

F. Veljović, M. Imamović, H. Bajrić*

AGILNA PROIZVODNJA U FUNKCIJI ODRŽAVANJA, SIGURNOSTI I KVALITETE

UDK 658.624.018.2
PRIMLJENO: 26.1.2005.
PRIHVACENO: 4.1.2006.

SAŽETAK: U ovome članku, pored odgovora na pitanja što je to agilna proizvodnja, tj. što su to fleksibilni proizvodni sustavi, koliko se agilna proizvodnja razlikuje od masovne proizvodnje, poseban osvrt dan je na prednosti agilne proizvodnje sa stajališta sigurnosti na radu, pouzdanosti i kvalitete proizvoda. Također, posebno težište je stavljeno na obveze i ciljeve funkcije održavanja u korelaciji s već spomenutom sigurnošću, pouzdanošću i kvalitetom.

Ključne riječi: agilna proizvodnja, održavanje, sigurnost, kvaliteta

UVOD

Na prelasku u 21. stoljeće dogodile su se radikalne promjene koje su preoblikovale vodeće industrije. Tržište je postalo globalno. Kupci zahtijevaju proizvode u manjim količinama i s različitim izvedbama, te žele da se prema njima ophodi kao individuama s različitim potrebama. Kompanije zbog toga moraju imati širok asortiman različitih proizvoda, moraju brzo uvoditi nove proizvode (npr. novi model auta svake godine), moraju biti inovativne i sve to raditi bolje od veoma jake konkurencije.

Veliki broj različitih finalnih proizvoda, kratak vijek trajanja proizvoda, kratko vrijeme za uvođenje novog proizvoda i specifični zahtjevi kupaca u pogledu mjesta isporuke proizvoda doveli su mnoge proizvođače u tešku situaciju.

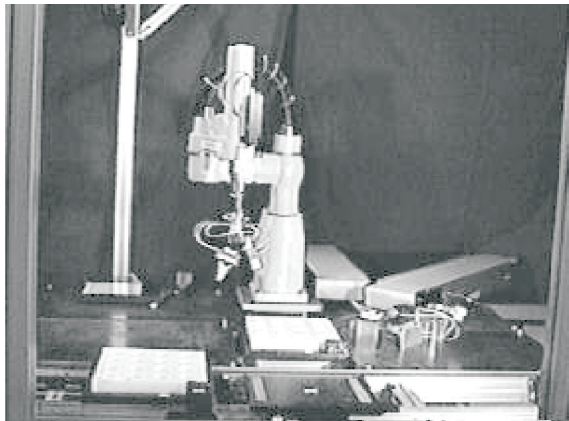
Opstati mogu samo kompanije koje prihvate koncept agilne proizvodnje, odnosno kompanije koje će moći lako, brzo i jeftino prijeći s proizvodnje jednog proizvoda na proizvodnju drugog proizvoda.

Agilna proizvodnja, kao proizvodni koncept koji se zasniva na visokoj automatizaciji i robotizaciji što joj omogućuje fleksibilnost, posebnu pozornost treba posvetiti održavanju tih kompleksnih proizvodnih sustava i na taj način poboljšati dobre pretperformanse za osiguranje potrebne kvalitete proizvoda i sigurnosti na radu, inače međusobno ovisnih kategorija.

AGILNA PROIZVODNJA

Razne skupine različito definiraju agilnu proizvodnju. No, najopća je sljedeća definicija: **agilna proizvodnja je takva proizvodnja koja omogućuje brz i jeftin prelazak s proizvodnje jednog na proizvodnju drugog njemu različitog proizvoda.**

* Prof. dr. sc. Fikret Veljović, Mehmed Imamović, student, Hadis Bajrić, student, Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet Sarajevo, Vilsonovo šetalište 9, 71000 Sarajevo, BiH.



Slika 1. Robotizirana radna stanica – primjer agilne proizvodnje radnog prostora

Figure 1. Robotic workstation – an example of the agile production

Brzo preorijentiranje zasniva se na ideji minimalne izmjene alata i kompjutorskog programa pri prelasku s proizvodnje jednog proizvoda na drugi, iz čega zaključujemo da su roboti i IT osnova ove proizvodnje.

