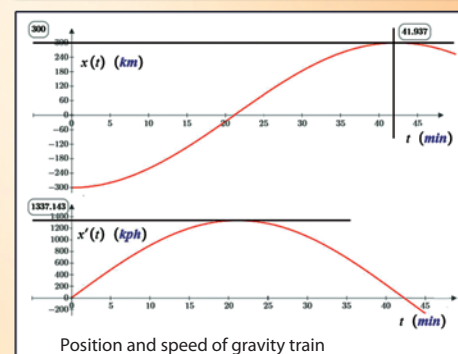
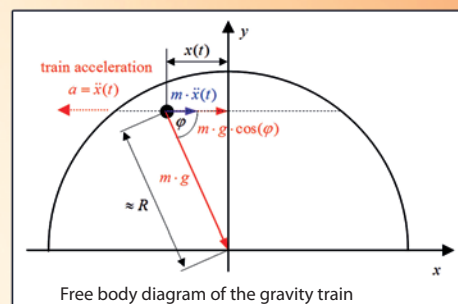
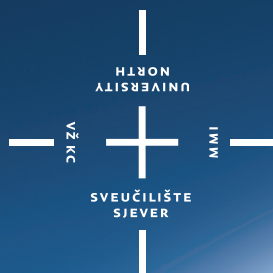
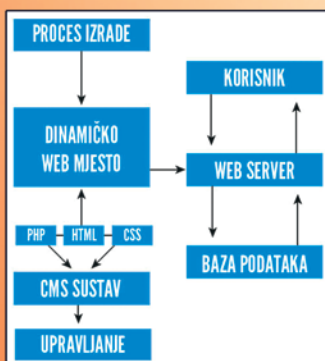
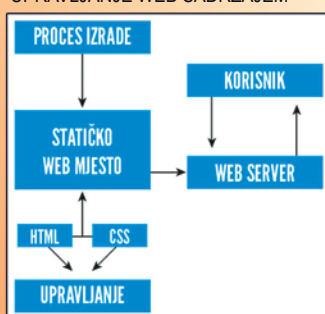


# Tehnički Glasnik

## Technical Journal



### STATIČKO I DINAMIČKO UPRAVLJANJE WEB SADRŽAJEM



### PUTOVANJE OD ST. PETERSBURGA DO MOSKVE ILI MODEL GRAVITACIJSKOG VLAKA U MATHCAD-U



ISSN 1846-6168 (Print)  
ISSN 1848-5588 (Online)  
Godište (Volume) 9  
Broj (Number) 1  
Stranica (Pages) 1-120  
Varaždin, ožujak (March) 2015.

# TEHNIČKI GLASNIK TECHNICAL JOURNAL

Znanstveno-stručni časopis Sveučilišta Sjever  
Scientific professional journal of University North

Godište (Volume) 9  
Varaždin, ožujak (March) 2015.

Broj (Number) 1  
Stranica (Pages) 1–120

**Adresa uredništva (Address of Editorial Office):**

Sveučilište Sjever – Tehnički glasnik  
Sveučilišni centar Varaždin  
104. brigade 3, 42000 Varaždin, Hrvatska;  
Tel. ++385/ 42/ 493 328, Fax. ++385/ 42/ 493 333  
e-mail: casopis@unin.hr  
<http://www.unin.hr/sveucilisna-knjiznica/izdavastvo/tehnicki-glasnik/>

**Osnivač i izdavač (Founder and Publisher):**

Sveučilište Sjever

**Savjet časopisa (Council of Journal):**

Predsjednik Marin MILKOVIĆ (UNIN Varaždin), član Milan KLJAJIN (SF Slavonski Brod), član Ante ČIKIĆ (VTŠ Bjelovar), član Krešimir BUNTAK, član Živko KONDIĆ (UNIN Varaždin)

**Urednički odbor (Editorial Board):**

Marin MILKOVIĆ, Živko KONDIĆ, Damir VUSIĆ, Ivan ŠUMIGA, Marko STOJIĆ, Goran KOZINA, Marko HORVAT, Krešimir BUNTAK, Božo SOLDO (UNIN Varaždin); Duško PAVLETIĆ i Branimir PAVKOVIĆ (TF Rijeka); Nikola MRVAC i Igor ZJAKIĆ (GF Zagreb); Biserka RUNJE i Krešimir GRILEC (SF Zagreb); Ivan SAMARDŽIĆ, Dražan KOZAK, Leon MAGLIĆ, Roberto LUJIĆ, Ante STOJIĆ i Katica ŠIMUNOVIĆ (SF Slavonski Brod); Ante ČIKIĆ (VTŠ Bjelovar); Darko DUKIĆ (Sveučilište u Osijeku, Odjel za fiziku); Gordana DUKIĆ (Filozofski fakultet u Osijeku); Srđan MEDIĆ (VELK Karlovac); Sanja KALAMBURA (Veleučilište Velika Gorica); Marko DUĐER (FF Rijeka, Odsjek za politehniku)

**Međunarodni urednički savjet (International Editorial Council):**

Boris TOVORNIK (UM FER Maribor); Nenad INJAC (KPH Wien/Krems); Džafer KUDUMOVIĆ (MF Tuzla); Marin PETROVIĆ (MF Sarajevo); Salim IBRAHIMEFENDIĆ (KF Kiseljak); Zoran LOVREKOVIĆ (VTŠ Novi Sad); Igor BUDAK (Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu); Darko BAJIĆ (Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore); Tomáš HANÁK (Brno University of Technology, Czech Republic); Aleksandr Viktorovich SHKOLA, Kliment Evgenij VLADIMIROVIĆ, Oleg Aleksandrovich POPOV (Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Ukraine)

**Glavni urednici (Editors-in-Chief):**

Živko KONDIĆ, Marin MILKOVIĆ

**Tehnički urednici (Technical Editor):**

Milan KLJAJIN, Goran KOZINA

**Grafički urednik (Graphics Editor):**

Dean VALDEC

**Tajništvo (Secretary Office):**

Domagoj TROJKO

**Lektori i prevoditelji (Linguistic Advisers and Translators):**

Ivana GRABAR, Ivana JURKOVIĆ (za engleski jezik)  
Ljiljana ŠARAC (za hrvatski jezik)

**Informatička podrška (IT support):**

Davor LEVANIĆ

Svi objavljeni članci u časopisu su recenzirani (All papers published in journal have been reviewed)

Časopis je besplatan i izlazi u četiri broja godišnje (The journal is free and published four issues per year)

Naklada (Circulation): 100 primjeraka (issues)

Časopis je referiran u (Journal is referred in):

EBSCOhost Academic Search Complete



Hrčak - Portal znanstvenih časopisa RH

Rukopisi se ne vraćaju (Manuscripts are not returned)

Registracija časopisa (Registration of journal):

Časopis "Tehnički glasnik" upisan je u Upisnik HGK o izdavanju i distribuciji tiska 18. listopada 2007. godine pod rednim brojem 825.

Uređenje zaključeno (Preparation ended):

Ožujak (March) 2015.

**SADRŽAJ**  
 CONTENT

<i>Ochkov V., PISAČIĆ K.</i> <b>PUTOVANJE OD ST. PETERSBURGA DO MOSKVE ILI MODEL GRAVITACIJSKOG VLAKA U MATHCAD-U</b> JOURNEY FROM ST. PETERSBURG TO MOSCOW OR MODEL OF GRAVITY TRAIN IN MATHCAD	1
<i>Hršak B., Čikić A., Šeketa T.</i> <b>DIMENZIONIRANJE I 3D OBLIKOVANJE POVRATNE ZAKLOPKE S POLUGOM I UTEGOM</b> DIMENSIONING AND 3D MODELING OF A SWING CHECK VALVE WITH LEVER AND WEIGHT	6
<i>T. Jurković, M. Karakašić, M. Kljajin</i> <b>OPTICAL DIGITALIZATION OF A SPATIAL MODEL BY PROJECTING CODED LIGHT</b> OPTIČKA DIGITALIZACIJA PROSTORNOG MODELA PROJICIRANJEM KODIRANOG SVJETLA	12
<i>Grishin A.V., Siplivets A.A.</i> <b>NONLINEAR ANALYSIS OF LANDSLIDE PROCESSES UNDER SEISMIC EFFECTS</b> NELINEARNA ANALIZA KLIZIŠNIH PROCESA POD DJELOVANJEM SEIZMIČKIH UČINKA	18
<i>Gnip O.P. et al.</i> <b>CESTOVNE CEMENTNO BETONSKE MODIFICIRANE STRUKTURE</b> THE ROAD CEMENT CONCRETE MODIFIED STRUCTURE	23
<i>Lutskin E., Shinkevich E.</i> <b>ANALIZA ODNOSA IZMEĐU MIKROSTRUKTURE I SVOJSTAVA AKTIVNOG VAPNA – SILIKA</b> <b>KOMPOZITA NA TEMELJU EKSPERIMENTALNO-STATISTIČKOG MODELIRANJA</b> ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF ACTIVATED LIME-SILICA COMPOSITES ON THE BASIS OF EXPERIMENTALLY-STATISTICAL MODELLING	27
<i>Popov O., Moskalyova K.</i> <b>TEHNOLOŠKI UTJECAJ ADITIVA MINERALA I POLIMERA NA RJEŠENJA KOD PRIANJANJA ŽBUKE</b> TECHNOLOGY INFLUENCE OF THE MINERAL AND POLYMER ADDITIVES ON ADHESION OF PLASTER SOLUTIONS	33
<i>Voytenko I.V.</i> <b>UTJECAJ KOHEZIJE NA PARAMETRE AKTIVNOG TLAKA HETEROGENOG ANIZOTROPNOG TLA</b> INFLUENCE OF COHESION ON PARAMETERS OF THE HETEROGENEOUS ANISOTROPIC SOIL ACTIVE PRESSURE	35
<i>Tugaenko Y., Marchenko M., Tklich A., Mosicheva I.</i> <b>SPECIFIČNOSTI PROCESA DEFORMACIJE TLA PODLOGE POKUSNIH TEMELJNIH PLOČA</b> PECULIARITIES OF THE SOIL DEFORMATION PROCESS AT THE BASES OF EXPERIMENTAL SETTLEMENT PLATES	40
<i>Petrović I., Šegrt I., Petrović Z.</i> <b>KVALITETA ODREĐIVANJA OSNOVNIH PARAMETARA ELEKTRIČNOG MODELA FOTONAPONSKOG MODULA IZ NAZIVNIH PODATAKA</b> QUALITY OF BASIC PARAMETERS CALCULATION FOR PHOTOVOLTAIC MODULE ELECTRICAL MODEL USING MODULE NOMINAL DATA	47
<i>Kozhurina I.E.</i> <b>ODREĐIVANJE OPTIMALNE FIZIČKE AKTIVNOSTI ZA STUDENTICE S RAZLIČITOM RAZINOM RAZVOJA MOTORNIH SPOSOBNOSTI</b> DETERMINING THE OPTIMAL PHYSICAL ACTIVITY FOR STUDENTS WITH DIFFERENT LEVEL OF MOTOR QUALITIES DEVELOPMENT	51
<i>Zorić M., Petrović I.</i> <b>METODE TELEMETRIJE PRIMJENJENE NA PRIMJERU SUSTAVA OPORAVKA PODATAKA U SLUČAJU KATASTROFE</b> THE METHODS OF TELEMETRY APPLIED ON EXAMPLE OF DISASTER RECOVERY	54
<i>Kondić V., Horvat M., Lačković D.</i> <b>DIJAGNOSTIKA I ODRŽAVANJE RAČUNALNOG HLAĐENJA</b> DIAGNOSTICS AND MAINTENANCE OF COMPUTER COOLING	60
<i>Umihanić M.</i> <b>ANALIZA VIŠIH HARMONIKA ŠESTOPULSNOG ISPRAVLJAČA SPREGA TRANSFORMATORA YgY</b> ANALYZE OF HIGHER HARMONIC SIX PULSE RECTIFIER TRANSFORMER CONNECTION YgY	64
<i>Korenić N., Horvatić M.</i> <b>UPRAVLJANJE BRZINOM VRTNJE MALOG ISTOSMJERNOG ELEKTROMOTORA KORIŠTENJEM ARDUINO RAZVOJNE PLATFORME</b> SMALL ELECTRIC DC MOTOR SPEED CONTROL WITH ARDUINO DEVELOPMENT PLATFORM	70
<i>Košak B., Tomiša M., Čačić M.</i> <b>STATIČKO I DINAMIČKO UPRAVLJANJE WEB SADRŽAJEM</b> STATIC AND DYNAMIC WEB CONTENT MANAGEMENT	77

<i>Čerepinko D., Mrvac N., Milković, M.</i> <b>OČEKIVANJA I ZAHTJEVI POTENCIJALNIH KORISNIKA GRAFIČKOG KORISNIČKOG SUČELJA "TABLET NOVINA"</b> USER EXPECTATIONS AND REQUIREMENTS FOR "TABLET NEWSPAPER" ORIENTED GRAPHIC INTERFACES	84
<i>Buntak K., Šuljagić N.</i> <b>UTJECAJ EKONOMIKE FUNKCIJA NA ODLUKU PROIZVODITI ILI KUPOVATI</b> THE INFLUENCE OF THE ECONOMICS OF FUNCTIONS ON THE DECISION WHETHER TO MAKE OR BUY	88
<i>Pongrac B., Majić, T.</i> <b>UPRAVLJANJE POSLOVNIM RIZICIMA</b> BUSINESS RISK MANAGEMENT	94
<i>Sesar V., Buntak K., Borlinić M.</i> <b>PRIMJENA DUPONT SUSTAVA POKAZATELJA U PROCESU UPRAVLJANJA</b> THE USE OF DUPONT ANALYSIS IN THE MANAGEMENT PROCESS	99
<i>Buntak K., Drožđek I., Čovran L.</i> <b>UPRAVLJANJE RAZVOJEM PROIZVODA</b> MANAGEMENT OF PRODUCT DEVELOPMENT	104
<i>Močnik A., Neuberger M., Canjuga I.</i> <b>TJELESNA AKTIVNOST STARIJIH OSOBA SMJEŠTENIH U STACIONARNIM USTANOVAMA</b> PHYSICAL ACTIVITY OF ELDERLY PEOPLE ACCOMMODATED IN RESIDENTIAL INSTITUTIONS	112
<b>Naputak autorima</b> Instructions for authors	III

## PUTOVANJE OD ST. PETERSBURGA DO MOSKVE ILI MODEL GRAVITACIJSKOG VLAKA U MATHCAD-U

### JOURNEY FROM ST. PETERSBURG TO MOSCOW OR MODEL OF GRAVITY TRAIN IN MATHCAD

*Valery Ochkov, Katarina Pisačić*

Pregledni rad

**Sažetak:** Ovaj rad na pomalo humorističan način prikazuje fizikalni model polu fantastične ideje podzemnog tunela koji bi spajao dva grada, a kroz koji bi se putovalo tzv. gravitacijskim vlakom. Ideja postoji od vremena Roberta HOOKA, koji ju je prvi izložio Sir Isaac Newtonu. Ovaj je problem uz određena pojednostavljena opisan sustavom običnih diferencijalnih jednačbi, a rješenje sustava jednačbi dobiveno je numerički, korištenjem Mathcad aplikacije i naredbe Odesolve.

**Ključne riječi:** Mathcad, gravitacijski vlak, obične diferencijalne jednačbe, Odesolve

Subject review

**Abstract:** This paper somewhat humorously shows a physical model of the semi-fantastic idea of an underground tunnel that would connect the two cities, which would be traveled through by the so called gravity train. The idea has existed since Robert Hook first presented it to Sir Isaac Newton. This problem is described by the system of ordinary differential equations. The solution of equation system is obtained numerically using Mathcad applications (with units) and function Odesolve.

**Key words:** Mathcad, gravity train, ordinary differential equations, Odesolve

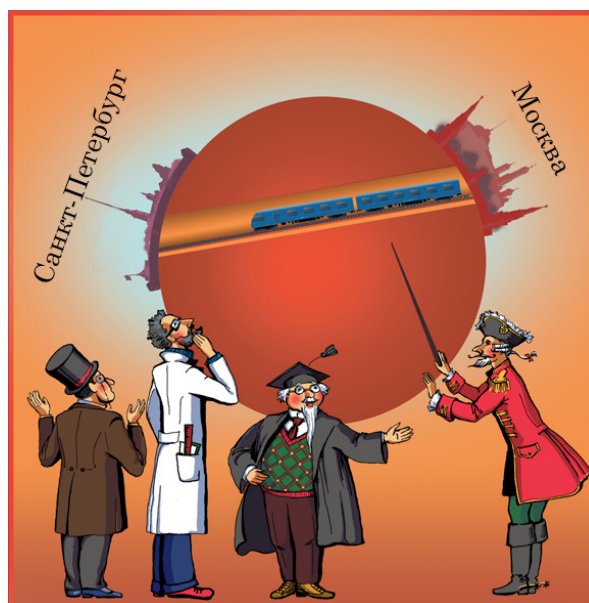
## 1. INTRODUCTION

According to the story [1,2], prior to the construction of the railway "St. Petersburg-Moscow", Russian Tsar Nicholas I while holding a ruler with one hand, he drew a straight line with his pencil between the two capitals of the Russian Empire. In the area of the Valdai Hills the pencil hit a finger of the emperor, and at this point the path made a little detour, which will be mentioned later in this article. And another anecdote, not historic but from recent days, says that one man handed over a report on business trip to the accounting, in which the price of the train ticket from Moscow to St. Petersburg was slightly higher than the price of a return ticket. When the accountant questioned why such a difference, the accountable person advised to look at the Globe: from Moscow to St. Petersburg the train climbs up to the North Pole, and on the way back it rolls downhill to the equator.

To further reduce the path, Russian Tsar Nicholas I should not have drawn a straight line on the map but should have drilled a straight hole in the globe directly connecting St. Petersburg to Moscow!

Joking aside, the semi-fantastic project of the friction-free so-called gravity train driven by magnetic levitation in a straight underground tunnel, from which air is exhausted has long been discussed (Fig. 1). The first half of the way the train will accelerate downhill without a

traction locomotive and half way up it will go by inertia, slowing down without brakes to the destination where it will stop. This is one of the clearest examples of the transition of potential energy into kinetic energy and vice versa.



**Figure 1.** Scheme of the gravity train from St. Petersburg to Moscow [3]

## 2. GRAVITY TRAIN

On the Internet [3], ready-made formulas can be found by which one can estimate how long this train will be on the road and the maximum speed it will reach in the middle of the tunnel. We are not going to consider these formulas, but analyze the forces acting on the gravity train, compose and solve the equation of balance of power - get the function of position of train in the tunnel depending on time. Rejection of ready-made formulas allows us to further complicate our mathematical model of the gravity train bringing it closer to reality through the friction forces.

In Fig. 2, the simplest calculation model of the train is outlined: a straight tunnel with length  $L$ , in which the train is rolling, was drilled on planet Earth (a perfect sphere with radius  $R$ ). The origin of Cartesian coordinate system, which will be used for reference, is placed at the center of Earth.

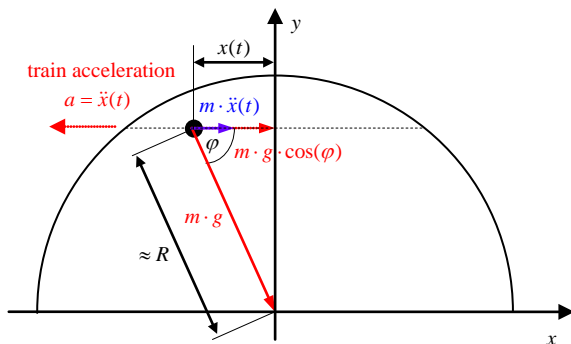


Figure 2. Free body diagram of the gravity train

We set dynamic equilibrium equation:

$$\sum F_x = 0; m \cdot x''(t) + m \cdot g \cdot \cos(\varphi) = 0 \quad (1)$$

Where  $\cos(\varphi) = \frac{x(t)}{R}$  thus:

$$m \cdot x''(t) + m \cdot g \cdot \frac{x(t)}{R} = 0 \quad (2)$$

This shows that the force acting on our gravity train (the physical material point) along the  $x$  axis is an accelerating force (first half of the way) or retarding force (second half of the way), equal to the weight of the body ( $m \cdot g$ ), multiplied by the ratio of the value of the  $x$  coordinate and the radius of the Earth  $\frac{x}{R}$ .

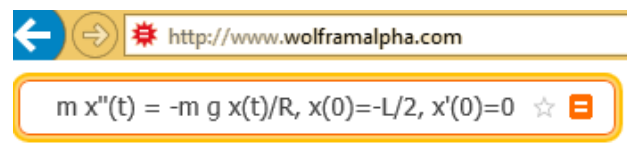
Position of this material point will depend on the time - it will be a function  $x(t)$ . If we take the first derivative of this function  $x'(t)$ , we obtain the speed of the train, and if we take the second derivative  $x''(t)$  - it is the acceleration.

$$m \cdot x''(t) = -m \cdot g \cdot \frac{x(t)}{R} \quad (3)$$

Finally differential equation of movement [3] of our gravity train will be stemming from Newton's second law: the sum of forces acting on a body is equal to the product of its mass and its acceleration<sup>1</sup>.

## 3. SOLUTION OF DIFFERENTIAL EQUATION

Figure 3 shows the solution of this differential equation using the Wolfram Alpha Site [4]. Not only it permits the equation itself, but also the start position of the train  $x(0) = -\frac{L}{2}$  and zero initial velocity  $x'(0) = 0$  are stated and separated by commas.



Differential equation solution:

$$x(t) = -\frac{1}{2} L \cos\left(\frac{\sqrt{g} t}{\sqrt{R}}\right)$$

Figure 3. Solution of the problem of gravity train by Wolfram Alpha [4]

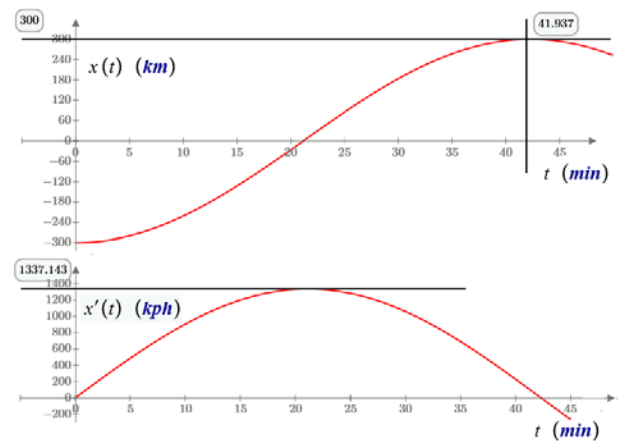


Figure 4. Position and speed of gravity train

In Figure 4 the function  $x(t)$ , generated by Wolfram Alpha Site [4] shown in Fig. 3, and its first derivative  $x'(t)$  (speed) are displayed graphically. Our fantastic train will be on the road a little more than 42 minutes and to reach the speed of 1337 km/h in the middle of the tunnel. Then we could say that the speed of the train has exceeded the speed of sound, but in the tunnel there is no air, so there will be no sound.

Figures 3 and 4 show that the train in the tunnel will perform like a pendulum and oscillate from one city to another (from St. Petersburg to Moscow and back), with a period that does not depend on the distance between the cities. This distance will affect the train's average speed

<sup>1</sup> Teacher of God's law complains to the physics teacher: "Today I asked your pupil what is God's power. So he told me it's the work of God's Mass at God's Acceleration". Physics teacher: "I told him, and in the subject put a deuce. After all, God's work in God's Mass Acceleration should give squared Divinity, but not in the first degree."

and it's maximum in the middle of the path. These calculations in Mathcad are shown in Fig. 5.

$$\begin{aligned}
 R &:= 6400 \text{ km} & L &:= 600 \text{ km} \\
 x_0 &:= -\frac{L}{2} & y_0 &:= \sqrt{R^2 - x_0^2} = 6392.965 \text{ km} & h &:= R - y_0 = 7.035 \text{ km} \\
 x(t) &:= -\frac{1}{2} L \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{g}{R}} \cdot t\right) & t &:= \frac{\pi}{\sqrt{\frac{g}{R}}} = 42.299 \text{ min} \\
 v(t) &:= \frac{d}{dt} x(t) \rightarrow \frac{L \cdot \sin\left(t \cdot \sqrt{\frac{g}{R}}\right) \cdot \sqrt{\frac{g}{R}}}{2} & v_{max} &:= \frac{L}{2} \cdot \sqrt{\frac{g}{R}} = 1336.9 \text{ kph}
 \end{aligned}$$

Figure 5. Calculation of gravity train in Mathcad

Figure 5 shows the complete calculation – after the data input ( $R$  and  $L$ ), the initial train coordinates  $x_0$  and  $y_0$  are calculated as the maximum depth of the tunnel  $h$ , which for the route Moscow-Petersburg will be a little more than seven kilometers. This is a very important parameter. The fact is in our model the gravitational acceleration  $g$  is taken as a constant  $9.807 \text{ m/s}^2$ , as built in Mathcad constant. In deeper tunnels we will need to take into account the change in the values of  $g$  depending on the depth of the tunnel. What affects this value? This is a separate issue. If, for example, we dig a tunnel through the center of the Earth (and such fantastic projects are also discussed), the value of gravitational acceleration must be zero in the middle of the shaft of the gravity lift.

It is not known, which is more difficult to do - to dig a long straight underground tunnel or provide a tunnel with high vacuum and insure that the train moves along the ideal suspension without friction. The equation shown in Fig. 5 can be supplemented by the power of the air resistance force and rolling friction of the wheels on the rails, thereby bringing our gravity train to actual operating conditions. Force of air resistance is usually assumed to be proportional to air density  $\rho$ , multiplying the cross-sectional area of the train  $S$  and the square of its velocity  $x'(t)$ . The strength of the rolling friction of the wheels on the rails with great simplifications (see below) shall be in proportion to the weight of the train component that is parallel to the axis  $y$  (pressure force of the train on the rails). This expanded differential equation can no longer be solved analytically (exactly) [5,6] and obtain a formula for the function  $x(t)$ , as shown in Fig.3. This complicated equation can be solved only numerically (approximately), and we get a table of values of  $x(t)$  for different values of  $t$ . Fig. 6 shows how this is done in Mathcad Prime [6, 7, 8].

It is practical to mention that the Mathcad Prime built-in **Odesolve** function can work with units [9]. It is very useful for solving physical problems - whereas Mathcad 15 is not!

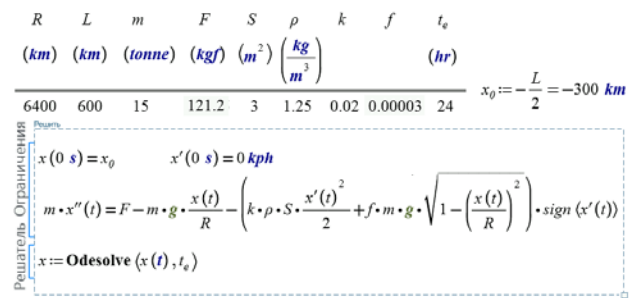


Figure 6. Simulation of motion of the gravity train in Mathcad Prime

In the problem shown in Fig. 6, addition to the values of  $R$  and  $L$  is introduced: the train mass  $m$ , traction force  $F$ , cross sectional area of the train  $S$ , air density  $\rho$ , friction coefficients between the train and air  $k$  and the rail  $f$ , and a time value  $t_e$ , which are included in the tabular function  $x(t)$ . The default tab is over 1000 points, but it can be changed in calculation. Two friction forces multiply Mathcad built-in step function **sign**, which returns zero if the argument is less than or equal to zero and one otherwise. This is done in order for the friction force of the train on the air always has to act against the movement of the train and the friction force of the wheels on the rails is equal to zero at zero speed of train. At high speeds, the train will be decelerated mainly due to the force of headwind and at low speeds - at the expense of the rolling friction of the wheels. This can be seen from the landing of the aircraft: first, it is hampered due to the brake pads and/or brake parachute, and then wheel brake begins to work. From the equation in Fig. 6 we can remove the square root of the tunnel for the Moscow Petersburg ratio  $\frac{x(t)}{R}$  is very small. But for long tunnels, this ratio is large enough and cannot be ignored. In deeper tunnels we also need to take into account the change in air density. In our calculation it is accepted as a constant - the average density of air at sea level<sup>2</sup>.

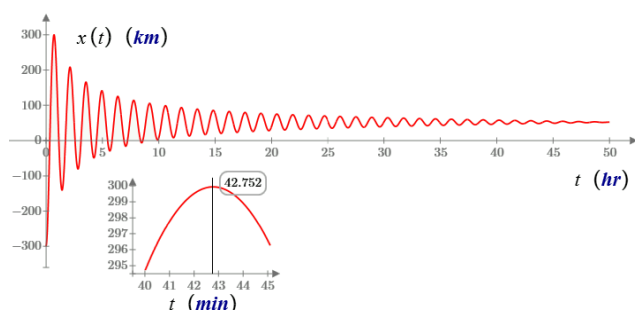
A built-in Mathcad function **Odesolve** numerically determines (solves) our ordinary (o) differential (d) equation (e). Prior to the train equation, initial position  $x(0s) = x_0$ , and its velocity  $x'(0s) = 0 \text{ kph}$  (kilometer per hour) are given. From this starting point to the point  $t_e$  function **Odesolve** will calculate the value of the function being created  $x(t)$ , displayed on the graph of Fig. 7.

Taking into account the friction forces and correctly selected locomotive traction force  $F$  (121.2 kilogram of force), the train in the tunnel safely makes it to the end point and rolls back (if it is not delayed, wedged, for

<sup>2</sup> Speaking of the sea level, once upon a time a bridge across the Rhine was being built. On one side of the river it was done by the Germans, and on the other by the Swiss. When the two halves of the bridge began to connect in the middle of the river, it was found that the difference in their heights was almost half a meter. The reason for the error was that the German building standard zero height is the average level of the North Sea, whereas in Switzerland the Mediterranean. This difference is due to the rotation of the Earth, which, incidentally, should also be taken into account when calculating the gravitational movement of our train.

example, by the brake shoe under its wheel), repeating damped pendulum movement (Fig. 7) with a final stop in two days, but not in the middle of the tunnel, but somewhere under the Valdai Hills - where the train at a slight incline will be held by the traction force of the locomotive. This point is easy to calculate. We suggest to the reader, who can also further complicate our model, to take into account the changes in air density, as well as the value of the gravitational acceleration in the tunnel.

Coefficient  $k$  in formula of friction force between the train and the wind is not a constant but depends on the airflow - at low speeds laminar, transitional; at high speeds turbulent. Also, keep in mind that factor  $f$  is different if the motion of the train is in the open space from that in the tunnel. Rolling coefficient of friction  $f$  depends on the speed of the train - at point at which it began movement it may have one (high) value, and with the growth of velocity the other, lower, resulting in some jerky motion. All this information can be found in other resources [10] and added to our model.



**Figure 7.** Calculation of train's gravitational movement with damping

We have shown both theoretically and with our numerical simulations that the movement of the gravity train does not depend on the length of the tunnel and lasts 42 minutes, which can be considered a kind of constant. This characterizes our planet and the associated gravitational constant and the density of Earth. For other lengths of the tunnel, as noted earlier, only the speed of the train will change - the average and maximum. For the tunnel Moscow-Petersburg it is easy to estimate the average speed of  $600 \text{ km} / 42 \text{ minutes} = 857 \text{ km/h}$ .

Finally, the finger of Nicholas I on the line "St. Petersburg-Moscow" is not just a historical anecdote. This train real detour is large and deep ravine, across which the embankment was paved and the bridge was built only in 2000 during the reconstruction of roads [2]. One additional point: It is easy to calculate that if the 600 km long railway between Moscow and St. Petersburg, lay not on the Earth's surface (the surface of a perfect sphere with a radius of 6400 km), but in the tunnel in a straight line (see. Fig. 1 and 2), the distance between the two cities would be reduced by only 220 m.

## 5. CONCLUSION

Speaking of the real, not fiction tunnels, do you know, in what kind of path they are built, if there are no other restrictions? The usual perception - they match to a

straight line or a circular arc. But it is not so. In the direct tunnel water will collect and must be continually pumped. Figure 7 can be interpreted as a graph that represents the flow of puddles of water poured at the entrance of a straight tunnel, where rod locomotive traction is replaced by wind in the tunnel. To arc such tunnel, echoing the Earth's circumference, it is slightly hard to dig and it is not rational for another reason. Mountain tunnels are usually built in such a way: of two points located on opposite slopes, two tunnel boring machines, laser controlled, begin to lay the tunnel in a straight line. The very same route of each half of the tunnel being built will rise slightly above the entry line. Boring machines shall meet in the center of the tunnel<sup>3</sup> which is slightly higher than starting points. This sloped tunnel not only will not accumulate water, but if necessary, it will enable stalled vehicles to roll out due to their weight. Light at the end of the tunnel can be seen, only when you reach the tunnels mid... Underwater tunnels as, for example, mentioned by us in a tunnel under the English Channel footnote, are built, of course on more complex trajectories.

You can see the animation of the gravitational motion of the train, made in the Mathcad Online: St. Petersburg-Moscow [11], with friction and NYC-San Francisco [12], without friction.

## 6. REFERENCES

- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Journey\\_from\\_St.\\_Peter\\_sburg\\_to\\_Moscow](https://en.wikipedia.org/wiki/Journey_from_St._Peter_sburg_to_Moscow) (Available: 6.02.2015.)
- [2] <http://af1461.livejournal.com/212024.html> (Available: 7.02.2015.)
- [3] [http://ashuninaphysics.blogspot.ru/2011/12/blog-post\\_06.html](http://ashuninaphysics.blogspot.ru/2011/12/blog-post_06.html) (Available: 7.02.2015.)
- [4] <http://www.wolframalpha.com> (Available: 7.02.2015.)
- [5] Ascher, U. M.; Petzold, L. R.: Computer methods for ordinary differential equations and differential-algebraic equations, Siam 1998.
- [6] Nagle, R. K.; Saff, E. B.; Snider, A.D.: Fundamentals of differential equations and boundary value problems, Addison Wesley 2012.
- [7] Dăneț, N.: Linear differential equations with Mathcad, Proceedings of the Symposium „Educational Technologies on Electronic Platforms in Higher Engineering Education”, TEPE 2009.
- [8] Wesselingh, J. A.: Differential Equations with Mathcad Prime, Groningen, April 2012 (lecture notes)
- [9] Ochkov, V. F; Lehenkyi, V. I.; Minaeva, E. A.: Physicly quantities dimensions and units in

<sup>3</sup> One last joke: once upon a time two Scottish brothers came with shovels before the Commission for the construction of a tunnel under the English Channel and told that they could dig a tunnel; one will dig from England, and the other will start from continental Europe. Members of the Commission smiled and asked: "What if you miss?!". "It's okay," said the brothers, "you get two tunnels for the price of one!".



mathematical packages, Математичні машини і системи 1, 2009.

[10] [http://en.wikipedia.org/wiki/Talk%3AGravity\\_train#Important\\_Fact\\_Ignored.3F](http://en.wikipedia.org/wiki/Talk%3AGravity_train#Important_Fact_Ignored.3F) (Available: 7.02.2015.)

[11] <http://communities.ptc.com/videos/5278> (Available: 7.02.2015.)

[12] <http://communities.ptc.com/videos/1982> (Available: 7.02.2015.)

#### Kontakt autora:

##### **Valery Ochkov, Dr., Professor**

National Research University Moscow  
Power Engineering Institute (Technical University)  
Krasnokazarmennaya St. 14  
111250 Moscow, Russia  
e-mail: ochkov@twm.mpei.ac.ru

##### **Katarina Pisačić, dipl. ing.**

Sveučilište Sjever  
Sveučilišni centar Varaždin  
104. brigade 3  
42000 Varaždin, Croatia  
e-mail: katarina.pisacic@unin.hr

## DIMENSIONIRANJE I 3D OBLIKOVANJE POVRATNE ZAKLOPKE S POLUGOM I UTEGOM

### DIMENSIONING AND 3D MODELING OF A SWING CHECK VALVE WITH LEVER AND WEIGHT

*Božidar Hršak, Ante Čikić, Tomislav Šeketa*

Professional paper

**Abstract:** This article presents the dimensioning and 3D modeling of a swing check valve with lever and weight in welded design, based on the existing 2D workshop documentation in cast design and reverse engineering. Based on analytical calculations, pipe wall thickness of a swing check valve housing was selected for the nominal pipe diameter DN 300 and water test pressure  $p = 2.4$  MPa. All 3D models of components, as well as the assembly, were made in the program tool SolidWorks. The 3D model of the swing check valve with flanges was subjected to stress analysis (Finite Element Analysis) for the purpose of checking the accuracy of the analytical calculations. Fluid flow analysis (Flow Simulation) was used for presenting fluid flow process and rate through the swing check valve assembly. A low-budget 3D MakerBot Replicator 2X printer was used for constructing a reduced-scale 3D assembly model of the swing check valve with lever and weight, by implementing the FDM (Fused Deposition Modeling) technology.

**Key words:** stress analysis, fluid flow analysis, 2D workshop documentation, 3D printer, swing check valve housing, pipe wall, weight, valve

Stručni članak

**Sažetak:** Prikazano je dimenzioniranje i 3D oblikovanje povratne zaklopke s polugom i utegom u zavarenoj izvedbi na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije u lijevanoj izvedbi i reverznog inženjeringa. Na temelju analitičkog proračuna odabrana je debljina stjenke cijevi kućišta povratne zaklopke za nazivni promjer cijevi DN 300 i vodni ispitni tlak  $p = 2,4$  MPa. Svi 3D modeli dijelova, kao i sklop, izrađeni su u programskom alatu SolidWorks. Na 3D modelu kućišta povratne zaklopke s prirubnicama u zavarenoj izvedbi provedena je analiza naprezanja (Finite Element Analysis) sa svrhom provjere točnosti analitičkog proračuna. Analizom strujanja fluida (Flow Simulation) prikazan je tijek i brzine strujanja fluida kroz sklop povratne zaklopke. Na niskobudžetnom 3D MakerBot Replicator 2X pisaču, primjenom FDM tehnologije taložnog očvršćivanja materijala, izrađen je umanjeni 3D model sklopa povratne zaklopke s polugom i utegom.

**Ključne riječi:** analiza naprezanja, analiza strujanja fluida, 2D radionička dokumentacija, 3D pisač, kućište povratne zaklopke, stjenka cijevi, uteg, zaklopka

## 1. INTRODUCTION

A valve is a fitting for direct closing and regulation (throttling) pipe lines. A valve may be in the shape of a disk, lens or box, round or square, and it turns around the axis vertical to the flow direction. The axis around which the valve turns may be located in the middle of the valve or beside it. Opposed to the situation when it is open, when closed the valve is positioned in an almost vertical position relative to the flow rate. A valve is driven manually or by a motor over transmission elements (gear segment and small gear, worm wheel and worm) (Figure 1) [1].

