



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru



PRAKTIKUM

(navodila za vaje pri predmetu
Metode eksperimentalnega dela)

2. izdaja

**Lucija
ČREPINŠEK LIPUŠ**



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Statistični nadzor procesa

Praktikum

(navodila za vaje pri predmetu Metode eksperimentalnega dela)

Lucija Črepinšek Lipuš

Julij 2023

Naslov <i>Title</i>	Statistični nadzor procesa <i>Statistical Process Control</i>	
Podnaslov <i>Subtitle</i>	Praktikum (navodila za vaje pri predmetu Metode eksperimentalnega dela) <i>Practicum (Instructions for Exercises in the Subject Methods of Experimental Work)</i>	
Avtorica <i>Author</i>	Lucija Črepinšek Lipuš (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)	
Recenzija <i>Review</i>	Bojan Ačko (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)	
Lektoriranje <i>Language editing</i>	Monika Mlakar	
Tehnična urednika <i>Technical editors</i>	Lucija Črepinšek Lipuš (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
Oblikovanje ovitka <i>Cover designer</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)	
Grafika na ovitku <i>Cover graphics</i>	analysis avtorja geralt iz Pixabay.com CC0, 2021	Grafične priloge <i>Graphic material</i> Črepinšek Lipuš, 2023
Založnik <i>Published by</i>	Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba Slomškovo trg 15, 2000 Maribor, Slovenija https://press.um.si , zalozba@um.si	
Izdajatelj <i>Issued by</i>	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija https://um.fs.si , fs@um.si	
Izdaja <i>Edition</i>	Druga izdaja	Izdano <i>Published at</i> Maribor, julij 2023
Vrsta publikacije <i>Publication type</i>	E-knjiga dostopna za študente Univerze v Mariboru, Fakultete za strojništvo	
Dostopno na <i>Available at</i>	https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/797	

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

519.23:621.7.08 (075.8) (0.034.2)

ČREPINŠEK-Lipuš, Lucija
Statistični nadzor procesa [Elektronski vir] :
praktikum (navodila za vaje pri predmetu Metode
eksperimentalnega dela) / Lucija Črepinšek Lipuš. - 2.
izd. - E-knjiga. - Maribor : Univerza v Mariboru,
Univerzitetna založba : Fakulteta za strojništvo, 2023

Način dostopa (URL):
<https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/797>
ISBN 978-961-286-763-8 (PDF)
doi: 10.18690/um.fs.4.2023
COBISS.SI-ID 159361283

© **Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba**
/ *University of Maribor, University Press*

Vse pravice pridržane. Brez pisnega dovoljenja založnika je prepovedano reproduciranje, distribuiranje, predelava ali druga uporaba tega dela ali njegovih delov v kakršnemkoli obsegu ali postopku, vključno s fotokopiranjem, tiskanjem ali shranjevanjem v elektronski obliki. / *All rights reserved. No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical, or other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, without permission in writing from the publisher.*

ISBN 978-961-286-763-8 (pdf)

DOI <https://doi.org/10.18690/um.fs.4.2023>

Cena
Price Brezplačni izvod

Odgovorna oseba založnika
For publisher prof. dr. Zdravko Kačič,
rektor Univerze v Mariboru

Citiranje
Attribution Črepinšek Lipuš, L. (2023). *Statistični nadzor procesa: Praktikum (navodila za vaje pri predmetu Metode eksperimentalnega dela)*. Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba. doi: 10.18690/um.fs.4.2023

Kazalo

1. Orodja za nadzor kakovosti	1
1.1 Diagram poteka	2
1.2 Diagram vzrokov in posledic	2
1.3 Strategija vzorčenja	3
<i>Naloga 1: Vzorčenje za preverjanje atributov</i>	4
1.4 Pareto diagram	6
<i>Naloga 2: Risanje Paretovega diagrama</i>	6
1.5 Diagram raztrosa	9
<i>Naloga 3: Risanje diagrama raztrosa</i>	11
<i>Naloga 4: Risanje s QI Macros – Pareto in diagram raztrosa</i>	12
<i>Naloga 5: Risanje s QI Macros – diagram vzrokov</i>	13
<i>Obrazec za meritve</i>	14
2. Sposobnost in lege procesa	15
<i>Naloga 6: Delež neuspešnih kosov</i>	16
<i>Naloga 7: Ovrednotenje sposobnosti in lege procesa</i>	17
<i>Naloga 8: Risanje časovne karte</i>	17
<i>Naloga 9: Risanje histograma</i>	19
<i>Naloga 10: Risanje s QI Macros – histogram</i>	23
3. Vpliv merilne negotovosti na vrednotenje vzorca	23
<i>Naloga 11: Minimalno število meritev</i>	24
<i>Naloga 12: Merilna negotovost v časovni karti</i>	25
4. Statistični nadzor procesa	27
4.2 Časovne karte za variable	28
<i>Naloga 13: Trenutek ukrepanja</i>	33
4.1 Časovne karte za attribute	34
<i>Naloga 14: Ovrednotenje mejnih črt</i>	35
<i>Naloga 15: Risanje s QI Macros – karta za attribute</i>	36
<i>Naloga 16: Risanje s QI Macros – karta za variable</i>	37
Literatura	40