Ova proizvodnja zahtijeva visokoautomatizirane i robotizirane proizvodne sustave, fleksibilno opsluživanje, nadzorni sustav, kao i nemali broj senzora koji moraju prikupljati informacije, kako za rad, tako i za praćenje stanja složenih proizvodnih sustava za potrebe održavanja.

Ovaj koncept pokušava zadovoljiti kupčeve potrebe i učinkovito odgovoriti na kupčeve zahtjeve ma kako god da su složeni i iracionalni.

Agilna proizvodnja nastala je iz potrebe da se odgovori na suvremene izazove, odnosno zahtjeve tržišta, s kojima se inače nije mogla nositi klasična masovna proizvodnja zbog velikih fiksnih troškova (troškova pokretanja proizvodnje) i kratkotrajnog vijeka trajanja proizvoda.

Agilna proizvodnja omogućuje u pravo vrijeme implementaciju proizvodne filozofije:

- proizvoditi bez zaliha
- proizvoditi na vrijeme i činiti to u svako vrijeme
- proizvoditi bez grešaka i škarta
- frekventna isporuka
- isporuka malih količina
- isporuka točnih količina.

RAZLIKE IZMEĐU AGILNE I KLASIČNE PROIZVODNJE

Klasična proizvodnja je najpogodnija ako proizvodimo serije većeg opsega. Dok se agilna proizvodnja dobro nosi s proizvodnjom u serijama manjeg opsega, odnosno daje najbolje rezultate u ovakvom turbulentnom poslovnom okruženju, evo nekoliko karakteristika agilne proizvodnje okruženja:

- sve se mijenja brzo i nepredvidivo
- tržište zahtijeva unikatne proizvode
- veća ponuda od potražnje
- visoka kvaliteta
- niske cijene.

Navedene karakteristike smanjuju vijek trajanja proizvoda tako da je potrebno konstantno i brzo razvijati nove proizvode i uvoditi inovacije. Prema "razmaženim" kupcima mora se postupati kao da su individue, tj. mora se udovoljavati različitim željama kupaca, pa i po cijenu da se mijenja vlastiti proizvod ili usluga. Svi ovi zahtjevi doveli su mnoge kompanije u velike probleme sa zalihama, režijama i učinkovitošću.

Tablica 1. Stara i nova paradigma**Table 1. The old and the new paradigm**

Masovna proizvodnja	Agilna proizvodnja
Proizvodnja serija velikog opsega	Proizvodnja serija manjeg opsega
Veća potražnja od ponude	Veća ponuda od potražnje
Strategija reklamiranja (push)	Strategija privlačenja (pull)
Strojna organizacija	Inovativna organizacija
Tekuća traka	Mikroprocesor
Skala ekonomičnosti	Svrsihodnost
Lojalnost	Inovativnost (kreativno znanje)
Plavi ovratnici	Bijeli ovratnici (eksperti)
Hijerarhija	Samoorganizirani timovi

ZAŠTITA NA RADU, SIGURNOST, KVALITETA I ODRŽAVANJE

Da bismo shvatili prednost agilne proizvodnje proizvodnog koncepta sa stajališta kvalitete i zaštite na radu u odnosu na nerobotiziranu i neautomatiziranu ili nedovoljno robotiziranu i automatiziranu proizvodnju, dat ćemo pregled poteškoća i gubitaka koji postoje i koji se smanjuju s porastom stupnja implementacije koncepta agilne proizvodnje, odnosno automatizacije i robotizacije.

Prema istraživanju Europske agencije za sigurnost na radu i zaštitu zdravlja, stres na radnom mjestu prisutan je kod svakog trećeg radnika Europske unije. Prema prikupljenim podacima stresom na poslu u EU obuhvaćeno je 28% zaposlenih ili 41,2 milijuna ljudi. Posljedica stresa na poslu je 50-60% svih izgubljenih radnih dana, ali i oko 5 milijuna nesreća na radu. To znači gubitak najmanje 20 milijardi eura godišnje.