For the purpose of further development and optimization of the existing product, by applying reverse engineering, the dimensioning and 3D modeling of a swing check valve with lever and weight is shown, as well as the thickness calculation of the housing wall of the flanged swing check valve in welded design, based on the existing 2D documentation in cast design. For the creation of the 3D model, the program tool SolidWorks was selected due to the advanced techniques of 3D modeling, the conducted stress analyses (Finite Element Analysis) and the fluid flow analysis (Flow Simulation).

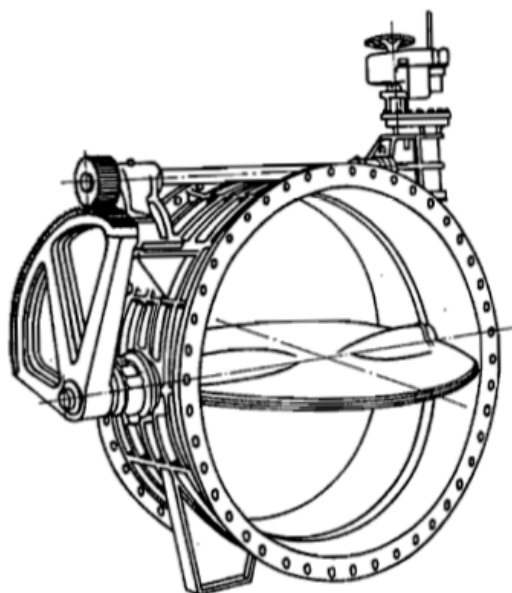


Figure 1 Throttle valve with a lens stopper [1]

## 2. SWING CHECK VALVE WITH LEVER AND WEIGHT

The swing check valve with lever and weight represented in Figure 2 is a valve that allows for medium flow in a single direction, while in the other direction it closes due to the influence of the weight mass, valve disc and medium back-flow. The valve rotates with a shaft. On the left end of the shaft (observed in the flow direction) a lever with a weight is attached.

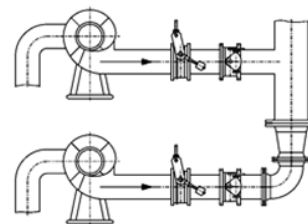


Figure 2 Swing check valve with lever and weight [2]

It is installed in pipelines, pipelines for transporting water / seawater, systems for the preparation and distribution of water, waste water purification, heating systems, communal activities and irrigation in agriculture. In the pipeline it is installed between flanges in horizontal or vertical position behind the pump in order to prevent medium back-flow (Figure 3).

### COLLECTING PIPELINE WITH PARALLEL PUMPS

Short pipeline



### PRESSURE PIPELINE (rising pipe)

Long, steep pipeline, high flow deceleration, great transport height

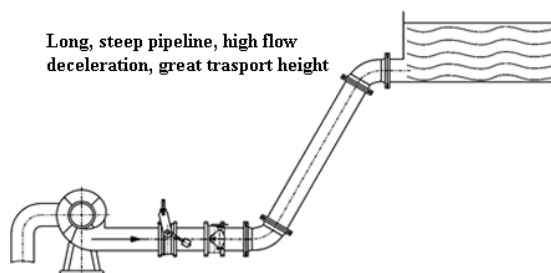


Figure 3 Application examples of swing check valves with lever and weight and shock absorber [3]

## 3. DIMENSIONING THE HOUSING OF THE SWING CHECK VALVE WITH FLANGES

Dimensioning housing wall thickness of the swing check valve with flanges in welded design is carried out for a nominal diameter DN 300, water test pressure  $p = 2.4 \text{ N / mm}^2$ , the selected standard pipe of the outside diameter amounting to  $d = 355.6 \text{ mm}$ , and the pipe material Č1212 (Figure 4).

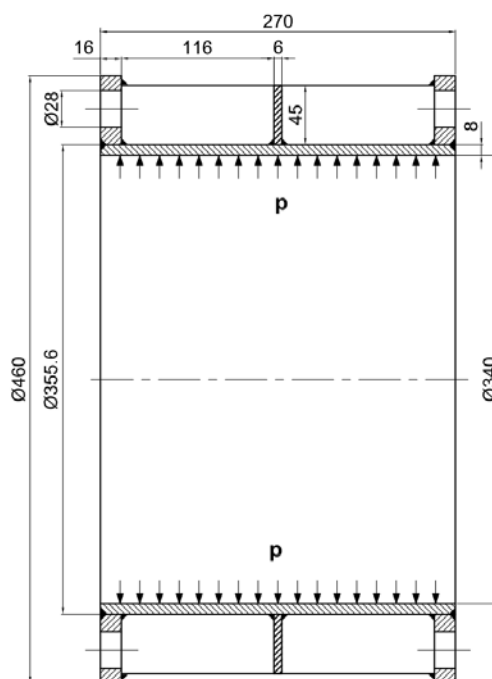


Figure 4 Housing of the swing check valve with flanges

### 3.1. Housing wall thickness calculation of the swing check valve

Calculation of pipe wall thickness is carried out in accordance with the pressure vessels calculation. For the calculation of wall thickness of steel pipes exposed to internal pressure up to  $d_v/d_u \leq 1,7$  and for temperatures from -50 to +600 °C the equation (1) is valid.

$$s = \frac{d_v \cdot p}{2 \cdot v \cdot \frac{K}{S}} + c_1 + c_2 \quad \text{mm}, \quad (1)$$

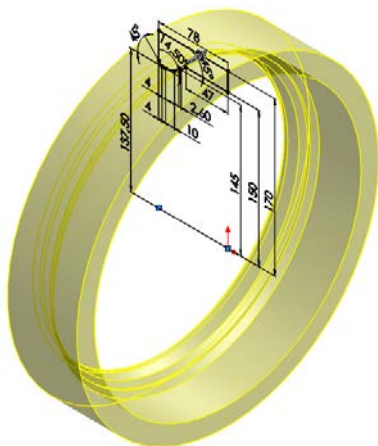
whereat:

- $s$  = wall thickness, = 5.56 mm,
- $d_v$  = outside pipe diameter, = 355.6 mm,
- $p$  = water test pressure, = 2.4 N/mm<sup>2</sup>,
- $K$  = characteristic value of material strength, =  $\sigma_d$  at the temperature +20 °C, = 240 N/mm<sup>2</sup> for Č1212,
- $S$  = safety, = 1.7 for pipes with material certificate,
- $v$  = weld weakening factor, = 0.9 for a double-welded seam, annealed with special access requirements,
- $c_1$  = addition for the permissible difference in the thickness of the pipe wall, = 1.2 mm,
- $c_2$  = addition for corrosion and wear amounts to a maximum of 1 mm and is usually contained in rounding the calculated thickness of the pipe wall.

The standard pipe wall thickness of the swing check valve housing was adopted  $s = 8$  mm [4].

### 4. DESIGN OF A 3D MODEL OF COMPONENTS AND ASSEMBLY OF A SWING CHECK VALVE WITH LEVER AND WEIGHT

Based on the existing 2D documentation in cast design, 3D modeling procedure starts with the modeling of the valve bearing, i.e. creating a sketch, and with rotational adding of material onto the sketch (Figure 5).

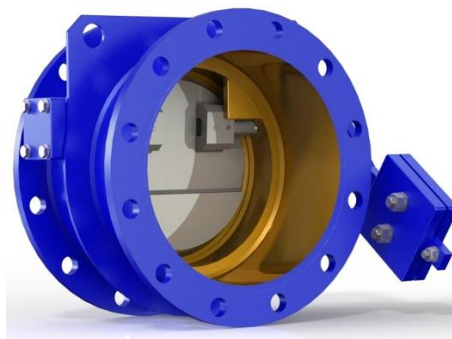


**Figure 5** Rotational adding of material onto the sketch of the valve bearing

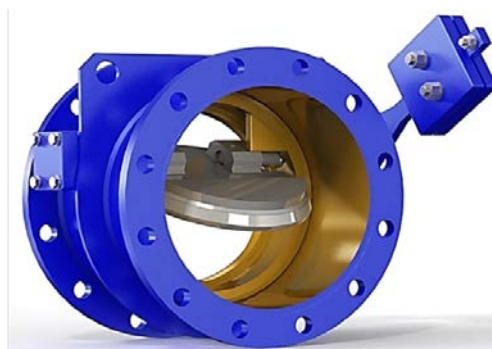
By using the available tools for advanced 3D design, a rendered (photorealistic) 3D model of a swing check valve in welded design was made (Figure 6).



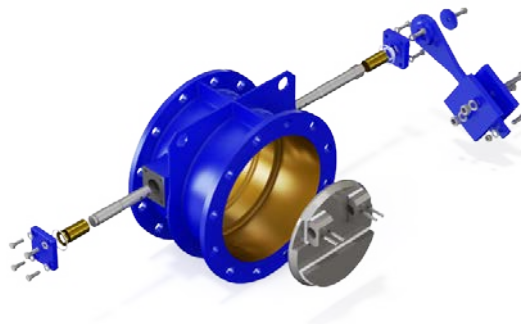
**Figure 6** Rendered (photorealistic) 3D model of the housing of a swing check valve in welded design



**Figure 7** 3D assembly model of the swing check valve with lever and weight – direct closing



**Figure 8** 3D assembly model of the swing check valve with lever and weight – regulation (throttling)

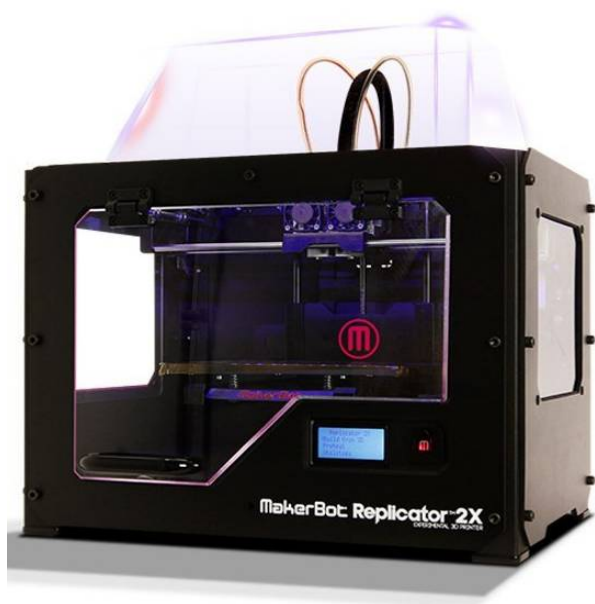


**Figure 9** 3D assembly model of the swing check valve with lever and weight – exploded view

In the same way other parts that form the assembly of the swing check valve with lever and weight were designed as well (valve, gland, cover, axle, outside shaft, radial and axial bearing, washer, weight lever and weight). After 3D modeling of all components they were assembled and rendered by the feature *Final Render* (Figures 7, 8 and 9).

## 5. 3D PRINTING OF THE ASSEMBLY MODEL OF A SWING CHECK VALVE WITH LEVER AND WEIGHT

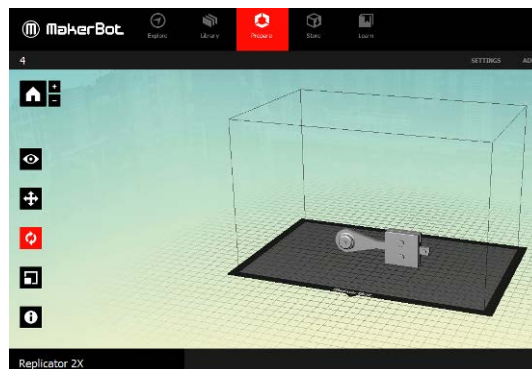
3D print-out of the model of the swing check valve with lever and weight was made by applying the FDM technology using the low-budget 3D printer *MakerBot Replicator 2X* (Figure 10).



**Figure 10** Low-budget 3D printer *MakerBot Replicator 2X* [5]

*MakerBot Replicator 2X* is a 3D printer with two heads, so 3D printing in two different colors is possible, or printing in two different materials. The heated platform is made of aluminum, while the frame is made of steel and the protective windows are made of glass fiber reinforced polymer. The compact construction of the 3D printer allows for a satisfactory 3D printing accuracy. The positioning accuracy along the x-y axis amounts to 0.011 mm, and along the z axis amounts to 0.0025 mm.

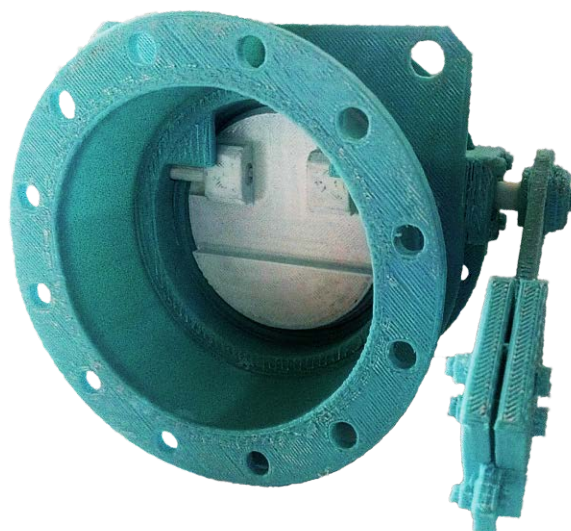
For printing a 3D model, it is necessary to create a virtual 3D model in one of the CAD 3D modeling tools, and after that save the 3D model in one of the formats supported by the 3D printer program tool. The 3D printer program tools for the 3D printer *MakerBot Replicator 2X* is *MakerBot MakerWare* (Figure 11).



**Figure 11** Program tool *MakerBot MakerWare* [6]

The tool *MakerBot MakerWare* supports three 3D model formats: stl., obj., thing. The assembly of the swing check valve with lever and weight is "divided" into four separate units (dimensions of the 3D model and printing length). Once the 3D model is recorded in stl. file format, it is loaded in the programming tool *MakerBot MakerWare*, and positioned onto the virtual "platform" for 3D printing.

All the required parameters of 3D printing are configured and stored in a file format that 3D printer "understands" (*Export print file - stl. File*), and the resulting file is stored on the SD card inserted in the 3D printer. After 3D printing, all parts (sub-assemblies) are clipped into an assembly.



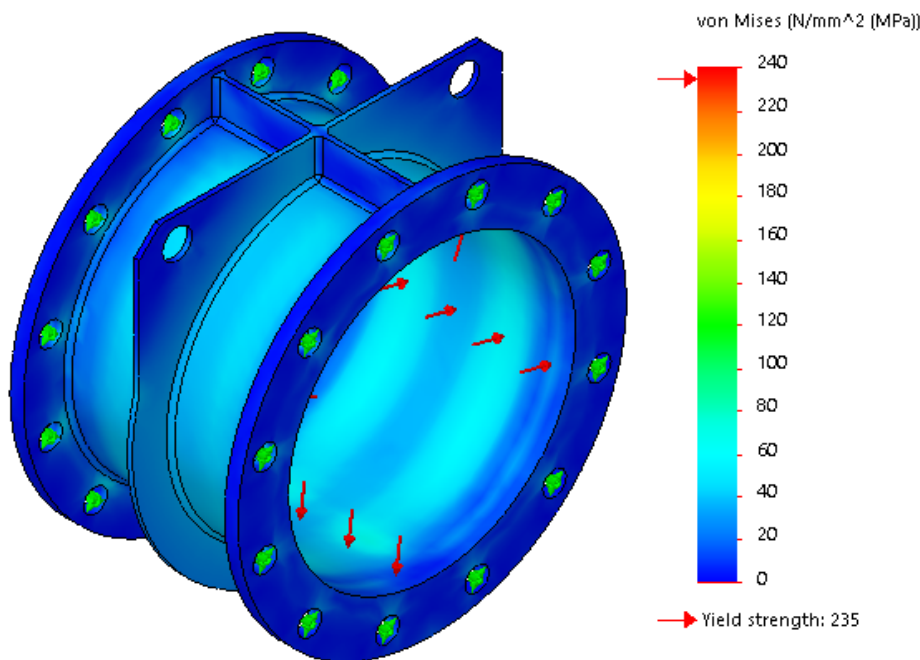
**Figure 12** Reduced-scale 3D model of the swing check valve with lever and weight made on a low-budget 3D printer *MakerBot Replicator 2X*

Figure 12 shows the reduced-scale 3D model of an assembly of the swing check valve with lever and weight printed out by a low-budget 3D printer *MakerBot Replicator 2X*.

### 6. STRESS ANALYSIS (FINITE ELEMENT ANALYSIS – FEA)

After the analytical calculation and dimensioning the housing wall thickness of the swing check valve for the water test pressure  $p = 2.4 \text{ N/mm}^2$  and creating a 3D model, stress analysis of the swing check valve housing was carried out in the programming module *SolidWorks Simulation*.

The results of the analysis indicated that the nominal stress (according to the scale in Figure 13) were "significantly lower" than the allowed stress specified in Section 3.1 ( $\sigma_d = 240 \text{ N/mm}^2$ , material Č1212), and it was determined that the analytical calculation for dimensioning of the swing check valve housing wall was correct, which is visually and analytically shown by an analysis conducted in the programming module *SolidWorks Simulation*.

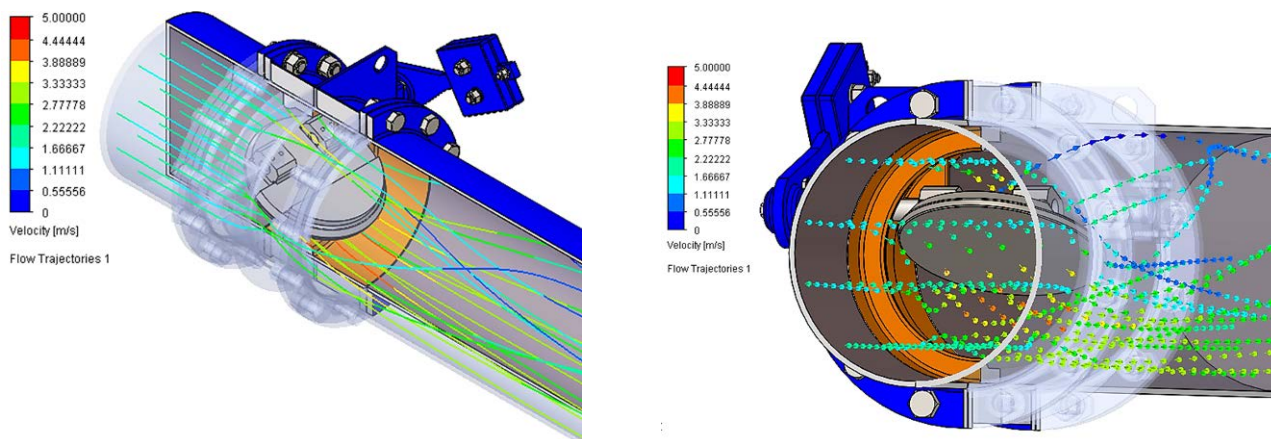


**Figure 13** Results of the stress analysis within the housing of the swing check valve housing for the water test pressure amounting to  $p = 2.4 \text{ N/mm}^2$

### 7. FLUID FLOW ANALYSIS (FLOW SIMULATION)

In the program supplement *SolidWorks Flow Simulation* a fluid flow simulation through the swing check valve with lever and weight was conducted. The input – pressure pipe was exposed to the flow rate

amounting to  $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ , and the outlet pipe to the atmospheric pressure amounting to  $0.1 \text{ MPa}$ . After defining all the necessary parameters, the fluid flow analysis was carried out. Figure 14 shows the fluid flow with explanatory diagrams showing the fluid flow rate through the swing check valve with lever and weight.



**Figure 14** 3D representation of the fluid flow simulation through the assembly of the swing check valve with lever and weight (longitudinally and left view)

## 8. CONCLUSION

Based on the existing 2D workshop documentation in cast design and the assembly reconstruction of a swing check valve with lever and weight, analytical calculation of the housing wall thickness of the swing check valve with lever and weight in welded design for the nominal diameter of DN 300 and the water test pressure  $p = 2.4 \text{ N/mm}^2$  was made. A flexible computer 3D model of the finished product of optimal size and performance was made. A complete workshop 2D documentation of all parts of the assembly of the swing check valve with lever and weight as a final product was “generated”. The analytical calculation was shown, as well as the stress analysis (*Finite Element Analysis - FEA*) and the fluid flow analysis (*Flow Simulation*) through the swing check valve assembly. Customized software and program tools were used for determining that a swing check valve with lever and weight may reliably “endure” the test stress and assure correct closing and regulation (throttling) of pipeline systems.

## 9. REFERENCES

- [1] Decker, Karl-Heinz: Elementi strojeva, Zagreb, Tehnička knjiga Zagreb, 1980
- [2] <http://www.oz-kan.com.tr/en/products/check-valves/tilting-type-check-valve/>  
(Available on: 06.01.2015)
- [3] <http://www.miv.hr/katalog/02-povratni-ventili-i-klapeti/24-sabirni-i-rastuci-cjevovod.pdf>  
(Available on: 27.11.2014)
- [4] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Zagreb, Tehnička knjiga Zagreb, 1982.
- [5] <http://www.3dprintersthatrock.com/wp-content/uploads/2014/02/makerbot-2x-thumb3.jpg>  
(Available on: 09.01.2015)
- [6] <http://www.makerbot.com/blog/2013/09/30/makerbot-makerware-2-3-release/>  
(Available on: 12.02.2015)

### Author contact:

Technical College in Bjelovar  
Trg Eugena Kvaternika 4, Bjelovar

**Božidar Hršak, mag.ing.mech.**  
E-mail: bhrsak@vtsbj.hr

**Ante Čikić, PhD, Associate Professor**  
E-mail: acikic@vtsbj.hr

**Tomislav Šeketa (former student)**  
E-mail: tomislav.seketa@hotmail.com

# OPTIČKA DIGITALIZACIJA PROSTORNOG MODELA PROJICIRANJEM KODIRANOG SVJETLA

## OPTICAL DIGITALIZATION OF A SPATIAL MODEL BY PROJECTING CODED LIGHT

*Tomislav Jurković, Mirko Karakašić, Milan Kljajin*

Professional paper

**Abstract:** This paper analyzes deviations of a model developed by milling and a CAD model modeled according to its technical documentation. Deviations of model surfaces, dimensional deviations (length, width and height) and deviations of geometric tolerances are analyzed. It is indicated that on the scanned object specific measured values do not meet the appointment requirements in the technical documentation. Errors occurred during the manufacturing, because the selected object is relatively complex and contains many features such as holes, slots, cones and bores. It is noted that 3D scanners can be used to maintain the quality in the production because it is possible to control the resulting errors in geometry, but also for the purpose of reverse engineering and self-control of the production process.

**Keywords:** 3D scanning, coded light, surface deviation, optical digitalization

Stručni članak

**Sažetak:** U radu su analizirana odstupanja modela izrađenog na glodalici i CAD modela modeliranog prema tehničkoj dokumentaciji istog. Analizirala su se odstupanja površina modela, dimenzijska odstupanja (duljine, širine i visine) i odstupanja geometrijskih tolerancija. Pokazalo se da na skeniranom objektu određene izmjerene vrijednosti ne zadovoljavaju postavljene zahtjeve u tehničkoj dokumentaciji. Do pogrešaka je došlo prilikom same izrade jer je odabrani predmet relativno kompleksan, sadrži mnogo značajki kao što su provrti, utori, konusi i rupe. Vidljivo je kako se 3D skeneri mogu koristiti za održavanje kvalitete u proizvodnji jer je moguće kontrolirati nastale pogreške u geometriji, ali isto tako i za reverzno inženjerstvo te samokontrolu proizvodnog procesa.

**Ključne riječi:** 3D skeniranje, kodirano svjetlo, odstupanje površina, optička digitalizacija

## 1. INTRODUCTION

Optical digitalization belongs to modern engineering technologies that find a wide application in reverse engineering, quality control, architecture, art, multimedia and medicine [1]. The purpose of reverse engineering is to manufacture another object based on a physical and existing object for which 3D CAD is not available [2]. Therefore, the application of optical digitalization in reverse engineering has an increasing role and is of high importance in the field of dental prosthetics [3].

3D digitalization systems can be classified according to different parameters [4 ÷ 9], and one of them is according to the application purpose: specialized dental systems and systems of more general purpose. In this paper we used a 3D optical system for general purpose.

On the market there are many 3D digitalizing systems of different technical characteristics [3]. Five systems specialized for extra oral dental 3D digitalization and four for a more general purpose are analyzed [10].

In the paper the latest generation of the ATOS CompactScan scanner is used. This scanner belongs to a group of optical stationary scanners. This scanner works on the photographic principle.

The object is scanned from several angles, and the scans are subsequently combined in order to create a

digitized 3D image of the object. Data obtained by scanning are analyzed with *GOM Inspect* software [11].

Fig. 1 shows the model that will be reconstructed. Thus, the dimensions and geometry of real, manufactured model (Fig. 1) are compared with dimensions and geometry from its technical documentation.

## 2. PROJECTION DIGITALIZING SYSTEM

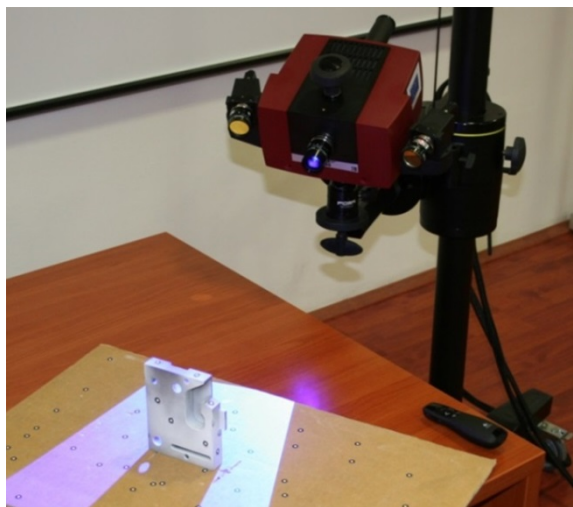
The scanning process of the model is created by the ATOS CompactScan system [12], (Fig. 1). The system belongs to the family of the third generation of active projection digitizers.

The system consists of a central set of incoherent projector coded light and a convergent configuration of two cameras. CCD chip generates an analog signal that is then transmitted to a computer. The cameras are analog and require the conversion of light intensity to digital signal using ICPCV digitizer [13]. The system is based on the blue light technology.

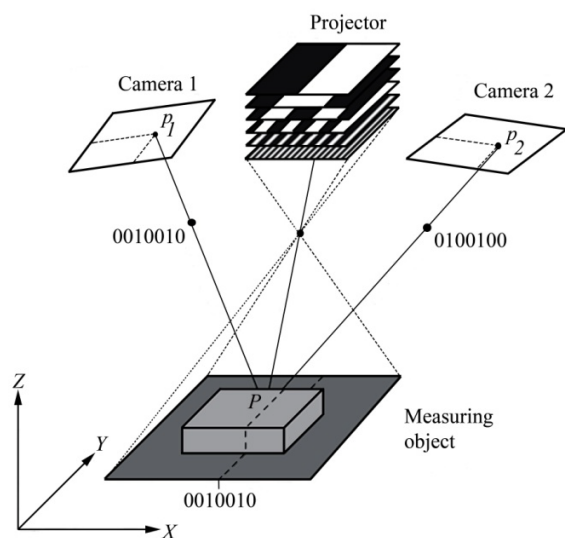
The projector, which is centrally placed, projects a predetermined raster structure on the surface of the object we want to measure (Fig. 2). This will allow an unambiguous space reconstruction of the surface based on the analysis of snaps taken with the left and right



cameras [14]. The determination of object coordinates is carried out by means of triangulation method [15]. To solve the problem of unambiguity, the projector serves as a remedy, i.e. for recognition of identical image sensations of the object measuring point (stereo pairs) in each of the cameras.



**Figure 1** Scanning the selected element, apropos the back surface



**Figure 2** The principle of operation of the projection sensor [14]

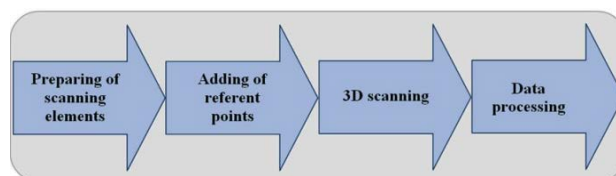
### 3. THE PROCESS OF OPTICAL DIGITIZING OF A SPACE MODEL

In this paper the model presented on Fig. 1 is reconstructed. Dimensions of this model are compared with the dimensions given in its technical documentation. Scanning of the model is done on the 3D scanner in the Industrial Park Nova Gradiška d. o. o. In order to obtain a 3D digital model, scanning is performed from several different angles. By means of scanning, a cloud of points is obtained, from which the resulting polygon mesh is created. After placing the object in the best position, scanner starts to collect information.

For objects with highly specular transparent surfaces, grooves and holes do not provide a sufficient contrast to

cameras, so powder needs to be used to reduce the reflection. After scanning and the application of powder, light is removed from the object.

On the scanned object the nomination of reference points is carried out (Fig. 1). The geometry of the reference points is dimensionally defined and they have a high contrast (white circles on a black background). Reference points serve as connection points for individual measurements, and allow for the individual measurements transformation into a common coordinate system.



**Figure 3** The order of operations during the optical digitalization of an element

Time scanning of an object depends on its complexity. When an object is more complex, the scan should be repeated several times from different angles. Due to the large number of slots, holes and cones, twenty scans are carried out for this object. The entire scanning process is shown in Fig. 3.

### 4. ANALYSIS OF DEVIATION SURFACES AND DIMENSIONS OF CAD MODEL AND THE MODEL OBTAINED AFTER OPTICAL DIGITIZING

In the paper deviations of a model developed by milling and a CAD model modeled according to its technical documentation are analyzed. In order to analyze the deviations of these two models, the model made by milling was scanned using a 3D scanner. Deviations of model surfaces, dimensional deviations (length, width and height) and deviations of geometric tolerances are analyzed. For comparison and analysis of the results the GOM Inspect software was used [11].

After alignment of the CAD model with the model obtained by scanning, analyzing of the surface deviation took place. With the *Surface Comparison* tool sensing deviation of particular points and sections of model was performed.

For the analysis of surface deviations the measuring scale with precision tolerances of 0.2 mm was used. In Fig. 4, the gray areas on the model are displayed. These areas are not measured in the analysis of surface deviations, because they exceed the set limits.

The upper surface of the model is mostly marked in green which means that it is a deviation in the range of 0 to 0.035 mm. The front face and the individual cylindrical surfaces and slots are marked in yellow and in those parts the range of deviation is 0.035 to 0.09 mm. The big difference in the deviations in certain surfaces of the model is the result of a fault that occurred during the manufacturing stage. During the manufacturing of complex parts with a lot of features, such as this part, faults are possible during manufacturing (Fig. 4). This

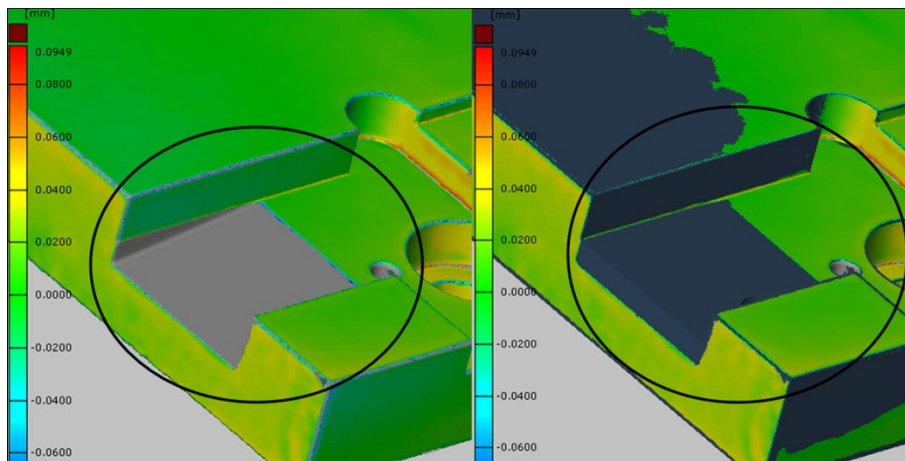


Figure 4 Manufacturing fault

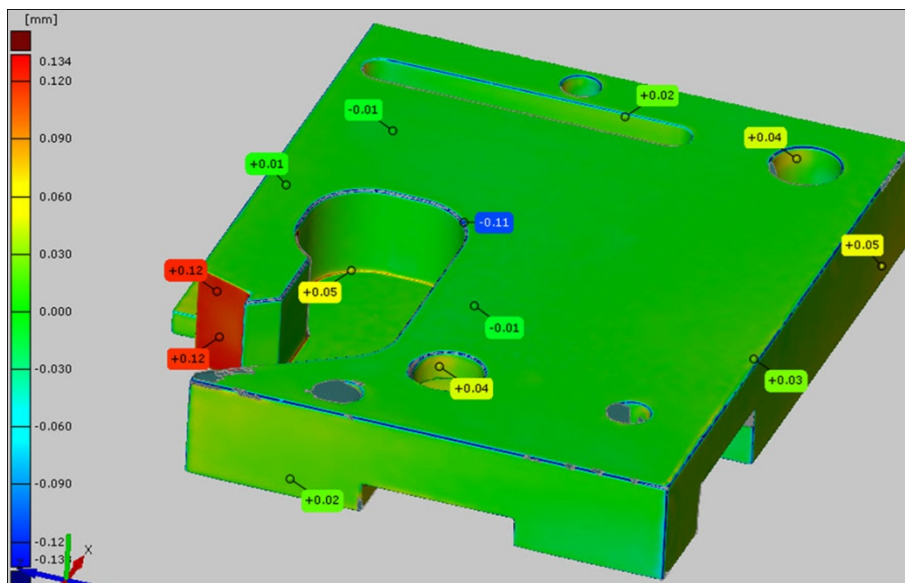


Figure 5 Deviation in particular points on the surface

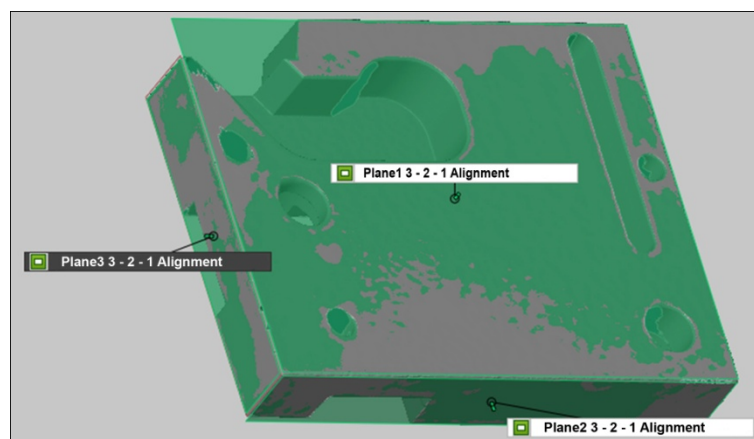


Figure 6 3 - 2 - 1 alignment by set planes

example shows that 3D scanners can be used to maintain the quality in the manufacturing because it is possible to control the resulting faults in geometry. If it is a larger series, after generating NC code and making the first model, the scanner can be used as a self-control unit in the manufacturing process.

The previous analysis is not precise enough and is used only as a visual representation. In Fig. 4 it is not known what the exact amount of deviation for the desired

point of observation is. In order to carry out an analysis on specific points of the surface, it is necessary to see dimensional cards.

Fig. 5 shows cards with the amounts of deviations, onto which values at certain points were entered. It is evident that the maximum deviation is 0.12 mm, which is presented in red color. This analysis of surface was achieved using the principle of 3 - 2 - 1 alignment.

For analysis of the geometrical tolerances reference planes are necessary. Three additional planes are constructed as a basis for the model alignment. The first plane is set on the upper surface and by a Gaussian function its optimal position is obtained. On this plane there are set points Z1, Z2, and Z3. Then, the second plane is defined by the lateral surface of the model. On this plane there are set points Y1, and Y2. Point X is set

on the third plane. This plane is set on the front side of the model. Based on these points, as in the previous case, the 3 - 2 - 1 alignment was carried out. Fig. 6 shows this procedure.

After alignment reference elements were made, i.e. A and B bases. On the basis of A and B the tolerance of perpendicular and tolerance of placement will be checked.

