

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF OFFSET PRINT EQUIPMENT BY IMPLEMENTING AN IN-LINE PRINT QUALITY CONTROL SYSTEM

TURCEA Adrian-Florin

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnologii și Sisteme Poligrafice,
Anul de studii: II, e-mail: adrianturcea@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Miron ZAPCIU**

ABSTRACT: Against the background of technological development, the printing industry has seen important progress in recent years, in terms of automation and addressing environmental issues. The criterion of competitiveness is the one that, mainly, sorts the companies, and, based on which, the customers are oriented when choosing a business partner. "Competitive" involves, on the one hand, a high level of quality and, on the other hand, a relatively affordable price, in order to address the consumer market. In this sense, it is important to aim to increase the productivity of the commercial activity you carry out, in order to remain competitive. The implementation of a solution in this sense presupposes that, previously, the commercial activity is analyzed, and, benefiting from automation solutions, the optimal variant is chosen, taking into account the costs involved in the investment and the degree of productivity increase.

CUVINTE CHEIE: productivitate, competitivitate, automatizare, calitate, control in-line.

1. Introducere

Creșterea productivității unui echipament de tipar ofset este un deziderat general al tipografiilor ce operează asemenea utilaje. Plecând de la Gutenberg și până în zilele noastre, echipamentele de tipar au suferit modificări, adaptări, re tehnologizări, automatizări, toate în ideea de creștere a calității tiparului, scăderea costurilor de producție sau diversificare de ofertă, coroborată cu cererea de pe piață.

Dezvoltarea tehnologică exponențială din ultimul secol a permis o abordare complexă, referitor la creșterea productivității echipamentelor, cu varii soluții de automatizare, atât în ceea ce privește setarea echipamentului (schimbarea plăcilor, spălarea valțurilor etc.), cât și în ceea ce privește calitatea tiparului obținut (măsurarea calității tiparului, densitometrie, spectrofotometrie etc.).

Lucrarea de față urmărește creșterea productivității unui echipament de tipar ofset prin implementarea unui sistem in-line de control al calității tiparului.

2. Stadiul actual

Sistemele off-line pentru controlul colorimetric și densitometric al echipamentelor de tipar ofset, – cum ar fi Densitronic, Qualitronic (KBA), Inpress (Heidelberg), CCI, ColorPilot (Manroland), sunt folosite de o perioadă îndelungată. Asemenea sisteme folosesc, de obicei, următorul algoritm: periodic, operatorul preia o coală tipărită, de la partea de eliminare a echipamentului de tipar, și o așază pe masa de măsurat. Densitometrul citește valorile densității de pe bara de control, iar datele obținute sunt comparate cu valorile de referință. În consecință, profilul de culoare este ajustat la nivelul grupurilor de tipar.

Există un dezavantaj asociat cu factorul uman în acest mod de lucru. Operatorul nu poate realiza operația de măsurare suficient de des. Teoretic, aceasta poate fi efectuată la fiecare 150-200 coli, dar, practic, se realizează mai rar de atât, pe fondul faptului că sarcinile operatorului cu privire la funcționarea echipamentului de tipar nu pot fi preluate de altcineva.

În cazul unui sistem in-line de control al calității tiparului care operează în mod automat, cum se dorește a fi cel de implementat, principala diferență față de sistemele off-line menționate anterior este că

dispozitivele de măsurare sunt montate imediat după ultimul grup de tipar, și, ca urmare, pot măsura fiecare coală tipărită în parte. În consecință, profilul de culoare poate fi ajustat după măsurarea unei secvențe de 6 coli.

Pentru a putea urmări concret efectul benefic al implementării sistemului in-line de control al calității tiparului, recurgem la lansarea unui comenzi de produs finit tipărit tip flyer pașaport, operația de tipar fiind realizată pe un echipament ROLAND 508.

În tabelul 1 sunt prezentate cele trei etape de realizare a produsului finit tipărit: pre-tipărire, tipărire propriu-zisă și post-tipărire, alături de materiile prime utilizate, cantitățile în care acestea intervin, pierderile tehnologice asociate, precum și echipamentele direct implicate în obținerea produsului finit.