Predgovor

Navodila za vaje Statistični nadzor procesa so študijski pripomoček pri predmetu Metode eksperimentalnega dela. Laboratorijske vaje obsegajo izvedbo meritev v Laboratoriju za tehnološke meritve in ovrednotenje rezultatov s programskim orodjem Excel. Uvodnemu poglavju o osnovnih orodjih vodenja kakovosti sledijo tri poglavja s soodvisnimi delovnimi nalogami. Podani postopki temeljijo na principih statističnega preverjanja kakovosti proizvoda.

V laboratoriju bomo izmerili velik vzorec iz preizkusnega teka procesa (vsaj sto kosov) in preverili ali ustreza zastavljenemu tolerančnemu intervalu. Glede na izbrano merjeno veličino bomo izbrali možne merilne metode; člani delovne skupine bodo uporabili različna merilna sredstva. Merilno sredstvo bomo ustrezno pripravili: ga umerili, ugotovili ponovljivost merilne metode in ponovljivost merjenja.

Zbrane merilne rezultate bomo statistično analizirali v programskem orodju Excel: z izračunom povprečja in standardnega odklona vzorca bomo preverili sposobnost in lego proizvodnega procesa; izrisali bomo histogram za opazovanje porazdelitve v vzorcu.

S sodelavci znotraj delovne skupine bomo primerjali rezultate ter ugotavljali vzroke za razlike med njimi. Glede na merilno negotovost in ponovljivost merjenja bomo izbrali ustrezno merilno metodo ter zastavili strategijo vzorčenja za dolgoročno vodenje procesa. Za izbrano merilno sredstvo bomo določili potrebno število meritev, da bo merilna negotovost zanemarljiva glede na dejanski raztros vzorca.

Nadalje bomo izvedli statistično analizo malih vzorcev, ki se odvezemajo periodično za dolgoročni nadzor procesa in s pomočjo vodenja vzporednih časovnih kart – karte povprečja in karte raztrosa ugotovili trenutek ukrepanja. Mejne črte v kartah bomo pripravili iz nabora vzorcev iz predteka, ko je proces deloval stabilno, nato bomo opazovali potek vzorcev za dva ločena primera teka procesa - primer zdrsa lege, ki bo razviden iz karte povprečja in primer zdrsa sposobnosti, ki bo razviden iz karte raztrosa. Ob izbiri različno velikih vzorcev (pet, deset ali petnajst kosov) bomo s sodelavci znotraj delovne skupine preverili tudi sovpadanje trenutka ukrepanja.

Kot praktični primer uporabe programske opreme za vodenje kakovosti v proizvodnji in statistični nadzor procesov bomo v programskem orodju Excel uporabili nadgradnjo QI Macros. S temi makri bomo izvedli nekaj primerov operacij za razvoj kakovosti in statistični nadzor proizvodnih procesov.

1. Orodja za nadzor kakovosti

Kakovost izdelka je vrednotena glede na njegovo namembnost, končno merilo za kakovost pa je zadovoljstvo kupca. Glede na naraščajoče zahteve trga je za doseganje ustrezne kakovosti in cene potrebno izdelke stalno izboljševati.

Načrtovanje in vodenje proizvodnje je kompleksen, ciklični proces, ki obsega tehnološke, logistične in ekonomske dejavnike proizvodnega procesa; upošteva zmožnosti dobaviteljev, organizacijsko strukturo podjetja, lastništvo in dolgoročne strateške cilje ...