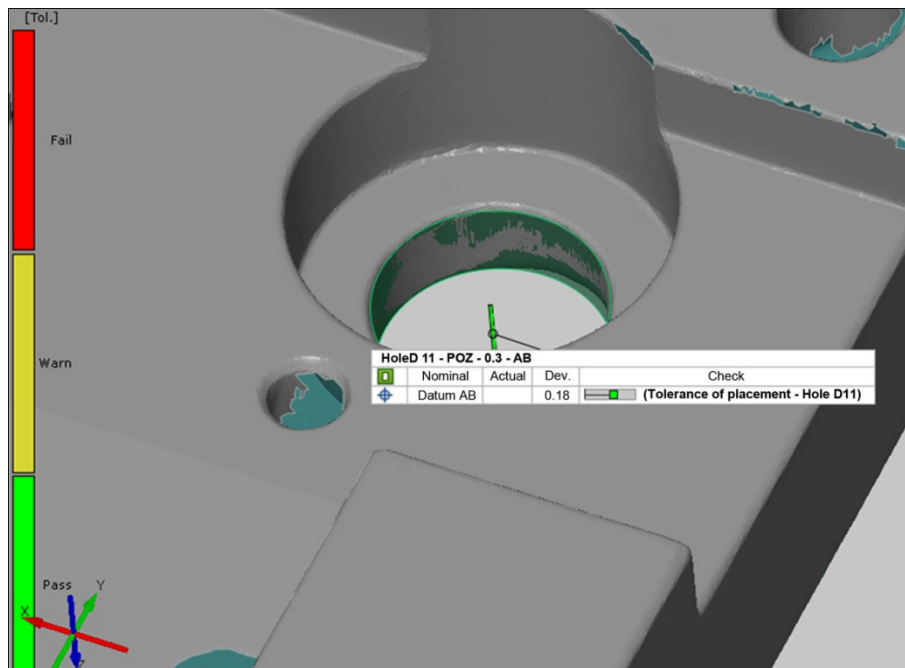


Figure 7 Hole control of diameter of 11 mm

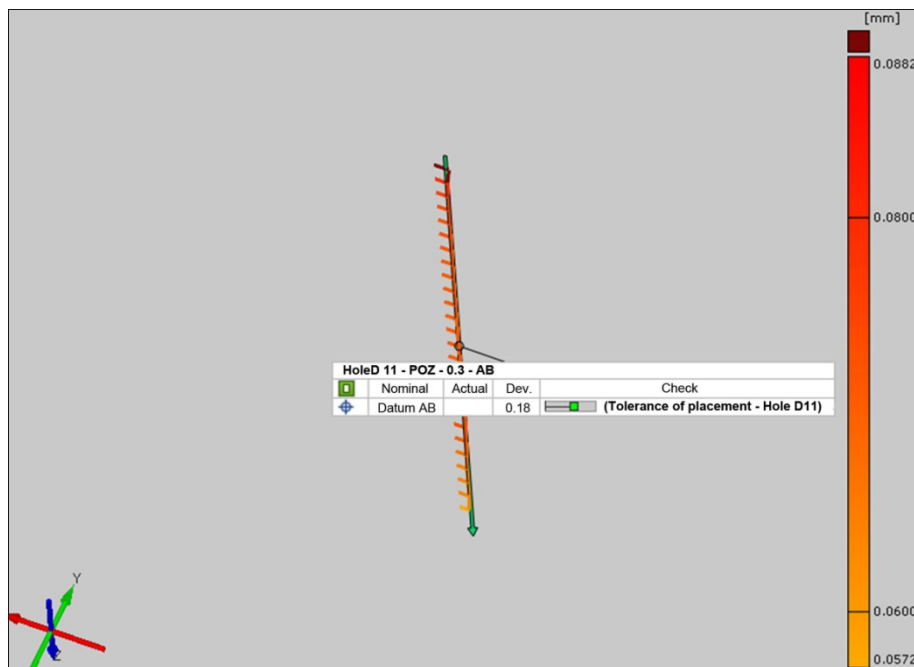


Figure 8 Vector representation of deviation center of the circle

Control results of placement tolerance of the hole are shown in Fig. 7. It is evident that the center of the circle is within the set tolerances. The center of the circle must be within two parallel planes at a distance of 0.3 mm, which are symmetrically arranged with respect to the theoretically correct position of the reference plane A and the reference plane B. The maximum deviation from

the center of the circle is 0.18 mm, which is more than satisfactory. Vector representation of the hole center deviation is shown in Fig. 8.

Furthermore, the perpendicular tolerance of the upper surface was checked. In Fig. 9, which is separated from the technical drawing, it is possible to see that the default perpendicular tolerance on the surface is 0.02

mm. Tolerated surface must be within two planes, which are arranged at a distance of 0.02 mm and perpendicular to the bases A and B.

After assigning the required parameters, i.e. after defining the reference plane and tolerance in relation to the aforementioned, results can be read.

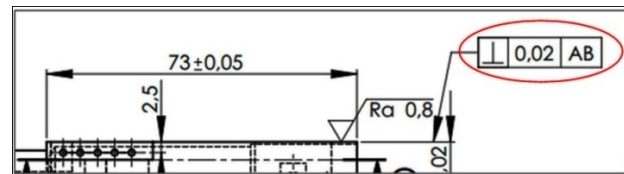


Figure 9 Representation of the default perpendicular tolerance

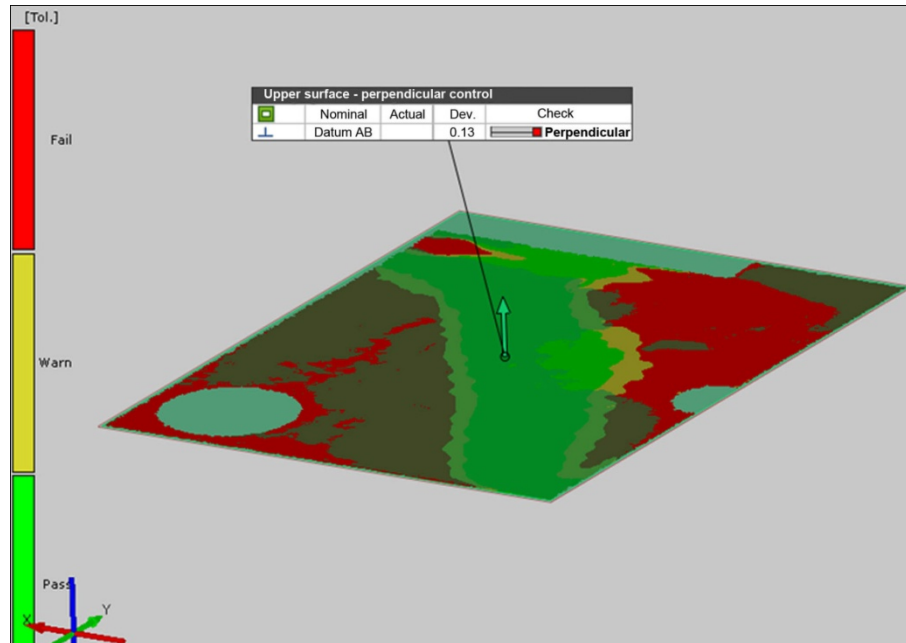


Figure 10 Representation of results of controlling perpendicular tolerance

In Fig. 10 it is possible to see that the upper surface does not satisfy the perpendicular condition. Tolerance is 0.02 mm and the actual maximum deviation is 0.13 mm.

## 5. CONCLUSION

The paper presents an analysis related to the verification of geometry and dimensions of an object manufactured on a milling machine, according to dimensions and tolerances of the technical documentation. Some dimensions on scanned object do not meet the appointed requirements in the technical documentation. It can be concluded that the errors occurred during the manufacturing, because the object contains many features such as holes, slots and cones. From that reason this object is complex. During checking of geometrical tolerances (perpendicular tolerance and placement tolerance) there was an almost negligible deviation from set points. Maximum deviation from the placement tolerance of the analyzed hole is 0.18 mm, and the default tolerance of placement in relation to the reference planes is 0.3 mm. When checking perpendicular tolerance of the upper surface, in some parts deviations are 0.13 mm which is the maximum deviation. Allowed deviation is 0.02 mm.

Geometrical deviations can be caused by faulty manufacturing, but not necessarily. Deviations may occur during constructing the A and B bases, related to the referent planes in the computer program *GOM Inspect*. These bases are connected to some other,

previously defined planes. In such cases, it would be desirable to make full scan parts of an object that may affect the measurements. This would result in better scanning of holes, in order to capture the entire contour of the holes. It would be better to generate a cylinder with set A and B bases in its center.

Except for the measurements, these scanners can be used for reverse engineering. Certain elements can be reconstructed, and based on scanned models it is possible to create CAD models. However, not every automated process or software can generate a CAD model from an existing scanned models. For this reason, progress can be, apart from the 3D scanning technology, expected in the development of software that is closely related to this area.

## Acknowledgements

The authors would like to thank the company Industrial park Nova Gradiška d.o.o. and its director, Ivan Sertić, MSc on the provided 3D scanner ATOS Compact Scan used for preparing this paper. Furthermore, the authors wish to thank Ivan Mičetić, mag. ing. mech. and Dejan Grdenić, mag. ing. el.

## 6. REFERENCES

- [1] Tóth, T.; Živčák, J. Acomparison of the Outputs of 3D Scanners, *Procedia Engineering*, Vol. 69 (2014) 393-401

- [2] Paulic, M.; Irgolic, T.; Balic, J.; Cus, F.; Cupar, A.; Brajljeh, T.; Drstvensek, I. Reverse Engineering of Parts with Optical Scanning and Additive Manufacturing, *Procedia Engineering*, Vol. 69 (2014) 795-803
- [3] Budak, I.; Trifkovic, B.; Puskar, T.; Vukelic, D.; Vucaj-Cirilovic, V.; Hodolic, J.; Todorovic, A. Comparative Analysis of 3D Digitalization Systems in the Field of Dental Prosthetics, *Tehnicki vjesnik-Technical Gazette*, Vol. 20, No. 2 (2013) 291-296
- [4] Wiedhahn, K. The optical Cerec Impression-Electronic Model Production, *International Journal of Computerized Dentistry*, Vol. 1, No. 1 (1998) 41-54
- [5] Vlaar, S. T.; Van der Zel, J. M. Accuracy of dental digitizers, *International Dental Journal*, Vol. 56, No. 5 (2006) 301-309
- [6] Persson, A.; Andersson, M.; Oden, A.; Sandborgh-Englund, G. A three-dimensional evaluation of laser scanner and touch-probe scanner, *Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol. 95, No. 3 (2006) 194-200
- [7] Persson, A.; Andersson, M.; Oden, A.; Sandborgh-Englund, G. Computer aided analysis of digitized dental stone replicas by dental CAD/CAM technology, *Dental Materials*, Vol. 24, No. 8 (2008) 1123-1130
- [8] Rudolph, H.; Ludhardt, R. G.; Walter, M. H. Computer-aided analysis of the influence of digitizing and surfacing on the accuracy in dental CAD/CAM technology, *Computers in Biology and Medicine*, Vol. 37, No. 5 (2007) 579-587
- [9] Edner, A.; Mehl, A. Full arch Scans: conventional versus digital impressions-an in vitro study, *International Journal of Computerized Dentistry*, Vol. 14, No. 1 (2011) 11-21
- [10] Budak, I.; Kosec, B.; Sokovic, M. Application of contemporary engineering techniques and technologies in the field of dental prosthetics, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol. 54, No. 2 (2012) 233-241
- [11] <http://www.gom.com/3d-software/gom-inspect.html> (Accessed: 28.12.2014.)
- [12] <http://www.gom.com/metrology-systems/system-overview/atos-compact-scan.html> (Accessed: 28.12.2014.)
- [13] Jurković, T. Optička digitalizacija prostornog modela projiciranjem kodiranog svjetla, Slavonski Brod; Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2014
- [14] Drvar, N. Optički postupak digitalizacije oblika projiciranjem kodiranog svjetla, Zagreb; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2007, 8-29
- [15] Hartley, R.; Sturm, P. Triangulation. *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 68, No. 2 (1997) 146-157

## Author contact:

**Mirko Karakašić, PhD, Assistant Professor**  
 J. J. Strossmayer University of Osijek  
 Faculty of Mechanical Engineering in Slavonski Brod  
 35000 Slavonski Brod, Croatia  
 E-mail: mkarakas@sfsb.hr

**Milan Kljajin, PhD, Full Professor**  
 J. J. Strossmayer University of Osijek  
 Faculty of Mechanical Engineering in Slavonski Brod  
 35000 Slavonski Brod, Croatia  
 E-mail: mkljajin@sfsb.hr

University North  
 42000 Varaždin, Croatia  
 E-mail: mkljajin@unin.hr

## NONLINEAR ANALYSIS OF LANDSLIDE PROCESSES UNDER SEISMIC EFFECTS

## NELINEARNA ANALIZA KLIZIŠNIH PROCESA POD DJELOVANJEM SEIZMIČKIH UČINKA

*Grishin A.V., Siplivets A.A.*

Prethodno priopćenje

**Sažetak:** U članku se razmatra stanje naprezanja-deformacija padine prouzročene seizmičkom aktivnošću uzimajući u obzir geometrijsku i fizičku nelinearnost promatrane sredine.

**Cljučne riječi:** padina, metoda konačnih elemenata, oscilacije, pomak, dinamičko opterećenje

Preliminary notes

**Abstract:** This paper investigates the stress-strain state of the slope caused by seismic activity, and taking into account the geometrical and physical nonlinearity.

**Key words:** slope, finite element method, oscillations, displacement, dynamic loading

## 1. INTRODUCTION

It is known that soil slopes are nonlinear complex environment, which stress-strain state depends essentially on the way, time and type of loading. Therefore, it is desirable to take into calculation model from infinite number of factors that characterize this complex system only a finite number of them, reflecting its most important properties. Thus, they must be really determined from experimental data, and subject to further numerical implementation using computer programs.

Therefore, the calculation model is not exactly the same as the real system, but should reflect its main properties. Although the model is "poorer" than the material object, but, according to the rules, it is accessible, informative and user friendly. It also allows better understanding of basic properties of the object, to predict the consequences of changing the material properties and various influences on object.

Currently, there is a rapid development of mathematical modeling methods which led to a development of large number of different types of models. The most detailed description and classification is stated, for example, in [5, 6, 7]. It should be noted that such approach in scientific research is today most applicable and productive.

## 2. FORMULATION OF MATHEMATICAL MODELING

As shown in [6], the formulation of mathematical modeling problem can be divided into three stages: a model - an algorithm - a program (software). Let us

briefly consider these stages in relation to the slopes which are under the influence of its own weight and previously applied static, followed by seismic loads.

A complex model is constructed in the first stage, taking into consideration a complex system, which in mathematical form displays the most important of its properties, formulated in the form of the fundamental laws of nature. Work by authors [3] shows that soil slopes even under the effect of their own weight are in the elastic-plastic state, so their model must consider this factor.

Further, soils slopes are subject to complex loading, which means that deformation theory of plasticity is not applicable. Therefore, a more sophisticated theory of plastic flow with hardening [3] must be used. Definition of physico-mechanical properties of soils characterizing its properties that are necessary for this theory are described in [2].

Large deformation and displacement may arise in the slopes under the influence of the static and dynamic loads, which must also be taken into account in the model and defined from calculations. In this case, using Lagrangian (material) approach, the relationship between Cauchy-Green strain tensor  $C$  and displacement vector  $u$  will take the form [3].

$$C = \frac{1}{2} (\overset{\circ}{\nabla} u + \overset{\circ}{\nabla} u^T + \overset{\circ}{\nabla} u \cdot \overset{\circ}{\nabla} u^T),$$
$$\gamma_{KS} = \frac{1}{2} (u_{K,S} + u_{S,K} + u_{t,K} u_{t,S}).$$
(1)

Difficulties occur when solving nonlinear problems that are associated with the lack of information on actual configuration  $V_t$ , which is determined by the

Cauchy stress tensor  $\sigma$ . Therefore, when solving nonlinear problems it is more convenient to find state of stress using the reference configuration  $V_0$ , described by the source data.

With regard to this, it is necessary to operate with arising stress tensor determined by this configuration. Here we will use a symmetric Kirchhoff stress tensor  $K$ , which is defined through Cauchy stress tensor, as follows:

$$\begin{aligned} \mathbf{K} &= \sqrt{D} \nabla \mathbf{x}^T \cdot \sigma \cdot \nabla \mathbf{x}. \\ \sigma &= \frac{1}{\sqrt{D}} \overset{\circ}{\nabla} \mathbf{X}^T \cdot \mathbf{K} \cdot \overset{\circ}{\nabla} \mathbf{X}. \end{aligned} \quad (2)$$

The equation of motion, balance and static boundary conditions using Kirchhoff tensor  $K$  is nonlinear, depending on the strain state of a continuous medium. Ratio of virtual work principle with total stresses and with finite increments using Kirchhoff tensor defines component form as follows:

$$\begin{aligned} & \int_{\overset{\circ}{V}} \left[ \kappa_{sm} \delta \gamma_{sm} + \left( \rho \ddot{\mathbf{u}}_m + \mathbf{c}_m \dot{\mathbf{u}}_m - \mathbf{F}_m \right) \delta \mathbf{u}_m \right] d\overset{\circ}{V} - \\ & - \int_{\overset{\circ}{S}_i} \mathbf{q}_m \delta \mathbf{u}_m d\overset{\circ}{S} - \int_{\overset{\circ}{S}_p} \mathbf{p}_m \delta \mathbf{u}_m d\overset{\circ}{S} = 0, \quad t \in (0, \infty), \\ & \int_{\overset{\circ}{V}} \left\{ \begin{aligned} & \Delta \kappa_{sm} \delta \Delta \gamma_{sm}^\Lambda + (\rho \Delta \ddot{u}_s + c_s \Delta \dot{u}_s) \delta u_s + \\ & \frac{1}{2} \kappa_{sm} \delta (\Delta u_{n,s} \Delta u_{n,m}) - \Delta F_s \delta \Delta u_s + \\ & \left[ \kappa_{sm} \delta \Delta \gamma_{sm}^\Lambda + \left( \rho \ddot{u}_s + c_s \dot{u}_s - F_s \right) \delta \Delta u_s \right] \end{aligned} \right\} d\overset{\circ}{V} - \\ & - \int_{\overset{\circ}{S}_i} \left( \Delta \dot{q}_s + \dot{q}_s \right) \delta \Delta u_s d\overset{\circ}{S} - \int_{\overset{\circ}{S}_p} \left( \Delta \dot{p}_s + \dot{p}_s \right) \delta \Delta u_s d\overset{\circ}{S} = 0, \\ & t \in (0, \infty). \end{aligned} \quad (3)$$

The equation of state in increments can be written as follows [3]

$$\begin{aligned} \Delta \kappa_{ij} &= \bar{D}_{ijnm} \Delta \gamma_{nm}^\Lambda, \\ \bar{D}_{ijnm} &= D^{(N)} D_{\alpha\beta\xi\eta} x_{i,\alpha} x_{j,\beta} x_{n,\xi} x_{m,\eta}, \quad \frac{dV}{d\overset{\circ}{V}} = \sqrt{D} = |X_{\kappa,s}|. \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \Delta \kappa_{ij} &= \bar{D}_{ijnm} \Delta \gamma_{nm}^\Lambda, \\ \bar{D}_{ijnm} &= D^{(N)} D_{\alpha\beta\xi\eta} x_{i,\alpha} x_{j,\beta} x_{n,\xi} x_{m,\eta}, \quad \frac{dV}{d\overset{\circ}{V}} = \sqrt{D} = |X_{\kappa,s}|. \end{aligned} \quad (4)$$

In the study of problems with small extensions and translations is assumed that the current body configuration  $V_t$  coincide with its reference configuration  $V_0$ . This significantly simplifies the solution. However, under deformation with over 10% of displacement gradient, this approach can lead to both qualitatively and quantitatively wrong results.

Therefore, the process of solving problems with large deformations creates additional difficulties associated, firstly, with the geometric nonlinearity of the original equations and, secondly, the lack of information about the current configuration of the body  $V_t$ .

The first problem leads to the introduction of various stress and strain tensors and the two main approaches in the study of problems in mechanics: Lagrange's and Euler's. The second problem generates widely used methods for solving the problems of incremental (high-speed) type.

Such approach allows replacement of a full load with equivalent number of small sequential steps and then to determine the body configuration, as well as the stresses and strains at a subsequent step from the previous where they are known. In this case, the reference configuration of a subsequent loading is adopted from previous current configuration. This enables the results determination process for each load to be written in the form of operation of the same type using the algorithm for solving the geometrically linear problems.

### 3. PROBLEM SOLUTION AND EQUATION SET-UP

Solution to the first problem allows us to represent our problem in algebraic form ie move from an infinite number of degrees of freedom of the slope to a finite number. It can be implemented using various projection methods. We will use finite element method. Solution to the second problem enables to linearize the original non-linear equations. In this case, the adjustment of their coefficients can be performed at each iteration solution or through their given number.

Discretization of equations using finite element method and static calculation methods for calculating the slopes are in detail considered in the monographs [3, 4], so we'll move to the solution of dynamic problems. In matrix form the equation of body motion at the time  $t_n$  is transformed in the following form:

$$\left( \mathbf{M} + \frac{1}{\rho} [\mathbf{h}]^T [\mathbf{H}]^{-1} \mathbf{h} \right) \ddot{\delta}_n + \mathbf{C} \dot{\delta}_n + \mathbf{K}(\delta_n) \delta_n = \mathbf{Q}_n. \quad (5)$$

The second term in brackets is called the matrix of associated masses and it takes into account the impact from the water environment on the slope with its oscillations [3]. Let us denote sum in parentheses with and call it the reduced mass.

The second term in (5) is the matrix of damping which for each finite element equals:

$$\begin{aligned} C_{(e)}^{ij} &= \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [N_{(e)}^i]^m c_{(e)} [N_{(e)}^j] h_{(e)} \det \mathbf{J}_{(e)} d\eta_1 d\eta_2 = \\ &= \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 c_{(e)}^{ij} d\eta_1 d\eta_2. \end{aligned} \quad (6)$$

$K(\delta)$  is called the system matrix of stiffness and it depends through a matrix  $D$  of the global vector of nodal displacements.

To solve the equation (5) we use an explicit or implicit methods of integration. Solutions shows that the second type methods are most acceptable regarding considered problems, so the Newmark method and its possible modifications will be used.

#### 4. METHOD APPLICATION ON AN EXAMPLE

For determination of displacement in time we use the following equation:

Consider the example of the slope design scheme shown in Fig. 1.

We take that the ground slope located in the vertical plane with coordinate = -60 m receives displacement impulse of 10 cm from right side, which caused slope oscillation. At the slope boundaries wave oscillations are not reflected and they freely passing through.

Fig. 2 shows diagrams of horizontal and vertical oscillation displacement of slope point A.

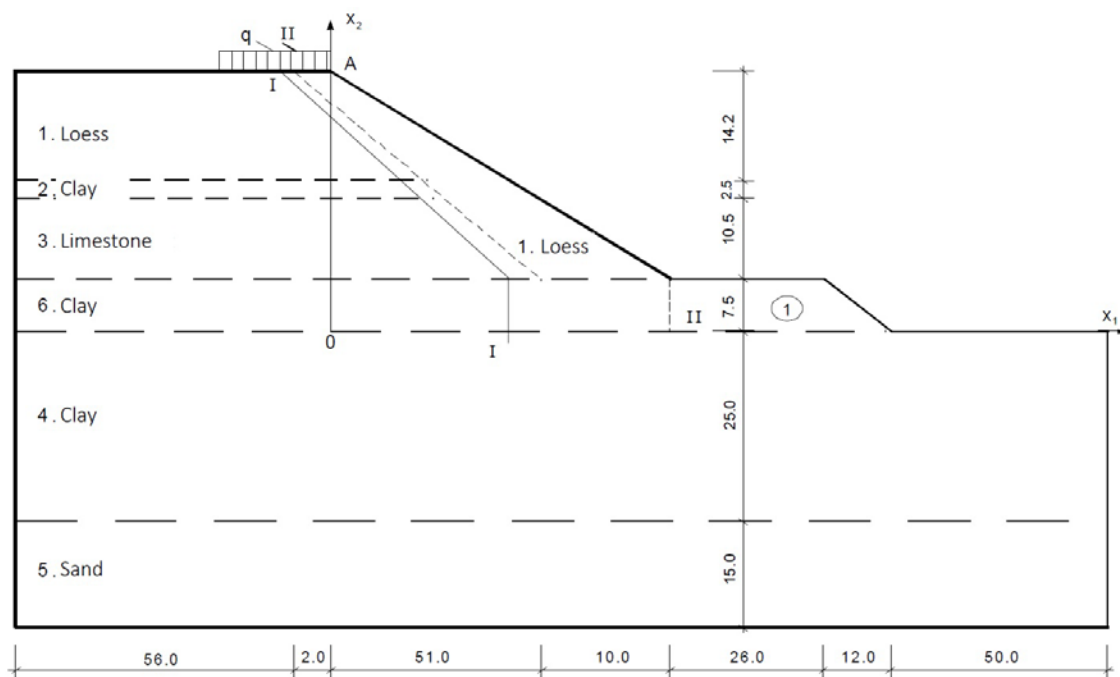
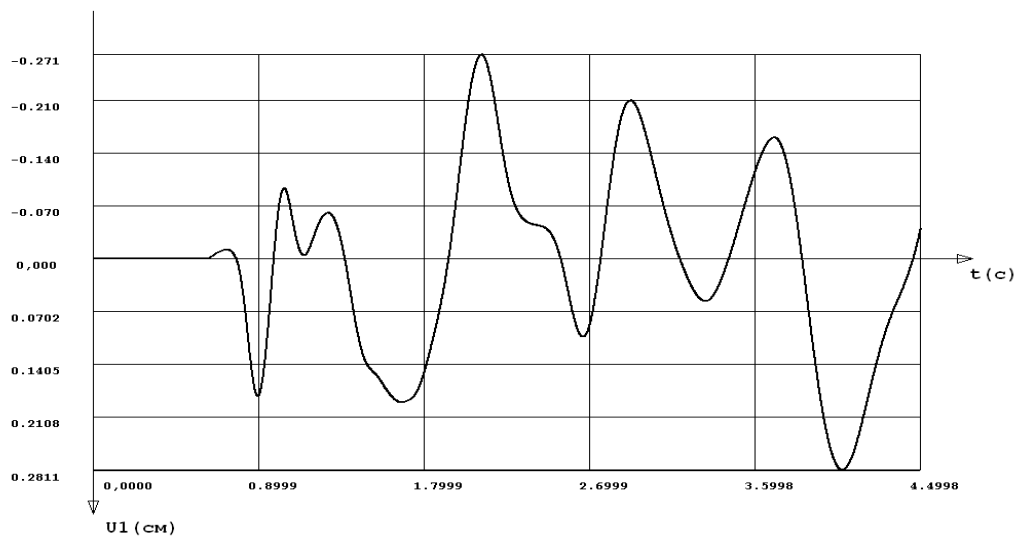
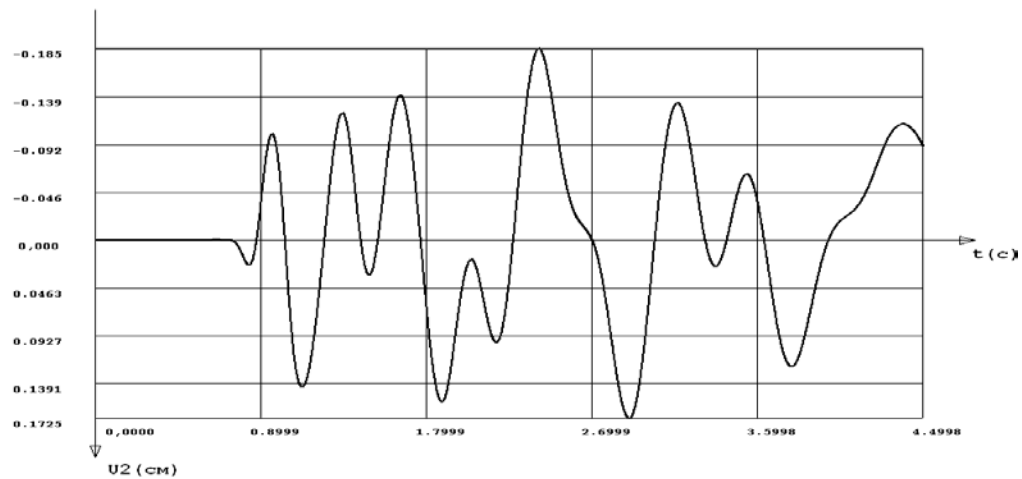


Figure 1. Design scheme of a planned slope

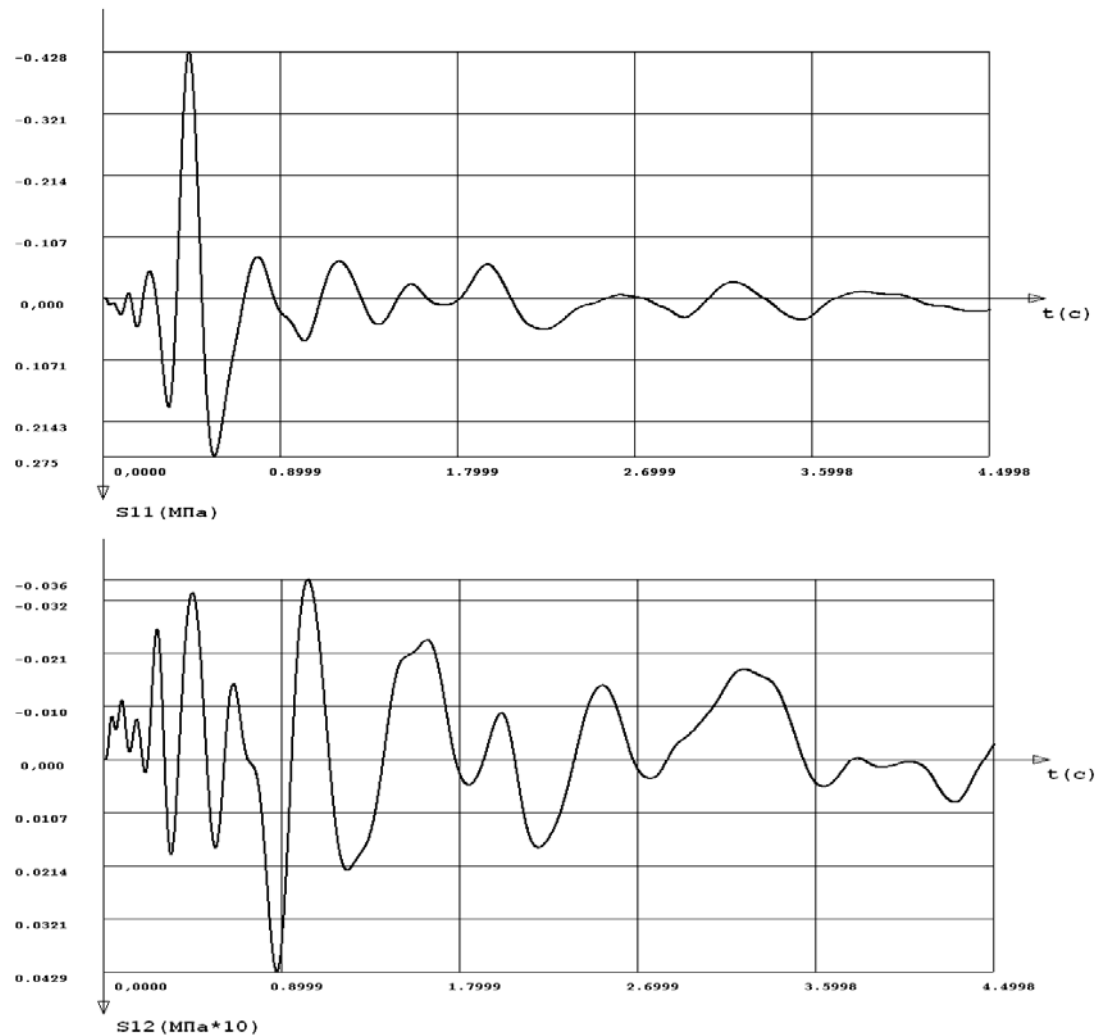






**Figure 2.** Diagrams of horizontal and vertical oscillation displacement of point A

Fig. 3 shows the diagrams of the normal and tangential stress oscillation at slope point B.



**Figure 3.** Diagrams of normal and tangential oscillation of stresses at slope point B.

## 5. CONCLUSION

Thus, using the proposed software we can examine complex oscillation processes occurring at any point in the slope caused by static and seismic loadings. It enables the results determination process for each load to be written in the form of operation of the same type using the algorithm for solving the geometrically linear problems. The possibilities of complex program are not limited only to the solution of problems given by initial displacement of the soil slope: accelerograms of earthquakes can also be defined.

## 6. REFERENCES

- [1] Bate, K.; Wilson, E.: Numerical methods for the analysis and finite element method. – M.: Стройиздат, 1982. – 447 p.
- [2] Boldirev, G.G.: Methods for determining the mechanical properties of soils. State of the art. – Penza: ПГУАС, 2008. – 696 p.
- [3] Grishin, B.A.; Dorofeev, V.S.: Some models of soil environment. – Odesa, 2007. – 310 p.
- [4] Grishin, B.A.; Snisarenko, V.I.: Odessa slopes and landslides, “МП Леся”, 2008. – 300 p.
- [5] Mishkis, A.D.: Elements of the mathematical modelling. – 2007. – 192 p.
- [6] Samarski, A.A.; Mihailov, A.P.: Mathematical modeling. – M.: Fizmatlit, 2001. – 320 p.
- [7] Trusova, P.V.: Introduction into Mathematical Modeling. Study guide– M.: Logos, 2005. – 440 p.

Kontakt autora:

**Professor Oleg Popov**

**A.V.Grishin Ph.D., Professor,  
Head of Department**

**A.A.Siplivets post graduate**

Prorector for international relationship  
Odessa State Academy of Civil Engineering and  
Architecture  
65029 Odessa, Didrihsona 4, Ukraine  
isi@ogasa.org.ua

# CESTOVNE CEMENTNO BETONSKE MODIFICIRANE STRUKTURE

## THE ROAD CEMENT CONCRETE MODIFIED STRUCTURE

*Gnip O.P., P.G. Raevskaya K.A., Shevchuk G.Y., Topilko N.I.*

Prethodno priopćenje

**Sažetak:** U ovom radu opisana su eksperimentalna ispitivanja raznih smjesa za izradu cestovnih premaza. Kao aditivi korišteni su moderni aditivi; Sika Mix Plus i Sika Visco Crete 20HE. Prikazani su rezultati istraživanja utjecaja troškova cementa i aditiva na čvrstoću cement-betona ovisno i o vremenu skrućivanja. Svojstva betonskih mješavina i cement-betona u konačnici su karakterizirana trajnošću razvijene smjese (pripravka).

**Ključne riječi:** cement-beton, poroznost, aditivi, čvrstoća, vodopropusnost

Preliminary notes

**Abstract:** This paper describes the experimental investigations of various mixtures for preparation of road coatings. Modern additives are as additives used - Sika Mix Plus and Sika Visco Crete 20NE. The results of research show the cost influence of cement and additives on the strength of cement-concrete especially depending on the time of solidification. The properties of concrete mixtures and cement concrete in the final result are characterized by durability developed compositions pavements.

**Key words:** cement concrete, porosity, additives, strength, waterproof

### 1. INTRODUCTION

The cement concrete and reinforced concrete coatings are used for the construction of modern roads, motorways with the more heavy traffic, airfields and streets. If we compare the cement concrete with the bituminous concrete, the advantage is on the side of the first. The road cement concrete is much stronger, it is resistant to elevated temperature (summer heat), it is highly resistant to friction. Another important advantage of the cement concrete is that it is quite light, and this significantly increases safety on the road at night. Improving the efficiency of investment in road and airfield construction associated with longevity (service) of the road and airfields coatings, reducing the cost of its construction, rational and cost, and at the same time, evidence-based use of composite materials. The cement concrete answers such criteria exactly [8,6].

At present, high-quality concrete is the modified concrete; its properties (density, strength, frost, etc.) can be changed during manufacture and material with desired characteristics is obtained [1]. Chemical additives are widely used in the technology works in the construction of concrete slabs and foundations, which are aimed to influence the processes of structure of cement stone and concrete, modify the structure of the concrete mixture and concrete to improve the performance properties.

Previously, various chemical products were used as additives in the production of concrete and industrial

waste. At the moment, the additives that are released specifically for concrete production are increasingly used. The use of complex additives, which provide the optimal composition of concrete with the essential requirements, is a trend of modern construction. The complex additive is a chosen mixture of several components which reduce side effects of each other and together increase the overall efficiency. If the conventional additives are classified according to the mechanism of action, then the complex are classified to their applications. The complex additives, which are based on super plasticizers, are the most effective and promising modifier properties of concrete and cement concrete. Today they occupy a leading position among chemical additives that are used in concrete technology [4].

**The purpose of this paper.** To develop the road cement concrete pavement for the modified structure with improved performance characteristics using the complex additives super plasticizer of new generation.

### 2. THE EXPERIMENTAL STUDIES

Many scientists showed in their works [2,3] that modified cement concrete can be obtained by the use of cement of high brand and the additives of superplasticizers modifying action. The high-strength Portland cement PC-II / A-SH 500 BAT "Podolsky cement" is an astringent for the preparation of cement. This astringent refers to the first type of the Portland

cement, according to the standard EN 197-1.2002; it is without the extension and consists of cement clinker, gypsum and granulated blast furnace slag (20%). The quartz sand is a fine aggregate for concrete, it meets the requirements of DSTU B V.2.7-32-95, and the granite rubble of various fractions is a coarse aggregate (fr.5-10 mm and 10-20 mm).

The composition of materials on the basis of modern polymers was a complex modifier for concrete mixing, namely Sika Visco Crete 20HE. It is a new generation super plasticizer based on polycarboxylates, which meets the requirements of EN 934-2/2001. It is a multi-purpose additive, recommended in the manufacture of the close and waterproof concrete and concrete pavements. We know that [7,8] the frost is a very important indicator for road concrete, which depends on the amount and type of air pores, so the air entraining agents Sika Mix Plus are used in order to obtain optimum performance.

The hard concrete mixtures are prepared for the experiment (P1) a slump 2-4 cm that meets the road cement concrete pavement. Complex additive was introduced to the concrete with the mixing water during the preparation of concrete. The strength tests of samples cubes (10x10x10 cm) when compressed and

the samples prisms (10x10x40cm) stretching at a bend in the destruction were carried out by a hydraulic press. The concretes were tested at the age of 2, 3, 7 and 28 days. The composition of the mixture is the determining factor in the design of cement concrete road and requires the following indicators: Portland cement consumption -350-390 kg/m<sup>3</sup> concrete; sand - 32%; rubble fr. 5-10 mm - 28%; fr. 20-40 mm - 40%; mobility of the concrete mix - 2-4 cm; water-cement ratio (w/c) - 0.4; concrete strength when compressed at the age of 28 days - 42.5 MPa; frost - F150; watertight - W8; erasure - T5,5. The road cement concrete mixtures were prepared from different composition during the experiment (Table 1), as with the additives of modifiers and without. Complex admixture Sika Visco Crete was administered at 0.5; 0.7 and 1.0% by weight of cement and air-entraining additive Sika Mix Plus - in the amount of 0.10% by weight of cement in all formulations of concrete. The concrete without additives was adopted as the standard for research. Amount of cement in all formulations was 350; 370 and 390 kg/m<sup>3</sup>, and the water was adjusted in accordance with the shrinkage of the cone (OK=2,5-3cm) in the preparation of concrete mixes.