Tabelul 1. Comandă produs finit tipărit - flyer

	Format	Finit	Brut	Coală
		20.5 x 31.2 cm	21.5 x 32.2 cm	50 x 70 cm
Pre-tipărire	Tiraj	200.000 x 1 filă (1 x 1 x 1)		
	Echipeamente	tipar ofset, tăiat, fălțuit		
	Format coală tipărită	50 x 70 cm		
	Rezultă din coala tipărită	4 buc.		
	Tip suport	carton cretat lucios 130 g/m ² , format 70x100 cm		
	Tiraj	25000 coli		
	Pierderi tehnologice	1500 coli		
	Grafică și tehnoredactare	culori față – 4 - CMYK, culori verso – 4 - CMYK		
	Pregătirea formei	număr plăci : 8		
	Tipărire propriu-zisă	Tipărire	50000 coli	
Pierderi tehnologice		3000 coli		
Post-tipărire	Finisare	tăiate la format finit (20.5 x 31.2 cm), fălțuite cu două îndoituri		

În ceea ce privește echipamentul de tipar offset ROLAND 508, acesta are asociate: o normă de producție (NP) și o normă de timp (NT) raportate la unitatea de calcul (UC), prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Norma de timp și de producție pentru operația de tipar

Utilaj	Lucrări de complexitate mică		Lucrări de complexitate medie		Lucrări de complexitate mare	
	NT / UC	NP / 8h	NT / UC	NP / 8h	NT / UC	NP / 8h
ROLAND 508	6	80.000	8	60000	10	48000

Așa cum se poate observa în Tabelul 2, echipamentul de tipar offset ROLAND 508 are asociate pentru lucrări de complexitate medie (cum este cazul nostru, pentru comanda de produs finit – flyer), următoarele norme:

- NT/UC = 8 : norma de timp raportată la unitatea de calcul (UC = 1000 coli); concret, durează 8 minute pentru a tipări 1000 coli;
- NP/8h = 60000: norma de producție pentru un interval de 8 ore.

De asemenea, echipamentul de tipar offset ROLAND 508 are asociați următorii timpi pregătitori / de reglaj, în vederea executării comenzii în discuție (tabelul 3):

Tabelul 3. Timpi de pregătire necesari – ROLAND 508

Nr. crt.	Operația efectuată	Durata [min]
1.	Alimentare cu hârtie / 1000 coli (start)	10
2.	Închis-potrivit placă	5
3.	Schimbare plăci	10
4.	Spălare completă mașină	10
5.	Spălare cauciuc + cilindru	10
6.	Curățare jgheab cerneală	15
7.	Schimbare perii	15
8.	Schimbare cauciuc	15

9.	Schimbare folie cilindru port-placă	15
10.	Montat/demontat-spălat separatoare grup	45
11.	Schimbarea meselor de alimentare și eliminare	10
12.	Realizat față-verso	20

Urmărind datele din tabelul 3, observăm importanța pe care o are gradul de automatizare al echipamentului (schimbat plăci, spălat valțuri etc.) în realizarea operațiilor enumerate mai sus într-un interval de timp cât mai scurt, în sensul că un grad de automatizare mai ridicat presupune timpi de pregătire îmbunătățiți, precum și un nivel de calitate superior al lucrărilor executate (automatizarea se presupune că înlocuiește factorul uman, care, deseori, este predispus erorii).

Comanda în lucru are prevăzut / asumat / admis un număr de pierderi tehnologice, în funcție de formatul suportului de tipărit, de numărul de culori de tipărit și de tirajul aferent, în conformitate cu Tabelul 4.

Tabelul 4. Pierderi tehnologice – tipar offset

Format, număr culori	Tip suport	Tiraj (coli)	Pierderi tehnologice (%)
50x70 cm, 5-8 culori	Carton cretat lucios 130 g/m ²	Până la 1000	10.2
		1001-5000	9.7
		5001-10000	9.2
		10001-15000	8.7
		15001-20000	8.3
		20001-25000	7.9
		25001-30000	7.3
		30001-35000	6.8
		35001-40000	6.4
		40001-50000	5.9
		Peste 50000	5.4

Complementar acestor pierderi tehnologice menționate, anterior efectuării tirajului propriu-zis, pentru fiecare placă montată pe echipament, se alocă un număr de 25 coli, considerate, de asemenea, pierderi tehnologice, în vederea realizării operației de închidere-potrivre.