Za doseganje želene kakovosti izdelka je potrebno zagotavljati stabilen in ponovljiv proizvodni proces. Stroški, ki pri tem nastajajo, so odvisni od vrste izdelka ter stopnje zagotavljanja kakovosti; gibljejo se od nekaj odstotkov pa do polovice prodajne cene. Stroški kakovosti obsegajo stroške vodenja kakovosti in stroške zaradi neustrezne kakovosti. Stroški vodenja kakovosti vključujejo:

- **preventivni stroški**, ki nastajajo ob načrtovanju izdelka ter pripravi in nadzoru proizvodnega procesa, da se zagotovi želena kakovost že med izdelavo (npr. predzagon z analizo, vodenje časovnih kart s sprotnim reševanjem problemov, izobraževanje in komunikacijski sistem, periodični pregledi testne opreme);
- **stroški preverjanja serij** (ob prevzemu vhodnih komponent ter preverjanje vmesnih in končnih izdelkov).

V primeru **neuspele serije** se lahko pojavijo stroški izmeta, sortiranja, popravil, ponovnih testov; zastoja proizvodnega procesa, odškodnina kupcu zaradi neustreznosti pošiljke ali zamude, v izogib upadu tržnega deleža ali prodajne cene.

Zagotavljanje kakovosti s sprotnim statističnim nadzorom proizvodnje je praviloma bolj ekonomično kot pa obsežno preverjanje končnega proizvoda. Z rastočo stopnjo kakovosti rastejo stroški vodenja kakovosti, pri tem pa stroški zaradi neustrezne kakovosti padajo. Cilj vsakega podjetja je, da so skupni stroški, ki so vsota obeh, čim nižji.

Kot pripomoček za nadzor kakovosti in organizirano izboljševanje produktivnosti se uporablja **sedem osnovnih orodij** [1]:

- diagram poteka procesa (prikaz ključnih korakov v procesu),
- diagram vzrokov in posledic (diagram Ishikawa, možnih vzrokov za dani problem),
- strategija vzorčenja (s pripadajočimi obrazci za zbiranje podatkov),
- Pareto diagram (za prepoznavanje ključnih vzrokov),
- diagram raztrosa (analiza odvisnosti parametra kakovosti od parametra procesa),
- histogram (prikaz porazdelitve parametra kakovosti v vzorcu),
- nadzorne karte (sprotni nadzor procesa s časovnim prikazom parametrov kakovosti).

Literatura

- [1] Felix C. Veroya (2014) Introduction to Statistical Process Control – A Problem Solving Process Approach, 1. izdaja, ISBN 978-87-403-0789-4, <https://bookboon.com/>
- [2] Douglas C. Montgomery (2009), Introduction to Statistical Quality Control, John Wiley & Sons Inc. 6. izdaja, ISBN 978-0-470-16992-6
- [3] Eugene L. Grant, Richard S. (1996), Leavenworth, Statistical Quality Control, 7. izdaja, The McGraw-Hill Companies, Inc., ISBN 0-07-114248-7
- [4] Lloyd S. Nelson (1984), The Shewhart Control Chart – Test for Special Causes, Journal of Quality Technology 16(4) pp. 237-239.
- [5] ISO 2859-1:1999, Sampling procedures for inspection by attributes - Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection.
- [6] Bojan Ačko (2019), Metode eksperimentalnega dela, zapiski predavanj, <https://studij.um.si/>
- [7] Bojan Ačko, Lucija Črepinšek Lipuš (2019), Kalibracija vijačnih meril, akreditirani postopek SOP5-E3, <http://ltm.fs.um.si/kalibracije-in-meritve/>
- [8] Statistical Process Control – Microsoft Excel add-in (2023) <https://www.qimacros.com/>

STATISTIČNI NADZOR PROCESA: PRAKTIKUM (NAVODILA ZA VAJE PRI PREDMETU METODE EKSPERIMENTALNEGA DELA)

LUCIJA ČREPINŠEK LIPUŠ

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, Slovenija
lucija.lipus@um.si

Praktikum Statistični nadzor procesa je študijski pripomoček za izvajanje vaj pri predmetu Metode eksperimentalnega dela. Opisom osnovnih orodij vodejna kakovosti sledijo zgledi in delovne naloge s postopki, ki temeljijo na principih statističnega preverjanja kakovosti proizvoda. Vaje obsegajo meritev vzorcev in ovrednotenje rezultatov v programu Excel ter z makri QI Macros.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fs.4.2023](https://doi.org/10.18690/um.fs.4.2023)

ISBN
978-961-286-763-8

Ključne besede:
zagotavljanje kakovosti,
statistični nadzor
procesa,
sposobnost procesa,
histogram,
nadzorna karta



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo