu/download/2/b9/30000/Megujulo%20Energia_Magyarorszag%20Megujulo%20Energia%20Hasznos%20C3%ADtasi%20Cselekvési%20terve%202010_2020%20kiadvany.pdf) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Cselekvési terv 2020. Lekérdezés időpontja: 2016.07.26.
239. [http://www.ksh.hu/thm/3/indi3\\_1\\_2.html](http://www.ksh.hu/thm/3/indi3_1_2.html) Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: Megújuló energiaforrások felhasználása KSH. Lekérdezés időpontja: 2016.08.04.



**M2. Ábrák jegyzéke**

1. ábra: A világ gázfogyasztása (2010).....	7
2. ábra: A megújuló energiatermelés 2005-ben.....	9
3. ábra: A megújuló energiatermelés 2013-ban.....	9
4. ábra: A megújuló energiaforrások részaránya a bruttó végső energiafogy., 2013 és 2020.....	10
5. ábra: A 2020-es célok tagállamok általi várható realizálása.....	11
6. ábra: Megújuló energiaforrásból származó villamos energia aránya, 2013 (%-os bruttó villamosenergia fogyasztás).....	11
7. ábra: Megújuló energiaforrásból termelt villamosenergia, EU-28, 2003-13.....	12
8. ábra: A megújuló energia részaránya a közlekedés üzemanyag-fogyasztásának tekintetében, 2013 (%).....	13
9. ábra: A biogáz, mint megújuló energia elsődleges termelése 1000 t olaj ekvivalens 2014.....	13
10. ábra: Az alap-energiahordozók termelése hőértékben.....	16
11. ábra: A villamos energiatermelés megoszlása energiaforrások szerint.....	17
12. ábra: Energiafelhasználás szektorok szerint, 2010.....	17
13. ábra: A villamos energia és hűtés-fűtés szektorokban felhasznált megújuló energiahordozók várható megoszlása (2020).....	18
14. ábra: Megújuló és hulladék energiaforrásokból megtermelt villamos energia mennyisége 2000-2010.....	19
15. ábra: A megújuló energiatermelés Magyarországon 2013.....	19
16. ábra: Energia körforgás.....	20
17. ábra: Megújuló energiamennyiség (PJ).....	25
18. ábra: Az európai tagállamok megújuló villamosenergia-átalakítóinak támogatási rendszerei (RES-E).....	27
19. ábra: Az anaerob fermentáció mikrobiológiai folyamata.....	29
20. ábra: A lignocellulóz felépítése.....	34
21. ábra: Szubsztrát előkezelési lehetőségek.....	35
22. ábra: Kavitációs buborék és a megsemmisítő túszerű benyomódás.....	38
23. ábra: Fermentációs eljárások csoportosítása.....	41
24. ábra: Biogáz erőművek Magyarországon.....	44
25. ábra: A karbantartás különböző fajtái.....	46
26. ábra: A megbízhatóság fogalma.....	48
27. ábra: A hibamentes működés és a meghibásodás valószínűségének függvénye.....	49
28. ábra: Gépek életciklusa, elhasználódási tartalék.....	50
29. ábra: Karbantartás-szervezés iskolái.....	53
30. ábra: A karbantartási gondolkodás fejlődése az idő függvényében ábrázolva.....	53
31. ábra: Karbantartási stratégiák a cselekvési motivációk szempontjából.....	54
32. ábra: A karbantartás evolúciója.....	56
33. ábra: A lean menedzsment tartalmának változása.....	62
34. ábra: A PDCA ciklus.....	66
35. ábra: A PDCA és a standard munka kapcsolata.....	67
36. ábra: VA, NVA+BNVA.....	68
37. ábra: Az átállás modell.....	69
38. ábra: Toyota termelés rendszer és a TPM.....	75
39. ábra: A szerveződéstől a támogatásig a TPM nézőpontjából.....	76
40. ábra: A QCC 7 lépése.....	77
41. ábra: Berendezések átfogó hatékonysága.....	78
42. ábra: A szarvasi trigenerációs biogáz erőmű.....	82
43. ábra: Üzemkoncepció.....	83
44. ábra: A kogenerációs erőmű működésének folyamata.....	85
45. ábra: A megújuló energiaforrások részesedése a bruttó belföldi energiafelhasználásban (2004–2014) a bruttó villamosenergia-fogyasztás százalékában.....	87

46. ábra: Magyarország és az EU28 megújuló energiafelhasználás változása (2003=100%).....	88
47. ábra: Magyarország és az EU28 a biogáz, mint megújuló energiafelhasználás változása (2003=100%) .....	89
48. ábra: Magyarország és az EU28 biogáz részaránya megújuló energia felhasználásban .....	89
49. ábra: Biogáz Termelési Rendszer .....	91
50. ábra: Üzemirányítás megjelenítő VM előtt.....	98
51. ábra: Üzemirányítás megjelenítő VM utána .....	98
52. ábra: Dolgozók VM értékelése .....	99
53. ábra: Halszálka diagram a silótaposás problémára .....	104
54. ábra: Alapanyag tárolás hibái (db).....	106
55. ábra: Alapanyag tárolás hibái (óra).....	106
56. ábra: Alapanyag előkészítés hibái (db).....	108
57. ábra: Alapanyag előkészítés hibái (óra).....	108
58. ábra: Beadagolás hibái (db) .....	110
59. ábra: Beadagolás hibái (óra) .....	110
60. ábra: Szubsztrátum keverés hibái (db).....	111
61. ábra: Szubsztrátum keverés hibái (óra).....	111
62. ábra: Szubsztrátum hőntartás hibái (db) .....	112
63. ábra: Szubsztrátum hőntartás hibái (óra) .....	112
64. ábra: Gáz puffereles hibai (db) .....	113
65. ábra: Gáz puffereles hibai (óra) .....	113
66. ábra: Gáz tisztítás hibái (db) .....	114
67. ábra: Gáz tisztítás hibái (óra).....	114
68. ábra: Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás hibái (db).....	115
69. ábra: Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás hibái (óra).....	115
70. ábra: Gázmotoros felhasználás hibái (db).....	116
71. ábra: Gázmotoros felhasználás hibái (óra).....	116
72. ábra: Szubsztrátum szivattyúzás hibái (db).....	117
73. ábra: Szubsztrátum szivattyúzás hibái (óra) .....	117
74. ábra: Szeparálás hibái (db).....	118
75. ábra: Szeparálás hibái (óra).....	118
76. ábra: Kijuttatás hibái (db) .....	119
77. ábra: Kijuttatás hibái (óra) .....	119
78. ábra: Központi rendszer vezérlése hibái (db).....	120
79. ábra: Központi rendszer vezérlése hibái (óra) .....	120
80. ábra: A lean bevezetéssel alapanyag tárolás hibaszámainak csökkenése .....	123
81. ábra: A lean bevezetéssel gáz tisztítás hibaszámainak csökkenése .....	124
82. ábra: A lean bevezetéssel gáz puffereles hibák időtartambeli fennállására .....	126
83. ábra: A lean bevezetéssel gázmotoros felhasználás hibák időtartambeli fennállására .....	127
84. ábra: A lean bevezetéssel a beadagolás hibáinak elhárítási idejének alakulása.....	129
85. ábra: A lean bevezetéssel a kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás hibáinak elhárítási idejének alakulása .....	130
86. ábra: A lean bevezetéssel a szubsztrátum szivattyúzás hibáinak elhárítási idejének alakulása .....	130
87. ábra: A lean bevezetéssel az átlag meghibásodások elhárítási idejének alakulása.....	131
88. ábra: A lean bevezetéssel az üzemi hibák átlagos meghibásodások elhárítási idejének alakulása.....	131
89. ábra: A lean bevezetéssel az üzemi hibák és az áramszünetekből eredő átlagos meghibásodások elhárítási idejének alakulása.....	132
90. ábra: Üzemi hatékonyság és termelékenységek alakulása a lean bevezetéssel .....	134
91. ábra: Üzemi hatékonyság és termelékenységek havi alakulása a lean bevezetéssel .....	134
92. ábra: Karbantartási költségek alakulása.....	135

**M3. Táblázatok jegyzéke**

1. táblázat: Magyarország megújuló energiapotenciálja és annak jelenlegi hasznosítása .....	18
2. táblázat: Megújuló energia stratégia 2010-2030 (biomassza) .....	22
3. táblázat: A KÁT és a METÁR rendszer összehasonlítása .....	24
4. táblázat: A villamos energia, a fűtés és a közlekedés (bio-üzemanyagok) terén alkalmazott tagállami támogatási eszközök .....	24
5. táblázat: Az egyes megújuló energiatermelési rendszerek foglalkoztatási hatásai .....	25
6. táblázat: Összefoglaló táblázat az egyes megújuló energiaforrás típusok ösztönzéséről az EU tagállamokban .....	26
7. táblázat: Szubsztrátumok, belőlük nyerhető gázhozam és metán tartalom .....	28
8. táblázat: Metanogén baktériumok rendszerezése .....	31
9. táblázat: A biogáz előállítás feltételei .....	32
10. táblázat: Az anaerob fermentáció előfeltételei .....	33
11. táblázat: Az anaerob fermentációs folyamatra kritikus mikroelem koncentrációk .....	33
12. táblázat: A fizikai hatáson alapuló előkezelési eljárásokat és azok alapanyagra tett hatásai .....	36
13. táblázat: Az alapanyagok hatása az anaerob elgázosítás technológiájára .....	40
14. táblázat: Fermentorok típusai .....	40
15. táblázat: Biogáz üzem típusai az alapanyag feladása szerint .....	41
16. táblázat: A megújuló energiaforrások termelésének összefoglaló adatai .....	43
17. táblázat: Mezőgazdasági melléktermékek Magyarországon .....	43
18. táblázat: Erőművek megoszlása Magyarországon 2014 .....	45
19. táblázat: Karbantartás különböző formáinak definíciója .....	47
20. táblázat: 12 fő karbantartás menedzsmenti terület .....	57
21. táblázat: A hagyományos és a lean gondolkodásmód .....	61
22. táblázat: A SMED bevezetés folyamata .....	69
23. táblázat: A biogáz és a megújuló energia Magyarországon .....	90
24. táblázat: 20 MW vagy annál kisebb erőműben (kivéve naperőmű) termelt átvételi ár .....	93
25. táblázat: Biogáz KÁT üzemórák .....	93
26. táblázat: Biogáz KÁT időszakok megoszlása .....	94
27. táblázat: Biogáz KÁT értékesítés megoszlása .....	94
28. táblázat: Biogáz erőmű értékáram térkép .....	101
29. táblázat: Alapanyag tárolás technológiai lépések problémái és megoldásuk 5M x PQCDMSM .....	105
30. táblázat: Alapanyag előkészítés technológiai lépések problémái és megoldásuk 5M x PQCDMSM .....	107
31. táblázat: Beadagolás technológiai lépések problémái és megoldásuk 5M x PQCDMSM .....	109
32. táblázat: Homogenitás vizsgálat a 13 üzemegység hibaszámaival .....	121
33. táblázat: Welch próba a 13 üzemegység hibaszámaival .....	122
34. táblázat: Varianciaanalízis vizsgálat a 13 üzemegység hibaszámaival .....	122
35. táblázat: Homogenitás vizsgálat a 13 üzemegység hibák időtartambeli fennállására .....	124
36. táblázat: Welch próba a 13 üzemegység hibák időtartambeli fennállására .....	125
37. táblázat: Variancia analízis vizsgálat a 13 üzemegység hibák időtartambeli fennállására .....	125
38. táblázat: Homogenitás vizsgálat a 13 üzemegység hibák elhárítási idejének .....	127
39. táblázat: Welch próba a nem homogén üzemegység hibák elhárítási idején .....	128
40. táblázat: Variancia analízis vizsgálat a 13 üzemegység hibák elhárítási idejének .....	128
41. táblázat: A produktivitás leíró statisztikája .....	133
42. táblázat: A produktivitás homogenitás vizsgálata .....	133
43. táblázat: A produktivitás variancia analízise .....	133
44. táblázat: Karbantartási költségek variancia analízise .....	135
45. táblázat: Eredeti 40 napos karbantartás terv .....	137
46. táblázat: Lean módszertannal átdolgozott karbantartási terv .....	138
47. táblázat: Megvalósult karbantartási terv .....	139

48. táblázat: A megújuló energiaforrások részesedése a bruttó belföldi energiafelhasználásban (2004–2014) a bruttó villamosenergia-fogyasztás százalékában.....	173
49. táblázat: Mezőgazdasági biogáz üzemek Magyarországon .....	174
50. táblázat: Szennyvízre épült biogáz üzemek Magyarországon .....	175
51. táblázat: Depónia gázra épült biogáz üzemek Magyarországon.....	176
52. táblázat: A teljesítmény mérése összefoglalása I.....	177
53. táblázat: A teljesítmény mérése összefoglalása II. ....	180
54. táblázat: Munkafolyamat terv .....	186

#### M4. Megújuló energiaforrások táblázat

48. táblázat: A megújuló energiaforrások részesedése a bruttó belföldi energiafelhasználásban (2004–2014) a bruttó villamosenergia-fogyasztás százalékában