Referitor la oferta de preț pe care tipografia o poate avansa în actualele condiții de producție, regăsim în Tabelul 5 prețurile (exprimate în RON, fără TVA), asociate tehnologiei de tipar, formatului, precum și tirajului de executat.

Tabelul 5. Oferta flyer – tipar offset

Tehnologie de tipar Offset – ROLAND 508											
Format	Tiraj (buc.)										
	200	500	1000	2500	5000	10000	20000	30000	50000	100000	200000
1/3 A4 9.9 x 21 cm	0.75	0.46	0.37	0.17	0.09	0.07	0.056	0.045	0.040	0.035	0.03

În cazul particular al comenzii de executat, tipografia poate asigura un nivel de preț de 0.03 lei / buc. flyer (fără TVA), nivel de preț competitiv, raportat la oferta concurenților din domeniu. Însă, putem observa diferențe majore, în cazul nivelului de preț pentru lucrări de anvergură mai mică (Tabelul 6):

Tabelul 6. Contraofertă flyer tipografie concurență – tipar ofset

Tehnologie de tipar ofset											
Format	Tiraj (buc.)										
	200	500	1000	2500	5000	10000	20000	30000	50000	100000	200000
1/3 A4 9.9 x 21 cm	0.5	0.26	0.17	0.088	0.058	0.04	0.036	0.035	0.033	0.03	0.028

3. Indicatori de performanță, disponibilitate, calitate

Eficiența unui echipament de tipar poate fi cuantificată cu ajutorul unui indicator de performanță – OEE (Overall Equipment Effectiveness) [6-7]. Cu ajutorul acestuia se poate determina eficiența productivă a unei companii, departament sau echipament. Acest indicator de performanță se calculează ținând seama de trei criterii [3-5]:

- timpul de funcționare efectivă;
- eficiența funcționării (ex. abilitatea de a opera la o rată nominală);
- calitatea produsului.

OEE reprezintă o valoare procentuală și se determină cu ajutorul următoarei formule:

$$OEE = DISPONIBILITATE \times PERFORMANȚĂ \times CALITATE \quad (1)$$

unde:

$$DISPONIBILITATE = \frac{\text{Timp disponibil pentru producție}}{\text{Timp setare echipament}} \quad (2)$$

$$PERFORMANȚĂ = \frac{\text{Timp teoretic pentru realizare tiraj}}{\text{Timp disponibil pentru producție}} \quad (3)$$

$$CALITATE = \frac{\text{Tiraj realizat} - \text{pierderi tehnologice}}{\text{Tiraj realizat}} \quad (4)$$

Mean Time Between Failure (MTBF) este un indicator de performanță ce descrie durata medie dintre două defecțiuni survenite la nivelul echipamentului de tipar. Acest indicator poate fi calculat cu ajutorul următoarei ecuații [2-4]:

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Timp efectiv de funcționare (TW)}}{\text{Număr total de defecțiuni în acel interval}} \quad (5)$$

unde:

$$TW = \text{Timpul total (TT)} - \text{Durata defecțiunii (TF)} \quad (6)$$

Mean Time To Repair (MTTR) este un indicator de performanță utilizat pentru a determina eficiența activităților de mentenanță, și poate fi determinat cu ajutorul ecuației (7):

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Durata reparației}}{\text{Număr total de intervenții în acel interval}} \quad (7)$$

În cele din urmă, indicatorul de performanță ce cuantifică disponibilitatea echipamentului se determină prin prisma ecuației (8):

$$DISPONIBILITATE = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF} \times 100\% \quad (8)$$

4. Metodologie de măsurare

În vederea creșterii productivității echipamentului de tipar, ulterior analizării datelor de intrare prezente, au fost identificate următoarele elemente/aspecte generatoare de erori / defecte / costuri suplimentare:

- Sistemul off-line de control al calității tiparului: în varianta inițială, echipamentul de tipar dispune de un sistem off-line de control al calității tiparului; s-a constatat că acesta este un sistem depășit din punct de vedere al operării, costurilor pe care le implică și al nivelului redus de control al calității.

Controlul calitatii trebuie realizat în conformitate cu standardele în vigoare. În tabelul 7 sunt prezentate caracteristicile care se măsoară conform standardelor ISO 12647-1 (Tehnologia Grafică – Controlul de proces pentru separările tonurilor de culoare, tipar proof și de serie – Partea 1: Parametri și metode de măsurare) și ISO 12647-2 (Tehnologia Grafică – Controlul de proces pentru separările tonurilor de culoare, tipar proof și de serie – Partea 2: Procese de tipar ofset). Protocolul de măsurare este în conformitate cu standardul ISO 13655:2017 [1].