**Table 1** The compositions of cement concrete road

№ concrete composition	Cost of materials per 1 m <sup>3</sup> of concrete				Additives,% by weight of cement	
	cement, kg	Sand, kg	breakstone, kg		Sika Mix Plus	Sika Visco Crete 20HE
			φp. 5-10	φp.10-20		
1; 5; 9	350; 370; 390	698	408	698	0,10	-
2; 6; 10	350; 370; 390	705	412	705	0,10	0,5
3; 7; 11	350; 370; 390	719	425	719	0,10	0,7
4; 8; 12	350; 370; 390	733	430	733	0,10	1,0

The results of the research of the effect of the cost of cement and the modifiers additives to the strength of the cement concrete at different times solidification are given in Table 2. The tests have shown (Table 2), that the strength of the reference composition concrete of the age of 2-3 days is 6.0-9.5 MPa at an expense of cement 350 kg/m<sup>3</sup>, and before the 28 days to grow to 20.6 MPa. The introduction of the complex additive from 0.5 to 1.0% (composition № 2-4) leads to an increase the early strength (two days) before 8.6-9.8 MPa. The strength of concrete is 24,0-30,3 MPa after months of hardening, that 4.0-9.7 MPa higher than the strength of concrete without additives. The subsequent growth of the strength to 8.8-14.0 MPa is observed

with increasing costs of cement to 370 kg/m<sup>3</sup> (composition number 5); there is a subsequent increase in strength up to 8.8-14.0 MPa in the initial period of hardening. Addition of modifiers leads to increased strength of cement concrete in all terms of hardening. The compositions № 6-8 with the addition have become strong 10,-13.1 MPa after 2 days; 18.2-21.2 MPa after 3 days and 24.4-28.0 MPa after 7 days, and the age of 28 days (Table 2). The use of complex additive allows to obtain concrete with strength 42.8 and 40.1 MPa (composition №7 and №8), which is the B30 class of concrete.

**Table 2** The strength of cement concrete road with complex additive

№ concrete composition	Cost of cement, kg/m <sup>3</sup>	The amount of additive % by weight of cement	w/c	Tensile strength at bending, MPa after 28 days	Compressive strength, MPa - through the day			
					2	3	7	28
1.	350	-	0,42	3,80	6,0	9,5	12,4	20,6
2.	350	0,5	0,39	4,21	8,6	10,3	13,2	24,0

3.	350	0,7	0,36	-	9,5	10,7	15,0	28,5
4.	350	1,0	0,34	5,72	9,8	11,0	16,8	30,3
5.	370	-	0,43	4,34	8,8	14,0	23,3	30,1
№ concrete compo- sition	Cost of cement, kg/m <sup>3</sup>	The amount of additive % by weight of cement	w/c	Tensile strength at bending, MPa after 28 days	Compressive strength, MPa - through the day			
					2	3	7	28
6.	370	0,5	0,40	5,22	10,2	18,2	24,4	37,0
7.	370	0,7	0,38	-	12,8	19,6	25,6	42,8
8.	370	1,0	0,35	6,10	13,1	21,2	28,0	40,1
9.	390	-	0,41	5,10	10,9	15,2	26,2	32,8
10.	390	0,5	0,38	6,28	12,5	19,8	27,1	41,2
11.	390	0,7	0,36	-	15,3	20,3	28,9	43,8
12.	390	1,0	0,34	6,93	15,0	21,2	28,2	42,6

The rising costs of cement to 390 kg/m<sup>3</sup> (composition №9) does not lead to a significant increase in the strength of concrete without additives in all terms of hardening. Introduction of integrated additives (composition №10-12) allows to increase the strength of cement concrete up to 2 times in all terms of hardening. The concrete grade M400 (B30) was achieved with such expenditure cement already at 0.5% of complex additives (Table 2). The modifying additive has a positive effect on the water demand of the concrete regardless of the cost of Portland. The water-cement ratio reduces the cost of the binder 350 kg/m<sup>3</sup> from 0.42 to 0.34, and at 370 kg/m<sup>3</sup> is reduced from 0.43 to 0.35.

The cement concrete road which modified complex additive shows 14-17% higher strength of concrete at early age (2 days) and 25-30% after 28 days of hardening. By reducing the surface tension of the water further in the cement additive achieved deflocculation grain, which gives the opportunity to increase the mobility of the concrete. The use of complex additives

of modifying action gives an opportunity to improve the processes of mixing and laying concrete in form of formwork, and to design the optimal concrete with a certain ratio of components improves its quality, water-resistant and frost.

The properties of concrete mixtures and cement concrete in the final result are characterized by durability developed compositions pavements, so the research identified the following indicators: the density of concrete, air entrainment of concrete, open porosity of concrete and its water resistance. To investigate these construction and technical properties of selected concrete roads with an optimum amount of cement, which is 370 kg/m<sup>3</sup>, and a comprehensive supplement contains from 0.5 to 1.0% Sika Visco Crete and 0.10% Sika Mix Plus. Properties of concrete mixtures were determined during the manufacturing process, and cement concrete - after 28 days of hardening. The test results are shown in Table 3.

**Table 3** Defining the properties of concrete mixtures and cement road

The composition of the concrete		The density of the concrete mixture, $\rho$ , kg / m <sup>3</sup>	Air entrainment, %	Open porosity %	The density of the concrete, $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Waterproof, mm	$R_{cr}$ 28 days, MPa
Portland Cement, kg/m <sup>3</sup>	The amount of additive % By weight of cement						
370	-	2280	2,0	0,40	2320	50	30,1
370	0,5	2292	2,4	0,32	2356	44	37,0
370	0,7	2319	2,8	0,28	2419	40	42,8
370	1,0	2334	3,4	0,24	2435	38	40,1

As seen from the above results (Table 3), the density of the concrete mixture without additives is  $2280 \text{ kg/m}^3$ , and with the introduction of the complex supplements it increases. Increasing the density of the concrete mix takes place by reducing the amount of mixing water of  $159 \text{ l/m}^3$  to  $148,0\text{-}129,5 \text{ l/m}^3$  of voids and reduction. When equal amounts of cement in these studies are compared ( $370 \text{ kg/m}^3$  in all of concrete) the concrete with low density has lower strength. The composition of cement concrete without additives has brand strength of  $30.1 \text{ MPa}$  at a density of concrete  $2320 \text{ kg/m}^3$ . Introduction of the complex additive of  $0.5\text{-}0.7\%$  is to increase the compression strength at 28 days before  $37.0\text{-}42.8 \text{ MPa}$  and the density of the concrete increases to  $2356\text{-}2419 \text{ kg/m}^3$ . The obtained results have confirmed the definition of the open porosity of the concrete (Table 3). Therefore, the open porosity of cement concrete without additives is  $0.40\%$ , it is reduced to 1.3-1.7 times and within  $0.24\text{-}0.32\%$  with the addition. The contents of air pores and voids are an important indicator to improve hardness and to alternate the freezing and the thawing.

### 3. CONCLUSION

The test results have shown (Table 3) that the air-entraining additive Sika Mix Plus ( $0,10\%$ ), which is used and the complex additive Sika Visco Crete ( $1,0\%$ ) can increase by 1.7 times the rate of air entrainment (3, 4) compared with concrete without the additive ( $2,0\%$ ). A water does not fill the pores in the conventional water saturation and it does not constitute a threat to road concrete at low temperatures. The introduced air-entraining additive stabilizes and generates a significant amount of very fine air bubbles during mixing of the concrete, which acts as a buffer during the development of stresses which occur in case of freezing. The water resistance is an important performance characteristic of cement concrete to the road surface which is dependent on its porosity, the pore structure properties of the binder and the aggregates. The permeability of the concrete can be assessed by the permeability coefficient of depth of penetration of water under pressure (Standard EN 12390-8). According to Table 3, the penetration depth of the water is  $50 \text{ mm}$  in the test cement without additives, and when it is used it is reduced to that of  $38\text{-}44 \text{ mm}$ . The compositions of the concrete road can be considered watertight. The complex additive modifying action provides a dense fine pore structure of cement stone - you insert it into the concrete mix and colloidal compounds are thus formed, bridging the porous concrete structure and provide increasing its water resistance.

The application of complex additives and new generation super plasticizer allow the development of modern approaches to the modification of the concrete mix and create concrete with specified operating parameters that will ensure the longevity of pavement. The resulting concrete may be used for the production of building structures used in road construction.

### 4. LITERATURE

- [1] Batrakov, V.G.: Modification of concrete - Модифицированные бетоны. – М.: Изд-во ABC, 2003. - 500с.
- [2] Pozniak, O.O.; Sanicki, U.D.; Maruschak, U.D.; Olinik, T.V.: The effectiveness of the use of complex modifiers in road concrete - Эффективность использования комплексных модификаторов в дорожных бетонах //Асфальт. – 2009. - №2. – с. 22-34.
- [3] Runova, R.F.; Nosovskiy, J.L.: Technology of modified mortars. - Технологія модифікованих будівельних розчинів. – Київ, 2007. – Видавництво КНУБіА. - 256с.
- [4] Sanicki, M.A.; Maruschak, U.D.; Mazurak, O.T.; Chemeris, M.M.: The concept of applying modifiers to improve the quality and durability of concrete- Концепція застосування модифікаторів для підвищення якості та довговічності залізобетону //Будівельні конструкції. Збірник наукових праць. –К.: НДУБК, 2003.-с.448-455.
- [5] Sanicki, U.D.; Pozniak, O.O.: Modifiers of new generation for concrete - Модифікатори нової генерації для бетонів //Будівельні матеріали та виробн.-2006. -№1. - с.5-7.
- [6] Sheinin, A.M.: Cement for road and airfield pavements. - Цементобетон для дорожніх и аеродромних покриттів. –М., 1991. -150 с.
- [7] Sinakin, A.G.: Sika additives to modify the ordinary and special concrete - Добавки Sika для модификации рядовых и специальных бетонов., Макеевка, 2008.
- [8] Tolimachev, S.N.: Construction of roads with cement concrete pavement in Ukraine - Стrojительство дорог с цементобетонным покрытием в Украине –реальность сегодняшнего дня / Журнал «Автошляховик України». – №4. -2013.- с.36-40.

Author contact:

**Professor Gnip O.P.**

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture  
65029 Odessa, Didrihsona 4, Ukraine  
isi@ogasa.org.ua

## ANALIZA ODNOSA IZMEĐU MIKROSTRUKTURE I SVOJSTAVA AKTIVNOG VAPNA - SILIKA KOMPOZITA NA TEMELJU EKSPERIMENTALNO-STATISTIČKOG MODELIRANJA

### ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF ACTIVATED LIME-SILICA COMPOSITES ON THE BASIS OF EXPERIMENTALLY-STATISTICAL MODELLING

*Lutskin E., Shinkevich E.*

Prethodno priopćenje

**Sažetak:** U ovom radu razvijene su osnove izrade silikatnih materijala na bazi ne-autoklavnog stvrdnjavanja. Teoretski je dokazana i praktično potvrđena mogućnost realizacije kompleksa tehnoloških režima za korištenje rezervi mineralnih tvari strukture u proizvodnji silikatnih materijala ne-autoklavnog stvrdnjavanja. Izvršeno je eksperimentalno-statističko modeliranje analize utjecaja sadržaja i uvjeta stvrdnjavanja na karakteristike strukture, mikrostrukture i svojstva silikatnih materijala od ne-autoklavnog stvrdnjavanja. Analiza međuodnosa svojstava sa parametrima strukture, sadržaja i tehnoloških režima je neophodno za kvalitetu regulacije primljenog kompozitnih materijala. Dokazano je provođenje zadanih istraživanja s primjenom eksperimentalno-statističkih modela. Naveden je algoritam i strategija analize rezultata pokusa. Učinkovito je definirana taktička linija optimizacije strukture i tehnoloških režima na eksperimentalno-statističkim modelima. Eksperimentalno-statistički modeli omogućuju istodobno razmatranje značajnog broja faktora u uvjetima proizvodnje betona. Ovi modeli omogućuju provođenje duboke analize u konkretnoj situaciji i uzimanje u obzir značajki stupnjeva hidratacije i strukturiranje. Ponuđen je algoritam za analizu procesa strukturizacije u različitim fazama tehnologije uz korištenje eksperimentalno-statističkog modeliranja te metode računalno materijalne znanosti. Razrađeni algoritam omogućuje: kvantitativno opisivanje strukturnih parametara u svakoj tehnološkoj fazi i procijeniti mogućnosti njihove regulacije; analizirati promjene međusobnih odnosa svojstava i karakteristika strukture pod utjecajem sadržaja i tehnoloških režima; voditi pretraživanje optimalnih strukturnih i tehnoloških režima unutar granica prihvaćenog pristupa.

**Gljučne riječi:** žbuka, perlitni pijesak, prijanjanje

Preliminary notes

**Abstract:** Bases of manufacture of silicate materials of non-autoclave hardening are developed. The opportunity of realization of a complex of technological regimes on use of reserves of a structure of mineral substances in manufacture of silicate materials of non-autoclave hardening and wall's articles on their basis is theoretically proved and practically confirmed. With use of elements of experimentally-statistical modelling the analysis of influence of contents and hardening conditions on characteristics of structure, microstructure and property of silicate materials of non-autoclave hardening has been performed. The analysis of interrelation properties with structure's parameter, content and technological regimes is necessary for regulation quality of the received composite material. Carrying out of the given researches with application of experimentally-statistical models is proved. The algorithm and strategy of the analysis of results of experiments is stated. The tactical line of structures optimization and technological regimes on experimentally-statistical models is effectively defined. Experimentally-statistical models allow to consider simultaneously significant number of factors in conditions of concrete manufacture. These models allow to spend the deep analysis of a concrete situation and to consider features of gears of hydration and structuration. The analysis algorithm of process of structuration at various stages of technology with use of experimentally-statistical modelling and methods of computer material science has been offered. This algorithm enables the following: a quantitative description of structure parameters at each stage of technology and an estimate of opportunities of their regulation; an analysis of change of interrelations between properties and characteristics of structure under influence of content and technological regimes; leading the search for optimum structures and technological regimes within the limits of the accepted approach.

**Key words:** silicate composites of non-autoclave hardening, activated lime-silica binder, experimentally-statistical modelling, correlation analysis

## 1. INTRODUCTION

Traditionally, the thermal activation of components of silicate concrete mixture is carried out in an autoclave, where under conditions of high temperature and pressure, the hydrothermal synthesis of calcium hydrosilicates happens – patent #14195 05.10.1880 [2]. The present research used the results of scientific foundations of obtaining of silicate-activated composites of non-autoclave curing [4]. With the help of experimental and theoretical researches taking into account the thermodynamics of lime and silica [1,9] the feasibility of casting technology of silicate composites, of non-autoclave curing on the basis of activated lime-silica binder have been proven. The transition from the hydrothermal synthesis of calcium hydrosilicate in autoclave into synthesis at heat and humidity is carried out during processing by a complex activation of silicate concrete mixture [5]. Complex activation is realized during the manufacture of products from high-mobility, and the molten mixture. Injection molding technology is one of the most effective energy saving technologies.

For the development of non-autoclave manufacturing technology of silicate composites on the basis of activated lime-silica binder, the experimental and theoretical researches have been carried out. As a result of experimental and theoretical researches the analysis of the regularity of relations between properties with the parameters of the structure, composition and modes of hardening was conducted and the possibilities to regulate the quality of the received material were determined.

## 2. THE POSSIBILITY OF EXPERIMENTAL-STATISTICAL MODELING USING THE METHODS OF COMPUTER MATERIAL

Optimization of formulations and modes of obtaining building composites is carried out on experimental and statistical models most effectively [10]. Experimental and statistical models enable considering simultaneously a large number of factors in a given production until binding to the careers of raw materials. Experimental and statistical models enable conducting a deep analysis of a specific situation, taking into account features of the mechanisms of hydration and structure formation.

Analysis of the structure formation and properties by using experimental and statistical modeling and computational experiments based on these models makes it possible to quantitatively describe the structure parameters at each stage of technology and to assess their possible regulation by factors of composition and curing; to analyze the change in the relations between the properties and characteristics of the structure under the influence of these factors in the transition from one technological operation to another, to formulate conditions for the formation of an optimum for the specific properties of the structure taking into account the type of products; to search for the optimum compositions and curing.

With the use of the methods of computer materials developed by the information-analytical units of

experimental-statistical models the analysis of the significance of the effects of interactions between the parameters of the structure and properties is conducted. In the computational experiments, such a technique enabled conducting a systematic analysis of the transformation of these relationships and identifying the most sensitive to management factors for producing materials with desired properties. Using computational experiments allows us to compare the results within the experiment and facilitates the technological interpretation of problems which are solved with the use of correlation analysis.

For a comparative assessment of influence of the composition and technology factors on the properties and characteristics of the structure an information-analytical block diagram of an experimental structure of statistical models on the blocks is developed. Structuring an experimental statistical model is used for quantitative relative assessment of influence of all factors and their various combinations on the material properties and its characteristics of the structure.

## 3. DEVELOPMENT OF INFORMATION-ANALYTICAL SCHEME OF CONNECTION ANALYSIS OF COMPOSITION, STRUCTURE AND PROPERTIES

Usually, the structuring of the models of the form "composition-technology-property" is held by two categories: the physical nature and the form of the factor space. In this research, a division of experimental-statistical models for information-analytical blocks A, B, C, D (Fig. 1) is developed. As a result, it is possible to estimate the relative influence of different groups of factors on the properties, as well as an opportunity to explore connections between the properties and characteristics of the structure. In the research, using experimental and statistical modeling, factors and their influence on the structure and properties have been studied : the specific surface area of tripoli as a component of binder S1, S2, S3 ( $v_1, v_2, v_3$ ), the duration of preliminary ageing in standard conditions  $\tau_{p.a.}$  (x4), the duration of a thermo-moisture treatment  $\tau_{TMT}$  when  $T = 85^\circ\text{C}$  (x5) and content of gypsum supplements Cg (x6). Two comparable complexes of six-factors experimental-statistical models have been calculated in the research describing the dependency of the "structure - technology - properties". This enabled studying the dependency of "characteristics of the structure - property".

The influence of composition and conditions of curing more than ten properties, including compressive strength (Rb), tensile bending (Rbtb), frost- (F), water-(kr), crack-resistant (kIc), microhardness (H), heat conductivity ( $\lambda$ ), modulus of elasticity (E) and more than ten characteristics of the structure, including the relative average size of capillary pores (dk), total porosity (P), the ratio of open to the general (ksat), and content in the composites of mineral and phase compositions were analyzed.



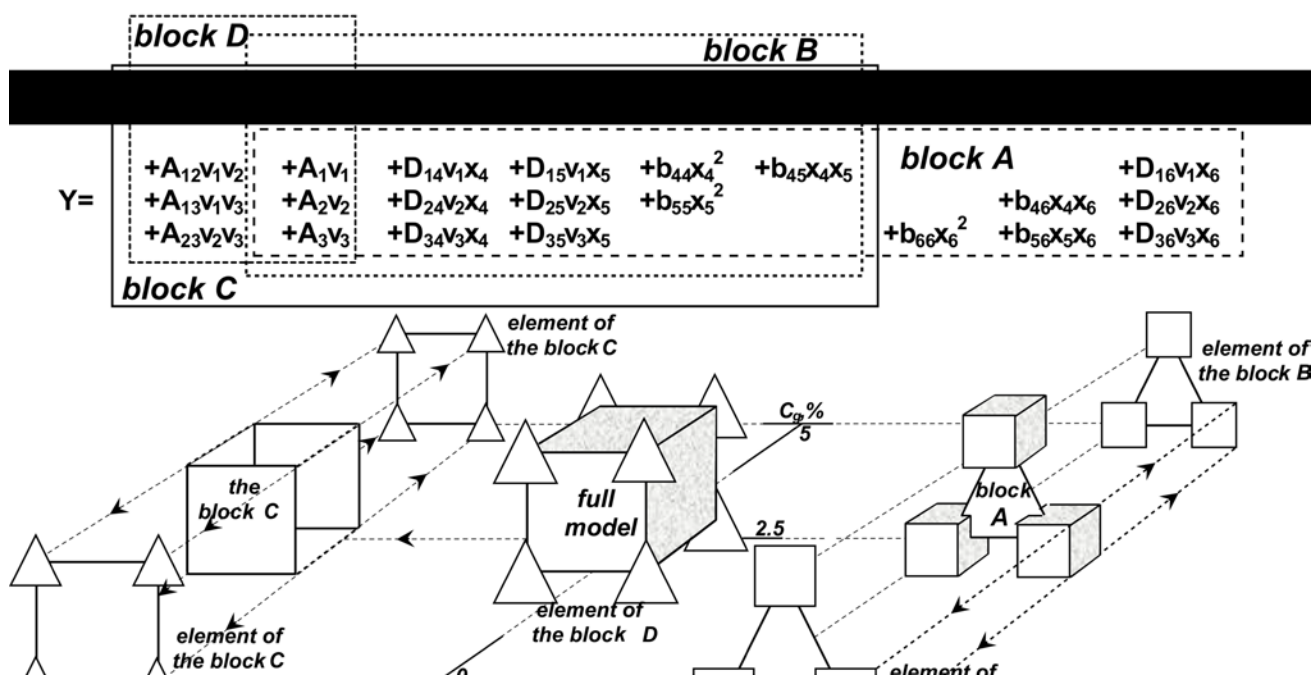


Figure 1. Information-analytical block diagram analysis of the structure and properties

#### 4. ANALYSIS OF THE FACTORS OF COMPOSITION AND CURING ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES

In the result of analysis of six-factors' experimental statistical models that describe the change structure feature and properties under the influence of these mixed and prescription-technological factors, it was found that the values of the factors that ensure maximum strength do not coincide with the values of these same factors, that provides the minimum heat or maximum frost and other properties.

Thus, under the influence of all six factors the increase in strength, calculated from the full model, is 6.4 times. In this case, the combined effect on the strength of the three groups of factors - the specific surface area of tripoli, modes of hardening and adding of gypsum additives - is interchangeable in quantitative terms. Each group of factors can provide more than doubled gains in strength. For other properties and characteristics of the structure influence of factors and their separate groups of factors (blocks A, B, C, D) see [3]. This structural-analytical scheme has allowed at first to compare quantitative influence of factors of the

composition and conditions of curing on the properties and characteristics of the structure (Table 1). Analysis of the results (Table 1) allows to rank the factors of composition and technology on the level of their influence on the structure and properties of materials and to consider their significance in the optimization of the composite [6].

The growth of strength is accompanied by an increase in content in the solid phase of mineral foshagit and an optimal ratio of gillebrandit B and C [7,8]. It is the optimal ratio between crystalline and partially crystallized components of the solid phase that provides the necessary parameters of the material, since it provides high volume concentration of the surface bonds. Coefficient of heat conductivity  $\lambda$  can vary in three times, depending on the specific surface area of tripoli and hardening conditions: from 0.43 to 1.3  $Wt/m \cdot K$  (Fig. 2). Thus, under the influence of the specific surface additives of tripoli the relative change in heat conductivity is 1.6, under the influence of curing regimes - 2.0, which is associated with a change in the relative average size of capillary pores  $dk$  in 6 times.

Table 1. Quantitative assessment of influence of the composition factors and conditions of curing on the properties and characteristics of the structure under information-analytical blocks of experimental-statistical models

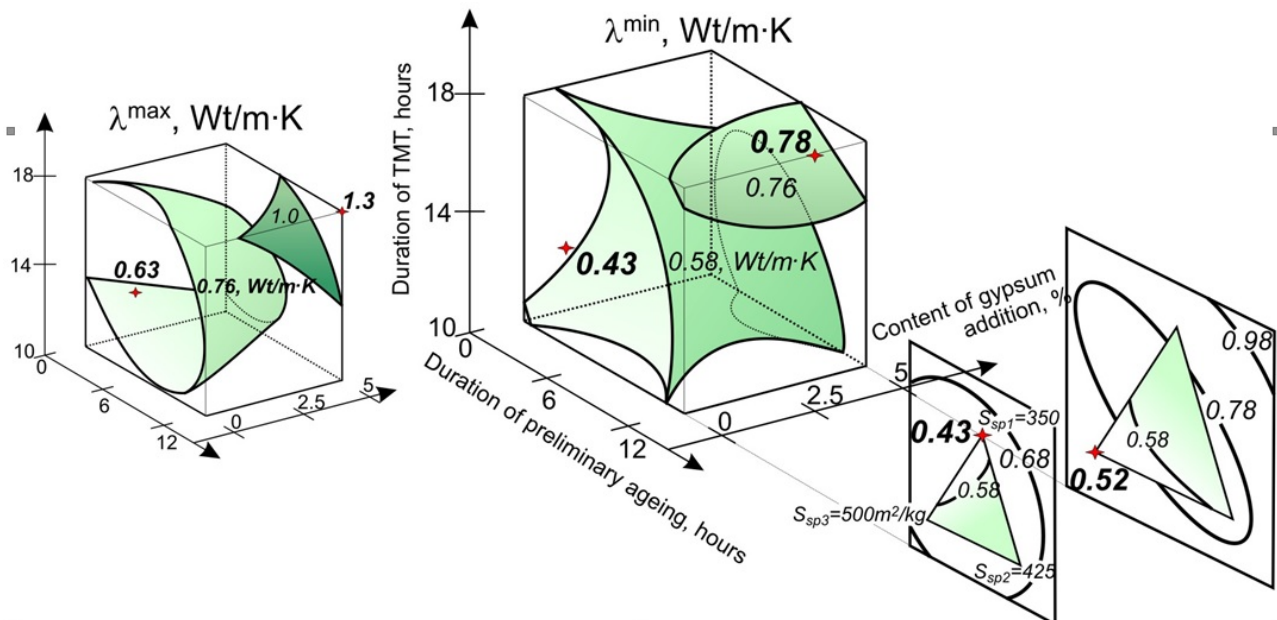
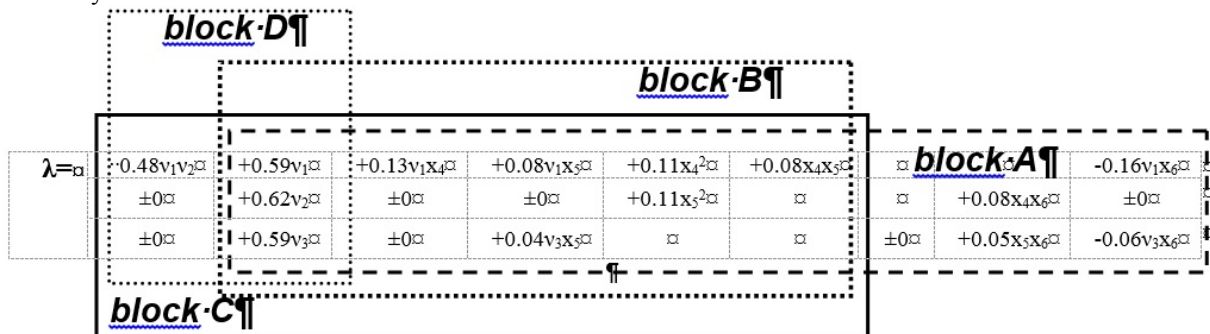
	Groups of factors (Blocks of experimental and statistical models)	properties								structure	
		$R_b$	$\lambda$	F	$k_r$	$k_{lc}$	H	$R_{bth}$	E	$d_k$	$k_{sat}$
1.	Specific surface area of mineral supplements $S_i$ (block D)	2.1	1.6	2.5	1.1	1.6	2.6	1.3	1.2	1.9	1.3
2.	Curing conditions $\tau_{p.a.}, \tau_{TMT}$ (block B)	2.1	1.5	1.0	1.2	1.5	2.2	1.1	1.1	3.5	1.3
3.	Gypsum additives $C_g$	2.2	1.0	2.0	1.3	1.0	1.4	1.2	1.0	1.6	1.1
4.	All factors $S_i, \tau_{p.a.}, \tau_{TMT}, C_g$ (full model)	6.4	3.0	4.8	1.5	3.8	6.5	2.2	1.2	3.9	1.6

Great significance for the coefficient of heat conductivity and compressive strength is the ratio between the amorphous and crystalline phases in cementing agent, which varies by more than an order of magnitude. Coefficient of heat conductivity of amorphous silica is more than two times lower than the coefficient of heat conductivity of crystalline quartz. Lowering the density by 20-25% as a result of increasing the proportion of closed porosity of tripoli also causes the decrease in heat conductivity.

Division of experimental and statistical models for information-analytical blocks allows you to "stratify" the information contained in them and to analyze the change of structure and properties under the influence of different combinations of factors and technology. Analysis of the effect of different combinations of factors of composition and technology is conducted at the experimental-statistical model that describes the influence of six researched factors on the heat conductivity  $\lambda$ .

The dependence of the "coefficient of heat conductivity - the content of additives gypsum - curing regimes" for fixed values of the specific surface additives of tripoli  $S_1=350, S_2=425, S_3=500m^2/kg$  is analyzed in block A. In these circumstances, under the influence of gypsum additive content and curing regimes, the coefficient of heat conductivity varies by 2.9 times for  $S_1= 350$  and by 1.9 times - for  $S_3 = 500m^2/kg$ .

Block B describes the dependency of "the coefficient of heat conductivity - curing regimes" for fixed values of the specific surface additives of tripoli  $S_1, S_2, S_3$ , for a fixed content of gypsum additions. Thus, under the influence of modes of technology the heat conductivity coefficient varies in 2 times as in the compositions without the gypsum and so in the compositions, which contain 5% admixture of gypsum.



**Figure 2.** The changing of maximum and minimum values of coefficient of heat conductivity under influence: the hardening conditions and the content of gypsum addition for optimal ( $\lambda_{max}$  and  $\lambda_{min}$  accordingly) specific surface of mineral addition (isosurfaces are inside the cube); the hardening conditions for fixed content of gypsum addition (isolines on the squared diagrams); specific surface of mineral addition for fixed of hardening conditions and the content of gypsum addition; (isolines on the three-cornered diagrams).

Block C describes the changes of coefficient of heat conductivity for the compositions without gypsum and gypsum content of 5% under the influence of the specific surface additives of tripoli and hardening regimes. Based on analysis of the block C it was found

that for compositions without gypsum the optimal is specific surface additives of tripoli  $S_1=350m^2/kg$  and with gypsum -  $S_3=500m^2/kg$ . Through the introduction of additives of gypsum in an amount of 5% coefficient of heat conductivity increases on the value of specific

surface additives of tripoli S1 from 0.43 to 0.63 Wt/m•K, and on S3 decreases from 0.61 to 0.52 Wt/m•K.

In block D the dependence of "the heat conductivity coefficient - specific surface area of tripoli" for fixed at different levels of values and modes of hardening of gypsum additive content are analyzed. It is established that due to changes in the specific surface additives of tripoli the change of coefficient of the heat conductivity is in 1.6 times.

### 5. ANALYSIS OF THE CORRELATION BETWEEN THE PROPERTIES AND CHARACTERISTICS OF THE STRUCTURE

The study of dependency of "characteristics of the structure - property" was carried out using correlation analysis based on two comparable systems of six-factors' experimental-statistical models of "structure" and "properties".

Correlation analysis is based on computing experiments [3]. Computational experiment is in reproduction of a set of parameters of structure and properties by generating random points in factor space. This allows you to find the necessary number of values which give a stable and reliable assessment of the correlation connection value. Using correlation analysis the change of the degree of communication of structure characteristics with properties is traced.

The proposed methodological procedure "reproduction of a set of values" allowed us to estimate the degree of correlation as a characteristic of the hereditary influence of parameters of spatio-temporal

structures of disperse systems of various qualitative and quantitative composition on the properties of silicate composites which are at various stages of structure formation. Depending on the initial components, in particular, the specific surface of mineral additives, preparation conditions and regimes of hardening in the process of structure the morphology, degree of hydration, the qualitative and quantitative composition of the tumors, which correspondingly changes the degree of correlation, are changed.

Analysis of correlation connections with the characteristics of the structure, conducted between the two sets of experimental and statistical models showed that the degree of correlation between structure and physical and mechanical properties varies in space and time and depends on the presence or absence of additives plaster on the values of specific surface additives of Tripoli and from regimes of hardening. Thus, the correlation connection of coefficient of heat conductivity with the content of gillebrandit C2SH(B) varies in the range of  $r\{\lambda; C_2SH(B)\} = -0.4 \div -0.99$ ; in particular for compositions without gypsum  $r\{\lambda; C_2SH(B)\} = -0.4$  for formulations that contain 5% of gypsum  $r\{\lambda; C_2SH(B)\} = -0.78$ , under the influence of the specific surface additives of tripoli, gypsum content of the additive and curing regimes  $r\{\lambda; C_2SH(B)\} = -0.51$ , and in the zone of low heat conductivity  $r\{\lambda; C_2SH(B)\} = -0.99$  (Fig. 3).

Thus, depending on the quality of the original mixture and hardening conditions, there are differences in the degree of correlation properties with the characteristics of the structure.

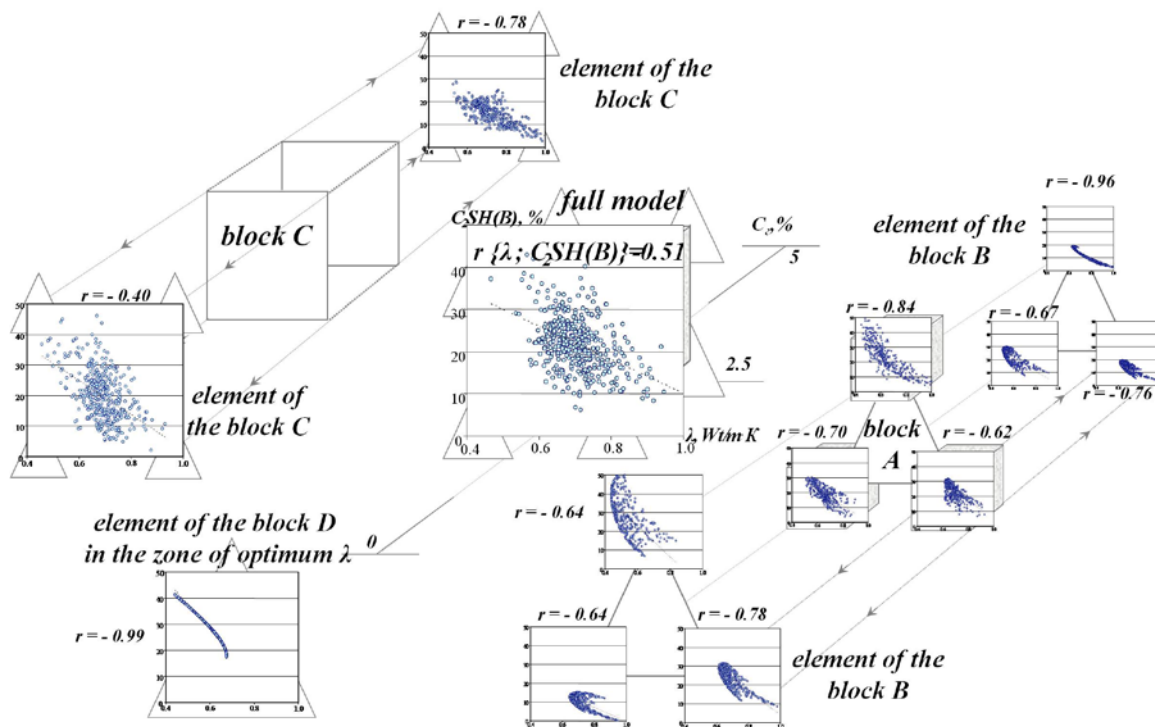


Figure 3 Analysis of the transformation of a correlation connection of coefficient of heat conductivity  $\lambda$  with mineral  $C_2SH(B)$  under the information-analytical blocks of experimental-statistical models

## 6. CONCLUSION

Thus the ability to control the processes of formation of structure and properties of silicate composites based on activated lime-silica binder by regulating the processes of structure formation in space and time due to changes in the composition of binder and silicate concrete mixture and hardening regimes was proven.

Using experimental and statistical modeling the optimization of the structure and properties of silicate-activated composites of non-autoclave curing was performed.

The developed structural-analytical scheme has allowed at first to compare the quantitative influence of factors of the composition and curing on the properties and characteristics of the structure. Analysis of the results allows to rank the factors of composition and technology under their influence on the structure and properties of materials and to consider their significance in the optimization of composites.

Analysis of the statistical changes of connection of properties with the characteristics of structures based on the correlation analysis at successive transition from one technological operation to another allows you to rank the factors of each stage in terms of their relevance and to identify the determining factors for each individual stage of the technology optimization of composition and technology of building composites receiving as well.

structure of silicate materials on their properties after non-autoclaved hardening. In: Proceeding of the 8th International Symposium Brittle Matrix Composites 8. Warsaw 24-27 October 2006. 517-525.

- [8] Shinkevich, E.; Zaytsev, Y.; Lutskin, E.; Bondarenko, G.: Structural durability, deformation properties and fracture mechanics parameters of advanced silicate materials. In: Proceeding of the 2nd International Conference on Microstructural-related Durability of Cementitious Composites, 11-13 April 2012, Amsterdam, The Netherlands. 244-252.
- [9] Shtark, J.; Viht, B.: Durability of Concrete. Transl. from German., Under edition P.V. Krivenko. Kiev. 2004
- [10] Voznesensky, V.; Lyashenko, T.: Experimental - statistical modelling in computational materials science. In: Proceeding of the 37th International Seminar Modeling and Optimisations of composites. Odessa, April 1998.

Authors contact:

**PhD., Ass. Prof. Lutskin Evgeniy,**  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture  
65029 Odessa, Didrihsona 4, Ukraine  
isi@ogasa.org.ua

## 7. REFERENCES

- [1] Babushkin, V.I.; Matveev, G.M.; Mchedlov-Petrosyan, O.P.: Thermodynamics of silicates. Moscow: Stroyizdat. 1986.
- [2] Michaelis, W.: Tonindas trie-Zeitung. 1911.
- [3] Lutskin, E.: Influence of the modified of the structure to heat-physical properties of the silicate materials non-autoclave hardened. Thesis (PhD). Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. 2006.
- [4] Shinkevich, E.: Development of scientific bases of reception lime-silica building composites of non-autoclave hardening. Thesis (Dr.Sci.Tech). Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. 2008.
- [5] Shinkevich, E.; Lutskin, E.; Khlytsov, N.; Litvak, A.: Silicate non-autoclave materials: technology, structure, properties. In: Proceedings of the 3rd International Symposium Non-Traditional Cement & Concrete. Brno 10-13 June 2008. 732-740.
- [6] Shinkevich, E.; Lutskin, E.: The Influence of Structure Modification of Silicate Materials after Hardening in Non-autoclave Conditions on Their Coefficient of Heat Conductivity. In: Proceeding of International Conference Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization. Prague, June 2007. 621-635.
- [7] Shinkevich, E.; Lutskin, E.; Gnyp, O.; Koichev, A.; Dotsenko, J.: The influence of modification of the

## TEHNOLOŠKI UTJECAJ ADITIVA MINERALA I POLIMERA NA RJEŠENJA KOD PRIJANJANJA ŽBUKE

### TECHNOLOGY INFLUENCE OF THE MINERAL AND POLYMER ADDITIVES ON ADHESION OF PLASTER SOLUTIONS.

*Popov O., Moskalyova K.*

Pregledni rad

**Sažetak:** U ovom radu opisano je eksperimentalno istraživanje provedeno na sastavu olakšane mješavine suhe žbuke. Eksperiment je proveden uzimajući u obzir četiri glavna sastojka mješavine kao temelj za kasniji analitički model. Posebna pozornost dana je na prijanjanje smjese za podlogu, kao jedno od najvažnijih pokazatelja kvalitete žbuke.

**Ključne riječi:** žbuka, perlitni pijesak, prijanjanje

Subject review

**Abstract:** This paper describes the research of the facilitated dry plaster mixture compositions. The experiment was performed taking into account four main ingredient mixtures as a basis for the later analytical model. Special attention is given to the mixture's adhesion to the substrate, as one of the most important indicators of the quality of plaster.

**Key words:** plaster, pearlitic sand, adhesion

## 1. INTRODUCTION

In modern construction, almost none of its stages are completed without the application of dry building mixes (SSS). Demand for the products with CCC is increasing every year by 25-30%. Due to the significant expansion of the requirements, the composition of the modern plastering materials becomes considerably complicated. Dry construction mixtures are multicomponent organomineral systems [2].

## 2. RESEARCH AND RESULTS

In this paper we have researched compositions of the facilitated dry plaster mixture. The experiment was conducted on the optimal 18-point-like plan [1]. Four factors of composition were varied (1,000 pbw of dry mix): X1 - coquina limestone,  $80 \pm 20$  m.ch.; X2 - circulite pearlitic sand,  $40 \pm 10$  m.ch. ; X3 - Tylose 60010,  $1.15 \pm 0.15$  m.ch; X4 - Vinnapas RE 5034N, 1.5

$\pm 0.5$  m.ch. ; content of cement clinker, quartz sand, lime, pore-forming and water-repellent additives remained unchanged. Mixtures were prepared by dry blending of the components in a special mixer, which provides a qualitative distribution of the components in the composite. One of the most important quality indicators for all types of plaster solutions, including the facilitated, is adhesion to the substrate. To conduct experiments on polymer-cement binder selection was conducted for water requirement. All mixtures had the same mobility ( $16 \pm 17$  cm). According to the results of the research the following conclusion was obtained; the increase of water requirement is observed with the injection of large amounts of limestone and perlite. Injection of the high-dose hydroxyethylcellulose lowers water requirement. However, despite the equality of mobility of all mixtures, their rheological properties were substantially different. Measurement of the adhesion value was performed using the device DYNA Z16 and the results of its determination to the 18 experimental compositions were obtained following the ES model ( $se = 0.0307$ ):

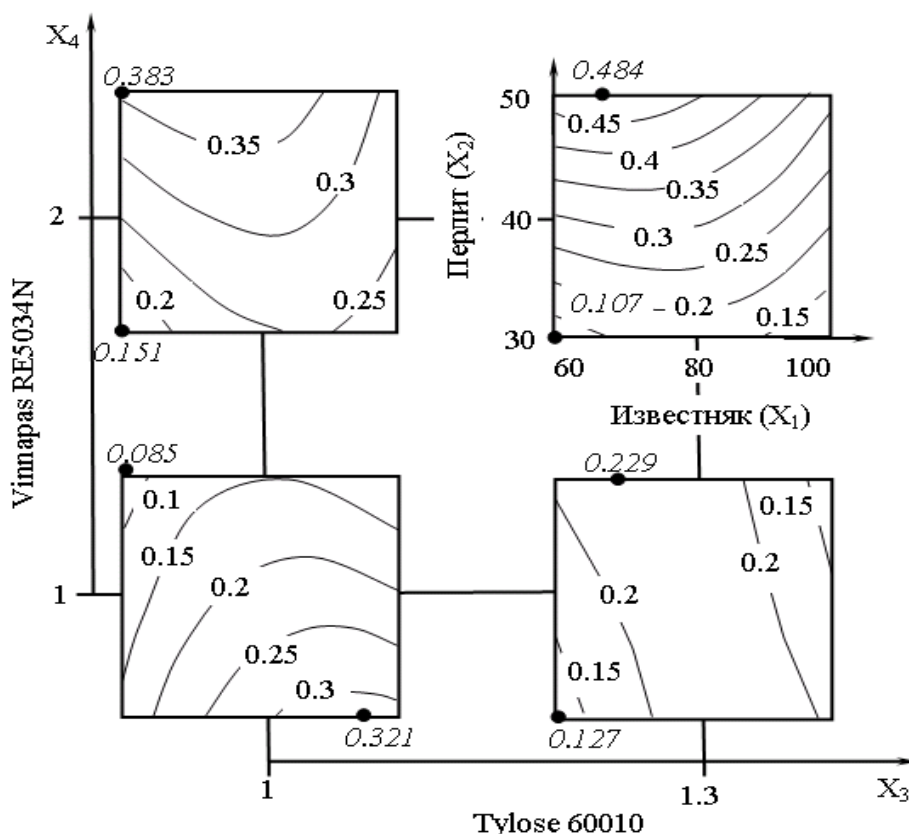
$$A_{th} \text{ (MPa)} = 0.304 \pm 0x_1 - 0.06x_1^2 - 0.04x_1x_2 - 0.02x_1x_3 - 0.02x_1x_4 + 0.04x_2 \pm 0x_2^2 + 0.04x_2x_3 + 0.07x_2x_4 \pm 0x_3 - 0.04x_3^2 \pm 0x_3x_4 + 0.05x_4 \pm 0x_4^2 \quad (1)$$

### 3. DISCUSSION AND CONCLUSION

According to the model (1) a diagram was constructed shown in Fig. 1 in the form of a "squares on the square", showing the influence of variable factors on the adhesion of facilitated plaster solution. Thus, the field of each small square displays the influence of the amount of ground limestone and perlite, while depending on the coordinates of the small square on the bearing square, the number of methylhydroxyethyl cellulose and Vinnapas changes.

Diagram analysis allows us to say that the adhesion of plaster solution to the substrate is substantially

increased by increasing the amount of redispersible powder Vinnapas, which is quite an expected effect. At the maximum dosage of Vinnapas, adhesion level is reaching above 0.4 MPa, which may be considered as desirable for long-term work of the solution in the real world. Changing the dosage of methylhydroxyethylcellulose affects the adhesion in a less significant way. With this increase of the amount of this component the level of adhesion raises for the compositions with the highest dosage of Vinnapas and somewhat reduces it for the compositions with a small amount of re-dispersible powder.



**Figure 1** Influence of the varied factors of composition of SSS on the adhesion of plaster solution.

It is important to note that in almost all the compositions studied, with the exception of the area

$X_3 = X_4 = -1$ , adhesion increased with raising amounts of perlite and reached a maximum at a dosage of limestone, which is close to the value of 70 pbw. This means that the highest adhesion was demonstrated by compositions with high viscosity.

Kontakt autora:

**Professor Oleg Popov**  
 Rector for international relationship  
 Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture  
 65029 Odessa, Didrihsna 4, Ukraine  
 isi@ogasa.org.ua

### 4. LITERATURE

- [1] Budivelnik, K. (V.A. Voznesenskiy T.V. Lyashenko, Y.P. Ivanov, I.I. Nikolov) Computer and optimization of composition of materials,- 1989.-240 p.
- [2] Karapuzov, E.K.: Materials and technology in modern construction (G. Sokha, T.E. Ostapenko.- K) Higher education, 2004-416 p.

## UTJECAJ KOHEZIJE NA PARAMETRE AKTIVNOG TLAKA HETEROGENOG ANIZOTROPNOG TLA

### INFLUENCE OF COHESION ON PARAMETERS OF THE HETEROGENEOUS ANISOTROPIC SOIL ACTIVE PRESSURE

*Inga Vladimirovna Voytenko*

Original scientific paper

**Abstract:** Problems of retaining structures interaction with heterogeneous soil medium assume the anisotropy strength of soil subgrade. Author proposes method of determining of lateral earth pressure considering its anisotropic properties of shear strength. The paper presents numerical study results of subgrades shear strength anisotropy effect on the value of lateral pressure coherent and loose soil along contact with the retaining wall. An analysis of the impact and recommendations on the use of the considered techniques carried out.

**Keywords:** anisotropy of shear strength characteristics, coherent and loose soil medium, lateral earth pressure, heterogeneous subgrade.

Izvorni znanstveni članak

**Sažetak:** Probleme interakcije potpornih konstrukcija sa nehomogenim tlom pretpostavljaju uzimanje u obzir anizotropije čvrstoće podloge od tla. Autor predlaže metodologiju određivanja bočnog tlaka tla s obzirom na njegova anizotropna svojstva čvrstoće na smicanje. U radu su predstavljeni rezultati numeričkog istraživanja utjecaja anizotropije čvrstoće podloge tla na veličinu bočnog tlaka koherentnog i rahlog tla duž kontakta s potpornim zidom. U članku se provodi analiza tog utjecaja i preporuke za implementaciju razmotrene metodologije.

**Ključne riječi:** anizotropija karakteristika čvrstoće na smicanje, koherentno i nekoherentno tlo, bočni tlak, heterogena podloga

## 1. INTRODUCTION

Design and operation of retaining structures assume the tasks of determining the lateral earth pressure. The construction of such structures is usually performed in heterogeneous soil medium, which leads to anisotropy of strength characteristics of soil subgrades [1]. Numerous studies made in different countries, confirm the presence of strength anisotropy in natural and artificial subgrades [2-4]. In some cases, the results of direct shear tests confirm difference of soil strength characteristics by several times in different directions. Regulatory documentation does not give clear guidance on considering anisotropic properties of soil subgrades for solving contact problems. Thus, the actual task is to determine the lateral earth pressure considering its shear strength anisotropy.

## 2. PROBLEM FORMULATION AND ASSUMPTIONS

In view of the mainly use of loose fill in hydraulic engineering specific interest induce elucidation of cohesion influence on the value of anisotropic soil lateral pressure.

Previously suggested the solution for determination of heterogeneous soil lateral pressure on the retaining

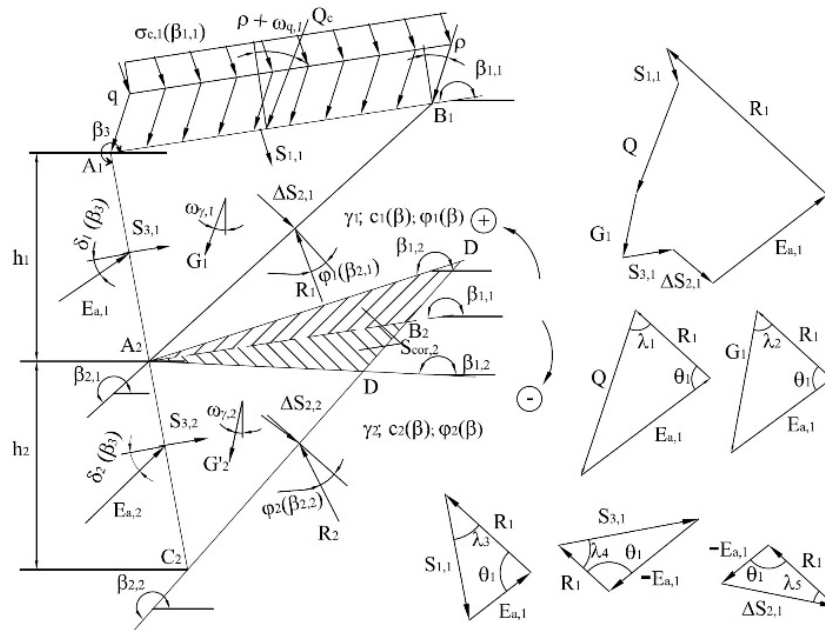
wall considering anisotropic strength of subgrade [5-6]. Since the findings were based on an approximate C. Coulombs theory, which is more acceptable to the active pressure, let's consider solution that reflect cases of active interaction of anisotropic soil with retaining structures. Calculation scheme is shown on Fig. 1.

Steep rough wall with height  $H$  interacts with the two-layer anisotropic medium, which anisotropic strength properties shown by corresponding to each layer hodographs of internal friction angle  $\varphi_n(\beta)$  and cohesion  $c_n(\beta)$  that fulfill the condition:

$$\varphi_n(\beta) = \varphi_n(\beta + \pi); c_n(\beta) = c_n(\beta + \pi) \quad (1)$$

Soil massif is inclined at an angle  $\beta_{1,1}$ <sup>1</sup> to the horizontal reference axis. The surface of the second layer is inclined at an angle  $\beta_{1,2}$  to the horizontal plane;  $h_1$  and  $h_2$  - thickness of the layers on the vertical projection of the wall. The wall is inclined at an angle  $\beta_3$  to the reference axis.  $\delta_1(\beta_3)$  and  $\delta_2(\beta_3)$  - angles of wall roughness on contact with the first and second layer respectively.

<sup>1</sup> In this and all subsequent parameters first index indicates number of the parameter, second number of layer.



**Figure 1** The calculation scheme and force polygons to determine the active pressure of heterogeneous anisotropic soils.

The surface of the massif is uniformly loaded by distributed load of intensity  $q$ , which deviated from the normal to the surface of the ground at an angle  $\rho$ ;  $\omega_{\gamma,1}$ ,  $\omega_{\gamma,2}$  - deflection angles from the vertical mass forces during a seismic event, determined in accordance with [7] and [8] in the  $n$ -th layer of soil backfill according to the formula:

$$\omega_{\gamma,n} = \arctg \left[ \left( \right) / \left( -\frac{\gamma_{nas,n}}{\gamma_{vzv,n}} \alpha \sin \chi \right) \right] \quad (2)$$

where  $\gamma_{nas,n}$ ,  $\gamma_{vzv,n}$ , are the unit weight of  $n$ -th layer soil, respectively, in a saturated and buoyant state;  $\alpha$  - coefficient of seismicity, equal to a product of factors, which taking into account the functional responsibility of structures and seismicity of the construction area on the dynamic factor, which depends on the type of soil and the own oscillation period of the system [9];  $\chi$  - angle of the seismic forces to the horizon.

Unit weight of water-saturated  $n$ -th soil layer is determined in accordance with [7], given by the following formula:

where are:

$$N_{\gamma,2} = \frac{1 \sin(\beta_3 - \beta_{1,1}) \sin(\beta_3 - \beta_{2,2}) \sin(\varphi_2(\beta_{2,2}) - \beta_{2,2} - \omega_{\gamma,2})}{2 \sin^2 \beta_3 \sin(\beta_{2,2} - \beta_{1,1}) \sin(\beta_3 - \beta_{2,2} + \varphi_2(\beta_{2,2}) + \delta_2(\beta_3))} \quad (5)$$

$$N_{q,2} = \frac{\sin(\beta_3 - \beta_{2,2}) \sin(\beta_{1,1} - \beta_{2,2} - \rho_2 - \omega_{q,2} + \varphi_2(\beta_{2,2}))}{\sin \beta_3 \sin(\beta_{2,2} - \beta_{1,1}) \sin(\beta_3 - \beta_{2,2} + \varphi_2(\beta_{2,2}) + \delta_2(\beta_3))} \quad (6)$$

$$N_{c,2} = \left\{ \frac{\sin(\beta_3 - \beta_{2,2}) \sin(\beta_{1,2} - \beta_{2,2} + \varphi_2(\beta_{2,2}))}{\operatorname{tg} \varphi_2(\beta_{1,2}) \sin(\beta_{2,2} - \beta_{1,2})} + \frac{c_2(\beta_3) \sin(\beta_3 - \beta_{2,2} + \varphi_2(\beta_{2,2}))}{c_2(\beta_{1,2}) \operatorname{tg} \varphi_2(\beta_3)} \right\} + \left\{ \frac{1}{\sin \beta_3 \sin(\delta_2(\beta_3) + \beta_3 - \beta_{2,2} + \varphi_2(\beta_{2,2}))} \right\} \quad (7)$$

$$\gamma_n = \gamma_{vzv,n} \left( 1 - \frac{\gamma_{nas,n}}{\gamma_{vzv,n}} \alpha \sin \chi \right) / \cos \omega_{\gamma,n} \quad (3)$$

Relation obtained on the assumption of the limiting equilibrium soil prism, which is reflected in the force polygon.

Consideration of cohesion was made according Kako theorem [10], ie, the forces of cohesion within the soil prism is replaced by the application of uniformly distributed cohesive normal pressure  $\sigma_{c,n} = c_n(\beta) \cdot \operatorname{ctg} \varphi_n(\beta)$  along the contour of the prism. As the base value of cohesion is taken cohesion that acting on the surface of layer considering corresponding hodograph of layer cohesion. Wherein, considered the rule of signs [11]: the resulting negative forces of cohesion is directed along the normal to sliding surface into the soil prism, and positive - in the opposite direction.

Thus, the active pressure of the lower layer considering it's anisotropy given by:

$$E_{a,2} = \gamma_2 h_2^2 N_{\gamma,2} + q_{2,c} h_2 N_{q,2} + c_2(\beta_{1,2}) h_2 N_{c,2} \quad (4)$$



Angle  $\beta_{2,2}$  in formulas (5-7) representing the orientation of the surface of the lower layer collapse, unknown and is determined by iteration. Search sliding surface orientation corresponding to the limiting pressure is greatly simplified by the use of computer technology. To do this, on the basis of obtained algorithm was developed a special program to determine the active pressure of an arbitrary anisotropic soil layer, allowing a

numerical study of the shear strength anisotropy influence on value of active earth pressure.

In this particular case, vertical perfectly smooth wall that interacts with two layers soil medium was considered. Hodographs of soil strength properties of this two layers was identical and are given in the form of a piecewise linear plots (Fig. 2).

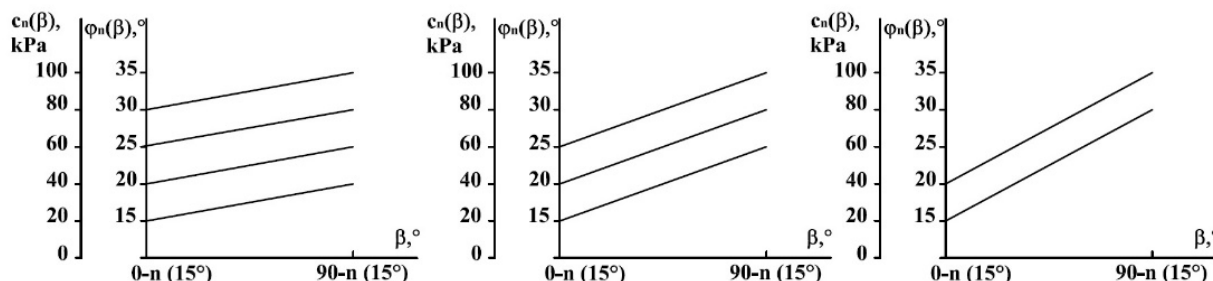


Fig. 2 Piecewise linear hodographs of soil internal friction angle and cohesion taken in the numerical study; n - integer variable

In the calculation orientation of layers are parallel and horizontal, seismic impact and surface load are absent. A wide range of raw data taken into account, allow to trace the influence of the anisotropy in a wide range.

To estimate the effect of shear strength anisotropy on value of heterogeneous soil medium lateral pressure in a numerical experiment was transpired values of active pressure during the rotation of upper and lower soil layer shear strength anisotropy hodograph with the layering orientation of the plane relative to horizontal between 0° and 180° with a step of 15°, as well as the joint hodograph rotation of both layers at an arbitrary angle between the planes of layering.

Calculations were performed for cohesive soils, and also considered calculation without internal forces of cohesion that allowed us to estimate the effect of cohesion on pressure of anisotropic soil.

As a result of the calculation the characteristics of the active pressure was determined:

- Coefficients  $N_{\gamma,2}$  and  $N_{c,2}$ , respectively, characterizing the influence of its own weight and the cohesion of soil medium;

**Table 1** Table of parameters  $N_{\gamma,2}$ ,  $N_{c,2}$ ,  $E_{a,2}$ ,  $\beta_{2,2}$ ,  $k_{a,x,2}$  depending on the orientation of the plane of layering  $\varpi$  relative to the horizontal at given hodographs of internal friction angle and the cohesion of the lower layer  $\varphi = 15^\circ - 20^\circ$ ,  $c = 20 - 40$  kPa:

$\varpi$	$N_{\gamma,2}$	$N_{c,2}$	$E_{a,2}$	$\beta_{2,2}$	$k_{a,x,2}$
0	0,2634284	-4,040729	-67,37972	228	4,296106
15	0,2716106	-2,755244	-50,43688	227	3,215837
30	0,2790588	-1,795409	-33,64556	225	2,145229
45	0,2886751	-1,051567	-16,82459	225	1,072729
60	0,2886751	-0,600767	-5,30313	240	0,338126
75	0,2803978	-0,352402	1,37888	240	-0,087917
90	0,2723510	-0,132416	8,59326	240	-0,547903

- A component of active pressure of the lower layer  $E_{a,2}$ ;
- Angle of orientation of the sliding surface  $\beta_{2,2}$ , corresponding to extreme pressure.

To evaluate the effect of anisotropy the anisotropy coefficient of the lower layer was determined:

$$k_{a,2} = \frac{E_{a,2}(anis.)}{E_{a,2}(isotrop.)} \tag{8}$$

where  $E_{a,2}$  (anisotropic) are - active earth pressure of the lower layer which is defined considering a shear strength anisotropy;  $E_{a,2}$  (isotropic) - active earth pressure of the lower layer which is defined in terms of an isotropic soil medium at  $\varphi_2 = \varphi_{2,min} = \text{const}$ ,  $c_2 = c_{2,min} = \text{const}$ . The results obtained by research presented in tabular and graphical form.

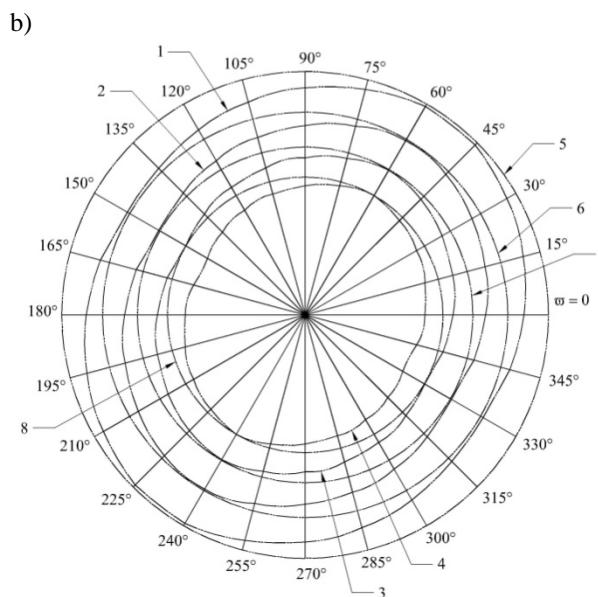
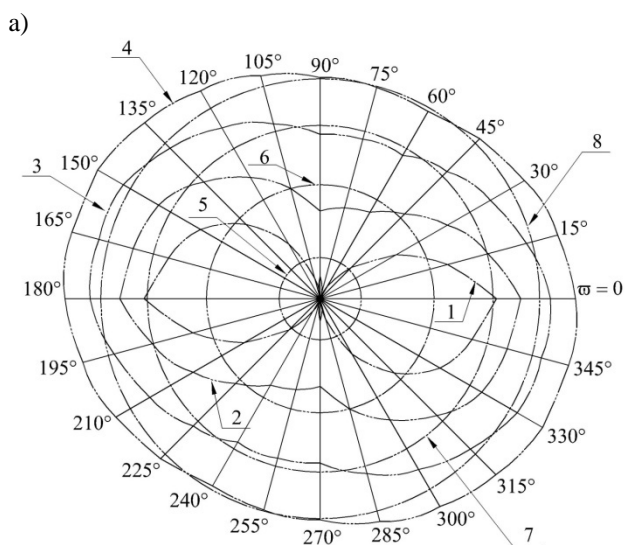
The following table presents the results of numerical experiment for anisotropic soil at hodograph shear strength anisotropy of cohesive soil  $\varphi = 15^\circ - 20^\circ$  and  $c = 20 - 40$  kPa (Table. 1), as well as for cohesionless soil (Table. 2).

**Table 2** Table of parameters  $N_{\gamma,2}$ ,  $N_{c,2}$ ,  $E_{a,2}$ ,  $\beta_{2,2}$ ,  $k_{a,x,2}$  depending on the orientation of the plane of layering  $\varpi$  relative to the horizontal at given hodographs of internal friction angle and the cohesion of the lower layer  $\varphi = 15^\circ - 20^\circ$ ,  $c = 0$  kPa:

$\varpi$	$N_{\gamma,2}$	$N_{c,2}$	$E_{a,2}$	$\beta_{2,2}$	$k_{a,x,2}$
0	0,2646176	-	13,49550	231	0,898927
15	0,2731031	-	13,92826	231	0,927753
30	0,2818077	-	14,37219	230	0,957323
45	0,2907509	-	14,82830	230	0,987704
60	0,2908913	-	14,83545	235	0,988181
75	0,2824331	-	14,40409	236	0,959448
90	0,2741877	-	13,98357	236	0,931438

105	0,2652794	-0,589940	-8,10189	239	0,516574
120	0,2576010	-1,122380	-24,27500	239	1,547765
135	0,2501118	-1,762517	-40,11981	239	2,558024
150	0,2476820	-2,457112	-52,89120	230	3,372323
165	0,2554571	-3,131874	-60,04876	229	3,828687
180	0,2634284	-4,040729	-67,37972	228	4,296106
$\varphi = \text{const} = 15^{\circ}, c = \text{const} = 20 \text{ kPa:}$					
52	0,2943705	-1,534840	-15,68390	232	1
$\varphi = \text{const} = 20^{\circ}, c = \text{const} = 40 \text{ kPa:}$					
55	0,2451453	-1,400415	-43,51420	235	1

105	0,2661350	-	13,57289	236	0,904082
120	0,2582811	-	13,17234	237	0,877402
135	0,2506580	-	12,78356	237	0,851505
150	0,2483347	-	12,66507	232	0,843613
165	0,2563876	-	13,07576	232	0,870969
180	0,2646176	-	13,49550	231	0,898927
$\varphi = \text{const} = 15^{\circ}, c = \text{const} = 0 \text{ kPa:}$					
52	0,2943705	-	15,01289	232	1



**Figure 3** Plots of active pressure dependence  $E_{a,2}$  on the orientation of the bottom layers layering plane  $\varpi$  for a given hodograph of lower layer internal friction angle and cohesion: 1 -  $\varphi = 15^{\circ} - 20^{\circ}$ ; 2 -  $\varphi = 20^{\circ} - 25^{\circ}$ ; 3 -  $\varphi = 25^{\circ} - 30^{\circ}$ ; 4 -  $\varphi = 30^{\circ} - 35^{\circ}$ ; 5 -  $\varphi = \text{const} = 15^{\circ}$ ; 6 -  $\varphi = \text{const} = 20^{\circ}$ ; 7 -  $\varphi = \text{const} = 25^{\circ}$ ; 8 -  $\varphi = \text{const} = 30^{\circ}$   
 a) 1 -  $c = 20 - 40 \text{ kPa}$ ; 2 -  $c = 40 - 60 \text{ kPa}$ ; 3 -  $c = 60 - 80 \text{ kPa}$ ; 4 -  $c = 80 - 100 \text{ kPa}$ ; 5 -  $c = \text{const} = 20 \text{ kPa}$ ; 6 -  $c = \text{const} = 40 \text{ kPa}$ ; 7 -  $c = \text{const} = 60 \text{ kPa}$ ; 8 -  $c = \text{const} = 80 \text{ kPa}$ ; b)  $c = 0$

Fig. 3, a and b shows a graphical relation of lower layer active pressure on the layering plane orientation of the lower layer hodograph, respectively, for a coherent and loose soil.

### 3. CONCLUSION

Analysis of graphic material leads to the following conclusions:

1. The minimum lateral pressure of coherent soil corresponds to the case when the orientation of the layering plane is horizontal ( $\varpi = 0$ ), i.e., along the side edge of the wall acts maximum cohesion pressure. Maximum lateral pressure (at  $c \neq 0$ ) corresponds to the vertical orientation of the layering plane, whereby the cohesion pressure that act on side edge of the wall, which take lateral pressure is minimal.

2. Increasing of soil cohesion leads to a reduction of anisotropy coefficient influence.
3. In the absence of cohesion the change of strength properties dose not effect anisotropy coefficient.
4. Graphical relations for active pressure are similar to relations obtained for  $N_{c,n}$ , and when  $c = 0$  to relation for  $N_{\gamma,n}$ .
5. Reduction of internal friction angle leads to closure of graphic relation of active pressure and parameter  $N_{c,n}$ .
6. Coefficient of anisotropy influence significantly depends on the soil cohesion. In the absence of cohesion, the pressure determined considering shear strength anisotropy is always less than the pressure corresponding to an isotropic soil medium, while for coherent soil at a specific hodograph orientation, anisotropy coefficient prevails over the isotropic case. Increasing of subgrade cohesion as strength parameter, resulting in increasing of the parameter  $N_{c,n}$ , and consequently to reduction of active soil pressure.

Thus, the numerical results show a significant influence of cohesion on the value and character of heterogeneous anisotropic soil pressure, which, of course, must be taken into account in the design, construction and operation of retaining structures.

#### 4. REFERENCES

- [1] Ornatskiy, N.V.: *Mehanika gruntov*, Izd-vo MGU, Moskva, 1962.
- [2] Vinnikov, Yu.L.; Harchenko, M.A.; Yakovlev, A.V.: *K ocenke neodnorodnosti slozhenija gruntovyh podushek*, Materialy V Mezhdunarod. nauch.-tehn. konf. "Nadezhnost' i dolgovechnost' stroitel'nyh materialov, konstrukcij i osnovanij fundamentov", Volgograd, VolGASU, 2009., 193–200
- [3] Piriyaikul, K.; Haegeman, W.: *Stiffness anisotropy of boom clay*, Proc. of the 17th International Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Alexandria, 2009., 167 – 170.
- [4] Oda, M.; Koishikawa, I.: *Anisotropic fabric of sand*, Proc. of the IXth ICSMFE, Tokyo, 1977., v. 1., 235-238.
- [5] Shkola, A.V.; Vojtenko, I.V.: *Uchet anizotropii mnogoslojnjogo grunta pri opredelenii aktivnogo davlenija na podpornye steny s uchetom sejsmicheskikh vozdeystvij*, Vestnik Odesskoj gosudarstvennoj akademii stroitel'stva i arhitektury, Vypusk №4 (2001.), 394-407
- [6] Shkola, A.V.: *Inzhenernaja diagnostika portovyh gidrotehnicheskikh sooruzhenij*, MAGVT, Odessa, 2011.
- [7] *Uchet sejsmicheskikh vozdeystvij pri proektirovanii gidrotehnicheskikh sooruzhenij: posobie k razdelu 5: Gidrotehnicheskie sooruzhenija*, SNiP II-7-81, Izv. VNIIG im. B.E. Vedeneeva, Leningrad, 1986.
- [8] Yakovlev, P.I.; Bibichkov, A.G.; Bibichkov A.A.: *Vzaimodejstvie sooruzhenij s gruntom*; Nedra, Moskva, 1997.
- [9] *Budivnictvo u sejsmichnih rajonah Ukraini: DBNV.1.1-12:2006, Zahist vid nebezpechnih geologichnih procesiv, shkidlivih eksploatacijnih vpliviv, vid pozhezhi.*, Kiev: Ministerstvo budivnictva, arhitekturi ta zhitlovo-komunal'nogo gospodarstva Ukraïni, 2006.
- [10] Golushkevich, S.S.: *Statika predel'nyh sostojanij gruntovyh mass*, Gostehizdat, Moskva, 1957.
- [11] Yakovlev, P.I.: *Vzaimodejstvie gidrotehnicheskikh sooruzhenij s gruntom: uchebnoe posobie*, Morteinformreklama, Moskva, 1986.

Author contact:

**Voytenko Inga Vladimirovna, PhD, Assist. Prof.**  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture  
4th Didrihsona str., Odessa, Ukraine  
e-mail: voytinna@ukr.net

## SPECIFIČNOSTI PROCESA DEFORMACIJE TLA PODLOGE POKUSNIH TEMELJNIH PLOČA

### PECULIARITIES OF THE SOIL DEFORMATION PROCESS AT THE BASES OF EXPERIMENTAL SETTLEMENT PLATES

*Yuriy Tugaenko, Michael Marchenko, Anatoliy Tklich, Irina Mosicheva*

Professional paper

**Abstract:** *The basic principles of methods for determination of interconnection of the structural strength, the coefficients of lateral pressure and lateral extension according the results of research in the field. The increase of the structural strength of the artificial massive in time shown, its influence on the depth of the deformation zone revealed, the correlation of the settlements by compaction and lateral extension, as well as on the lateral extension coefficient. The methods for determining the coefficients of lateral expansion and lateral pressure developed and tested. The assumption of a linear decrease of the relative settlements on the depth on the basis of which the total value of settlement, in the first approximation, divided into two parts – due to compaction (decrease of porosity) and lateral extension (reshape) accepted.*

**Keywords:** *lateral deformation, lateral pressure, settlement, structural strength, zone of deformation.*

Stručni članak

**Sažetak:** *U radu su predstavljeni osnovni principi metodologije određivanja povezanosti strukturne čvrstoće, koeficijenta bočnog tlaka i poprečnog širenja prema rezultatima terenskih istraživanja. Pokazano povećanje strukturne čvrstoće umjetnih naslaga u vremenu, otkriven njen utjecaj na dubinu zone deformacije, odnos slijeganja izazvanih sabijanjem i poprečnim širenjem, te također utjecaj na koeficijent poprečnog širenja. Razrađeni su i ispitane metodologije određivanja koeficijenta bočnog širenja i bočnog tlaka. Prihvaćena je pretpostavka o linearnom smanjenju relativnih slijeganja po dubini, na temelju koje ukupna veličina slijeganja, u prvoj iteraciji, podijeljena u dva djela – uslijed sabijanja (smanjenja obujma pora) i bočnog širenja (promjene oblika).*

**Ključne riječi:** *bočna deformacija, bočni tlak, slijeganje, strukturna čvrstoća, zona deformacije*

## 1. INTRODUCTION

Evaluation of deformations in soils of foundations according to existing norms and standards for elastically deformable soil environment, at pressures not exceeding the limit of proportionality, is performed according to the criteria of the number of conditional assumptions: to be elastic soil environment is considered isotropic linear-deformed half-space; the calculated values of additional stresses on depth do not depend on the type of soil, their composition and condition; the depth of compressible strata adopted conditional on the ratio of stress from its own weight of the soil and the extra load, and does not depend on the indicators of deformation properties of soils; modulus of deformation is determined by the results of field tests within the linear section of the dependence of settlement on load [1, 2, 4]. In this case deformation properties of soils are evaluated by value of settlement, size of the settlement plate and pressure, without taking into account the parameters characterizing the processes of their deformation.

At the present normative documents and standards for the assessment of deformations arising at pressures

outside of proportionality has not developed yet. The accumulated results of experimental testes in geomechanics help to change the perceptions of the processes of transformation of the stress-strain state condition of soil foundation under the influence of external load. There are new indicators to evaluation of deformation properties of soils during their irreversible deformation.

Structural strength, the coefficients of lateral pressure and expansion are the settings that you should consider for improving nonlinear methods of calculation basis for pressure exceeding the limit of the linear dependence of settlement on the load. Experimental investigates of these parameters are performed in the field. Structural strength as the initial threshold deformation of soil was studied in homogeneous, artificially prepared array.

## 2. RESEARCH METHODS

To create a soil mass the shaft, dimensions in plan 1,2 x 1,2 m and depth of 1m, was excavated. Excavated soil was grinded, mixed with water, and the resulting

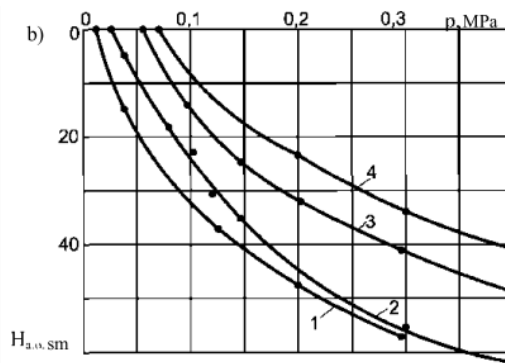
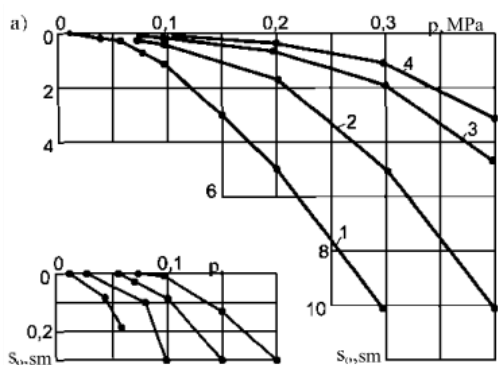
pulp was put through a sieve into the shaft. Artificial in filled shaft was protected from the influence of weather and mechanical effects. The density of the prepared soil averaged 1,54 g/cm<sup>3</sup> (natural 1,47 g/cm<sup>3</sup>). The humidity during the testing period ranged during the 0,24...0,26. Research carried out in 3, 10, 23 and 33 months (experiments 1; 2; 3; 4) after the preparation of artificial array with a round settlement plate area of 300 m<sup>2</sup>. Measurement layered displacements made with ground magnetic marks placed along the vertical axis are set to occur at a depth of 5 cm [5; 6; 8]. The calibrated load equal to 20 kg on the settlement plate was applied.

Tests conducted according to the technology of cyclic increased load, in which each stage represented an independent loop: application load, keeping it up to conditional stabilization and unloading. Measuring: settlement of the settlement plate, moving deep marks (s) and their residual components (s<sub>o</sub>), which was determined by the values of the elastic part (s<sub>v</sub> = s – s<sub>o</sub>). After finishing the test and dismantling of equipment values of density of the skeleton of the soil and humidity under the settlement plate and outside the zone of deformation were estimated.

The applied method of research has allowed determining the processes of deformation of soils within each phase.

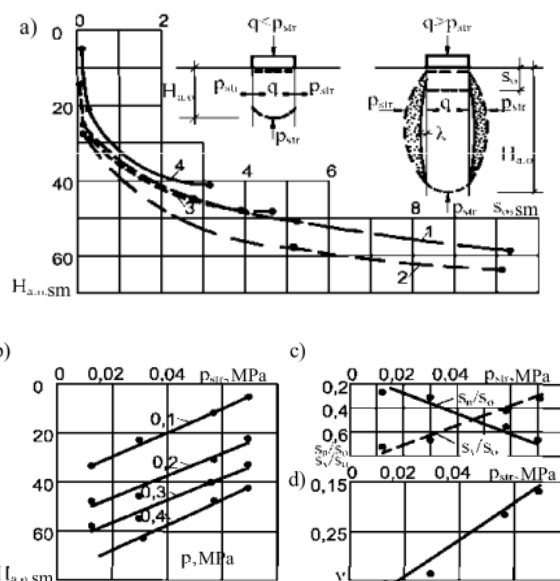
Fixed insignificant residual deformations can be explained by the crumpling of the contact irregularities in the plane of adjunction of the soles of the settlement plate's to the surface. The first phase ends at the pressures are equal to the value of structural strength.

The second phase begins at pressures in excess of structural strength. This phase is characterized by destruction of the structural relationships between soil particles, accompanied by a decrease in porosity. The compaction occurs within compressed volume, limited sole of settlement plate, lateral surface along the perimeter and the lower boundary of the deformation zone. The latter is located at a depth where the amount of stress from external loads and additional pressure is equal to the structural strength. When increasing the structural strength, under other equal conditions, the depth of the deformation zone decreases. Figure 1 presents the relation diagrams of the residual values of settlement (a) and depth of the deformation zones (b) to the pressure.



**Figure 1** Charts of increase of residual settlement  $s_o$  (a) and the depth zone of residual deformations  $H_{a,o}$  (b) from the pressure  $p$  (numbers show the number of experiments)

The lateral deformations arising under the influence of lateral pressure, within this phase is missing. Lateral pressure is balanced by the structural strength of the soil surrounding the compressed volume. The limit for the second phase is the pressure of the  $p_q$ , which lateral pressure  $q$  is the structural strength of the surrounding soil. In the second phase, at small values of residual settlements in the range of pressures from  $p_{str}$  to the  $p_q$  is a sharp increase in the depth of the zone of residual deformations. The process of compaction increases with depth without a lateral extension (see Figure 2).



**Figure 2** The influence of structural strength parameters of the stress-strain state of the soil at the base of the settlement plate: a) – the dependence of the depth of the zone of the residual deformations  $H_{a,o}$  from residual component of settlement  $s_o$ ; b) – the dependence of the depth of the zone  $H_{a,o}$  of residual deformations from  $p_{str}$ ; c) – the influence on the interrelations  $p_{str}$  settlement caused by compact and lateral extension, d) – the dependence of the lateral expansion of  $p_{str}$ .

The third phase begins with the lateral pressure in excess of structural strength. The process of compact is accompanied by intensive cross-enlargement and change of compressed volume, which is taking form of a "barrel" (see Figure 3 and table 1) [3; 7; 9].

### 3. THE RESEARCH RESULTS

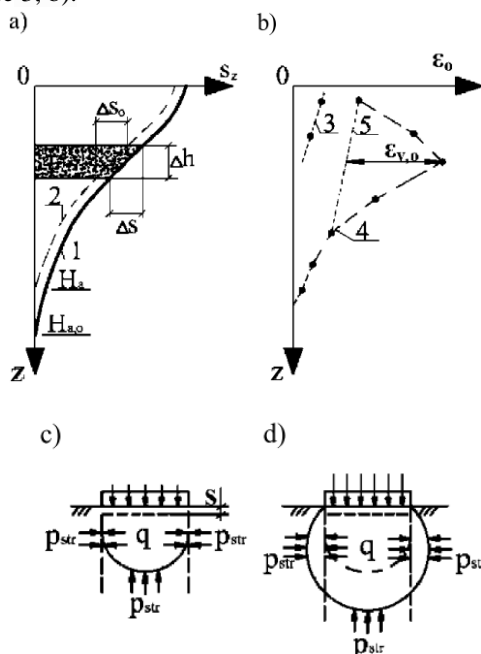
Consider the homogeneity of artificially prepared soil mass, assumption about the equality of structural strength in vertical and horizontal directions was accepted. According to results of measurements of plate settlement and movements of the soil magnetic marks for each level of load the plots of complete (1) and residual (2) deformation in depth are drawn (Figure 3,a).

**Table 1** The settings of the zones of residual deformations

Characteristics	Experiment №			
	1	2	3	4
$p$ , MPa	0,3	0,4	0,4	0,4
$p_{str}$ , MPa	0,012	0,03	0,057	0,07
$p_q$ , MPa	0,03	0,075	0,142	0,175
$\epsilon_n$	0,05	0,05	0,05	0,05
$H_{a,0}$ sm	59	63	48	41
$s_o$ , sm	10,49	10,13	4,17	3,08
$s_n$ , sm	2,95	3,15	2,4	2,05
$s_v$ , sm	7,54	6,98	1,77	1,03
$v$	0,36	0,34	0,21	0,17

**Notes:** 1)  $\epsilon_n = 1 - \rho_d / \rho_{d,com}$  2)  $\rho_{d,com}$  – the average value (half-sum) of the density of the skeleton under the foot and the settlement plate and on the bottom boundary of the residual strain. Its value is equal for all experiments  $1,62 \pm 0,005$ .

For each of compressible layer located between adjacent brands, by the relative value of residual deformations based on  $\epsilon_o = \Delta s_o / \Delta h$  is determined and their values plot relative deformations in depth were drawn. (Figure 3, b).



**Figure 3** Plots: a) – complete (1) and residual (2) deformations of Foundation depth; b) – the relative values of residual deformations: (3) – in  $q \leq p_{str}$ ; (4) when  $q > p_{str}$ ; schemes deformation of the soil when:  $q \leq p_{str}$  (c) and  $q > p_{str}$  (d)

Residual deformations grow at pressures in excess of structural strength within the second and third phase of the stress-strain state of soil Foundation [6; 7]. Within the second phase, in the range of pressures  $p_{str} \geq p_q$  deformation grow under the square settlement plate without lateral extensions compressible volume of soil (see Figure 3, b). The pressure  $p$  at the bottom of the settlement plate is the limit, in which lateral pressure  $q$  is the structural strength of the soil surrounding the compressed volume:

$$q = \xi \cdot p, \tag{1}$$

$\xi$  – coefficient of lateral pressure.

In this pressure range, plot layer relative strain has linear character (Figure 3, b, line 3).

Phase III is characterized by densification of compressible volume and its transverse extension. Bending of layers relative deformations diagram by layer depth occurs. Transverse expansion does not occur throughout the depth of the zone of residual deformations. It is not fixed in the immediate vicinity of the soles of the settlement plate and the bottom of the deformation zones.

Graphs of relative deformations demonstrate their value along the vertical axis  $z$ . If the relative deformation of the settlement is increasing in the vertical direction, the lateral expansion is the result of horizontal deformations resulting from changes in the volume of compacted soil - plastic deformations. In this article, plastic deformations are defined in the  $z$ -direction largest settlement resulting from transverse expansion.

On the chart full layered values relative deformations in depth is the line connecting the upper value at the foot of the settlement plate with the lower, the linear plot of land plots (Figure 3,b, line 5), which represents a plot of relative deformation of impactation. For all levels of load is determined by the maximum value of relative deformation transverse extensions  $\epsilon_{v,o}$ . According to the results of definitions for each experience is built dependence  $\epsilon_{v,o} = f(p)$ . Its intersection with the axis  $p$ , determines the maximum pressure at which the transverse component vertical pressure  $q$  equal structural strength. In this case, the coefficient of lateral pressure can be defined based on:

$$\xi = \frac{p_{str}}{p_q}, \text{ when } q = p_{str} \tag{2}$$

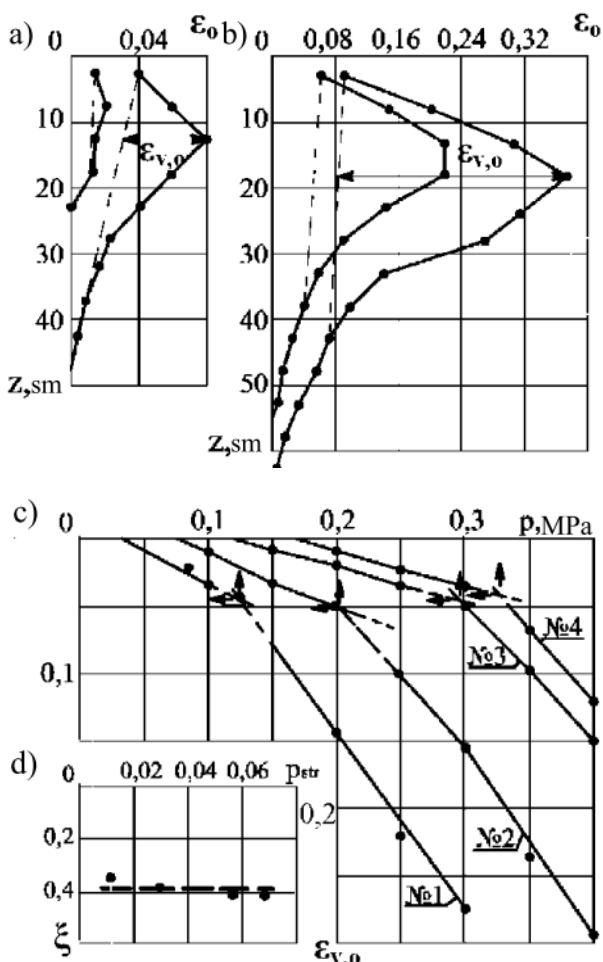
### 4. ANALYSIS OF PROCESSING OF THE EXPERIMENTAL DATA

The results of four studies carried out in different time intervals after preparing of soil environment (volume) with broken structure are represented below. Figure 4 shows diagrams of relative deformation in depth in experiment №2, for the four stages of the load. Table 2 shows the results of definitions for the four experiments.

**Table 2** The coordinates of the points dependency

Maximum value of $\varepsilon_{v,o}$ for $p$ , MPa	Experiment №			
	1	2	3	4
0,08	0,018	–	–	–
0,10	0,034	0,008	–	–
0,12	0,041	–	–	–
0,15	0,073	0,290	0,060	–
0,20	0,140	0,520	0,017	0,009
0,25	0,230	0,102	0,031	0,022
0,30	0,270	0,156	0,050	0,029
0,35	–	0,240	0,097	0,062
0,40	–	0,290	0,147	0,116

According to the obtained coordinates graphs of the relative transverse deformations expansion  $\varepsilon_{v,o}$  from pressure on the sole Foundation shown in Figure 4, c. Their intersection with the axis  $p$  determines the magnitude of the pressure at which the lateral pressure  $q$  the structural strength, i.e. the extreme pressure on the soles of the basement, where there are no lateral deformation.



**Figure 4** The graphs of dependencies:

- a) and b) – relative deformations in depth at pressure 0,1; 0,2; 0,3 and 0,4 MPa in the experience №2;
- c) – relative deformations  $\varepsilon_{v,o}$  from the pressure on the soles of the settlement plate;
- d) – coefficient of lateral pressure on the value of structural strength.

According to the graph, maximum values for each stage of  $\varepsilon_{v,o}$  load are defined. Graphs of  $\varepsilon_{v,o} = f(p)$  are characterized by a breakpoint. On the first curve of the graph with an equal increase in pressure increasing of the relative deformation less than on the second. This can be explained by a change in soil conditions during its deformation.

**Table 3** The results of research of deformation properties of soil

Experiment №	$t$ , months	Coordinates of breakpoint of $\varepsilon_{v,o} = f(p)$			
		$p$ , MPa	$\varepsilon_{v,o}$	$s_o$ , mm	$H_{a,o}$ sm
1	3	0,13	0,046	20	38
2	10	0,215	0,056	18	46
3	23	0,29	0,043	14	40
4	33	0,33	0,068	16	36

Continuation of the **Table 3**

Experiment №	$t$ , months	Parameters of deformation characteristics of soils				
		$p_{str}$ , MPa	$p_\phi$ , MPa	$\xi$	for $p_q$	
					$s_o$ , mm	$H_{a,o}$ sm
1	3	0,012	0,035	0,34	0,9	15
2	10	0,03	0,08	0,38	1,1	19
3	23	0,057	0,135	0,42	2,9	21
4	33	0,070	0,171	0,41	2,0	20

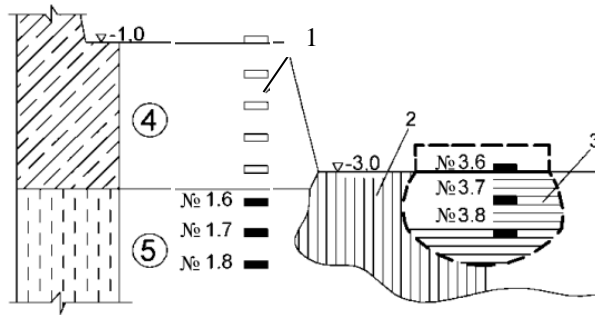
In the initial state, the density of its skeleton –  $1,54 \text{g/sm}^3$  at the degree of humidity of 0,87. At the breakpoint the density of the skeleton is about  $1,6...1,63 \text{g/sm}^3$  at the degree of humidity, close to one. This reduces the permeability. All this may have an impact on the increase in increments of lateral deformation. This issue requires further research.

In Figure 4 showed the results of field researches on determination of the coefficient of lateral pressure that indicate close agreement with the data of its determination for loess soils obtained in laboratory conditions [3].

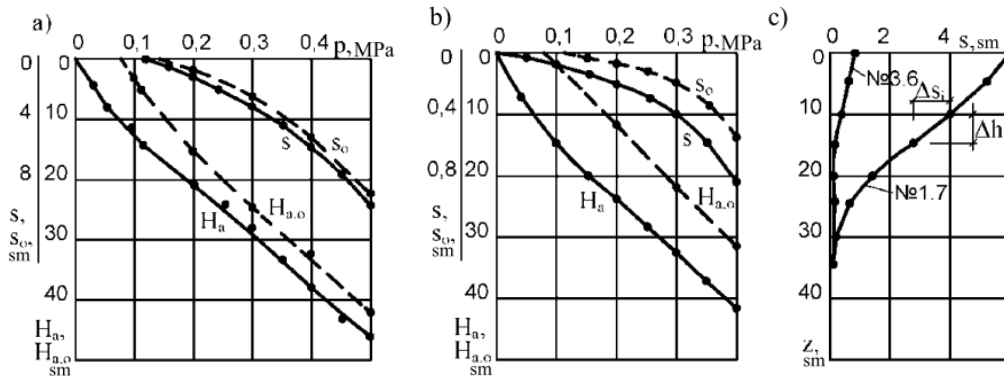
The second series of field works on determination of the lateral pressure, are carried out in the upper layer of the weak water-saturated soils of the Odessa region. The article analyzes the results of six tests: three in the top part of water-saturated sandy loam and three – on the "spot" of the settlement plate with the area of  $1 \text{m}^2$  after it test steps up pressure on the sole of 0,4 MPa at the site which was used heavy compaction (Figure 5) [ 5, 6, 7 ].

The research results are presented in figures 6; 7; 8 and in tables 4 and 5. Diagrams of full and residual values of settlement and depth of the zone of deformation on pressure in close values of structural strength and different density of the soil skeleton is shown in Figures 6, a and 6, b.

The intersection of their residual values with the axis of pressure determines the value of structural strength, its value accepted as average.



**Figure 5** Implementation scheme of field trials experienced settlement plates: 1 – natural soil; 2 – a ground condensed heavy compaction; 3 – same, after static load

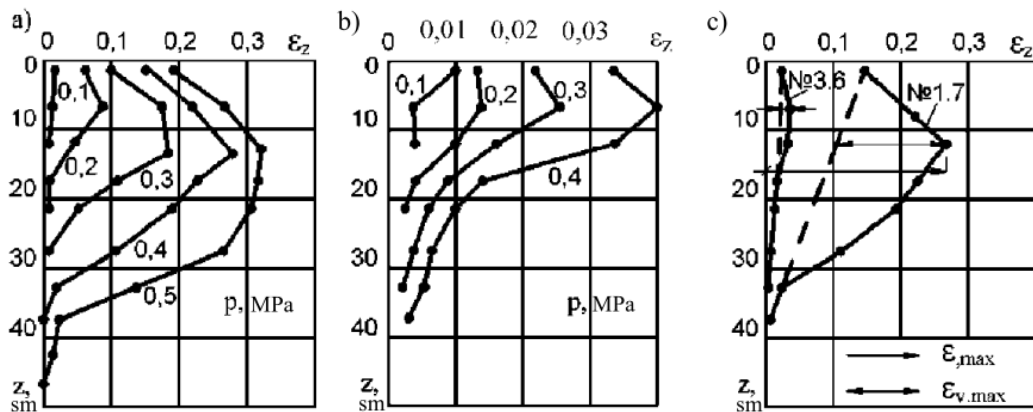


**Figure 6** The results of soil tests: a) – the dependence of settlement and depth zone of complete and residual strains on the pressure in the experiment 1.7; b) – the same in experience 3.6; c) – plots of settlements at a pressure of 0,4 MPa on the sole of the settlement plate in the experiments № № 1.7 and 3.6

Figure 6,c shows plots of the complete settlements, determining the relative layered deformations for each interval of depths of ratios  $\epsilon_i = \Delta s_i / \Delta h_i$ , the graphs of changes of which are given in Figures 7,a and 7,b. Figure 7,c shows the influence of the density of the skeleton of

the soil on the magnitude and depth distribution of relative layered deformations.

Considering the assumption that the soil compaction layer relative deformations plot is linear by depth, it is possible to allocate a part of it, forming lateral extension (Figure 7c –  $\epsilon_{v,max}$ ) [7].

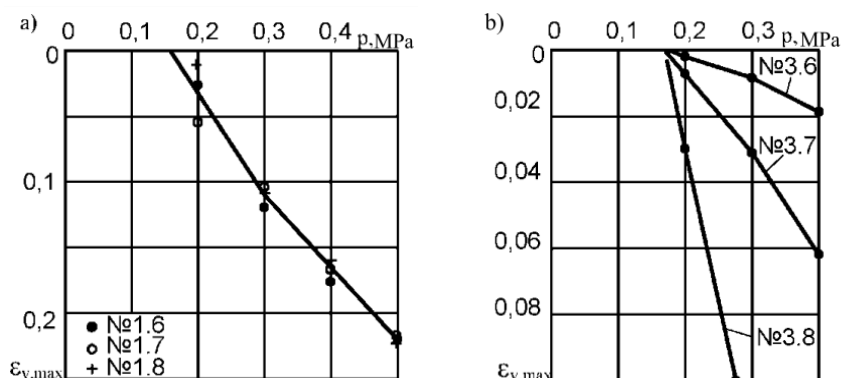


**Figure 7** Change plots layer relative deformations  $\epsilon_z$  in depth  $z$  with pressure increase in the experiments 1.7 (a) and 3.6 (b) – same, at pressure 0,4 MPa on the soles of the settlement plate in the experiments №№ 1.7 and 3.6.

Figure 8 shows the graphs of relative deformations relations maximum values to pressure on the bottom surface of the settlement plate. The intersection of the graphs with the axis pressure determines the load  $p_q$ ,

where there are no residual transverse deformation caused by the lateral pressure  $q$ , due to the resistance of the surrounding arrays, structural bond strength.





**Figure 8** Scopes of depending maximum values  $\epsilon_{v,max}$  of relative deformations of pressure: a) – on a series of experiments on soils of natural structure (1.6 - 1.8), b) – artificially compacted soil (№ № 3.6 - 3.8)

It should be noted that here we conventionally accepted the equality of the magnitude of the structural strength in vertical and horizontal directions. For the three experiments on the soil of natural adding at the close values of structure strength and density of the skeleton, the relations are almost the same. The average

value of the  $p_q$  for them is 0,165 MPa. These results are shown in Figure 8, and table 4. Data show that with the increase of density relative deformations values are reducing.

**Table 4** The results of studies of the parameters of the stress-strain state of natural soil structure

Experiment №	$\rho_d$ , g/sm <sup>3</sup>	$\rho_{d,com}$ g/sm <sup>3</sup>	$p_{str}$ , MPa	$\epsilon_{v,max}$ for p, MPa				$p_q$ , MPa for $\epsilon_{max}$		$\zeta$ , for $\epsilon_{max}$	
				0,2	0,3	0,4	0,5	$\epsilon_v$	$\epsilon_{v,o}$	$\epsilon_v$	$\epsilon_{v,o}$
1.6	1,4	1,71	0,1	0,03	0,12	0,18	0,22	0,18	0,17	0,56	0,59
1.7	1,41	1,70	0,09	0,06	0,11	0,177	0,22	0,15	0,14	0,47	0,50
1.8	1,39	1,70	0,08	0,01	0,115	0,16	0,225	0,18	0,17	0,50	0,53

Studies carried out on the soil, subjected to dynamic and static compaction is shown in Figure 8, b and table 5. Crossing the obtained dependences with the axis pressures defines the value of the vertical pressure at which the horizontal component of the balanced structural strength of the surrounding array of ground.

Consider that the lateral pressure coefficient is the ratio of lateral pressure  $q$  and the corresponding pressure on the bottom surface of plate  $p_q$ , the absence of the

transverse deformations of the expansion in  $q = p_{str}$  the ratio of the transverse expansion adopted by the ratio:

$$\zeta = p_{str} / p_q, p_{str} \tag{3}$$

where is  $p_{str}$  determined from diagram of the residual values of settlement and depth of the deformation zone of the pressure (Figures 6a and 6b), and  $p_q$  is determined by relation diagram of the layer relative deformation by depth to pressure.

**Table 5** The results of studies of the parameters of the stress-strain state in compacted soils by heavy compaction under the "spot" experienced foundation

Experiment №	$\rho_d$ , g/sm <sup>3</sup>	$\rho_{d,com}$ g/sm <sup>3</sup>	$p_{str}$ , MPa	$\epsilon_{v,max}$ for p, MPa			$p_q$ , MPa for $\epsilon_{max}$		$\zeta$ , for $\epsilon_{max}$	
				0,2	0,3	0,4	$\epsilon_v$	$\epsilon_{v,o}$	$\zeta$	$\zeta_{o}$
3.6	1,65	1,67	0,093	0,003	0,009	0,018	0,16	0,15	0,58	0,61
3.7	1,52	1,58	0,077	0,008	0,03	0,064	0,16	0,15	0,48	0,51
3.8	1,45	1,50	0,073	0,03	0,12	–	0,165	0,15	0,44	0,46

## 5. CONCLUSIONS

1. Under the influence of external load the soil below the bottom surface of the Foundation (settlement plate) is deforming. Deformations are observed within a limited compressed volume: from above - the sole Foundation, with a perimeter of vertical surface; in his path bottom border of the zone of deformation.
2. In the graphs of the relation of settlement and the pressure three phases are characterizing the peculiarities of deformation of soils observed:
  - 2.1. Within the first phase relation is close to linear and reflects mainly elastic deformation. Settlement is a result of the compression of soils without destroying the structural connections.
  - 2.2. Within the second phase, along with elastic, there is a residual deformation due to soil compaction. The compaction occurs within compressed volume. Transverse expansion is prevented by the structural strength of the surrounding ground.
  - 2.3. Within the third phase, elastic deformation, compaction deformation and lateral extension are observed. Lateral expansion occurs when the lateral pressure is exceeding the structural strength of the surrounding soil. Its consequence is the side bulge, beyond the bounding surface of compressed volume. Around the bulge surface secondary settlement area is formed.

## 6. REFERENCES

- [1] Gersevanov, N.M.: Opyt primeneniya teorii uprugosti k opredeleniju dopuskaemyh nagruzok na osnove jeksperimental'nyh rabot, Trudy MIITa. Vypusk 15., 1930.
- [2] Gersevanov, N.M.; Pol'shin, D.E.: Teoreticheskie osnovy mehaniki gruntov i ih prakticheskie primeneniya, Strojizdat, Moskva, 1948.
- [3] Grigorjan, A.A.: O bokovom davlenii v lessovyh gruntah, Osnovaniya fundamenty i mehanika gruntov, №4., 1960., 20 – 21
- [4] Cytovich, N.A.: Voprosy teorii i praktiki stroitel'stva na slabyyh vodonasysyhennyh gruntah., Tallin, 1965., 5 – 17
- [5] Tugaenko, Ju.F.; Marchenko M.V.: Metodika opredeleniya parametrov deformatsij glinistykh gruntov, Inzhenernaya geologiya, №1., AN SSSR, 1984., 86 – 94
- [6] Tugaenko, Ju.F.; Marchenko, M.V.: Nekotorye osobennosti razvitiya deformatsij v osnovaniyah opytnykh fundamentov, Inzhenernaya geologiya, №3., AN SSSR, 1988., 46 – 54
- [7] Tugaenko, Ju.F.: Transformacija naprjazhenno-deformiruemogo sostojaniya gruntov osnovaniya i ee

uchet pri proektirovanii fundamentov, Astroprint , Odessa, 2011.

- [8] Tugaenko, Ju.F.; Stojanova, T.I.; Marchenko, V.M.; Tkalic, A.P.: Avtorskoe svidetel'stvo SSSR 1065531, Glubinnaja marka, Zajavl. 6.04.82; Bjul. №1, Opubl. 07.01.1984.
- [9] Marchenko, M.V.; Vojtenko, I.V.; Mosicheva, I.I.; Rabochaja, T.V.; Marchenko, A.M.: Korrelyacionnaja svjaz' pokazatelej szhimaemosti i koeficienta Puassona v slabyyh gruntah, Problemy mehaniki gruntov i fundamentostroenija v slozhnykh gruntovykh uslovijah, Tr. Mezhdunarodnoj nauch.-tehn. konf., T. 3., BashNIIstroj, Ufa., 2006., 189-194.

Author contact:

**Yuriy Tugaenko, Professor, Dr. sc.**  
Odessa State Academy of Civil Engineering  
and Architecture,  
65029 Odessa, Didrihsona 4, Ukraine  
e-mail: imosicheva@gmail.com

**Michael Marchenko, Ph.D.**  
Odessa State Academy  
of Civil Engineering and Architecture  
65029 Odessa, Didrihsona 4, Ukraine

**Anatoliy Tkalic, Ph.D.**  
Odessa State Academy  
of Civil Engineering and Architecture  
65029 Odessa, Didrihsona 4, Ukraine

**Irina Mosicheva**  
Odessa State Academy  
of Civil Engineering and Architecture  
65029 Odessa, Didrihsona 4, Ukraine  
e-mail: imosicheva@gmail.com

# KVALITETA ODREĐIVANJA OSNOVNIH PARAMETARA ELEKTRIČNOG MODELA FOTONAPONSKOG MODULA IZ NAZIVNIH PODATAKA

## QUALITY OF BASIC PARAMETERS CALCULATION FOR PHOTOVOLTAIC MODULE ELECTRICAL MODEL USING MODULE NOMINAL DATA

*Igor Petrović, Ivana Šegrt, Zdravko Petrović*

Izvorni znanstveni članak

**Sažetak:** U ovom istraživanju se rezultati najčešće korištenog matematičkog modela za opis stanja električnih veličina u fotonaponskim modulima uspoređuju sa rezultatima mjerenja. Korištenje ovog modela primjenjivo je u većini naprednih sustava za poboljšanje korisnosti fotonaponskih sustava. Da bi mogli koristiti model fotonaponskog modula potrebno je poznavati njegove parametre. Ovdje je prikazano određivanje osnovnih parametara serijskog i paralelnog otpora, ekvivalentne diode i strujnog izvora isključivo pomoću nazivnih podataka fotonaponskog modula. Rezultati ovog proračuna uspoređeni su sa konkretnom radnom točkom maksimalne radne snage.

**Ključne riječi:** električni model, fotonaponski modul, nazivni podaci, parametri

Original scientific paper

**Abstract:** In this research the results of most commonly used mathematical model for description of electrical values in PV modules are compared to measured results. This model is usable in most of advanced systems for PV system energy production utility improvement. In order for these models to be used it is necessary to provide the correct values of model parameters. In this paper the method for determining basic parameters of serial and parallel resistances, equivalent diode and current source entirely using PV module nominal data. The results of this method are compared for with specific operating point of maximum power.

**Key words:** electrical model, photovoltaic module, nominal data, parameters

### 1. INTRODUCTION

The usage of electrical modelling of PV modules is present in most of the advanced computer oriented applications for PV technology, such as Maximum Power Point (MPP) tracking systems in [1]. These applications are introduced in order to increase the efficiency of PV module energy production. The accuracy of PV module electrical model can significantly influence the efficiency of the whole system, like in [2].

The most common PV module electrical model is Single Diode Model (SDM). In this research SDM parameters are gained using only nominal data of PV module, and then compared with parameters provided from measured U-I characteristics. The measuring system from which these data are gained is not described in this paper, and data are used "as is".

### 2. PHOTOVOLTAIC MODULES

The PV module is usually described with nominal data for three specific operating points. They are open-circuit, short-circuit and MPP operating points. Since the open-circuit is defined with no current in load circuit,

this operating point can be described by open-circuit voltage while current is assumed as 0 A. In similar way short-circuit operating point is defined with maximum current in load circuit and load voltage is assumed zero. Both of these operating points are not providing any power into the load due to no voltage or no current. The MPP operating point is the most efficient operating point of PV module. Therefore, the current and voltage are not equal to zero, and are providing certain power.



Figure 1 PV module DSP-10M, 10W

Any other PV module operating point will provide decrease of power compared to MPP operating point, regardless of load current or load voltage increase or decrease. These operating points are described in detail in [3]. The PV module provided in Figure 1. is used for comparison of modelled and measured U-I characteristics.

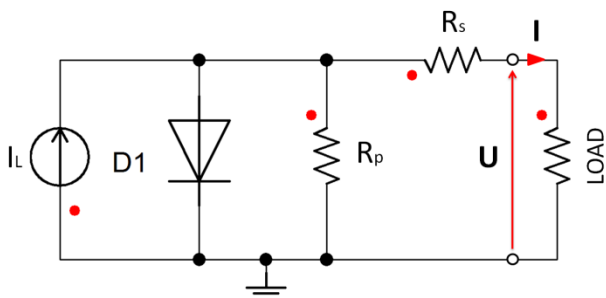
The nominal data is describing the ideal operation conditions of PV module. These data are provided in laboratory operation and very often does not represent the true state of PV module in real application. For example the temperature of cells in PV module is considered to be the same as the ambient temperature. This is true only for the start of energy production since the current will increase the cell temperature, and therefore change the working conditions. The same influence can be introduced for cooling by the wind. The wind speed is also to be considered if trying to estimate the PV cell temperature from the ambient temperature. Nominal data for PV module used in this research is presented in Table 1.

**Table 1** Nominal data of PV module DSP-10M

PV module parameter	Nominal value
Model	DSP-10M
$P_M$	10 ( $\pm 3\%$ ) W
$U_M$	9.00 V
$I_M$	1.11 A
$U_{PH}$	10.80 V
$I_{KS}$	1.28 A
$T_{noct}$	-45 ÷ 80 °C
$U_{max}$	60 DC V
Dimensions	284 x 350 x 17 mm
Standard test conditions: $AM = 1.5$ ; $H = 1000 \text{ W/m}^2$ ; $T = 25 \text{ °C}$	

The nominal open-circuit voltage can provide the number of cells used in PV module. Single cell voltage is provided with average of 0.7 V. Therefore, the voltage of 10.80 V will be reached with 15 cells in serial connection.

### 3. SINGLE DIODE MODEL OF PHOTOVOLTAIC MODULE



**Figure 2** SDM of PV module

The Single Diode Model (SDM), presented in Figure 2., is the most common model for describing the PV module. It represents all significant impacts on electrical

energy production from PV module, such as available ambient light, PN junction in cells and internal current/voltage losses, similar to [4]. The voltage and current dependence of PV module output is presented through equation (1).

$$I = I_L - I_0 \exp\left(\frac{U+R_S I}{mU_T}\right) - \frac{U+R_S I}{R_P} \quad (1)$$

The light impact is presented through current source  $I_L$  which is linear to available irradiation on surface of the PV module. This is also the highest possible output current of the PV module. The PN junction inside cells is represented as a diode in parallel connection with the load. This diode will provide upper limit on output voltage while reducing the output current by omitting differential current. The number of diodes in serial connection inside the model is determined by the number of PV cells in the PV module. The diode is determined by dark current  $I_0$  and parameter  $m$  (1.3 standard for monocrystalline). The serial resistance represents voltage losses and parallel resistance represents current losses inside the PV module compared to ideal state. These losses are present due to heat, junctions, etc.

In order to model the PV module it is necessary to provide parameters of the SDM, like in [5]. Therefore, first the function of PV module U-I characteristic must be provided. It is selected that  $f(U, I)$  is in fact the PV module output current, and is determined using itself inside the calculation. It is possible to combine the equation (1) for the open-voltage, short-circuit and MPP operating points into equation (2), like presented in [6].

$$f(I, U) = I_L - \frac{U+R_S I - R_S I_L}{R_P} - I_L \exp\left(\frac{U+R_S I - U_{PH}}{mU_T}\right) + \frac{U_{PH} - R_S I_L}{R_P} \exp\left(\frac{U+R_S I - U_{PH}}{mU_T}\right) \quad (2)$$

Since the function  $f(U, I)$  is in fact the output current  $I$ , it is possible to define equation (3). In order to gain the differential of current over voltage it is possible to rearrange equation (3) into (4).

$$dI = dI \frac{\partial f(I, U)}{\partial I} + dU \frac{\partial f(I, U)}{\partial U} \quad (3)$$

$$\frac{dI}{dU} = \frac{\frac{\partial f(I, U)}{\partial U}}{1 - \frac{\partial f(I, U)}{\partial I}} \quad (4)$$

In order to solve the equation (4) it is necessary to provide differentials of function  $f(U, I)$  over current  $I$  and voltage  $U$  respectively. The differential of  $f(U, I)$  over voltage  $U$  is provided in steps through (5), (6) and (7). The function provided in equation (8) will be inserted into equation (4).

$$\frac{\partial f(I, U)}{\partial U} = \frac{\partial}{\partial U} \left[ I_L - \frac{U+R_S I - R_S I_L}{R_P} - I_L \exp\left(\frac{U+R_S I - U_{PH}}{mU_T}\right) + \frac{U_{PH} - R_S I_L}{R_P} \exp\left(\frac{U+R_S I - U_{PH}}{mU_T}\right) \right] \quad (5)$$

$$\frac{\partial f(I, U)}{\partial U} = -\frac{1}{R_P} - I_L \frac{1}{m \cdot U_T} \exp\left(\frac{U+R_S I - U_{PH}}{mU_T}\right) + \frac{U_{PH} - R_S I_L}{R_P} \frac{1}{mU_T} \exp\left(\frac{U+R_S I - U_{PH}}{mU_T}\right) \quad (6)$$

$$\frac{\partial f(I,U)}{\partial U} = \frac{-I_L R_P + U_{PH} - R_S I_L}{m R_P U_T} \cdot \exp\left(\frac{U + R_S I - U_{PH}}{m U_T}\right) - \frac{1}{R_P} \quad (7)$$

$$\frac{\partial f(I,U)}{\partial U} = -\frac{I_L R_P - U_{PH} + R_S I_L}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{U + R_S I - U_{PH}}{m U_T}\right) - \frac{1}{R_P} \quad (8)$$

The differential of  $f(U, I)$  over current  $I$  is provided in steps trough (9), (10) and (11). The function provided in equation (12) will be inserted into equation (4).

$$\frac{\partial f(I,U)}{\partial I} = \frac{\partial}{\partial I} \left[ I_L - \frac{U + R_S I - R_S I_L}{R_P} - I_L \exp\left(\frac{U + R_S I - U_{PH}}{m U_T}\right) + \frac{U_{PH} - R_S I_L}{R_P} \exp\left(\frac{U + R_S I - U_{PH}}{m U_T}\right) \right] \quad (9)$$

$$\frac{\partial f(I,U)}{\partial I} = -\frac{R_S}{R_P} - I_L \frac{R_S}{m \cdot U_T} \exp\left(\frac{U + R_S I - U_{PH}}{m \cdot U_T}\right) + \frac{U_{PH} - R_S I_L}{R_P} \frac{R_S}{m U_T} \exp\left(\frac{U + R_S I - U_{PH}}{m U_T}\right) \quad (10)$$

$$\frac{\partial f(I,U)}{\partial I} = \frac{-R_P I_L R_S + R_S (U_{PH} - R_S I_L)}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{U + R_S I - U_{PH}}{m U_T}\right) - \frac{R_S}{R_P} \quad (11)$$

$$\frac{\partial f(I,U)}{\partial I} = -\frac{R_S [R_P I_L - U_{PH} + R_S I_L]}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{U + R_S I - U_{PH}}{m U_T}\right) - \frac{R_S}{R_P} \quad (12)$$

If (8) and (12) is inserted in (4) it is possible to provide final solution for differential of current  $I$  over voltage  $U$  as in equation (13).

$$\frac{\frac{\partial f(I,U)}{\partial U}}{1 - \frac{\partial f(I,U)}{\partial I}} = \frac{\frac{-I_L R_P - U_{PH} + R_S I_L}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{U + R_S I - U_{PH}}{m U_T}\right) - \frac{1}{R_P}}{1 + \frac{R_S [R_P I_L - U_{PH} + R_S I_L]}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{U + R_S I - U_{PH}}{m U_T}\right) + \frac{R_S}{R_P}} \quad (13)$$

From empirical data it can be concluded that changes of output current  $I$  due to change of output voltage  $U$  is dependant only to parallel resistance  $R_P$  in case of short-circuit operating point, and is described in (14). Finally, equation (15) can be reached when combining (13) and (14). This conclusion is also available in [3].

$$\frac{dI}{dU} \Big|_{I=I_L, U=0} = \frac{\frac{\partial f(I,U)}{\partial U}}{1 - \frac{\partial f(I,U)}{\partial I}} \Big|_{I=I_L, U=0} = -\frac{1}{R_P} \quad (14)$$

$$\frac{-\frac{I_L R_P - U_{PH} + R_S I_L}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{R_S I_L - U_{PH}}{m U_T}\right) - \frac{1}{R_P}}{1 + \frac{R_S [R_P I_L - U_{PH} + R_S I_L]}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{R_S I_L - U_{PH}}{m U_T}\right) + \frac{R_S}{R_P}} = -\frac{1}{R_P} \quad (15)$$

From fact that output power  $P$  is maximum for MPP operating point it can be concluded that changes of output current  $I$  due to change of output voltage  $U$  is dependant to ratio of MPP current  $I_M$  and MPP voltage  $U_M$ , and is described in (16). Finally, equation (17) can be reached when combining (13) and (16). This conclusion is also available in [3].

$$\frac{dI}{dU} \Big|_{I=I_M, U=U_M} = \frac{\frac{\partial f(I,U)}{\partial U}}{1 - \frac{\partial f(I,U)}{\partial I}} \Big|_{I=I_M, U=U_M} = -\frac{I_M}{U_M} \quad (16)$$

$$\frac{-\frac{I_L R_P - U_{PH} + R_S I_L}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{U_M + R_S I_M - U_{PH}}{m \cdot U_T}\right) - \frac{1}{R_P}}{1 + \frac{R_S [R_P I_L - U_{PH} + R_S I_L]}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{U_M + R_S I_M - U_{PH}}{m U_T}\right) + \frac{R_S}{R_P}} = -\frac{I_M}{U_M} \quad (17)$$

In the same way as for the case of short-circuit operating point it can be concluded that changes of

output current  $I$  due to change of output voltage  $U$  is dependant only to serial resistance  $R_S$  for the open-voltage operating point, and is described in (18). Finally, equations (19) and (20) can be reached when combining (13) and (18).

$$\frac{dI}{dU} \Big|_{I=0, U=U_{PH}} = \frac{\frac{\partial f(I,U)}{\partial U}}{1 - \frac{\partial f(I,U)}{\partial I}} \Big|_{I=0, U=U_{PH}} = -\frac{1}{R_S} \quad (18)$$

$$\frac{-\frac{I_L R_P - U_{PH} + R_S I_L}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{0}{m U_T}\right) - \frac{1}{R_P}}{1 - \frac{R_S [R_P I_L - U_{PH} + R_S I_L]}{m R_P U_T} \exp\left(\frac{0}{m U_T}\right) + \frac{R_S}{R_P}} = -\frac{1}{R_S} \quad (19)$$

$$\frac{-\frac{I_L R_P - U_{PH} + R_S I_L}{m R_P U_T} \frac{1}{R_P}}{1 + \frac{R_S [R_P I_L - U_{PH} + R_S I_L]}{m R_P U_T} + \frac{R_S}{R_P}} = -\frac{1}{R_S} \quad (20)$$

Since the short-circuit output current can be assumed the same as the current source  $I_L$  it is necessary only to determine the serial and parallel resistances from equations (15), (17) and (20).

#### 4. MODELED AND MEASURED RESULTS

The modelled result parameters for SDM of PV module presented in Table 2. are adjusted to nominal data in such way that it is suitable for the MPP operating point using described method. The modelled values are gained using *Solve* command in Matlab software. The diode is provided as standard element inside simulation package, serial connection of 15 such diodes, as described before. The measured values for model are provided using measured operating points in Simplorer SC 7.0.

**Table 2** Calculated SDM parameters

PV module parameter	Modeled value	Measured value
$R_p / \Omega$	71.8	129.0
$R_s / \Omega$	8.1	0.1
$I_L / A$	1.28	1.28

For purpose of this research the measured parameters from Table 2. are all inserted into the equations (15), (17) and (20) in order to determine the accuracy of these equations.

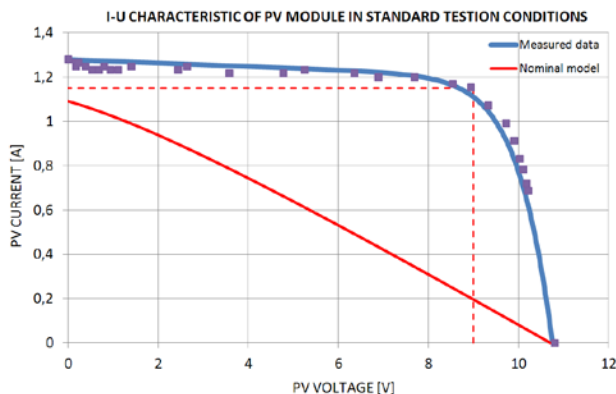
**Table 3** Confirmation of equations (15), (17) and (20)

Equation	Left side	Right side	$\Delta / \%$
15	-0,0077	-0,0078	-0,075
17	-0,1460	-0,1233	15,497
20	-1,5411	-10,000	-548,908

From the results in Table 3. It can be seen that equation (15) has very small difference between left and right side. Therefore, this equation can be used for determination of  $R_P$  in SDM of PV module. Equation (17) can be described as good for rough approximation of  $R_P$  and  $R_S$  from available current and voltage in MPP. In

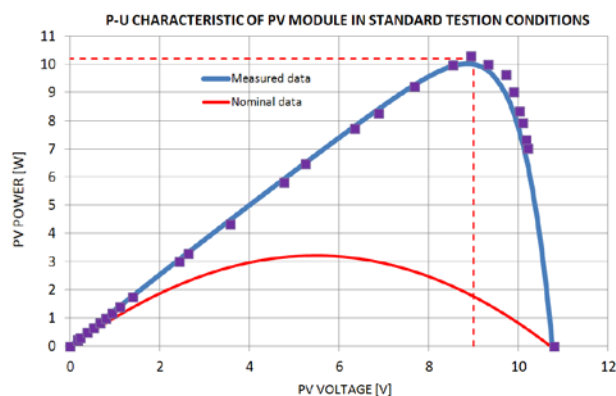
this case equation (20) did not give good approximation of  $R_S$  from nominal data.

In order to determine real parameters for electrical model of PV module it is not sufficient to provide them from nominal data of PV module. The parallel resistance  $R_p$  has usually rather high value (100-300  $\Omega$ ) and will be somewhat good determined by this method. The serial resistance  $R_S$  has usually rather low value (0.1-1  $\Omega$ ) and therefore can introduce significant approximation error. The parameters for SDM of PV module must be determined using the whole measured U-I characteristic for specified PV module.



**Figure 3** Modelled and measured PV module U-I characteristics

In presented results it can be seen that parallel resistance is somewhat accurate, while serial resistance is rather poorly describing the PV module measured U-I characteristic. In Figure 4. the U-P characteristic shows error for modelled result of MPP tracking. The operating point of MPP is very poorly described using SDM with calculated parameters.



**Figure 4.** Modelled and measured PV module U-P characteristics

## 5. CONCLUSION

The electrical model of PV module can be defined using nominal data. Parameters of SDM will be gained using simple calculations, but with very different tolerances. If current source is defined with short-circuit current, basic parameters of  $R_p$  and  $R_S$  are also available as basic parameters of SDM. The parallel resistance  $R_p$  has rather high value, and therefore can be roughly

gained using described method. The serial resistance  $R_S$  has rather low value, and therefore can be gained using described method, but with very low accuracy. The result model will give poor results compared with measured U-I characteristic of specified PV module, but with the possibility of improvement if more accurate nominal data is provided. In order to get more accurate SDM model it is necessary to gain the parameters using the whole measured U-I characteristic of PV module.

## 6. REFERENCES

- [1] Razykov, T. M.; Ferekides, C. S.; Morel, D.M.; Stefanakos, E.; Ullal, H. S.; Upadhyaya, H. M.: Solar photovoltaic electricity: current status and future prospects, *Solar Energy* 85 (2011) 1580-1608
- [2] Chenni, R.; Makhlof, M.; Kerbache, T.; Bouzid, A.: A detailed modeling method for photovoltaic cells, *Energy* 32 (2007) 1724-1730
- [3] Petrović, I.; Šimić, Z.; Vražić, M.: Advanced PV plant planning based on measured energy production results – Approach and measured data processing, *Journal of Advances in Electrical and Computer Engineering*, Vol. 14, No 1 (2014) 49-54
- [4] Carrero, C.; Rodriguez, J.; Ramirez, D.; Platero, C.: Simple estimation of PV modules loss resistances for low error modelling, *Renewable Energy* 35 (2010) 1103-1108
- [5] Ma, J.; Ting, T. O.; Man, K. L.; Zhang, N.; Guan, S.-U.; Wong, P. W. H.: Parameter Estimation of Photovoltaic Models via Cuckoo Search, *Journal of Applied Mathematics* (2013) 1-8, Article ID 362619
- [6] Coelho, A.; Castro, R.: Sun Tracking PV Power Plants: Experimental Validation of Irradiance and Power Output Prediction Models, *International journal of Renewable energy research*, Vol. 2, No. 1 (2012) 23-32

Authors contact:

**Igor Petrović, PhD**

Technical college in Bjelovar  
Trg Eugena Kvaternika 4, 43 000 Bjelovar  
043 / 241 – 201; ipetrovic@vtsbj.hr

**Ivana Šegrt, mag. educ. math. et phys.**

Technical college in Bjelovar  
Trg Eugena Kvaternika 4, 43 000 Bjelovar  
043 / 241 – 201; isegrt@vtsbj.hr

**Zdravko Petrović, MEE**

Ipsus d.o.o. Pitomača  
Petra Preradovića 3b, 33 405 Pitomača  
033 / 715 – 093; ipsus.doo@gmail.com

## DETERMINING THE OPTIMAL PHYSICAL ACTIVITY FOR STUDENTS WITH DIFFERENT LEVEL OF MOTOR QUALITIES DEVELOPMENT

### ODREĐIVANJE OPTIMALNE FIZIČKE AKTIVNOSTI ZA STUDENTICE S RAZLIČITOM RAZINOM RAZVOJA MOTORNIH SPOSOBNOSTI

*Kozhurina I. E.*

Izvorni znanstveni članak

**Sažetak:** U članku se raspravlja o optimalnoj fizičkoj aktivnosti za studentice s različitim stupnjem razvoja motoričkih sposobnosti tijekom njihova treninga. Specificirane su karakteristike potrebne za poboljšanje fizičke kondicije u razvoju osnovnih fizičkih osobina – izdržljivost, jakost, istrajnost, agilnost, brzina i snaga potrebne za postizanje visoke razine fizičke kondicije, kao osnove mentalnih i fizičkih performansi..

**Ključne riječi:** studentice, fizička kondicija, fizička aktivnost, oporavak.

Original scientific paper

**Abstract:** This article discusses optimal physical activity for female students with different levels of motor qualities development in the course of their training. Characteristics of improving physical activity in the development of basic physical qualities are specified - endurance, strength, strength endurance, agility, speed and power – necessary to acquire a high level of physical activity, as the basis of mental and physical performance.

**Key words:** female students, physical fitness, physical activity, recovery.

## 1. INTRODUCTION

The leading idea of the Bologna process is to achieve the high quality education level. Priority of education development is the implementation of modern innovative technologies that provide further improvement of the educational process. Modern expert should differ not only by a high level of professional training, but also by health. Therefore, physical culture and sport is becoming a major factor in ensuring high functional condition of the organism, optimal intellectual working capacity and the formation of personal qualities.

## 2. METHODOLOGY

Currently, there is no doubt that the improvement of person's physical preparedness is achieved by the use of relatively high intensity, volume, and density of physical activity [2, 3, 4, 5]. On the other hand, inadequate use of large training workouts, especially for people with poor physical activity, may result with adaptive changes of the

cardiovascular system, which proceeds the limits of purposeful adaptation and is at the boundary with the pathology [1]. That is why the application of appropriate level of physical preparedness has an extremely important role in the student's healing process . The influence of activity on the body is measured and oriented through the number of repetitions of an exercise and duration of rest intervals [2, 5]. The aim of the study was to determine the range of possible physical activities in groups with low and high physical preparedness.

**Presentation of basic material.** Results of the conducted experiment are compared to the definition of the optimal parameters of activity of female students that have different levels of motor qualities development are presented in this publication. For example, Table 1 shows the average results of multiple performance of different motor tasks given to female students who have participated in the experimental study. As seen from the table, the experiment involved two groups with 28 students with low and high level of physical preparedness.

**Table 1** Indicators of muscle performance in female students with low and high level of motor qualities development with repeated performance of exercises in different directions. ( $\bar{X} \pm \sigma$ ).

№	type of exercise	level	The results of the exercise					
			number of attempts					
			1	2	3	4	5	6
1	30 m immediate run (s)	L	5,30 ± 0,17	5,41 ± 0,20	5,82 ± 0,31	6,38 ± 0,25	-	-
		H	4,91 ± 0,20	4,88 ± 21	4,94 ± 0,22	5,09 ± 0,24	5,21 ± 0,20	5,78 ± 0,18
2	Lifting torso to supine position by lying on back (№ of times)	L	20,17 ± 2,41	18,67 ± 2,03	16,12 ± 2,11	-	-	-
		H	28,4 ± 2,33	27,8 ± 2,22	25,13 ± 2,18	24,21 ± 2,12	22,1 ± 2,11	-
3	jumping after sitting down for 20 seconds (№ of times)	L	17,71 ± 1,68	16,84 ± 1,51	14,73 ± 1,38	-	-	-
		H	19,70 ± 1,82	19,67 ± 1,83	17,74 ± 1,61	15,4 ± 1,44	-	-
4	pull-ups on the low crossbar from lying position (№ of times)	L	4,01 ± 1,17	3,76 ± 1,38	2,93 ± 1,11	1,61 ± 0,42	-	-
		H	7,10 ± 1,68	6,45 ± 1,57	4,48 ± 1,11	4,02 ± 1,12	2,04 ± 0,87	-
5	Five-minute run with measurement of passed distance (m)	L	932,63 ± 38,2	833,42 ± 36,3	731,7 ± 17,2	-	-	-
		H	1048,71 ± 43,5	998,47 ± 34,6	823,14 ± 32,01	-	-	-

L – low level, H – high level

### 3. RESULTS OF THE STUDY

The conducted research displays that speed qualities during repeated performance of 30 m immediate run are unequal among students with different levels of motor abilities development (this applies especially to allowable number of attempts and time to return the heart rate to the set value). These parameters laid worst result in students who have low level of preparedness. This fact indicates that the depletion of energy resources of organism in their case occurs faster despite the longer intervals of rest.

Determination of the optimal load parameters, designed to develop strength endurance was conducted with a test of an average tempo, by lifting the torso from the position of lying on back, hands behind head. Analysis of the exercise results dynamics shows that in the third approach, the number of lifts were down by 20.1%. The heart rate recovery time is established after the first and second attempts at 3.3 minutes, and increases to 4.5 minutes after the third repetition.

The Study of dynamics of manifestation speed-power characteristics under repeated execution from the start position, by sitting down for 20 seconds, changes in study indicators as follows. From attempt to attempt, the number of tests decreases and finally in the third approach is decreased by 16.8%. The time of heart rate returns to initial state successively increases from 3.9 minutes to 6.0 minutes.

In strength exercises - pull-ups on the low crossbar from lying position – the test results have already in the second attempt began to deteriorate and in the fourth approach were decreased by 60%. However, the heart rate recovery time between repetitions did not increase, and it was 3.1 ... 3.2 minutes. External signs of tiredness

have not been observed. This fact gives grounds to assume that during the development of strength capabilities of girls with low level of physical preparedness, performance of exercises may possibly "fail".

On the model of repeated five-minute run with overcome distance measurement at that time, the distance determines the optimal activity parameters aimed at the development of endurance (Table 2).

The results of the experiment show that students in the first attempt ran on average 940.75, 40.3 m. In the second run the number of meters passed decreased by 10.7%, while in the third run it was reduced by 21.6%. Exercise repetition started at the time of the heart rate reduction to 120 beats a minute. The heart rate recovery time was established: after the first run in 6.5 minutes; after the second in 7.1 minutes, and after the third in 8.0 minutes. Therefore, in students with a high level of physical preparedness the results in the first five runs practically did not decrease. Meanwhile, in girls with low level of preparedness indicators deteriorate already in the second run.

Occasionally, we can observe that differences in the level of motor qualities development impose a mark on the nature of indicators change of physical performance. Physical performance seems integrative expression of human capabilities, included in the concept of health and is characterized by a number of objective factors. These include physique and anthropometric characteristics: capacity and efficiency of energy production mechanisms by aerobic and anaerobic way; strength and endurance of muscles, neuromuscular coordination; the state of the musculoskeletal system; neuroendocrine regulation of energy production processes as well as the use of the available energy in the body; mental state.



**Table 2** Indicators of heart rate resumption to fixed values by repeating exercises on female students with low and high level of motor qualities development ( $\bar{X} \pm \sigma$ )

№	type of exercise	Fixed heart rate (beats/min.)	level	Heart rate recovery time (s)				
				number of attempts				
				1	2	3	4	5
1	30 m immediate run (s)	100 - 110	L	230,76±14,58	229,14±14,40	239,17±14,23	325,18±15,33	-
			H	211,44±13,49	221,71±14,01	229,37±14,53	307,21±14,83	319,37±14,71
2	The rise of the torso to supine position, hands behind head	115 - 120	L	198,36±12,15	198,08±12,09	272,24±12,08	-	-
			H	147,3 ± 12,21	148,69±12,31	156,43±12,44	168,71±12,51	172,44±12,49
3	jumping after sitting down for 20 seconds (№ of times)	115 - 120	L	239,32±18,33	262,64±17,28	358,28±17,73	-	-
			H	157,31±12,4	161,48±12,43	170,69±13,12	-	-
4	pull-ups on the low crossbar from lying position (№ of times)	100 - 110	L	186,36±9,69	185,59±9,60	191,67±10,18	186,58±10,42	-
			H	154,73±10,48	150,37±10,71	155,72±10,58	161,77±11,41	168,91±11,63
5	Five-minute run with measurement of passed distance (m)	120 - 125	L	388,45±21,88	428,54±21,63	484,69±23,76	-	-
			H	328,43±17,59	359,44±17,84	391,53±18,7	-	-

L – low level, H – high level

Thus, the observed differences in the physical fitness of female students allow to verify the assumption about the heterogeneity of the studied population.

[5] Volkov, V.L.: Basic theory and methods of physical training students: teach. manual [for college students], K.: Education of Ukraine, 2008, 256 p.

#### 4. CONCLUSION

The results lead to the following conclusions:

1. Differences in quantitative and qualitative indicators discovered by the research that characterize the physical preparedness of students, determine the need of pedagogical model development that would individualize training types, aimed at the development and correction of basic motor skills.

2. The importance of rational normalization of work and rest regime with reusable repetitions of exercise is to identify the optimal number of repetitions of exercise and rest intervals between them. Doing so, we will enable effectively planning of individual load, make the adjustments by changing the level of physical preparedness and finally, not to exceed the adaptive capacities of the organism.

#### 5. REFERENCES

- [1] Apanasenko, G.L.; Apanasenko, G. L.; Popov, L. A.: Medical valueology, Rostov n/D: Phoenix, 2000. - 248 p
- [2] Bondar, I.: Definition of physical qualities of students / Youth problems in Ukraine: State and solutions. - Lviv: LDIFK, 1997. - S.5-8.
- [3] Krutsevich, T.Y.; Sparrows, M.I.: Control in the physical education of children, adolescents and young adults. K., 2005. - 180 p.
- [4] Shiyani, B.M.; Paputa, V. G.; Pristupa, E. N.: Theory of Physical Education, LONMID. 1996. - 220 p.

Authors contact:

**Kozhurina I. E.**, PhD student  
South Ukrainian National Pedagogical University  
named after K.D. Ushynsky.  
65020, Odesa, Staroportofrankovskaja street,  
Ukraine

# METODE TELEMETRIJE PRIMJENJENE NA PRIMJERU SUSTAVA OPORAVKA PODATAKA U SLUČAJU KATASTROFE

## THE METHODS OF TELEMETRY APPLIED ON EXAMPLE OF DISASTER RECOVERY

*Miroslav Zorić, Igor Petrović*

Stručni članak

**Sažetak:** Cilj ovog rada je prikazati važnost postupka planiranja, dimenzioniranja, izvedbe i testiranja sustava koji se zasniva na telemetriji, informatičkoj opremi i virtualizaciji radne okoline, a sve prema zahtjevima krajnjeg korisnika. Takav sustav naziva se Sustav oporavka podataka u slučaju katastrofe (eng. Disaster Recovery). On sadrži primarnu i sekundarnu lokaciju, a glavni cilj mu je osigurati dostupnost podataka u slučaju prirodne katastrofe (potres, požar, poplava, isl.). Na primarnoj lokaciji nalazi se produkcija, dok se na sekundarnoj lokaciji nalaze kopirani podaci čitave primarne lokacije dobiveni metodama baziranim na telemetrijskim sustavima. U slučaju da primarna lokacija postane iz nekog razloga nedostupna podaci se oporavljaju sa sekundarne lokacije, te omogućuju neometan daljnji rad sustava.

**Ključne riječi:** podaci, oporavak, sigurnost, telemetrija, virtualizacija

Professional paper

**Abstract:** The main goal of this paper is to show importance of planing, dimensionig, developing and testing of a system which is based on telemetry, IT equipment and virtualization of work environment, and everything with complying the user demands. This kind of system is called Disaster Recovery. It contains of a primary and a secondary location, and main goal is to insure data availability in case of natural disaster (earthquake, fire, flood, etc.). The production is available at a primary location, while a copy of entire primary location is available on a secondary location and is gained using methods based on telemtry systems. In cases when a primary location becomes from some reason unavailable the data is recovered from a secondary location, and enables unobstructed further work of the system.

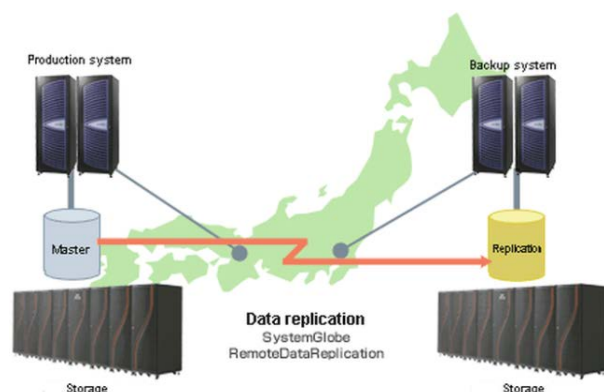
**Key words:** data, recovery, security, telemetry, virtualization

### 1. UVOD

Izrada Sustava oporavka podataka u slučaju katastrofe (eng. *Disaster Recovery*) usko je povezana sa zahtjevima korisnika koji žele višestruko zaštititi svoje poslovne podatke, opisano u [1]. U ustanovama poput banaka, osiguravajućih društava, farmaceutskih tvrtki i državnih tijela podaci su neprocjenjive vrijednosti, stoga ih je potrebno čuvati. Kada bi takve ustanove izgubile svoje podatke, koje su godinama prikupljali, nastala bi katastrofalna i nenadoknativa šteta, kao u [2] i [3]. Zbog toga se takvi podaci višestruko štite. Razlozi gubitka podataka prirodne katastrofe (poplava, požar, potres), ljudski faktor, i slično. Opasnosti se svode na minimum kopiranjem podataka na više lokacija, te mogućnost pristupa podacima u kratkom vremenskom roku u slučaju katastrofe. Takve sustave treba pomno osmisliti, dimenzionirati i prilagoditi zahtjevima korisnika, a što je multidisciplinarni informatički zadatak, dostupno u [4]. U ovom radu prikazan je jedan takav telemetrijski sustav, te su prikazani rezultati testiranja. Sustav je srednje veličine s obzirom na zahtjeve korisnika i njegov cjenovni rang, kao u [5]. Rezultati mjerenja u probnom

radu ukazuju na razinu brzine, sigurnosti i pouzdanosti izvedenog sustava. Više mogućnosti dostupni su u [6] i [7].

### 2. SUSTAVI ZA OPORAVAK PODATAKA U SLUČAJU KATASTROFE



**Slika 1.** Općeniti prikaz Sustava za oporavak podataka u slučaju katastrofe [8]

Sustavi za oporavak podataka u slučaju katastrofe baziraju se na prijenosu sigurnosnih kopija podataka bez utjecaja na rad glavnog sustava. Općeniti prikaz takvog sustava prikazan je na Slici 1. Sustav se gradi kao telemetrijska centralna stanica za spremanje podataka iz dislociranih pojedinačnih stanica. Garantira se mogućnost pohrane, analize i čuvanja podataka, ali ujedno i točnost tih podataka. Oporavljanje od katastrofe (DR) čine proces, mjere i procedure koje su u svezi s pripremanjem oporavljanja (vraćanja u pretkatastrofno stanje) ili nastavak postojanja tehnološke infrastrukture od kritične važnosti nekoj organizaciji ili sustavu nakon što se zbila prirodna katastrofa ili katastrofa koju je izazvao čovjek.

Kod planiranja Sustava za oporavak podataka u slučaju katastrofe, kao primjerice u [9] i [10], postoje dvije karakteristike na temelju kojih se odlučuje o samoj izvedbi sigurnosnog kopiranja podataka. Prva karakteristika je RPO (eng. *Recovery Point Objective*), odnosno maksimalan prihvatljiv gubitak podataka, obično izražen u satima. Druga karakteristika je RTO (eng. *Recovery Time Objective*), odnosno maksimalna prihvatljiva nedostupnost servisa/podataka (eng. *downtime*), obično izražen u satima. RPO i RTO su za svakog korisnika različiti i zato ih treba pažljivo odrediti te prema njima napraviti Disaster Recovery plan.

Pri nadogradnjama postojećih IT sustava sa Sustavom za oporavak podataka u slučaju katastrofe potrebno je posebnu pozornost obratiti na analizu postojećeg stanja IT sustava. Funkcionalnost postojećeg sustava ne smije biti narušena nadogradnjom. Planiranje nadogradnje izvodi se opremom koja mora biti prilagođena postojećoj opremi. Stoga se u nekim slučajevima mora odustati od standardnih rješenja i kombinacija opreme, te za svaki pojedinačni slučaj odabrati optimalno rješenje.

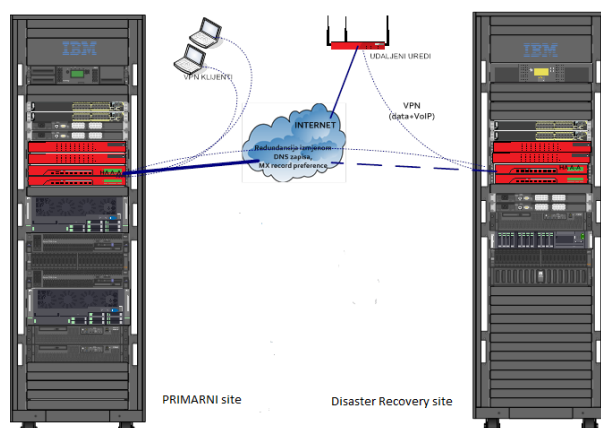
### 3. SUSTAVI ZA OPORAVAK PODATAKA U SLUČAJU KATASTROFE

Za korisnika je nakon analize postojećeg stanja izabrano optimalno rješenje Sustava za oporavak podataka u slučaju katastrofe. Prvo se provodi plan implementacije sustava s definiranim vremenskim rokovima te se dodatno korisniku objašnjava način funkcioniranja svakog komada opreme i svih aplikacija koje su potrebne za realizaciju projekta. Na temelju tog plana korisnik dostavljaju se potrebni podaci postojećeg sustava da bi se uspješno provela implementacija Sustava za oporavak podataka u slučaju katastrofe.

Za izvedeni sustav analiziran u ovom radu izabrani su na primarnoj lokaciji dva IBM UPS uređaja, dva ESXi hosta na IBM x3650 serverima za posluživanje virtualnih servera kojima upravlja VMware virtualni centar za management, jedan IBM Storwize V7000 za pohranu podataka, dva SonicWall NSA 3500 fizička Firewall-a, te dva nova Cisco switcha 2960.

Na Data Recovery strani se nalaze dva ESXi hosta realizirana pomoću Fujitsu RX servera, prebačena sa primarnog sitea za posluživanje virtualnih servera kojima upravlja VMware virtual centar za management. Na te servere je potrebno dodati procesorske snage, te RAM

memorije približne snage kao novi serveri na primarnoj strani, a na njih dodati jedan IBM Storwize V7000. Kroz IBM Storwize V7000 se virtualizira, dostupno u [11], postojeći Netapp FAS 2020 storage koji se izmješta s primarne lokacije. Također, na DR lokaciji postavlja se i dva SonicWall NSA 3500 fizička Firewall-a, te dva Cisco switcha 2960 koji su se nalazili na primarnoj strani. Tu se seli i Tape Library IBM TS3100, uređaj koji je zadužen za snimanje podataka s diskovnog podsustava na trake. Kasnije se te trake pohranjuju u sef ili neku sigurnu lokaciju. Takav način pohrane donosi dodatnu prednost u slučaju nestanka primarnog i DR site-a, ali što statistički gotovo nije moguće. Tada bi korisniku ostali podaci na trakama koji se mogu raspakirati i presnimiti na neki drugi hardver, te osigurali korisniku nesmetan rad. Opisana konfiguracija je prikazana na Slici 2.



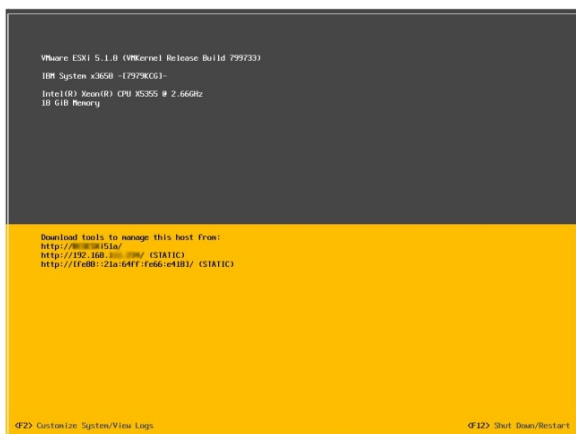
Slika 2. Shematski prikaz rješenja Sustava za oporavak podataka u slučaju katastrofe

Virtualizacija u užem smislu omogućava rad više logičkih ili aplikacijskih procesa na jednom fizičkom uređaju dijeleći na siguran i pouzdan način hardverske resurse između raznih virtualnih okruženja koja na njemu postoje. Danas virtualizacija obuhvaća pojmove kao što su virtualizacija poslužitelja (servera), virtualizacija desktopa, virtualizacija aplikacija, te u najširem smislu virtualizacija poslovanja (eng. *Cloud Computing*). Neke od prednosti u poslovanju koje donose tehnologije virtualizacije su uštede na nabavci i održavanju IT opreme, velika ušteda električne energije, oslobađanje kapaciteta postojeće IT opreme, ubrzana implementacija novih IT rješenja ili proširenja postojećih, jednostavnije upravljanje konfiguracijama te razvojnim, testnim i produkcijskim okruženjima.

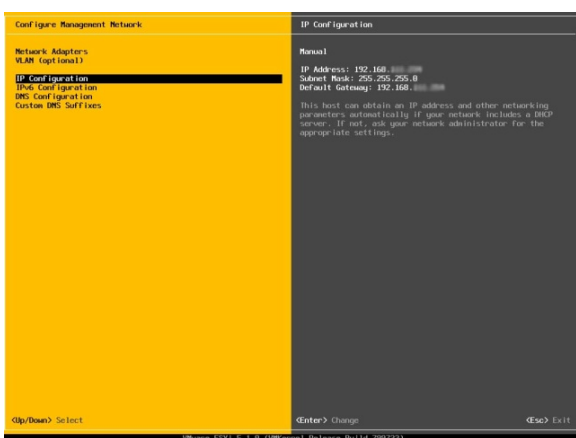
Uz navedena poboljšanja učinkovitosti upravljanja IT infrastrukturom, virtualizacija omogućava jednostavnije planiranje i provođenje upravljanja kontinuitetom poslovanja (eng. *Business Continuity*), te oporavka od ispada (eng. *Disaster Recovery*) i jednostavniju implementaciju visokodostupnih (eng. *High Availability*) sustava. VMware je jedan od najboljih programa današnjice za virtualizaciju servera, VMware ESXi predstavlja operativni sustav koji se instalira i vezan je direktno na fizički server. Operativni sustav prikazan je Slici 3. i Slici 4.

Programska podrška za navedenu opremu omogućava povezivanje ovakve konfiguracije u Sustav za oporavak

podataka u slučaju katastrofe. Rezultati mjerenja u probnom radu dani su za opisanu konfiguraciju sustava.



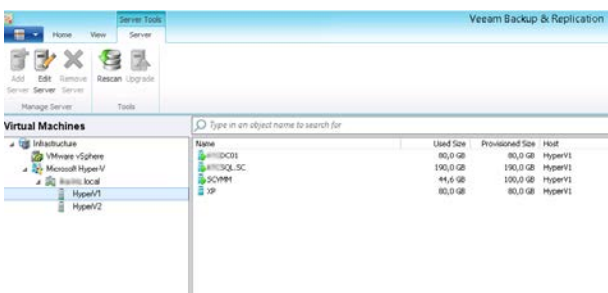
Slika 3. Izgled ESXi sučelja



Slika 4. Izgled ESXi IP

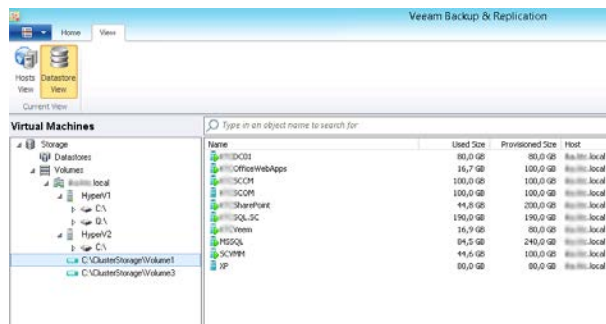
#### 4. REZULTATI PROBNOG RADA SUSTAVA

Mjerenja na izvedenom sustavu u probnom radu vrše se na virtualnim serverima koji su izvedeni samo za tu svrhu, te su vrlo slični produkcijskim virtualnim serverima. Tako se može pretpostaviti da će rezultati probnog rada odgovarati rezultatima sustava u radu na produkcijskim serverima. Ovaj način probnog rada izabran je da se ne bi dovelo u opasnost postojeće produkcijskim virtualnim serverima na koje se ovaj sustav nadograđuje. Sustav će uz pomoć IT opreme automatski kopirati sve podatke, a u slučaju potrebe u najkraćem roku učiniti ih dostupnima uz minimalan ljudski napor. Dio podataka u rezultatima skriven je zbog zaštite korisnika.



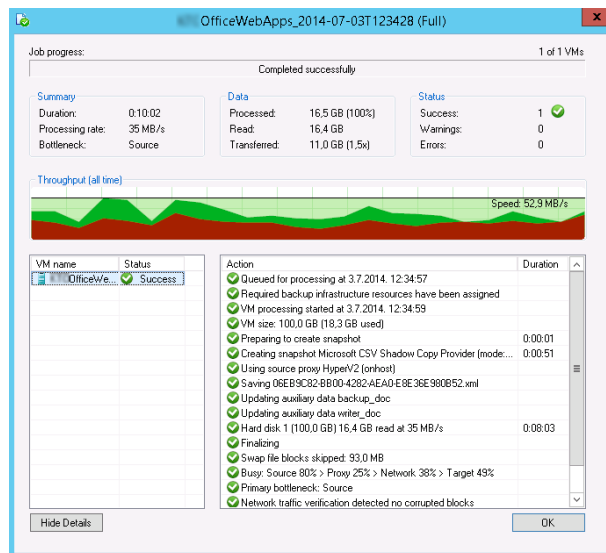
Slika 5. Dio Veeam Backup & Replication konzole

Na Slici 5. je prikazan izgled Veeam Backup & Replication konzole. S lijeve strane vide se hostovi, dok su s desne strane virtualni serveri na prvom hostu. Uz imena virtualnih servera vidi se podatak vezan za količinu prostora koju pojedini server zauzima na diskovnom sustavu, te na kojem od hostova se nalazi pojedini virtualni server.

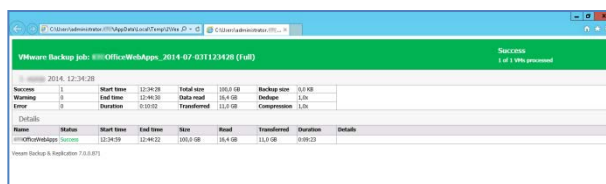


Slika 6. Prikaz Storage konfiguracije

Na Slici 6. prikazana je konfiguracija IBM Storwize-a V7000, odnosno kako Veeam vidi Storwize i hostove s Virtualnim serverima. Plavi okvir na slici pokazuje mjesto na Storwize-u gdje se nalaze virtualni serveri drugog hosta, dok su serveri vidljivi s desne strane. Naime, ti isti virtualni serveri su najmanje tri puta kopirani unutar Volume1, a zbog RAID polja na Storwize-u koje dodatno nastoji osigurati podatke. Ako na Storwize-u dođe do uništavanja jednog od Hard Diskova ti podaci neće biti izgubljeni jer se njihova kopija nalazi na barem još dva diska unutar Storwize-a.



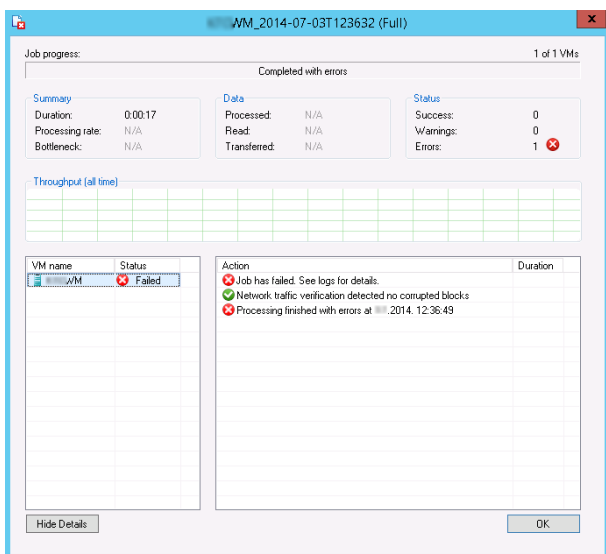
Slika 7. Detaljni prikaz uspješnog backupa



Slika 8. Izvještaj o uspješno provedenom backupu

Na Slici 7. i Slici 8. prikazani su detalji uspješnog backupa jednog virtualnog servera. Na njima je jasno

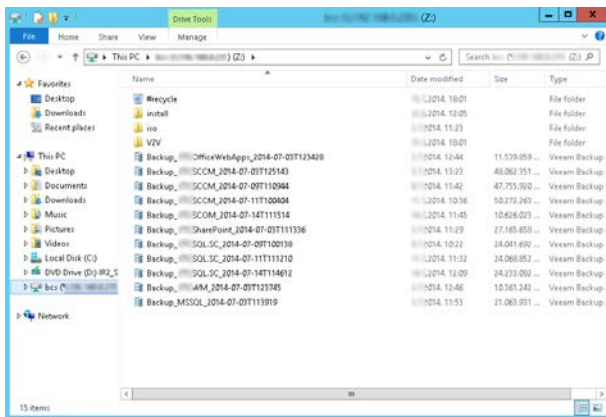
vidljivo koliko je ovom sustavu bilo potrebno vremena da prenese podatke, kolikom brzinom ih je prenosio, te u konačnici kolika količina podataka je kopirana. Na slikama je izvještaj koji možemo automatizmom generirati i uputiti administratorima sustava putem e-mail poruka. Dakle, sustav i u slučaju izvještavanja ima bitnu ulogu. Ovim načinom informacije o statusu replikacija dostupne su bez potrebe da administratori budu logirani na sustav. To je korisno u slučajevima kada se primjerice backup radi nekoliko puta u danu i noći, a administrator ne može biti logiran na sustav cijelo to vrijeme. Međutim e-mail poruke na mobilnom uređaju su mu stalno dostupne i mora reagirati samo u slučaju kada sustav pošalje izvještaj u kojem ga upozorava na neuspješno izvršen backup pojedinog virtualnog servera.