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EU-28	14,4	14,9	15,4	16,1	17,0	19,0	19,7	21,7	23,5	25,4	27,5
EU-27	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Belgium	1,7	2,4	3,1	3,6	4,6	6,2	7,1	9,1	11,3	12,4	13,4
Bulgária	9,1	9,3	9,3	9,4	10,0	11,3	12,7	12,9	16,1	18,9	18,9
Csehország	3,6	3,7	4,0	4,6	5,2	6,4	7,5	10,6	11,6	12,8	13,9
Dánia	23,8	24,6	24,0	25,0	25,9	28,3	32,7	35,9	38,7	43,1	48,5
Németország	9,4	10,5	11,8	13,6	15,1	17,4	18,1	20,9	23,6	25,3	28,2
Észtország	0,6	1,1	1,5	1,5	2,1	6,1	10,4	12,3	15,8	13,0	14,6
Írország	6,0	7,2	8,7	10,4	11,2	13,4	14,5	17,2	19,5	20,8	22,7
Görögország	7,8	8,2	8,9	9,3	9,6	11,0	12,3	13,8	16,4	21,2	21,9
Spanyolország	19,0	19,1	20,0	21,7	23,7	27,8	29,8	31,6	33,5	36,7	37,8
Franciaország	13,8	13,7	14,1	14,3	14,4	15,1	14,8	16,3	16,4	16,8	18,3
Horvátország	35,5	35,8	35,2	34,0	33,8	35,9	37,6	37,6	38,8	42,2	45,3
Olaszország	16,1	16,3	15,9	16,0	16,6	18,8	20,1	23,5	27,4	31,3	33,4
Ciprus	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,4	3,4	4,9	6,6	7,4
Lettország	46,0	43,0	40,4	38,6	38,7	41,9	42,1	44,7	44,9	48,8	51,1
Litvánia	3,6	3,8	4,0	4,7	4,9	5,9	7,4	9,0	10,9	13,1	13,7
Luxemburg	2,8	3,2	3,2	3,3	3,6	4,1	3,8	4,1	4,6	5,3	5,9
Magyarország	2,2	4,4	3,5	4,2	5,3	7,0	7,1	6,4	6,1	6,6	7,3
Málta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,1	1,6	3,3
Hollandia	4,4	6,3	6,5	6,0	7,5	9,1	9,6	9,8	10,4	10,0	10,0
Ausztria	61,8	62,4	62,4	64,6	65,2	67,8	65,7	66,0	66,5	68,0	70,0
Lengyelország	2,1	2,7	3,0	3,5	4,4	5,8	6,6	8,2	10,7	10,7	12,4
Portugália	27,5	27,7	29,3	32,3	34,1	37,6	40,7	45,9	47,6	49,1	52,1
Románia	28,4	28,8	28,1	28,1	28,1	30,9	30,4	31,1	33,6	37,5	41,7
Szlovénia	29,3	28,7	28,2	27,7	30,0	33,8	32,2	31,0	31,6	33,1	33,9
Szlovákia	15,4	15,7	16,6	16,5	17,0	17,8	17,8	19,3	20,1	20,8	23,0
Finnország	26,7	26,9	26,4	25,5	27,3	27,3	27,7	29,4	29,5	30,9	31,4
Svédország	51,2	50,9	51,8	53,2	53,6	58,3	56,0	59,9	60,0	61,8	63,3
Nagy-Britannia	3,5	4,1	4,5	4,8	5,5	6,7	7,4	8,8	10,7	13,8	17,8
Izland	93,1	94,9	93,5	113,7	90,8	92,9	92,4	93,9	95,4	96,7	97,1
Norvégia	97,3	96,8	100,2	98,5	99,6	104,7	97,9	105,5	104,4	106,9	109,6
Svájc	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

Forrás: [http://www.ksh.hu/docs/hun/eurostat\\_tablak/tabl/tsdcc330.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/eurostat_tablak/tabl/tsdcc330.html)

**M5. Biogáz üzemek Magyarországon**

49. táblázat: Mezőgazdasági biogáz üzemek Magyarországon

Helyszín	Gázhasznosítás	Gázmotor rel. Telj. (kWh)	Projektfejlesztő
Abony		829	Abonyi Mezőgazdasági Zrt.
Bicsérd	CHP	640	
Biharnagybajom	JMS 312 GS-B.LC	625	Biharnagybajomi Dózsa Agrár Zrt.
Bonyhád		628	Pannónia Mezőgazdasági Zrt.
Csengersima	Deutz 2016 BV12	537	Inwatech Környezetvédelmi Kft.
Csomád		250	Merész Sándor mezőgazdasági vállalkozó üzeme
Dombád	JMS 312 GS-B.LC	625	Dombka 2003 Zrt.
Dömsöd		1600	ELMIB csoport
Gyula		490	Körös-Maros Biofarm Szarvasmarha Tenyésztő Kft.
Hajdúböszörmény		640	Béke Agrárszövetkezet
Hajdúszovát		625	„STF” Sertéshústermelő és Forgalmazó Kft.
Ikrény	CHP	640	INÍCIA Mezőgazdasági, Termelő, Szolgáltató és Kereskedelmi Zrt.
Kaposvár	gőz ellátása (ca. 5000 m <sup>3</sup> /h kap.)		Kaposvári Cukorgyár Zrt.
Kaposszekcső	JMS 412 GS-B.LC	844	Kaposszekcsői Mezőgazdasági Zrt.
Kapuvár-Miklósmajor	JMS 312 GS-B.LC	526	Kisalföldi Mezőgazdasági Zrt.
Kecskemét	JMS 208 GS-B.LC	330	Pilze-Nagy Kft.
Kemenesmagasi		625	Kemenesmagasi Agrár Kft.
Kenderes	2x526	1052	Agrener Kft.
Kisbér	CHP	840	Bakony Bio Zrt.
Klárafalva	JMS 312 GS-B.LC	526	Németh Toll Kft.
Mezőföld		537	
Nagyszentjános		500	A Kisalföldi MG Zrt.
Nyírbátor	Deutz motorok (további kapacitásbeépítés)	2600	Bátorcoop Kft.
Nyírtelek	JMS 312 GS-B.LC	625	Agro-City Zrt.
Ostffyasszonyfa		630	
Pálhalma	Pro2 LC616F16 + LCF620F12 (716 +1021 kWh)	1737	Agrospeciál Kft.
Pusztahencse		~1000	Mil-Power Bio Energetikai Kft.
Rácalmás	CHP	1700	Pálhalmai Agrospeciál Kft.
Szarvas	DEUTZ TCG 2016 V12 C, 3 db JMS 416 GS-B.LC	4200	Aufwind Schmack Első Biogáz Szolgáltató Kft.
Vámosoroszi		600	”Erdőhát” Mezőgazdasági Termelő- Szolgáltató- és Kereskedelmi Zrt.

Forrás: Saját szerkesztés MBE, Google Maps alapján

50. táblázat: Szennyvízre épült biogáz üzemek Magyarországon

Budapest-Délpest	JMS 316 GS-B.LC	836	FCSM	1087 Budapest, Asztalos Sándor u. 4.
Budapest	gőzfejlesztés		Dreher Sörgyárak Zrt.	1106 Budapest, Jászberényi út 7-11.
Budapest	CHP	3040	FCSM	
Bugyi		500	Cosinus Gamma Kft.	
Debrecen	JMS 316 GS-B.LC	659	Városi Szennyvíztisztító	4002 Debrecen, Vértesi út 1-3.
Győr	2xJMS 212 GS-B.LC (2x330 kWh)	660	Pannonvíz	9025 Győr, Országút út 4.
Hódmezővásárhely	melegvíz			
Kazinczbarcika	melegvíz			
Kecskemét	JMS 208 GS-B.LC	330	Városi Szennyvíztisztító	6000 Kecskemét, Műkert 2.
Komló	melegvíz		Komlósi Fűtőerőmű Zrt.	7300 Komló, Bem J. u. 24.
Sopron		250	Városi Szennyvíztisztító	9400 Sopron, Bartók Béla u. 42.
Szeged	JMS 208 GS-B.LC	330	Szegedi Vízmű Zrt.	6720 Szeged, Tisza L. krt. 88.
Szombathely		370	Vasivíz Zrt.	
Vác	melegvíz			
Veszprém	JMS 208 GS-B.LC	254	Bakonykarszt Zrt.	8200 Veszprém, Pápai út 41.

Forrás: Saját szerkesztés MBE, Google Maps alapján

51. táblázat: Depónia gázra épült biogáz üzemek Magyarországon

Bicske		2700	ENER-G Energia Technológia Zrt.	
Debrecen	Jenbacher JGS 312 GS-L/N.LC	625	Cívus Biogáz Kft.	4400 Nyíregyháza, Simai u. 4.
Gyál		500	.A.S.A. Magyarország Kft.	2360 Gyál, Körösi út 53.
Győr		500	Perkons Depo Kft.	
Hódmezővásárhely	CHP	160	.A.S.A. Hódmezővásárhelyi Köztisztasági Kft.	6800 Hódmezővásárhely, Maroslelei út, Békeffy dűlő
Kecskemét	Perkind TRS1 és Perkins TRS2 (375+500 kWh)	875	Ener-G Energia Technológia Zrt.	1106 Budapest, Jászberényi út 24-36.
Kökény		500	ENER-G Energia Technológia Zrt.	
Miskolc		500	MIHŐ Miskolci Hőszolgáltató Kft.	
Nyíregyháza-Oros	Jenbacher JGS212GS	511	Exim Invest Biogáz Kft.	4400 Nyíregyháza, Simai u. 4.
Salgótarján		500	ENER-G Natural Power Kft.	
Soprom	CHP	330	Perkons Kft.	
Szeged	OD 150 BIO V01	109	Regionális Hulladékkezelő	
Tatabánya		1030	ENER-G Natural Power Kft.	
Veszprém	Perkind TRS1 és Perkins TRS2 (375+500 kWh)	875	Ener-G Energia Technológia Zrt.	1106 Budapest, Jászberényi út 24-36.

Forrás: Saját szerkesztés MBE, Google Maps alapján



## M6. A karbantartás teljesítményének mérése

A karbantartás teljesítményének mérésére szolgáló mutatószámokat két táblázatba gyűjtöttem össze Davies (2001) alapján. Az első (52. táblázat) tartalmazza a karbantartás irányításával és adminisztrációjával kapcsolatos méréseket, a második (53. táblázat) a karbantartási hatékonyságával és a karbantartási idővel kapcsolatos mutatókat.

52. táblázat: A teljesítmény mérése összefoglalása I.

<b>Teljesítmény mérése összefoglalása I.</b>			
<b>Karbantartás irányítása, adminisztrációja</b>			
<b>Részlegek működése</b>		<b>Szolgáltatás értékelés</b>	
<b>Humán erőforrás</b>	<b>Munkarendszer</b>	<b>Szolgáltatás működése</b>	<b>Karbantartás intenzitása</b>
1. Emberi munkaerő hatékonysága	5. Esedékes feladatok	8. Munkarend léptéke	10. Alkalmazott karbantartási órák
2. Túlóra	6. Tervezett és ütemezett munkarend	9. Javítási órák zavara	
3. Hasznosítás	7. Munkarend folyamata		
4. Előzetes és PM karbantartási beszámoló			

Forrás: Saját szerkesztés

### 1. Humán erőforrás hatékonysága

$$= \frac{\text{Ledolgozott beosztás szerinti munkaóra}}{\text{Beosztott munkaóra}}$$

Ezt a hányadost egy egész részleg szakmáira alkalmazzuk. Csak az ember által végzett munkát foglalja magába, az ellenőrzést nem. A hányados a kiosztott feladatokra egy adott időintervallumot feltételez, de valójában vannak olyan feladatok, amiknek az elvégzése nem telik időbe (PRIEL 1962, 1974). Kivéve az üzemzavarokat, javításokat, és egyéb betervezetlen feladatokat, a hányados alkalmas a siker és a tervezett célok elérésének mérésére. Az elérendő eredményekkel használva a hányadost egy felértékelési egységet kaphatunk.

### 2. Túlóra

$$= \frac{\text{Összes túlóra}}{\text{Összes óraszám}}$$

Ez a hányados a terv és a tervezett munka képességét fejezi ki, valamint megmutatja a túlzott mértékű üzemzavarok és tervezett leállások számát (LUCK 1956, NIEBEL 1994). A hányados elérni kívánt helyzete az, hogy folytonos értéket adjon, ami nem túl magas, azaz jelzi, hogy mennyi lehet a maximum befektetett munka, ami elviselhető, illetve ne legyen túl alacsony se, azaz ne legyen túlszemélyezett, azaz túl sok munkás rendelve egy feladathoz. HUSBAND (1976) említette, hogy ez a kifejezés alkalmas a karbantartás munkaerő változásainak mérésére egy adott periódusban.

### 3. Hasznosítás (szakmai órák)

$$= \frac{\text{Alapórák}}{\text{Összes óra}}$$

Az összes olyan óra ide tartozik, amit közvetlenül a karbantartási munkák idejének tulajdonítunk. (kényszerű várakozási idő, munkaterület tisztítás, takarítás, megbeszélések és így tovább (PRIEL 1974). Az az idő, ami nincsen elszámolva, az elveszik. 1962-ben Priel ezt a hányadost a szakmunkások tevékenységének mérésére ajánlotta, valamint NIEBEL (1994) szintén a szakmunkások tevékenység hányadosának tartotta ezt az indexet. Az elérni kívánt eredménnyel használva a hányados egy egységet adhat.

### 4. Jövőbeli és megelőző karbantartási beszámoló

$$= \frac{\text{Összes tervezett humán erőforrás}}{\text{Összes ledolgozott munkaóra}}$$

A hányados alkalmazása segíti a jobb tervezést és ütemezést a karbantartási feladatok elvégzéséhez. NIEBEL (1994), HUSBAND (1976) és LUCK (1956) a hányadost az egy hónapra eső összes munka és a karbantartási munkák százalékában fejezték ki. Az elérni kívánt eredménnyel használva a hányados képes a pozitív és negatív hatások változásait mutatni. Túl magas érték esetén le kell redukálni, túl alacsony esetén, pedig szükséges a hányadost növelni, majd utána stabilizálni. Csökkenő teljesítmény esetén célszerű a megelőző karbantartás értékét százalékosan a nulla aktivitású teljes karbantartáshoz vizsgálni (SANCHEZ-PEREZ 2001). A feltevés szerint a magas százalékos értéknek jeleznie kell a csökkenő teljesítményt. A kutatók szemszögéből ez az állítás nem teljesen igaz, a túl sok PM is lehet pazarlás.

### 5. Esedékes feladatok

$$= \frac{\text{Adott heti lejárt munka}}{\text{Elvégzett munka ugyan arra a hétre}}$$

Ez a hányados megmutatja, hogy egy adott munka elkerüli-e a figyelmet vagy sem. Szintén hasznos, ha egy kitűzött teljesítmény függ a lassú javítási munkálatokon (PRIEL 1962). 1974-ben Priel a hányadost „kiegészítő késésnek” nevezte. Kiegészítő késésnek tekinthetőek az olyan munkák, amelyek a folyamat alatt és közben is fennállnak, valamint a számuk a karbantartási hetek alatt kiemelkedik. A diagram osztása az összes kézben tartott munka egy átlagos héten, illetve a késési értékek adottak. Az érték kevesebb, jelezheti azt, hogy kevesebb a késés egy héten a befejezésig, mint az előző hetekben (PRIEL 1974). Habár eltérést adhat, ha a kisebb munkákat végzik el először, ezáltal csökkennek az esedékes értékek, viszont ez nem teljesen előnyös megoldás. Logikusan kedvező, ha a kisebb munkákat beépítik a nagyobbak közé.

Hasonlóan az esedékes feladatok indexéhez, LUCK (1956) és NIEBEL (1994) ajánlják a hetek jelenlegi készletének csoportjának és a hetek összes készletének csoportjának viszonyában. Később a készlet összes többi hátralévő hetei azok, amelyek a munkaórák a teljesítési időben szétoszlának az össze többi hét munkaóráira.

Luck és Niebel elméletében nyomatékosítják, hogy ez elsősorban az előre jelzett, vagy a megfelelő szakmákban kiegyensúlyozatlan. Érthető módon a kívánt eredmény eléréséhez használva az esedékes feladatok (pl.: átlagos késés) hányadosát a javuló nehézségek megoldása lehet csökkenő értékű. Habár ha a kiegészítő feladatok hányadosának szintje sokáig túl alacsony, annak az lehet az oka, hogy nincsen elég feladat kiosztva.

## 6. Tervezett és ütemezett munkarend

$$= \frac{\textit{Tervezett és ütemezett munkarend}}{\textit{Elvégzett munkarend}}$$

Ez a hányados azt mutatja meg, hogy mennyire lehetséges a karbantartás, illetve annak munkái mennyire vezethetőek (NIEBEL 1994, LUCK 1956). Egy tipikus munkaterv példaként használható a feladatok eredményes átdolgozására, a karbantartás ellenőrzéséről. Javulási vagy változási program eléréséhez, a célul kitűzött eredmény egy egység lehet.

## 7. A munkarend ciklusa

$$= \frac{\textit{Egy periódusban elvégzett javítások száma}}{\textit{Egy periódusban elkezdett javítások száma}}$$

Ez a hányados a munkarendek egyéni kérésének ábrázolásához kapcsolódik, mint például szerelések, javítások, eszközök és berendezések szállítása. Nem ajánlatos jövőbeli vagy megelőző karbantartási munkálatokhoz, vagy más ciklikus folyamatokhoz. A nevező az összes elkezdett vagy folyamatban lévő feladatok száma a periódus elején. Ez egy rés az érték és az eddig levégzett munkák változásainak jelzésére. Bár a növekvő számú bevételi kérés nem feltétlenül tükrözi a karbantartás teljesítményének súlyosságát, továbbra is jelezheti az alacsony hatékonyságot is. Egy aggasztó növekedés a bevételek számában, azt a gyanút ébresztheti az emberekben, hogy a karbantartást jelentéktelen gondok zavarhatják. A lassú folyamat másrésről jelezheti azt is, hogy az adott munkaterv szerint javítási munkálatok képtelenek magas határfokkal működni. (PRIEL, 1962, 1974). HUSBAND (1994) szerint néha nehéz szétválasztani, hogy ugyan az a hányados fő projekteket vagy fő munkákat jelent, viszonylag jelentéktelen munkálatokkal.

## 8. Munkarend léptéke

$$= \frac{\textit{Tervezett órák}}{\textit{Összes ledolgozott óra}}$$

Az egyszerű megértés és értelmezés érdekében ez az összefüggés PRIEL (1974) szerint a rutin feladatok hányadosa. Az munka és az összes ledolgozott óra hányadosa (szerelések, kivizsgálások, növényesítés, műhely átalakítási munkák stb.). A nem jelzett idő (pl.: várakozási idő) a feladatok között, amit nem munkával töltünk ki, ez a különbség számolható a tervezett munkarend, illetve az összes munkával töltött idő között.

## 9. Javítási órák zavara

$$= \frac{\textit{Üzemzavar ideje}}{\textit{Összes karbantartási idő}}$$

Ez a hányados kimutatja, hogy a karbantartás alkalmatlan vagy alacsony képességű a rendszer, azaz az öreg vagy rossz állapot okolható a karbantartásra fordított idő ért és üzemzavarokért. A megelőzés hatékonyságának mérésére, és a szükséges megállások alatti kommunikációnak, pótalkatrészek szállításának, vagy a helyszínek könnyebb elérhetőségének hatékonyságának növelésére használható. (pl.: erőforrások, munkaerő stb.) PRIEL (1962, 1974). A 16-os és 17-es indexhez hasonlóan, az elérni kívánt eredményt használva az érték alacsony csökkenő lehet.

## 10. Karbantartás ideje

$$= \frac{\text{Összes alkalmazott karbantartási óra}}{\text{Összes termelési idő ugyan azon időtartam alatt}}$$

Kezdetben szakmai erőforrás követelménynek nevezték, 1962-ban gyártás karbantartási óráinak és 1974-ben PRIEL (1962, 1974) szerint a hányados alapvető karbantartási munkákat jelez. Azon karbantartási órák kifejezésére használják, amik túlterjednek a gyártási órákon. Egyszerűen megfogalmazva arra használható, hogy meghatározzák a megfelelő felújítási órákat a terv különböző fokaiban. A nevező szintén kifejezheti a gépek hasznosságának idejét is. Összefoglalva a hányados nem képes se csökkenni, se stabil maradni.

53. táblázat: A teljesítmény mérése összefoglalása II.

<b>Teljesítmény mérése összefoglalása II.</b>			
<b>Karbantartás hatékonysága</b>		<b>Karbantartási idő</b>	
<b>Üzem állapota</b>	<b>Üzem teljesítménye</b>	<b>Gazdasági szempont</b>	<b>Szolgáltatási költség</b>
11. Megszakítások gyakorisága	14. Felszerelés elérhetősége	18. Karbantartási órák költsége	21. Megszakítások szigorítása
12. Felszerelések élettartama az üzemzavarok miatt	15. Folyamat hossza	19. Üzemzavarok százalékos PM költsége	22. Tervezett szolgáltatás költsége
13. A jövőbeli karbantartások és PM értékelése	16. Veszélyes munkaórák	20. Raktárkészlet forgási ciklusa	23. Karbantartás költsége termelési egységre vetítve
	17. Betervezetlen feladatok		

Forrás: Saját szerkesztés

### 11. Üzemzavarok gyakorisága

$$= \frac{\text{Karbantartási megszakítások száma}}{\text{Összes üzemzavar száma}}$$

Ez a (karbantartási) üzemzavarok gyakoriságát adó hányados hangsúlyozza az alacsony minőségű karbantartási munkákat, pl.: rossz minőségű javítások miatt bekövetkezett kényszermegállások PRIEL (1962). Az elvárt teljesítmény értékével használva a nullához közeli értéket kell adnia, viszont nem foglalja magába az elkerülhetetlen kis megállásokat, vagy anyagveszteségeket, gyártási bírságokat.

### 12. Felszerelések élettartama

$$= \frac{\text{Üzemzavarok miatti élettartam}}{\text{Teljes élettartam}}$$

Ez az első, a Niebel által használt négy hányados közül, ami segít a karbantartás hatékonyságát meghatározni. A hányados fontossága, hogy segít megérteni a berendezések hibáinak karakterisztikáját, hogy a javítások a megfelelő területekre fókuszálódjanak. Hasonlóan a 11-es indexhez a cél az, hogy az értéke nulla legyen.

### 13. A PM és a jövőbeli karbantartás értékelése

$$= \frac{\text{Elkészült PM felülvizsgálat}}{\text{Tervezett PM ellenőrzés}}$$

Ez a NIEBEL (1994) által használt négy hányados közül a második, ami a karbantartás hatékonyságának meghatározását segíti. Hasonlít a 4. képlethez. Bár a 4. képlet elsősorban a jövőbeli és megelőző karbantartás beszámolójának feladatainak megállapítására vagy felügyeletére használható, a hányados középpontjában a feladatok megszervezése áll. A képlet célja egy egység meghatározása, ami javulások ingadozásának változásait jelzi.

### 14. Felszerelések elérhetősége

$$= \frac{\text{Felszerelés élettartama}}{\text{Felszerelés élettartama} + \text{üzemzavar ideje}}$$

A hányados teljes neve 'a berendezések mechanikai elérhetősége' és 1962-ben Priel vezette be. Különböző formái használatosak. Talán a legáltalánosabban ismert és használatos változata az elérhetőségi index, amit NAKAJIMA (1988) vezetett be, OEE számításain belül. HUSBAND (1976) ajánlata volt, hogy a gyártás működtetési idejét szétossza gyártás működtetésének idejére plusz a kritikus nehézségű berendezések elérhetőségének mértékének állásideje.

De Groote 1995-ben ajánlotta, hogy a hányados képes kifejezni a teljes működési órákat, ami a teljes működési időre és a karbantartás állási idejére oszlik szét (ami lehet tervezett és nem tervezett). Habár a képlet hangsúlya nem a karbantartás miatt bekövetkező megállások idején van, ami a gyártás késedelmét okozza. (DE GROOTE 1999)

### 15. Folyamat hossza

$$= \frac{\text{Összes kibocsájtás időegységenként}}{\text{Javítások száma ugyan azon időegység alatt}}$$

1974-ben Priel kiegészítette az eredeti (karbantartási) üzemzavarok gyakoriságának hányadosát (11-es index) és a képletet 1962-től üzemzavarok gyakoriságának nevezte el (átlagos működési idő a javítások között). Ez a kutatás hasznos volt arra, hogy a 11-es és a 15-os indexet ezután külön kezeljük. A hányados a minőség és szolgáltatás megfelelőségének kimutatására használható, hogy vajon a szolgáltatást órákban, vagy nagyobb frekvenciájú észrevehető eredményekben adjuk meg.

1976-ban Husband szintén leírta ezt a hányadost, csak kevesebb magyarázattal. Ennek ellenére a további mélyebb távlatokban több vizsgálat szükséges a javítások okainak feltárására. Kezdetben a hányados a folyamatos működésű berendezések (szivattyúk, pumpák, darálók) vagy más hasonló eszközök számításaira tervezték. (HUSBAND 1976)

Nincs lehetőség az összes mechanikai berendezést megszámlálni, illetve összeszorozni őket a működési idejükkel. Nyilvánvalóan, ha nagyobb a kapott érték akkor kevesebb a hiba.

## 16. Veszélyes körülményű munkaórák

$$= \frac{\text{Veszélyes körülmények közt végzett munkaóra}}{\text{Összes karbantartási idő}}$$

Ez a hányados a harmadik a NIEBEL (1994) által használt négy összefüggés közül, ami a karbantartás hatékonyságának meghatározására szolgál. Ez a képlet összefügg a 9-es indexével, ami megadja a számlálóját. Lényegében a hányados megmutatja a váratlanul feltűnő és sürgős munkákat. Elválasztva a következő, 17-es indextől, ez speciálisan a vészhelyzetű dolgokra fókuszál a megelőző gyártásban (pl.: gyártás megállási ideje). Hasonlóan HUSBAND (1976) kibővítette a munkaórák ideje vészhelyzetekben, inkább, mint a 9-es index, ami erre talán erre a célra létrehozott. Habár Husband a kifejezésben az üzemzavarok közbeni összes munkaórát használta számlálóként, de az üzemzavarok munkajavaslatainak leírásában azt ajánlja, hogy a leállások azok, amik megakadályozzák a termelést. Bár hasonlóan a 9-es indexhez azt javasolja, hogy a hányados használata akkor ajánlott, ha a karbantartás a terv különböző területeire decentralizálódik. A 9-es indexel, az elvárt teljesítménnyel használva a trendet alacsony, vagy csökkenő értéket adhat.

## 17. Vészhelyzet és más be nem tervezett események

$$= \frac{\text{Betervezetlen feladatok elvégzésének munkaideje}}{\text{Összes karbantartási idő}}$$

Ez a negyedik NIEBEL (1994) összefüggései közül, ami a karbantartás hatékonyságának meghatározására szolgál és segít bemutatni a váratlanul adódó feladatokat és javításokat. Bár ezek a feladatok lehetnek sürgősek és bizalmasok de ezek általában nem azok a feladatok, amik megelőzik a gyártást. A 9-es és 16-os indexen kívül a kívánt eredménnyel használva a képletet az érték alacsony, vagy csökkenő lehet.

## 18. A karbantartás óráinak költsége

$$= \frac{\text{Összes karbantartási költség}}{\text{Összes ledolgozott óra}}$$

Erre a képletre PRIEL (1962, 1974) és NIEBEL (1994) hivatkozik, mint a karbantartás részeinek költsége. Habár ez az összefüggés alap óránkénti költséget ad a megadott periódusokra, további kutatásokat adhat a javulás érdekében. A javítva a jobb munkaerő menedzsment (pl.: növelve a tervezett hagyományos munkákat) és a tevékenységek gazdasági teljesítményét. Bár az összefüggés csak alapirányt ad a karbantartás időtartamának költségeire, amit különböző munkák befolyásolhatnak, ide értve a munkák és kellékek költségeit.

## 19. A PM százalékos költsége az üzemzavarok költségéből

$$= \frac{\text{Összes PM költség (beleértve a termelés veszteségét)}}{\text{Üzemzavar összköltsége}}$$

Ezt a hányados NIEBEL (1994) vezette be, a megelőző karbantartási program hatékonyságának mérésére. Ahol a jövőbeni kiadások hatása a berendezések kiválasztott cikkei, vagy vészhelyzetű, magas prioritást élvező munkák összegeként figyelhető meg. A hányados az elsődleges berendezések amortizációja miatt bekövetkező csökkenő termelés költségeinek tekinthető. A hányados elvárt értéke egy javuló program csökkenő értékei.