Tabelul 7. Standard ISO 12647-1:2004

Articol	Caracteristica					
	L* ^a [1]	a* ^a [1]	b* ^a [1]	Luciu ^b [%]	Luminozitate ISO ^c [%]	Greutate ^d [g/m ²]
Tip suport						
1: lucios cretat, fără celuloză	93 (95)	0 (0)	-3 (-2)	65	89	115
2: mat, cretat, fără celuloză	92 (94)	0 (0)	-3 (-2)	38	89	115
3: lucios, cretat, rolă	87 (92)	-1 (0)	3 (5)	55	70	70
4: necretat, alb	92 (95)	0 (0)	-3 (-2)	6	93	115
5: necretat, tentă gălbuie	88 (90)	0 (0)	6 (9)	6	73	115
Toleranță	±3	±2	±2	±5	-	-
Suport de referință	94,8	-0,9	2,7	70-80	78	150

Având în vedere prevederile protocolului metrologic trebuie să menționeze condiția de măsurare utilizată (tabelul 8):

- M0 se utilizează în cazul oricărui suport sau colorant ce nu implică fluorescență;
- M1 (Part 1) se folosește în cazul suporturilor / coloranților care prezintă fluorescență;
- M1 (Part 2) este utilizat pentru orice suport ce prezintă fluorescență, atunci când colorantul nu prezintă fluorescență;
- M2 este folosit pentru orice tip de suport care prezintă fluorescență, însă se dorește suprimarea efectului acesteia la nivelul măsurătorilor;
- M3 este utilizat în cazul în care se dorește suprimarea influenței luciului (reflexie apropiată de cea a unei oglinzi).

Tabelul 8. Condițiile de măsurare conform ISO 13655:2017

	M0	M1/1	M1/2	M2	M3
Măsurarea suporturilor fără OBA					
Măsurarea fluorescenței colorantului					
Măsurarea fluorescenței suportului (efectul OBA)					
Ignorarea fluorescenței (eliminarea efectului OBA)					
Suprimarea influenței luciului					

Măsurătorile de colorimetrie necesită:

- spectrofotometru cu geometrie 45°/0° sau 0°/45°;
- raportare în conformitate cu standardul ISO 12647-1: CIE LAB, D50, 2°;
- în lipsa suporturilor cu OBA / tipărite folosind coloranți fluorescenți, M₀=M₁=M₂;
- se folosește, cu precădere, condiția de măsurare M₁, dar atunci când folosim orice condiție de măsurare în vederea schimbului de date, este esențială convenirea unei condiții particulare, concrete, anterior efectuării măsurătorii.

În cazul densitometriei – culori de proces – avem:

- spectrofotometru / densitometru, cu geometrie 45°/0° sau 0°/45°;
- răspunsuri ISO STATUS, valori E, I, T;
- funcție de specificul controlului de proces, poate apărea necesitatea utilizării unui filtru de polarizare (condiția de măsurare M₃).

Spațiul de culoare: CIELAB; geometrie: 45°/0°; iluminant: D50; unghi de vizualizare: 2°; au fost utilizate scale de control (color strip) certificate.

În vederea compensării creșterii valorii tonurilor și raportarea valorilor colorimetrice și spectrale realizate pe echipamentul de tipar la valorile prevăzute de standarde, s-a procedat la realizarea unei curbe de compensare a valorii tonurilor (fig. 1).

Se observă abateri mari ale valorilor măsurate raportate la cele prevăzute de standarde. Curbele de compensare prezintă valori mari, de asemenea variind, fiind instabile, în cazul testelor consecutive. Aceasta duce la o posibilă decalibrare, care necesită noi teste de conformitate.

- Sistemul de schimbare a plăcilor: acesta prezintă un nivel mediu de automatizare, iar operația în sine, din punct de vedere al duratei și nivelului calității obținute, întârzie desfășurarea activității de producție;
- Sistemul de spălare a valțurilor: în varianta inițială, operația de spălare a valțurilor are loc succesiv, individual pentru fiecare grup de tipar în parte; acest aspect crește nivelul de indisponibilitate al echipamentului.

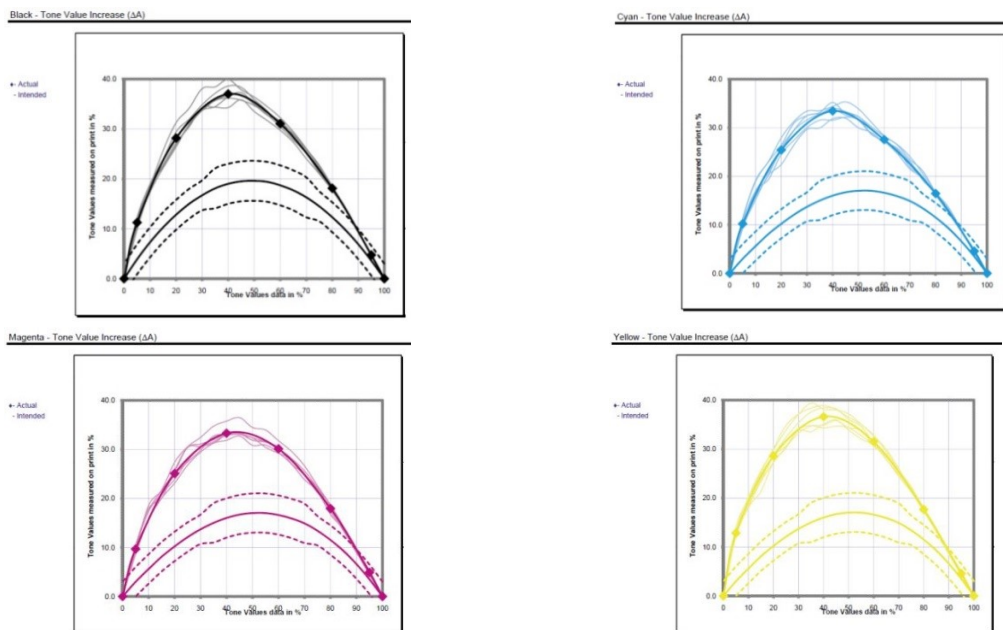


Fig. 1. Raport măsurare inițial

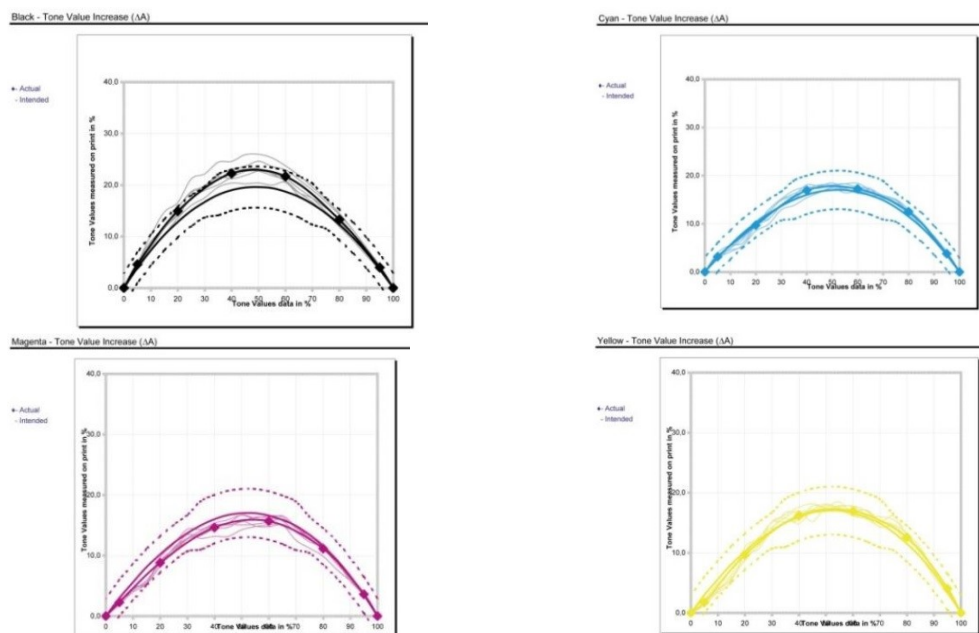


Fig. 2. Raport măsurare – după implementare

- Ca atare, pentru elementele menționate anterior, s-a recurs la implementarea următoarelor soluții:
- Sistem in-line de control al calității tiparului: acesta va crește în mod semnificativ productivitatea echipamentului de tipar. O investiție relativ mică va avea un efect economic pozitiv important într-un interval restrâns de timp. Scăderea numărului de prisoase / rebuturi și scurtarea duratelor timpilor de reglaj vor duce la reducerea imediată a costurilor de producție. Pe lângă acest aspect, este asigurată stabilitatea densităților optice pe durata tipăririi. Totodată, scăderea substanțială a colilor tipărite, extrase pentru măsurare, va duce la degrevarea operatorului, acesta putând astfel efectua alte operații la nivelul echipamentului de tipar. Un raport detaliat referitor la procesul de tipărire, care include densitățile măsurate ale tuturor colilor, este salvat în memorie și permite verificarea și asigurarea calității tiparului.