U EU 12 milijuna ljudi se žali da ih vrijeđa upravni kadar, 6 milijuna (4%) se žali na tjelesno nasilje, a 3 milijuna (2%) na seksualno zlostavljanje. Zbog stresa na poslu se u EU dogodi 48.000 izvršenih i skoro pola milijuna pokušanih samoubojstava. U europskim zemljama 28% zaposlenih izjavljuje kako njihov posao kod njih izaziva stres i kako to značajno i negativno utječe na njihovo zdravlje (*Jaška, 2004.*).

Godišnje se u svijetu dogodi (*www.pfri.hr*):

- oko 250. 000.000 nezgoda na radu
- oko 160 milijuna radnika obolijeva od profesionalnih bolesti
- oko 1,2 milijuna radnika umire zbog posljedica nezgoda na radu i profesionalnih bolesti

EU

- u 1998. godini dogodilo se 7,4 milijuna nezgoda, od čega 4,7 na radu s bolovanjem duljim od tri dana
- godišnje na radu pogine 8.600 ljudi (1999.)
- godišnje se zbog radnih nezgoda gubi oko 600 milijuna radnih dana.

Stradanja i profesionalne bolesti radnika nanose višestruke štete:

❖ poslodavcu:

- troškovi prve pomoći,
- troškovi medicinske pomoći,
- troškovi liječenja u bolnici,
- naknada zarade ozlijeđenom radniku,
- izgubljeno radno vrijeme ozlijeđenog radnika,
- izgubljeno radno vrijeme drugih radnika,

- izgubljeno radno vrijeme voditelja poslova,
 - gubici u proizvodnji,
 - troškovi zapošljavanja novog radnika,
 - troškovi sudskih postupaka,
 - naknada štete,
 - jednokratna novčana pomoć i
 - izdaci na osnovi preuzetih obveza;
- ❖ društvenoj zajednici:
- opterećenje socijalnih i mirovinskih fondova,
 - dodatna angažiranja zdravstva i humanitarnih organizacija,
 - izdavanja za dodatnu infrastrukturu te razina ukupne razvijenosti;
- ❖ radniku i njegovoj obitelji
- smanjenje socijalne i materijalne sigurnosti,
 - psihološka nestabilnost i
 - pogoršanje općeg stanja kod pojedinca i obitelji (*Bešker, 1997.*).

Za poslodavca pored ovih direktnih troškova, također postoje štete i troškovi koji su indirektna posljedica stradanja i profesionalnih bolesti:

- troškovi nepoštovanja rokova
- troškovi škarta zbog neadekvatnih zamjena zaposlenih
- troškovi gubitka ugleda.

Vidimo da su indirektni troškovi posljedica nezadovoljstva i nesigurnosti kupaca i ove štete su teško mjerljive.

Automati, roboti i fleksibilni tehnološki sustavi mogu raditi bez prekida 24 sata dnevno i 365 dana u godini, što daje 8.460 sati rada godišnje. Nema pauza za ručak, kave, bolovanja, stresa, umora, profesionalnih bolesti, štrajkova i organizacijskih gubitaka. Rad ljudi u 3 smjene teško je organizirati, a zbog organizacijskih gubitaka za rad u jednoj smjeni, uz dobru organizaciju se može računati sa oko 1.400 sati rada godišnje, a to je u odnosu 8.460 raspoloživih sati 16,5% iskorištenja

raspoloživog kapaciteta. U slučaju pokretanja tri smjene, kompanije moraju zaposliti nove radnike koji nemaju dovoljno iskustva i znanja i ako se ti kadrovi dovoljno ne osposobe (što su golemi troškovi), nastaju velike štete zbog škarta ili smanjenja kvalitete. Rad u trećoj smjeni također iziskuje veći napor, a što utječe na smanjenje produktivnosti, smanjenje kvalitete i ostavlja negativne posljedice na zdravlje radnika.