## 20. Raktárkészlet forgási sebessége

$$= \frac{\text{Raktárkészlet felhasználási költsége egy periódusban}}{\text{Raktárkészlet átlagára}}$$

Ez egy évenkénti hányados (NIEBEL 1994, DE GROOTE 1995) ami egy általános irányelvet ad a tőke forgására (pl.: hányszor lett a tőke értéke kiadva). Főleg leltári szinteket lehet ellenőrizni, karbantartani és kijavítani, pénzügyileg irányítani a készlethiány ideje alatt. Egy távlati csökkenő teljesítményről SANCHEZ-PEREZ (2001) javasolta a csökkenő teljesítmény javítására, a raktárkészlet forgási idejét kellene növelni. HUSBAND (1976) állapított meg egy hasonló hányadost (pl.: a karbantartás eszközeinek költsége szétbontva a karbantartás készletének összes tőke költségére), ez a hányados egyfajta kísérlet a karbantartás készletének és a pótalkatrészek tőkájének meg határozására.

## 21. Megszakítások szigorítása

$$= \frac{\text{Összes üzemzavar javítási költsége}}{\text{Összes üzemzavar száma}}$$

Ezt a hányadost PRIEL (1962) és HUSBAND (1976) szerint a 11-es hányados segítségével a szükséges javító feladatok vagy javítások kifejezésére használhatóak.

## 22. Tervezett javítási költség

$$= \frac{\text{Teljes tervezett szolgáltatási költség}}{\text{Összes termelési költség ugyan azon idő alatt}}$$

A hányados segít bemutatni a tervezett javítások értékét (PRIEL 1974). A cél egy egyszerű hányadossal kifejezni a hagyományos javításokat (pl.: előzetes karbantartás) a karbantartás területén előforduló csökkentések jobban kimutathatóak. A telítettségi pont kiterjesztve a jövőbeli kiadásokra, a javítások ezen fajtája talán nem vezet csökkenéshez más költségekben, lényege a szerviz költségekben jelenik meg. Egy bizonyos száma a berendezéseknek csak a tervezett javításokban jelennek meg és a szervizen felül túlzott számú javítást eredményezhet. Egyszerűen megfogalmazva: amit eddig a berendezések javítására költöttünk az a költség visszajön e.

## 23. Karbantartás költsége termelési egységekre vetítve

$$= \frac{\text{Összes javítási költség}}{\text{Gyártás összes egysége}}$$

A hányados PRIEL (1974) szerint azokat a vállalatokat szolgálja ki, amelyek érzékenyek a karbantartás költségeire és bepillantást ad karbantartási költségek kiterjesztésére. Fő kérdése az, hogy mik a karbantartás költségei a gyártás egy termékére vonatkoztatva. Abban az esetben, ha a karbantartás költsége jelentősen növekszik, szükséges feltárni az üzemzavarok problémáinak gyökerét. LUCK (1956) ennek az indexnek egyik variációját az alap periódus csökkenő vagy növekvő karbantartási költsége egy termelési egységre vonatkoztatva használja. Habár DE GROOTE (1999) a „közvetlen karbantartási költségek szétosztása a termelési költségekre” meghatározására használja. A termelés hozzáadott értékével hivatkozik arra, hogy a teljes termelési költség kevesebb, mint a nyersanyag költség.

## 24. További mérőszámok

A karbantartás teljesítményének mérésére a jelző indexek különböző típusa és variációja áll rendelkezésre, illetve különböző módszerek használhatóak az adatok gyűjtésére. Ésszerűtlen elvárni, hogy a teljesítmény mértékek és indexek magukba foglaljanak minden lehetőséget.

Már a meglévő indexeken belül is megvan a lehetőség arra, hogy további képleteket állítsunk elő, ha az az igény. Szintén szükséges a tervezés modularitása és rugalmassága ahhoz, hogy a többi üzemzavarok átfogó mérésére alkalmas hányadosok is belefoglalhatóak legyenek. A kiegészítő hányadosok is szükségesek az összefoglaló mérő rendszerbe, például néhány vállalatnál, ami a részlegeik karbantartásához kapcsolódó munkálatokat alkalmaznak, amik szintén hozzájárulnak a mérőszámok alakulásához. Egyszerűen megfogalmazva a járadékok költségeit használva a hányados kiváltságos lehet néhány vagy több alapos szemlélet irányításának értékelésére és támogatására. Egy raktárkészlet hányados használata könnyen lehet a 20-as index helyett vagy mellett a raktárkészlet forgási sebességének hányadosa. DE GROOTE (1999) javasolt olyan hányadost, ami az összes raktárkibocsájtás és közvetlen vásárlás megoszlása a teljes karbantartási költségre. Az egyezményes munka költség hányados De Groote által tervezett az alvállalkozói (munkaerő) költség a közvetlen karbantartási költségeként jelenik meg.

Egy magyarázat arra, hogy hogyan származtatható egy kiegészítő információ a hányadosokból: A 14-es indexű hányados a berendezések elérhetőségére szétoszlik a berendezések élettartamára illetve a berendezések élettartamára és azok amortizációjára. Az elérhetőségének valószínűsége a betervezett használhatóságának ideje és a javítások ideje, aminek megbízhatósága és fenntarthatósága összekapcsolódik a rendszer hatékonyságával. (NIEBEL 1994)

Nyilvánvaló azért az, hogy a 14-es index gondoskodik csak alapvető információról, semelyik másik hányados nem specifikus ennyire megbízhatóság és fenntarthatóság szempontjából. Ez az alapforma a megbízhatóan méri az időközbeni hibákat (MTBF) és az időközbeni javításokat (MTTR). Az MTBF egy hányados az összes javítási munka szétosztására, megállások számára, az MTTR kifejezés a javítási időknél a megállásokra osztott összegeinek kifejezésére szolgál (HUSBAND, 1976).

Ha szükséges még több speciális információt igényelni, akkor az MTBF hányados  $MTBF+MTTR$  (NIEBEL, 1994) összegeként használható az elérhetőség meghatározására.

További elmélyedő információ is fennáll az elérhetőségeket illetően, a rendszer hatékonyságának, megbízhatóságának és fenntarthatóságának meghatározására, illetve megkívánható még több módszer analízis az itteni jelzőszámokon és összefoglaló mértékeken kívül.

A teljesítmény és jelző hányadosok összefoglaló mérőszámain felül vannak még egyéb dolgok, amik még az egészségre vagy a biztonságra vonatkoznak. Bár ezeket kevésbé vesszük figyelembe karbantartási szempontból, ezek az irányítási feladatokkal párhuzamosak, amik szabályozzák és hitelesítik azokat.

Kiindulásként három ismerv, ami fontos lehet: az adatok könnyű visszakeresésére, a visszakeresés költségére és a könnyű megérthetőségre célszerű az eredményeket és számításokat táblázatosan vezetni, ahol a teljesítési jelzők könnyebben használhatóak.