Ca urmare a implementării noului echipament de control in-line al calității tiparului, sistemul a dobândit o mai mare stabilitate, dovedită de valorile obținute în urma măsurătorilor (fig. 2). Rezultatul obținut a fost o îmbunătățire a valorilor inițiale, reducere semnificativă a valorilor neconforme și o calitate crescută în reproducerea culorilor. Totodată, valorile obținute se încadrează în normele impuse de standardul ISO 12647-X. Creșterea calității tiparului din punct de vedere colorimetric și spectral se remarcă și în cazul curbelor de compensare, ale căror valori sunt mai mici. În fig. 3 și fig. 4 sunt prezentate scalele de control.

- Sistem complet automatizat de schimbare a plăcilor;
- Sistem de spălare concomitentă a valțurilor.

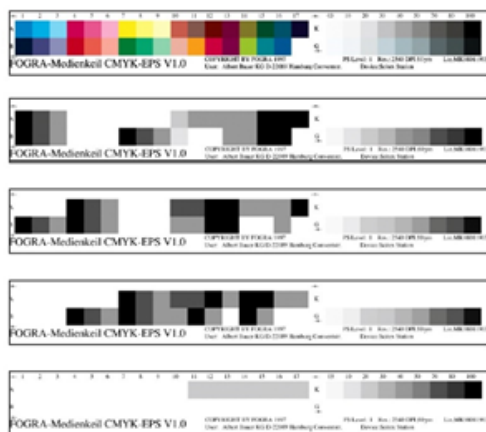


Fig. 3. Scale control - inițial

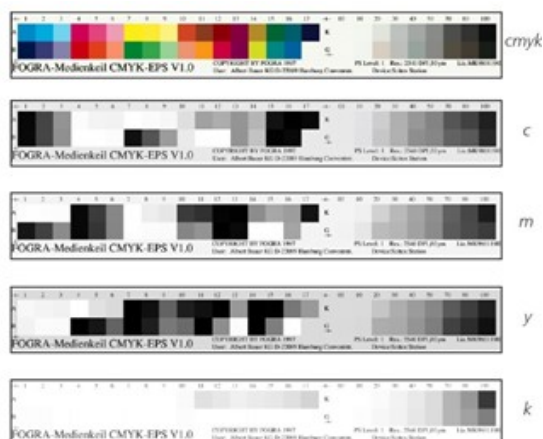


Fig. 4. Scale control – după implementare

În urma acțiunilor întreprinse în vederea creșterii productivității echipamentului de tipar, timpii de pregătire necesari s-au modificat. Aceștia sunt menționați în tabelul 9. De asemenea, precizia echipamentului in-line de control al calității tiparului are ca efect o scădere a pierderilor tehnologice asumate comenzii (tabelul 10). Scăderea timpilor de pregătire, precum și a pierderilor tehnologice, se traduce printr-o scădere a prețurilor produselor comercializate (tabelul 11).

Tabelul 9. Timpii de pregătire necesari – ROLAND 508*

Nr. crt.	Operatia efectuată	Durata (min)
1.	Alimentare cu hârtie / 1000 coli (start)	10
2.	Închis-potrivit placă	2
3.	Schimbare plăci	5
4.	Spălare completă mașină	5
5.	Spălare cauciuc + cilindru	5
6.	Curățare jgheab cerneală	15
7.	Schimbare perii	15
8.	Schimbare cauciuc	15
9.	Schimbare folie cilindru port-placă	15
10.	Montat/demontat-spălat separatoare grup	45
11.	Schimbarea meselor de alimentare și eliminare	10
12.	Realizat față-verso	20

Tabelul 10. Pierderi tehnologice – tipar offset*

Format, număr culori	Tip suport	Tiraj (coli)	Pierderi tehnologice (%)
50x70 cm, 5-8 culori	Carton cretat lucios 130 g/m ²	Până la 1000	5
		1001-5000	4.5
		5001-10000	4.3
		10001-15000	4.1
		15001-20000	3.7
		20001-25000	3.5

		25001-30000	3.3
		30001-35000	3.2
		35001-40000	3.1
		40001-50000	3
		Peste 50000	2.8

Tabelul 11. Oferta flyer – tipar offset*

Tehnologie de tipar Offset – ROLAND 508											
Format	Tiraj (buc.)										
	200	500	1000	2500	5000	10000	20000	30000	50000	100000	200000
1/3 A4	0.45	0.24	0.15	0.08	0.055	0.037	0.032	0.030	0.028	0.027	0.025

5. Concluzii

Urmare a implementării sistemului de control in-line al calității tiparului, sistemului complet automatizat de schimbare a plăcilor și a sistemului de spălare concomitentă a valțurilor, eficiența echipamentului de tipar offset a crescut.

În ceea ce privește disponibilitatea, timpul de setare a echipamentului a scăzut, timpul disponibil pentru producție a crescut, ca urmare, disponibilitatea a crescut. Performanța crește, iar calitatea, de asemenea, pe fondul scăderii numărului de pierderi tehnologice. Per ansamblu, indicatorul de performanță OEE crește. Referitor la timpii de pregătire necesari ai echipamentului, aceștia s-au îmbunătățit cu 10% (18 min/ 180 min). Pierderile tehnologice s-au redus cu aproximativ 50% pentru toate nivelurile de tiraj. Scăderea prețurilor, ca urmare a soluțiilor implementate, a fost de 40%, pentru lucrările de tiraj mic (sectorul de piață nepotrivit până de curând), iar, pentru cele de tiraj mare, de 20%. Ulterior acestor ajustări, oferta tipografiei este mai bună ca a competitorilor.

Calitatea este un deziderat general al clienților, drept urmare nu este ceva de neglijat, deoarece o investiție inițială poate implica o scădere a costurilor de producție, creștere a calității produselor obținute, atragere de noi clienți, reducerea pierderilor tehnologice, precum și a timpilor de reglaj, scădere a prețurilor produselor, în concluzie, o creștere a productivității echipamentului, care poate avea doar valențe economice pozitive.

6. Bibliografie

- [1]. ISO12647-2, (2004), “Graphic technology—Process control for the production of half-tone color separations, proof and production prints—Part II: Offset litho graphic processes”;
- [2]. Schneeweiss, W., (1997), “Mincut-based fault tree analysis revisited and extended for calculating MTBF. Reliability Engineering and System Safety”, Elsevier Science Limited, Northern Island 57 (2);
- [3]. Amorim, J.P., (2009). OEE – A Forma de Medir a Eficiência dos Equipamentos, [online], scribd.com, [Retrieved on March 2017];
- [4]. Lanza, G., (2013), “Measuring Global Production Effectiveness”, Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems, Procedia CIRP 7, p. 31 – 36;
- [5]. Relkar, A., (2012), “Optimizing and analysing Overall Equipment Effectiveness (OEE) through Design Of Experiments (DOE)”, Procedia Engineering 38, p. 2973 – 2980;
- [6]. Nahmias, S., (2005), “Production and Operations Analysis”, 5th Edition, McGraw-Hill, Singapore;
- [7]. Kumar, U., (2000), “Development and implementation of maintenance performance indicators for the Norwegian oil and gas industry”, Proceedings of the 14th International Maintenance Congress (Euro Maintenance 2000), 7-10, p. 221-228;
- [8]. Pițigoi, D., (2014), “Culoarea în poligrafie – Suport de curs tipăritor offset”, București;
- [9]. Bălan, E., (2020-2021), “Managementul calității în industria poligrafică”, Note de curs;
- [10]. Mohora, C., (2020-2021), “Optimizarea sistemelor de fabricație poligrafice”, Note de curs;