Robot u isto vrijeme znači veću kvalitetu, ujednačenu kvalitetu, veću fleksibilnost u proizvodnji, veću pouzdanost, točnija predviđanja, bolja planiranja i veću produktivnost. Godine 1994. bilo je oko 500.000 robota na svijetu. Japan, sa samo 0,3% površine svijeta, i 2,5% njegove populacije, posjedovao je više od 300.000 robota. Stoga, nije ni čudno što je tvornica *Nissan* u Japanu proizvodila 80 automobila po radniku godišnje u odnosu na prosječnih 45 automobila u europskoj automobilskoj industriji. U Francuskoj, na primjer, dva najveća proizvođača automobila smanjila su svoju radnu snagu za ne manje od 200.000 radnika u razdoblju od 1982. do 1994. godine, s povećanom produktivnošću od 12% u istom razdoblju (*Vuds, Grant, 1994.*).

Već spomenuti indirektni troškovi nezgoda na radu i profesionalnih bolesti su uvelike direktna posljedica kvalitete, odnosno nekvalitete proizvoda ili usluge. Stoga, jasno je da su kvaliteta proizvoda ili usluge i sigurnost na radu u jakoj korelaciji. Ovu tvrdnju ne treba posebno dokazivati jer jasno je da samo osposobljeni, zdravi, sigurni i zadovoljni radnici mogu dati maksimalno kvalitetan proizvod ili uslugu, što implicira i minimalne troškove zbog nekvalitete. Zamislimo takvu situaciju da želimo kvalitetan proizvod, a radnik nam je apsolutno nemotiviran, nesiguran i nezadovoljan. Nema dvojbe da se u tim stanjima može postići kvaliteta, a u to još samo rijetki vjeruju. Prošlost je davna i za teoriju upravljanja kada se tvrdilo da će poslodavac uspjeti postići kvalitetu koja se na tržištu zahtijeva ako mu radnici rade pod pritiskom i strahom od predradnika (*Bešker, 1997.*).

Vidimo da se tradicionalna proizvodnja našla između dva ekstrema, s jedne strane ima goleme troškove zbog nesreća i profesionalnih bolesti, da bi se ti troškovi doveli na razumnu razinu moraju se primijeniti mjere zaštite koje također, s druge

strane izazivaju velike troškove i opterećuju cijenu proizvoda. Troškove mjera zaštite ilustrirat ćemo na poslovima zavarivanja, jednoj od rijetkih profesija u kojoj su radnici izloženi tako složenim i raznovrsnim fizičko-kemijskim negativnim utjecajima. Troškovi mjera zaštite mogu se okvirno podijeliti na (*Zalihić, 1998.*):

- troškove općih mjera zaštite na radnom mjestu
- troškove osiguranja osobnih zaštitnih sredstava
- troškove preventivnih mjera zaštite.

U opće mjere ubrajaju se:

- ventilacija (lokalna, usisna, ispušna ventilacija)
- paravani i pregrade
- zamjena visokoštetnih tehnologija zavarivanja s manje štetnim postupcima, ako je to moguće.

U osobna zaštitna sredstva ubrajaju se:

- zaštitne naočale i/ili zaštitna maska za lice
- rukavice
- radno odijelo i kožna pregača
- štitnici za noge i posebne radne cipele
- kožna kapa i nadlaktice
- respirator.

U preventivne mjere zaštite zavarivača ubrajaju se:

- zaštita od strujnog udara
- zaštita od požara i eksplozije; radovi se ne smiju izvoditi blizu lakozapaljivih materijala, te se treba držati sljedećeg:
 - osigurati nadzor prije zavarivanja, tijekom zavarivanja i poslije zavarivanja
 - ukloniti pokretne zapaljive stvari
 - nepokretne zapaljive stvari navlažiti vodom ili ih na drugi način propisno zaštititi
 - pripremiti u neposrednoj blizini radnog mjesta sredstva za gašenje požara
- preventivne mjere za zaštitu zdravlja zavarivača:

- sistematski zdravstveni pregled (minimalno jednom godišnje)
- dodatni odmor u zimskom razdoblju
- povremeni seminari o načinima zaštite na radu.

Agilna proizvodnja, kako je spomenuto, zahtijeva visoku automatizaciju i robotizaciju proizvodnih sustava na kojima i gradi svoje mnogobrojne prednosti. Tako umjesto zavarivača zgrbljenih iznad radnih predmeta, koji udišu dimove nastale od zavarivanja, a oči su im izložene zračenju električnog luka, danas taj posao obavljaju pretežno roboti i automati.

Pored poslova zavarivanja primjena robota u području nuklearne tehnologije, odnosno primjena robota u zonama s radijacijom, te primjena robota za rukovanje opasnim teretima posebno je značajna za zaštitu ljudi. Prednost robota je i njihova točnost koja je jako bitna, kako za osiguranje kontinuirane kvalitete, tako i zbog sigurnosti od nepredviđenih, a ljudskim faktorom izazvanih opasnosti.

Agilna proizvodnja, zbog primjene njezine proizvodne filozofije i svojeg osnovnog načela da ljudski čimbenik treba biti zamijenjen robotima i automatima (koji se za razliku od ljudi moraju održavati), posebnu pozornost mora posvetiti funkciji održavanja.

Njezina proizvodna filozofija zahtijeva rad bez zaliha, tako da svaka nepredviđena situacija, odnosno svaki nepredviđeni kvar može uzrokovati nepoštovanje ugovorenih rokova i nezadovoljstvo kupca.

Značaj funkcije održavanja najbolje ilustriraju troškovi održavanja prikazani na slici 2. Vrh ledenog brijega predstavlja direktne troškove koje možemo riješiti. Indirektni troškovi su teško mjerljivi i nisu tako evidentni, te predstavljaju nevidljivi (veći) dio ledenog brijega ispod vodene površine. Utjecaj na profitabilnost je obrnuto proporcionalan lakoći mjerenja troškova.

U mnogim proizvodnim i procesnim poduzećima ovi indirektni troškovi uključuju sljedeće gubitke (nazvane "šest velikih gubitaka"); (*Majdandžić, 1999.*):

- gubici zbog prekida i neplaniranih zastoja
- gubici zbog podešavanja

- nedostaci zbog posla i mali prekidi u radu operatera
- rad sa smanjenim režimima ("oprema nije baš najispravnija")
- gubici zbog pokretanja (nakon prekida i vrijeme uhodavanja u normalni radni ritam)
- gubici na pogreškama i doradama u proizvodnji.

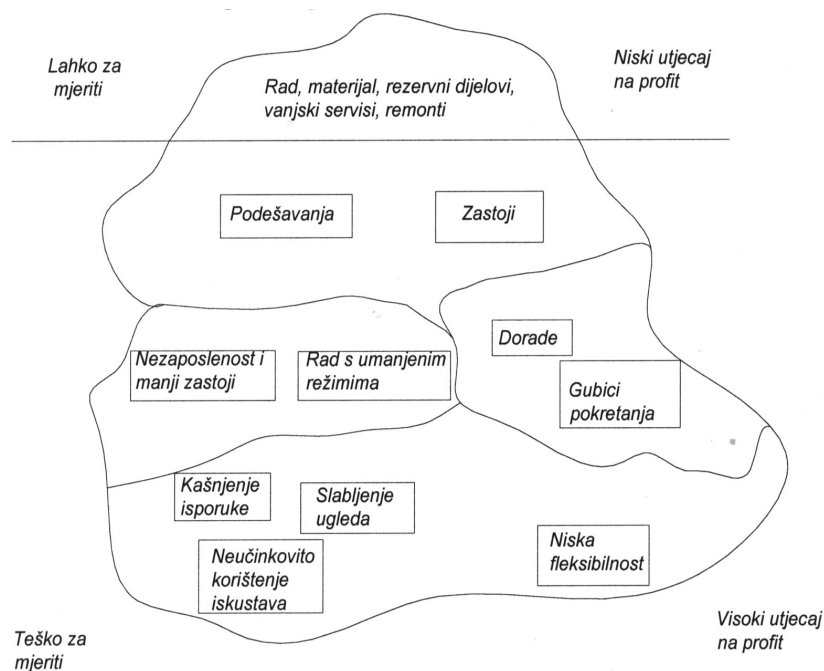
Dodatno ovih "šest velikih gubitaka" izazivaju ove posljedice:

- kašnjenje u isporuci
- slabljenje ugleda tvrtke
- neučinkovita primjena kadrova, iskustava i znanja
- niska fleksibilnost prema potrebama tržišta.

Iskustva u eksploataciji pokazala su da radna sredstva ne gube svoje funkcionalne karakteristike odjednom, već je to kontinuiran proces. Oštećenja, kvarovi i havarije posljedice su laganog trošenja tijekom eksploatacije. Nagovještaj oštećenja, kvara ili havarije pojavljuje se znatno ranije. Preventivno održavanje razvilo je odgovarajuće metode, postupke i opremu za mjerenje određenih parametara radnog sustava koji ukazuju na pojavu odstupanja od normalnog rada i očekivane pojave oštećenja ili kvara.

Preventivno održavanje na osnovi dijagnostičkih informacija i praćenja stanja omogućava (Majdandžić, 1999.):

- zaustavljanje težih oštećenja i kvarova opreme
- planiranje poslova održavanja



Slika 2. Troškovi održavanja

Figure 2. Maintenance costs

Agilna proizvodnja mora, da bi maksimalno iskoristila svoje prednosti, primjenjivati preventivno održavanje, odnosno sva ona održavanja koja se zasnivaju na krilatici "bolje spriječiti nego liječiti".

- bolju organiziranost funkcije održavanja
- niže troškove rezervnih dijelova i komponenti
- bolju analizu pojava kvara i oštećenja
- planiranje rekonstrukcije i modernizacije.

Također, preventivno održavanje daje ove prednosti (Majdandžić, 1999.):

- porast sigurnosti
- povećanje izlaza (količine proizvoda) iz proizvodnog sustava
- porast raspoloživosti i smanjenje poslova održavanja
- poboljšanje kvalitete proizvoda
- planiranje poslova održavanja
- povišenje zadovoljstva kupca.

Npr. 1993. godine Nissan je primjenom preventivnog održavanja povećao proizvodnost za 70% , dok je Ford povećao efektivno vrijeme sa 74% na 86% i napravio uštedu od 5,7 milijuna funti (Majdandžić, 1999.).

ZAKLJUČAK

Agilna proizvodnja je proizvodni koncept koji je pokazao da se može nositi s turbulentnom stvarnošću, tj. riješio problem visokih troškova prelaska proizvodnje jednog proizvoda na proizvodnju drugog proizvoda, ima sposobnost da brzo reagira na promjene, zadovolji "razmaženo"

tržište, osigura kvalitetu proizvoda te dobru zaštitu na radu i prosperira.

Posebno značajno za agilnu proizvodnju je da se uoči kauzalnost između kvalitete, zaštite na radu i funkcije održavanja, te da se provodi kvalitetno preventivno održavanje.

LITERATURA

Bešker, M.: Zaštita na radu u sustavu kvalitete prema ISO 9000, *Sigurnost*, 39, 1997., 3, str. 229-234.

Jaška, Z.: Psihološki teror na radnom mjestu kao zdravstveni problem, *Liječničke novine*, broj 32., 2004., str. 23-25.

Majdandžić, N.: *Strategije održavanja i informacijski sustavi održavanja*, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 1999.

Vuds, A., Grant, T.: *Uvod u članak L. Trockog 'Marksizam u našem vremenu'*, London, 1994.

Zalihić, S.: *Zavarivanje i srodni postupci*, Svjetlost, Sarajevo, 1998.

Ozljede na radu u Europskoj uniji, Dostupno na: HRL <http://www.pfri.hr>

AGILE PRODUCTION AND ITS EFFECTS ON MAINTENANCE, SAFETY AND QUALITY

SUMMARY: The paper defines agile production, i.e. describes what flexible productions systems are, how different agile production is from mass production, and with a special focus on the merits of agile production from the point of view of occupational safety, reliability and quality of products. Furthermore, special attention is focused on the obligations and aims of the maintenance function in correlation with safety, reliability and quality.

Key words: agile production, maintenance, safety, quality

*Professional paper
Received: 2005-01-26
Accepted: 2006-01-04*