**M7. Mélyinterjú vázlat**

**I. Mi volt a prioritás az üzem létesítése során menedzsment szempontból?**

**II. Mik az üzem főbb paraméterei, és milyen problémákkal találkoztak az alábbi területeken?**

1. Alapanyag beszállítás - tárolás,
  - a. Szilárd alapanyag siló falak között,
  - b. Híg alapanyag földbe süllyesztett tárolókban
2. Alapanyag előkészítés
3. Beadagolás
4. Szubsztrát keverés, homogenizálás
5. Szubsztrát hőntartás
6. Gáz pufferelés
7. Gáz tisztítás
  - a. Levegő befűvés
  - b. Kondenz leválasztás
  - c. Esőztetés
  - d. Hűtve szárítás
  - e. Aktív szenes szűrés
8. Kompresszoros továbbítás, nyomásfokozás
9. Gázmotoros felhasználás
  - a. Áramfejlesztés
  - b. Hőenergia, melegvíz, hideg energia
  - c. Gőz
10. Szubsztrát szivattyúzás
11. Szeparálás, híg-szilárd fázis bontás
12. Kijuttatás
13. Központi rendszer vezérlés

**III. Az biogáz üzemi karbantartások szervezése, elvégzése során milyen módszereket alkalmaznak?**

**IV. Milyen termelési eredményekkel és hatékonysággal működik az üzem?**

**V. Hogyan képzei el a jövőt működési és karbantartási módszertani szempontból, milyen lehetőségeket lát a fejlődésre?**

## M8. Munkafolyamat terv

54. táblázat: Munkafolyamat terv

Dátum	Folyamat	Idő p	I. t	Eszközök	Létszám, tevékenység	n l
2016.09.09	Nyitás	06:00 07:00	1 h	4db 19" villáskulcs, 4db vízpumpafogó	4fő szervízbox nyitás szellőztetés	4 f ő
					2fő támlevegőbefúvó kikötése	
		07:00 09:00	2 h	2db csavarozógép	2fő csavarkötések oldása körben	
				2db műanyag vödör	2fő csavaranya leszedése	
				1db csavarozógép, 1db 17" racsnis villás kulcs	2fő csavarkötések oldása boxokon	
				2db kis pajszer, 2db kalapács	2fő leszorító lemezek leszedése	
				1db sterimob	2fő segít, leszerelt alkatrészek tisztítása	
		09:00 10:00	1 h	4db vízpumpafogó	4fő külső ponyva felszed	
				5db befogó, 5db 22" kulcs	5fő ponyva leemelő befogó rögzítés	
				5db emelő spanifer	5fő leemelő spaniferek rögzítése	
				daru	5fő leemelés	
					2fő szintérzékelő kikötés	
		10:00 11:00	1 h	4db vízpumpafogó	4fő belső ponyva felszedése	
				5db befogó, 5db 22" kulcs	5fő ponyva leemelő befogó rögzítés	
				5db emelő spanifer	5fő leemelő spanifer rögzítése	
				daru	5fő leemelés	
11:00 12:00	1 h	kötél 8mm 15m feh.	2fő kénháló megkötése			
		4db kés, 4db létra	4fő kénháló madzagok levágása			
		daru	2fő kénháló leemelés			
12:00 14:00	2 h	4db létra, 4db kés	4fő spanifer levágása			
		4db létra	4fő spanifer kihúzás			
14:00 16:00	2 h	2db sterimob	4fő fermentor perem, szervízbox mosás			
	2 h	2db 10" krovafej, 2db csavarozógép	4fő spaniferekről a leszorítók lecsavarozása			
	Kotrás	14:00 22:00	8 h	2db kotró, 1db szippantó, 3db kihordó	2fő kotrás, 1fő szippantózás, 3fő kiszállítás	
2016.09.10	Kotrás	06:00 22:00	16 h	2db kotró, 1db homlokrakodó, 1db szippantó, 3db kihordó	2fő kotrás, 1fő homlokrakodó, 1fő szippantózás, 3fő kiszállítás	

	Mosás	07:00 10:00	2 h	2db sterimob	4fő fermentor perem, szervizbox mosás	8
	Spaniferezés	10:00 16:00	6 h	daru, 2db patent fogó, 2db csavarozó, 2db fúró, 4db kés	4fő spaniferezés körbe, szerviz boxhoz	f ő
2016.09.11	Kotrás	06:00 22:00	16 h	daru, 2db kotró, 1db homlokrakodó, 1db szippantó, 3db kihordó	2fő kotrás, 1fő homlokrakodó, 1fő szippantózás, 3fő kiszállítás	
	Takarítás	07:00 16:00	8 h	4db fűrész, 2db lapát, 6db védőruha, 6db kesztyűk, 6db mask	6fő csövek takarítása	
2016.09.12	Javítás	07:00 08:30	1,5 h	daru, 4db kalapács, 2db kötél, 2db sflasencug	9fő állványozás, dúcolás	9 f ő
		08:30 14:00	5,5 h	2db felx, 10db vágókorong, 2db 30", 2db 24" kulcs, 2db hegesztő, 2db pajzszer	6fő szervizbox alatámasz csere	
				1db hegesztő, 8db kormenetes szár 16", 1db Hilti fúró, 1db beton ragasztó, 8db alátét, 8db anya, 1db vízmérték, 1db saválló gyűrű	3fő központi oszlop megerősítése	
	14:00 16:00	2 h	2db hegesztő, 10db elektroda-korpálca	6fő szervizboxok köré védőcső hegesztése		
Mosás	14:00 16:00	2 h	2db sterimob	2fő fermentor perem, szervizbox mosás		
2016.09.13	Spaniferezés	07:00 08:00	1h	daru, 2db patent fogó, 2db csavarozógép, 2db fúró, 4db kés	4fő spaniferezés, hiányzó spaniferek pótlása	9 f ő
		08:00 10:00	2h	2db patent fogó, 2db csavarozógép, 2db fúró, 4db kés	4fő spanifer feszítés	
	Zárás	10:00 11:30	1,5 h	daru	2fő kénhaló felrakás	
				4db létra	4fő kénhaló széthúzás, emelő kötelek levétele	
		12:00 14:00	2 h	4db kés, 4db létra	4fő kénhaló madzagok megkötése, feszítés	
				5db befogó, 5db 22" kulcsok	5fő ponyva emelő befogó rögzítés	
5db emelő spanifer	5fő emelő spanifer rögzítése					
daru	4fő belső ponyva feldaruzása					

			5db emelő spanifer	5fő emelő spanifer eltávolítása		
			5db befogó, 5db 22" kulcsok	5fő ponyva emelő befogó leszedése		
			4db vízpumpafogó	4fő belső ponyva széthúzása		
			5db befogó, 5db 22" kulcsok	5fő ponyva leemelő befogó rögzítés		
			5fő felemelő spanifer leszedése			
		14:00 15:00	1 h	5db befogó, 5db 22" kulcsok		5fő ponyva emelő befogó rögzítés
				5db emelő spanifer		5fő emelő spanifer rögzítése
				daru		4fő külső ponyva feldaruzása
				5db emelő spanifer		5fő emelő spanifer eltávolítása
				5db befogó, 5db 22" kulcs		5fő ponyva emelő befogó leszedése
				4db vízpumpafogó		4fő külső ponyva rögzítése
		15:00 17:00	2 h	2db kalapács		2fő felrakja a lemezeket
				2db műanyag vödör		2fő anya felrakása
				2db paszta		2fő paszta felkenése
				2db csavarozógép		2fő csavaroz körbe
				1db csavarozógép, 1db 17" racsnis villás kulcs		2fő csavarozza boxokat
		17:00 18:00	1 h	2db 19" villáskulcs, 2db vízpumpafogó		4fő szervízbox zárás szellőztetés
						2fő szintérzékelő bekötés
1db csavarhúzó, 1db fázisceruza	2fő támlvegőbefűjő bekötése					

Forrás: Saját szerkesztés