Slika 9. Primjer neuspjelog backupa virtualnog servera



Slika 10. Izvještaj o neuspješno izvedenom backupu

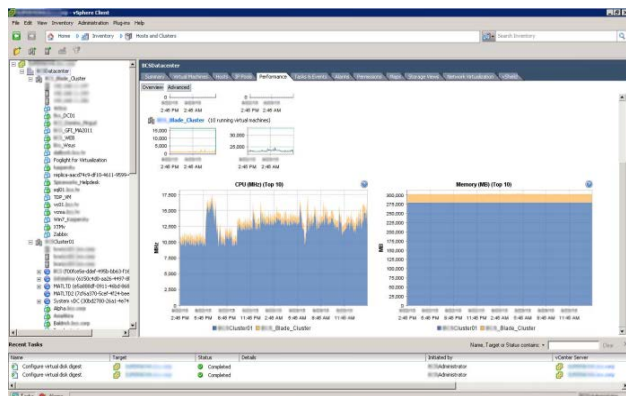


Slika 11. Izgled virtualnih servera nakon backup-a

Slika 9. i Slika 10. prikazuju primjer neuspjelog backup-a jednog virtualnog servera. Sustav je u ovom

slučaju parcijalno zakazao, administratoru je uspješno poslana e- mail poruka o neuspješnom backup-u. Dakle, sustav dojava i izvještavanja je u ovom sustavu ipak radio ispravno. Administrator sustava po primitku e-mail poruke mora reagirati u najkraćem roku kako bi otkrio uzrok neuspješnog backup-a.

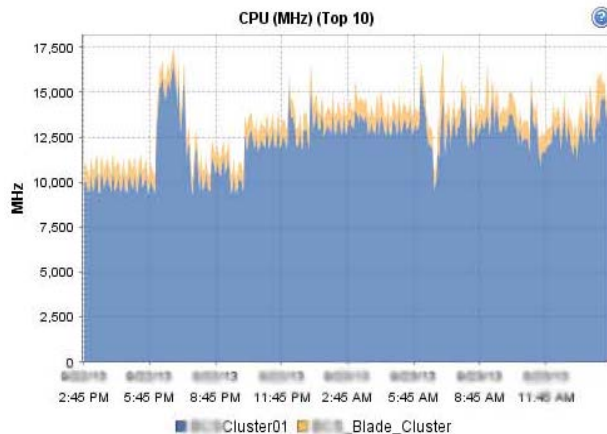
Slika 11. potvrđuje da ovaj sustav na DR lokaciji uspješno pohranjuje backup verzije pojedinih virtualnih servera na diskovni podsustav u slučaju da dođe do nedostupnosti primarne lokacije. Ove datoteke spašavaju testirani sustav jer se njihovim pokretanjem u VMware Virtual Centru na DR lokaciji testirani sustav vraća u stanje funkcionalnosti.



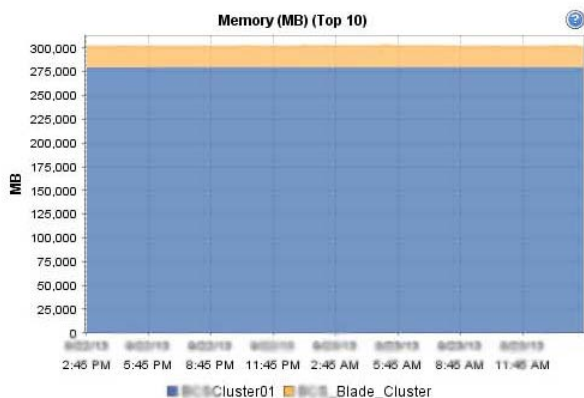
Slika 12. Izgled krajnjeg rezultata sa mjerenjima sustava u probnom radu

Slika 12. prikazuje VMware Virtual Centar na kojem je vidljivo da su dostupni Hostovi i virtualni serveri s primarne i DR lokacije, što dokazuje da telemetrijski sustav funkcionira na željeni način i da se virtualni serveri uredno kopiraju na DR lokaciju.

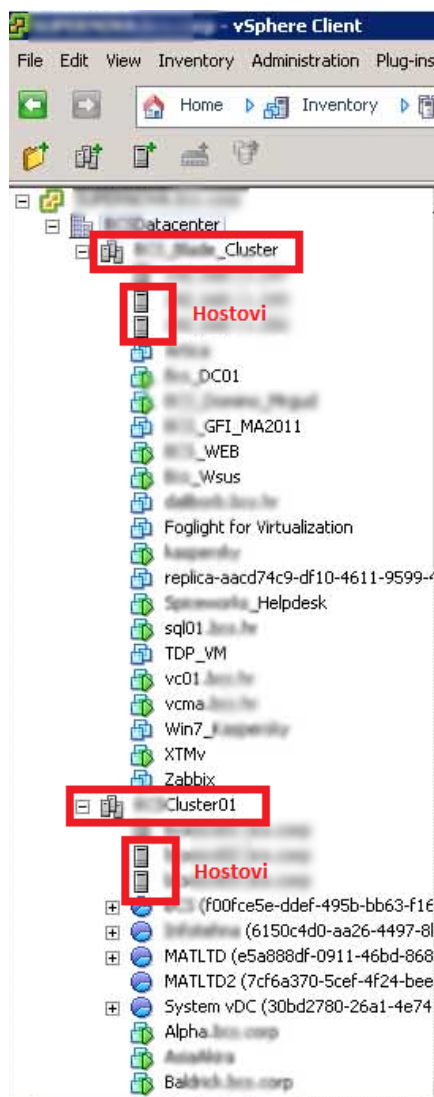
Slika 13. i Slika 14. prikazuju potrošnju procesorske snage i RAM memorije na primarnoj lokaciji (žuta boja) i DR lokaciji (plava boja). Vidljivo je da primarna lokacija troši više resursa, što se događa jer su trenutno na nju spojena sva klijent računala koja izvršavaju određene operacije u aplikacijama, a se nalaze na virtualnim serverima. Dakle, razlika resursa se troši na prikaz željenih podataka, njihovu izmjenu, te ponovno snimanje na diskovni podsustav.



Slika 13. Izgled primarne i DR strane nakon backup-a, detalj 1



Slika 14. Izgled primarne i DR strane nakon backup-a, detalj 2



Slika 15. Izgled primarne i DR strane nakon backup-a, detalj 3

Na Slici 15. vidi se oznaka *Cluster* koja označava cijelu primarnu lokaciju, te odmah ispod njezine Hostove i virtualne servere. Oznaka *Cluster01* označava DR lokaciju, te odmah ispod njezine Hostove i virtualne servere koji su kopirani s primarne lokacije no trenutno su ugašeni jer primarna lokacija funkcionira uredno.

## 5. ZAKLJUČAK

U cilju zadovoljavanja korisničkih zahtjeva izgrađen je telemetrijski sustav Disaster Recovery koji omogućuje brz i pouzdan backup podataka, te korisniku omogućuje oporavak u slučaju katastrofe na primarnoj lokaciji. Kopiranje podataka bazirano na metodama telemetrije i podizanje DR lokacije u slučaju katastrofe odvija se u unaprijed zadanim vremenskim okvirima. Probno kopiranje svakog pojedinog virtualnog servera obavljeno je nekoliko puta kako bi bilo sigurno da ne postoje varijacije u vremenskom periodu.

Za daljnji rad administratoru je važan samo pristup internetu kako bi se mogao spojiti na VPN tunel, što mu uveliko olakšava posao. Kada sustav radi stabilno potrebno je redovito kontrolirati automatski generirane izvještaje o uspješnosti kopiranja posjednog virtualnog servera. Temeljem rezultata može se konstatirati da je izgrađeni sustav potpuno funkcionalan i pouzdan, te je zadovoljio sve očekivanja i unaprijed zadane ciljeve korisnika.

## 5. LITERATURA

- [1] Philip, G.; Hodge, R.: Disaster area architecture: telecommunications support to disaster response and recovery, IEEE Military Communications Conference, San Diego CA, November 1995, 833-837 vol. 2
- [2] Zhang, G.; Yang, Y.; Mao, X.: Disaster recovery evaluation PROC model framework based on information flow, Proceedings on Computer Science and Network Technology Conference, Harbin, December 2011, 1841-1845
- [3] Alhazmi, O. H.; Malaiya, Y. K.: Evaluating disaster recovery plans using the cloud, Proceedings on Reliability and Maintainability Symposium, Orlando FL, January 2013, 1-6
- [4] Han, H.; Li, L.; Zhu, D.: Research and Implementation on Remote Disaster Recovery System, Proceedings on Computer Science & Service System Conference, Nanjing, August 2012, 875-879
- [5] Alhazmi, O. H.; Malaiya, Y. K.: Assessing Disaster Recovery Alternatives: On-Site, Colocation or Cloud, Proceedings on IEEE Software Reliability Engineering Workshops Symposium, Dallas TX, November 2012, 19-20
- [6] Ping, Y.; Bo, K.; Jinping, L.; Mengxia, L.: Remote disaster recovery system architecture based on database replication technology, Proceedings on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering, Chengdu, June 2010, 254-257 vol. 1
- [7] Yu, G.; Dongsheng, W.; Chuanyi, L.: DR-Cloud: Multi-cloud based disaster recovery service, Tsinghua Science and Technology, Vol. 19, No. 1 (2014) 13-23
- [8] <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg247938.pdf> (Dostupno 20. 10. 2014.)

- [9] Fallara, P.: Disaster recovery planning, Journal of Potentials, Vol. 22, No. 5 (2004) 42-44
- [10] Wu, R.; Li, R.; Fei, Y.; Yue, G.; Wen, J.: Research on Remote Heterogeneous Disaster Recovery Technology in Grid Computing Security, Proceedings on Semantics, Knowledge and Grid, Guilin, November 2006, 75
- [11] Xu, Y.; Yu, H.; Zheng, W.: A Consistent Backup Mechanism for Disaster Recovery that Using Container Based Virtualization, Proceedings on ChinaGrid Annual Conference, Beijing, September 2012, 95-100

**Kontakt autora:**

**Miroslav Zorić, bivši student**

Visoka tehnička škola u Bjelovaru  
Trg Eugena Kvaternika 4, 43 000 Bjelovar  
043 / 241 – 201; zoricmi@yahoo.com

**dr. sc. Igor Petrović**

Visoka tehnička škola u Bjelovaru  
Trg Eugena Kvaternika 4, 43 000 Bjelovar  
043 / 241 – 201; ipetrovic@vtsbj.hr

# DIJAGNOSTIKA I ODRŽAVANJE RAČUNALNOG HLAĐENJA

## DIAGNOSTICS AND MAINTENANCE OF COMPUTER COOLING

*Veljko Kondić, Marko Horvat, Damir Lacković*

Stručni članak

**Sažetak:** Promatrajući mehaničke, električke i računalne sustave oko sebe, može se prijetiti da oni izvršavaju određenu funkciju kroz određeno vremensko razdoblje. Nerijetko se i uvjerimo da se sustavi kvare, odnosno ne izvršavaju funkciju ili je ne izvršavaju na zadovoljavajući način. Tako je i sa računalima, nakon što zakaže hlađenje komponenata zapravo zakaže rad cijelog računala. Veća mogućnost kvara postoji kod računala koja nisu radila u savršenim uvjetima kao što su računala kao dio postrojenja.

**Ključne riječi:** održavanje, računalno hlađenje, kvar, dijagnostika, pouzdanost, hladnjak, ventilator

Professional paper

**Abstract:** Looking at the mechanical, electrical and computer systems around, it can be seen that they perform a particular function over a given period of time. Often these systems are corrupted or do not perform the function or do not perform as they should. Same is with PCs, after cooling system stop working whole computer system is down. Greater possibility of failure exists with computers that have not worked in perfect conditions, such as computers as part of the plant.

**Key words:** maintenance, PC cooling system, failure, diagnostic, reliability, cooler, fan

### 1. UVOD

U elektrotehnici potrebno je dizajnirati takve elektrotehničke (ili računalne, mikrotehnoološke, nanotehnoološke) sustave koji će raditi na zadovoljavajući način te koje je moguće dovesti u ispravno stanje kada je to moguće kako bi nastavio rad. Također je potrebno moći procijeniti koliko sustav može raditi i kada se (statistički) može očekivati da sustav više neće raditi. Takvo nadgledanje životnog vijeka sustava, odnosno uređaja naziva se održavanje [1,2,3].

Održavanje je skup akcija s ciljem da se sustav zadrži ili vrati u stanje u kojem izvršava zadanu funkciju. Uz održavanje veže se i pojam dijagnostike, koja predstavlja zaključivanje o mogućim greškama na temelju promatranja.

Otkazi u sustavi mogu biti:

- trenutni - slučajni i nepredvidivi
- postupni - kao rezultat degradacije i samim time su predvidivi

Otkaz je kvar nastao tokom eksploatacije u predviđenim uvjetima. Kako bi izbjegli otkaz, sustav je potrebno održavati. Razlikujemo korektivno i preventivno održavanje te održavanje prema stanju. Korektivno održavanje podrazumijeva popravak sustava nakon što je sustav pretrpio kvar, odnosno ne obavlja predviđenu funkciju. Preventivno održavanje podrazumijeva brigu i servisiranje sustava kako bi ostao u zadovoljavajućim radnim karakteristikama, koristeći

sustavni nadzor, detekciju i ispravak potencijalnog kvara prije nego dođe do njega. Održavanje prema stanju podrazumijeva praćenje degradacije dijelova kako bi se zamjenski dijelovi pripremili prije otkaza da ih se može pravodobno zamijeniti. Prednosti održavanja prema stanju su dostupnost i veća pouzdanost opreme. Pouzdanost je vjerojatnost da će sustav raditi na predviđeni način u određenom vremenu i u predviđenim radnim uvjetima, uz minimalne prekide uzrokovane greškama u dizajnu ili radu [1,2,4].

### 2. ODRŽAVANJE HLADNJAKA

#### 2.1. Opis problema

Najčešći uvjeti rada računala u industrijskim pogonima i postrojenjima najčešće nisu onakvi kakve je zamislio sam proizvođač računala, tj. samih komponenti. Najveći neprijatelj komponenata, a time i samog računala su:

- vlaga,
- prašina,
- vibracije,
- rad na visokim/niskim temperaturama, te
- varijacija napona zbog velikih potrošača električne energije [1].

Prašina je najveći uzrok kvarova. Nakon što se stvori sloj prašine na nekoj od komponenata, sam sloj se ponaša kao



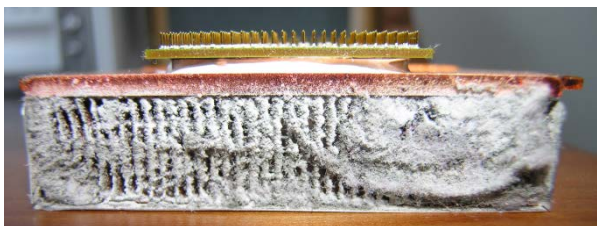
izolator i samim time se povećava radna temperatura komponente. Kao krajnji rezultat dolazi do prestanak rada nekih od važnijih komponenata kao što su:

- napajanje,
- procesor,
- chipset, itd.

Ako je u postrojenju sama radna temperatura veća od prosjeka i još ako neka komponenta ima rizičan stupanj pregrijavanja vrlo je vjerojatno da će računalo ubrzo izgubiti radnu sposobnost, najprije performanse rada, a u krajnjem slučaju konačni zastoj rada računala te time zastoj postrojenja. Samim time pogon ne može proizvoditi i nalazi se u gubitku, a i sama zamjena komponenata i time financijska potreba je veća nego da se je računalo bilo podvrgnuto preventivnom pregledu i da su se otklonile greške [1,2].

Zastojem računala proizvodnja trpi, a k tome povećavaju se i troškovi održavanja, jer tu komponentu, odnosno komponente, više ne treba samo pregledati nego i zamijeniti.

Sam hladnjak (slika 1) se sastoji od metalne jezgre i ventilatora (slika 2) ili opet samog ventilatora ako se radi o protočnim ventilatorima (slika 3). Općenito, hladnjak je vrlo jednostavna komponenta te samim time je jednostavno i održavanje.



Slika 1. Hladnjak procesora prijenosnog računala



Slika 2. Hladnjak procesora [5]



Slika 3. Dijelovi ventilatora [6]

Komponenta koja najčešće kvari kod hladnjaka je ležaj. U računalnim hladnjacima se najčešće koriste sljedeće vrste ležajeva: Ball bearing (kuglični, najviše korišten), Sleeve bearing, Hydrodynamic bearing odnosno Fluid dynamic bearing (skraćeno FDB – ležajevi u današnjim HDD-ovima) i Rifle bearing, primitivni tip ležajeva sličan sleeve bearingu, inače jako rijedak [1].

Ball bearing (slika 4) najrobusniji je tip ležajeva. Vijek trajanja im je obično oko 50000 radnih sati i to neovisno o temperaturi, dok sleeve ležajevi izdrže tek 30000 radnih sati i to ovisno o temperaturi [7]. Ball bearing je ujedno i najčešći tip ležajeva, osobito u napajanjima, gdje je na prvom mjestu pouzdanost.



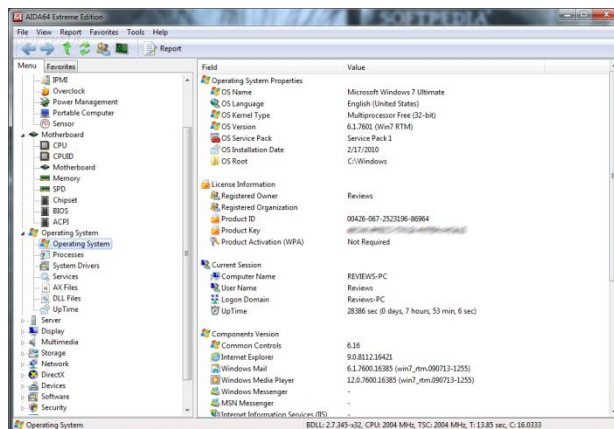
Slika 4. Ball-bearing (kuglični) ležaj [7]

## 2.2. Metodologija

Računalo kao objedinjen uređaj od komponenata (napajanje, matična ploča, tvrdi diskovi,...) često je teško pravilno dijagnosticirati. Na dijagnostiku se potroši čak 85% vremena kako bi se našao kvar, a nakon toga i otklonio. U nastavku rada je prikazan postupak kako pravilno dijagnosticirati i zamijeniti hladnjak kao važnu komponentu u održivosti računala u ispravnom stanju.

Prvi korak u dijagnosticiranju rada računala je upotreba nekog od softverskih dijagnostičkih alata. Takav jedan alat, AIDA64 prikazan je na slici 5.

AIDA64 je program za dijagnostiku i sustavno vrednovanje u Windowsima. Program sadrži čitav niz alata za provjeru stabilnosti sustava prilikom overclockinga, alata za dijagnostiku hardwarea kao i razne senzore [8].

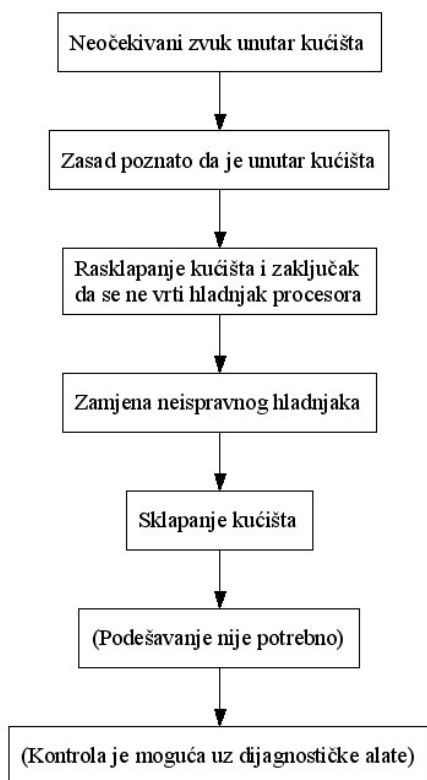


Slika 5. Dijagnostički alat AIDA64 [9]

Ukoliko je sama temperatura neke komponente veća nego što je sam proizvođač komponente predvidio da bi trebala biti u nekom normalnom radu, treba posumnjati na mogući kvar i samim time poduzeti postupak preventivnog održavanja.

Također prema zvuku možemo zaključiti i dijagnosticirati stanje hladnjaka. Ukoliko ventilator proizvodi zvukove koji odstupaju od standardne buke koju je propisao proizvođač, potrebno je detaljnije rastavljanje i dijagnosticiranje.

Na slici 6. prikazan je primjer hodograma aktivnosti provjere stanja ventilatora prilikom pojave nestandardnih zvukova.



**Slika 6.** Hodogram aktivnosti prilikom pojave nestandardnih zvukova

Najprije je potrebno rasklapanje i lokalizacija uzroka kvara ili anomalije. Nakon što se utvrdi dali je potrebna zamjena ili samo preventivna reparacija ventilatora.

Ako se dijagnostičkim postupcima utvrdi da nije potrebna zamjena uređaja već manji „servis“ hladnjaka tada se rastavlja, čisti i podmazuje (slika 7).

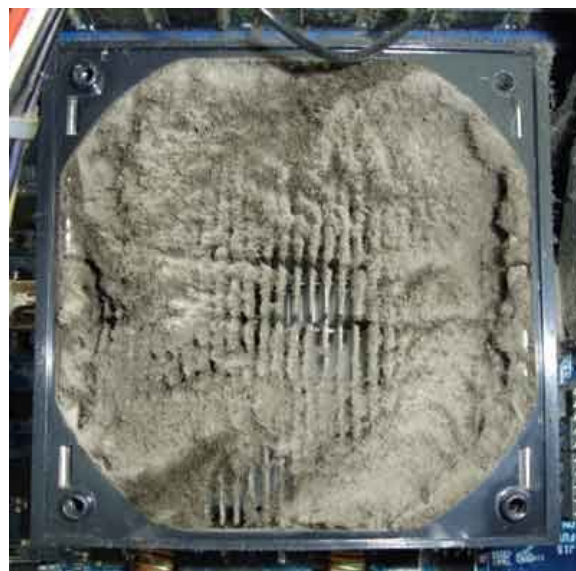


**Slika 7.** Pristupanje rastavljanju

Kada je ventilator/hladnjak odspojen (bilo hladnjak CPU-a, napajanja ili kućišta) potrebno je očistiti lopatice ventilatora od prašine i grinje kao što je prikazano na slici 8 i 9.



**Slika 8.** Čišćenje lopatica



**Slika 9.** Čišćenje hladnjaka

Kada se očiste lopatice potrebno je skinuti poklopac na poleđini ventilatora (ukoliko se nalazi naljepnica potrebno ju je skinuti, te zatim lagano izvaditi gumeni poklopac) kako je prikazano slici 10.



**Slika 10.** Pristup ležaju

Nakon pristupanja ležaju ventilatora potrebno je podmazati sam ležaj uljem namijenjenim podmazivanju finomehaničkih strojeva (slika 11). Dovoljna je jedna kap.



Slika 11. Podmazivanje kugličnog ležaja

Nakon što je izvršeno podmazivanje potrebno je sve sklopiti redom kako je i rastavljeno.

Potrebno je 2-3 minute kako bi se ulje po ležajevima rasporedilo i smanjilo trenje, time buku i vibracije na samom ventilatoru.

### 3. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je postupak održavanja računala koja se nalaze u nesvakidašnjem radnom okruženju u kojima uvjeti nisu kao kod kućnih korisnika. Spomenutom dijagnostikom i pravilnim održavanjem produžuje se životni vijek komponenti. Konkretno u ovom primjeru kod rashladnih sistema produžuje se životni vijek samih hladnjaka, a time i računala.

### 4. LITERATURA

- [1] Maršić, D.: Uvod u održavanje računala, 2006.
- [2] Kondić, Ž.: Kvaliteta i pouzdanost tehničkih sistema, Tiva, Varaždin, 2002
- [3] Čala, I.: Održavanje opreme, Inženjerski priručnik – IP4, Proizvodno strojarstvo, treći svezak – Organizacija proizvodnje, Školska knjiga, Zagreb, 2002.
- [4] Majdančić, N.: Strategije održavanja i informacijski sustavi održavanja, Strojarski fakultete u Slavanskom Brodu, Slavonski Brod, 1999.
- [5] [http://www.dimercom.mx/index.php?route=mobile\\_store/product&product\\_id=646](http://www.dimercom.mx/index.php?route=mobile_store/product&product_id=646) (Dostupno:21.01.2015.)
- [6] <http://uk.hardware.info/productinfo/1796/cooler-master-ultra-silent-120mm#tab:photos> (Dostupno:10.01.2015.)
- [7] <http://www.sabearings.com/en/products/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/> (Dostupno:14.01.2015.)

- [8] <http://www.softpedia.com/reviews/windows/AIDA64-Extreme-Edition-Review-191835.shtml> (Dostupno:25.01.2015.)
- [9] <http://www.vidi-vishe.com/aida64-extreme-edition/> (Dostupno:27.01.2015.)

Kontakt autora:

**Veljko Kondić, mag. ing. mech.**

Sveučilište Sjever  
Sveučilišni centar Varaždin  
104. brigade 3  
42000 Varaždin  
e-mail: veljko.kondic@unin.hr

**Marko Horvat, dipl. ing.**

Sveučilište Sjever  
Sveučilišni centar Varaždin  
104. brigade 3  
42000 Varaždin  
e-mail: marko.horvat@unin.hr

**Damir Lacković, bivši student**

Sveučilište Sjever  
Sveučilišni centar Varaždin  
104. brigade 3  
42000 Varaždin  
e-mail: marko.horvat@unin.hr

# ANALIZA VIŠIH HARMONIKA ŠESTOPULSNOG ISPRAVLJAČA SPREGA TRANSFORMATORA YgY

## ANALYZE OF HIGHER HARMONIC SIX PULSE RECTIFIER TRANSFORMER CONNECTION YgY

*Midhat Umihanić*

Stručni članak

**Sažetak:** *Nelinearni potrošači injektiraju više harmonijske komponente struje u sistem koje, protjecanjem kroz sistem, uzrokuje distorziju napona napajanja. Elementi energetske elektronike, zbog svojih nelinearnih karakteristika, narušavaju sinusni valni oblik napona i struje. Cilj rada je analiza uzroka i posljedice nastanka viših harmonijskih komponenti kao i način njihovog eliminiranja. U radu je izvršena analiza viših harmonika šestopulsnog ispravljača, koji se napaja preko transformatora sprega YgY. Analiza je izvedena na osnovu simulacije u programskom paketu MATLAB/PSB. Snimljeni su valni oblici struja i napona na primarnoj i sekundarnoj strani transformatora kao i harmonijski sadržaji struja na primarnoj i sekundarnoj strani transformatora s proračunom indikatora distorzije valnog oblika struje-THDI.*

**Ključne riječi:** *Više harmonijske komponente, nelinearni potrošač, THDI.*

Professional paper

**Abstract:** *Nonlinear appliances inject higher harmonic components of the current into the system, which by the flow through the system have distortion of the voltage while power feeding. The elements of the power electronics due to its nonlinear characteristics disturb the sinus wave shape of the voltage and the current. The aim of this work is the analysis of the samples and the consequences of the appearance of higher harmonic components as well as the methods of their elimination. The analysis of the higher harmonic six pulse rectifier, which gets its power through connection of the transformer YgY, is also conducted. The analysis is derived on the basis of simulation in programme package MATLAB/PSB. Wave shape of the current and voltage are recorded on the primary and secondary side of the transformer and their harmonic content of the current on the primary and secondary side of the transformer including the results of the distortion indicator of the current wave shape-THDI.*

**Keywords:** *higher harmonic components, nonlinear consumers, THDI*

### 1. UVOD

Krajem pedesetih i tokom šezdesetih godina došlo je do naglog razvoja snažnih poluvodičkih komponenti (tiristori i snažni bipolarni tranzistori). Pojavljuju se poluvodički energetske elektronski pretvarači, koji u potpunosti potiskuju one s vakuumskim elementima. Većinu energetskih elektronskih pretvarača čine oni koji se vezuju na naizmjeničnu mrežu (ispravljači, mrežom komutirani izmjenjivači, regulatori naizmjeničnog napona, ciklopretvarač). Zbog svoje prekidačke prirode rada oni predstavljaju nelinearne potrošače za mrežu i izazivaju pojavu izobličenja valnog oblika struje i napona [1].

Pokazuje se da se matematičkom analizom izobličenih valnih oblika, korištenjem Fourierovih redova, mogu ovi izobličeni oblici predstaviti nizom sinusnih funkcija različitih frekvencija. Ove frekvencije su cjelobrojni umnožak osnovne (dominantne)

frekvencije analiziranog signala i nazivaju se viši harmonici [2].

U ovom radu stavlja se akcent na pojavu viših harmonijskih komponenti u elektroenergetskoj mreži uslijed nelinearnosti potrošača. Najčešći nelinearni potrošači su energetske elektronski pretvarači (ispravljači, izmjenjivači...). Ispravljači, kao najčešće korišteni energetske elektronski pretvarači, jedan su od glavnih izvora viših harmonika.

Upravo zbog velike prisutnosti nelinearnih potrošača u mreži, analiza kvalitete električne energije, odnosno analiza viših harmonika dobiva sve više na značaju iz ekonomskih razloga.

Proizvođači, odnosno distributeri električne energije, suočeni su s dva dijametralno suprotna zahtjeva. S jedne strane elektronička oprema zahtijeva kvalitetan (sinusni) napon, dok s druge strane ista ta oprema ubacuje u mrežu više harmonijske komponente, odnosno nesinusnu struju koja tako narušava kvalitetu električne energije.

## 2. POSLJEDICE VIŠIH HARMONIKA U MREŽI

Sve komponente energetskog sistema, kao i potrošači koji se priključuju na sistem, podrazumijevaju sinusne oblike napona i struje, pa svaka pojava viših harmonika ima negativne efekte [3]. Negativni efekti koji se javljaju kao posljedica viših harmonika su:

1. Pojava rezonancije u mreži,
2. Utjecaj na kondenzatorske baterije,
3. Utjecaj na elemente za zaštitu,
4. Utjecaj na točnost pokazivanja standardnih mjernih instrumenata,
5. Dodatni gubici u električnim strojevima,
6. Utjecaj na telekomunikacijske signale,

### 2.1. Pojava rezonancije u mreži

Prisutnost kapacitivnosti u mreži može uzrokovati pojavu lokalne rezonancije [1]. To izaziva pojavu prevelikih struja i povećanje napona. Takvo stanje dovodi do kvarova najčešće na samim kondenzatorima, a i na drugim komponentama sistema. Postoji serijska i paralelna rezonancija.

Serijska rezonancija javlja se kada je na potrošaču paralelno vezana kondenzatorska baterija. Odlikuje se malom impedancijom i velikim naponima.

Paralelna rezonancija javlja se u više slučajeva, a najčešće ako je kondenzator na istoj sabirnici kao i harmonijski izvor. Odlikuje se velikom impedancijom i velikim naponima. Pojava rezonancije u mreži utječe na kondenzatorske baterije, na rad zaštitnih uređaja (releji,...) itd.

### 2.2. Utjecaj na kondenzatorske baterije

Kondenzatori, koji čine kondenzatorske baterije za popravku faktora snage ili su u sastavu filtera ili se pojavljuju u nekom drugom sklopu, ugroženi su pojavama prenapona ili velikim vrijednostima struja. Prisutnost harmonika u naponu izaziva dodatne gubitke

$$P_g = \sum_{n=1}^{\infty} ctg \delta \omega_n U_n^2 \quad (1)$$

s tim da je  $C$  kapacitivnost kondenzatora,  $tg \delta = R\omega C$ ,  $\omega_n = 2\pi n f$ ,  $U_n$  - efektivna vrijednost  $n$ -tog harmonika napona.

Serijska i paralelna rezonancija između kondenzatora i ostatka mreže izaziva prenapone i visoke vrijednosti struja, što povećava gubitke i pregrijavanje kondenzatora dovodi do smanjivanja životnog vijeka ili proboja dielektrika. Stoga se kondenzatori izgrađuju prema različitim standardima koji definiraju različite nivoe strujnog napreznja.

### 2.3. Utjecaj na elemente za zaštitu

Prisutnost harmonika u mreži česti je uzrok smetnji za upravljačke signale koji upravljaju elementima zaštite ili se upotrebljavaju za daljinsku kontrolu i upravljanje.

Negativni efekti manifestiraju se u nepravilnom radu prijemnika, kao i mogućim kvarovima na opremi.

### 2.4. Utjecaj na točnost pokazivanja standardnih mjernih instrumenata

Pojava mjernih veličina bogatih harmonicima izaziva grešku koja izlazi iz okvira klase instrumenta. Njeno određivanje predstavlja značajan podatak, naročito kod pogonskih istraživačkih mjerenja, obračuna utrošene električne energije i sl. Zbog različite konstrukcije mjernih uređaja, utjecaj harmonika na instrumente za mjerenje napona, struje i snage, odnosno na instrumente za mjerenje utrošene električne energije, razlikuje se. Stoga je važno znati koji je postotni iznos harmonika i koliko oni utječu na točnost mjerenja.

Posljednjih godina traži se izlaz od sve većeg utjecaja nelinearnih potrošača na mjerenje i obračun električne energije u digitalnim brojlilima [3]. Najvažnija komponenta u ovim brojlilima su A/D pretvarači (jedan za struju i jedan za napon), koji se pomoću sinkronizirajućih krugova priključuju simultano na po jednu fazu. Točnost ovakvog brojila zavisi direktno od A/D pretvarača.

### 2.5. Dodatni gubici u električnim strojevima

Kod transformatora prisutnost harmonika napona povećava histereze i gubitke uslijed vrtložnih struja, kao i napreznja izolacije. Protok harmonika struje povećava gubitke u bakru tj. Joulove gubitke. Posebno su izraženi gubici u namotima spregnutim u trokut, zbog cirkuliranja harmonika struje koji su višekratnik od 3, pa se oni moraju predvidjeti kod projektiranja (naročito ako se radi o ispravljačkom transformatoru). Utjecaj viših harmonika izražava se Field-ovim faktorom, kojim se povećava (množi) izraz za aktivnu snagu gubitaka. Za viši harmonik reda  $h$  izraz za aktivnu snagu gubitaka postaje:

$$P_{dod(h)} = k_{F(h)} \cdot R_{dc} \cdot i_{(h)}^2, \quad k_{F(h)} \geq 1 \quad (2)$$

gdje je  $k_{F(h)}$  Field-ov faktor,  $R_{dc}$  omski otpor jednosmjerne struje, a  $i_{(h)}$  vrijednost struje  $h$ -tog harmonika.

Kod rotacijskih električnih strojeva javljaju se dva efekta: povećani gubici i parazitni momenti. Gubici uslijed prisutnosti viših harmonika se javljaju i u rotorskom i u statorskom kolu, kao i u feromagnetima. U rotorskim i statorskim provodnicima mogu biti veći od gubitaka uslijed otpornosti, zbog vrtložnih struja i skin efekta. U feromagnetiku doprinose povećanju gubitaka u željezu.

### 2.6. Utjecaj na telekomunikacijske signale

Harmonici se u telekomunikacijskom sistemu generiraju, tj. prenose elektromagnetnom interferencijom i to naročito u slučajevima kada su energetski i telekomunikacijski kablovi postavljeni blizu, u istom kanalu ili po podu, jedan pored drugog. Glavni izvor harmonika su energetski elektronski pretvarači, a

najveći problemi se javljaju u poštam (na telefonskim signalima) i u poslovnim zgradama s velikim brojem računala ili terminala (na računarskim komunikacijama).

### 3. METODE ZA UBLAŽAVANJE ILI ELIMINIRANJE VIŠIH HARMONIKA

Viši harmonici su stalno prisutni u mreži u većem ili manjem postotku. Međutim, u određenom trenutku oni mogu postati problem. To se dešava ako je izvor harmonika suviše velik, ako je putanja harmonika struje preduga, odnosno ako je reaktancija kruga velika, ili ako je odziv sistema takav da dovodi do pojačanja harmonika (rezonancija). Da bi se harmonijski problem smanjio ili eliminirao postoji nekoliko osnovnih metoda:

1. Smanjenje intenziteta harmonijskih struja,
2. Ugradnje filtara,
3. Promjena rezonantne frekvencije sistema.

#### 3.1. Smanjenje intenziteta harmonijskih struja

Metode smanjenja intenziteta harmonijskih struja podrazumijevaju mijenjanje načina rada pogona koji generiraju harmonike. Tu se zapravo radi o promjeni topologije mreže. To je teško praktično izvesti, jer može utjecati na kompletan proizvodni proces. Rješenje problema moguće je izvesti prilikom projektiranja.

Drugi način smanjenja intenziteta harmonijske struje je sprega namota transformatora u trokut, što dovodi do blokiranja daljeg toka svih harmonika koji djeljivih sa 3.

Unošenjem faznog pomaka od 30 stupnjeva, sprežanjem sekundara transformatora u zvijezdu i trokut dobiva se efekt 12-pulsnog ispravljača, odnosno eliminiraju se 5-ti i 7-mi harmonik.

#### 3.2. Ugradnja filtara

Cilj postavljanja filtara je da se osigura niska impedancija za harmonike struje i na taj način spriječi njihovo širenje u mrežu. Zbog toga se filtri najčešće postavljaju paralelno potrošaču i sastoje se od kondenzatora s dodanom prigušnicom. Rezonantna frekvencija filtra proračunava se uvijek da bude nešto ispod frekvencije dominantnog harmonika.

Postoje aktivni i pasivni filtri. Pasivni se uglavnom ugrađuju paralelno na izvor harmonika. Nedostatak ove vrste filtra je što posjeduju vlastiti kapacitet i induktivitet i time mogu smanjiti rezonantnu frekvenciju i pogoršati uvjete za rezonanciju. Također je izražen i efekt starenja dielektrika koji ima za posljedicu smanjenje kapaciteta kondenzatora, odnosno povećanje rezonantne frekvencije. Detaljnije o vrstama i metodama projektiranja filtra može se naći u [4].

Aktivni filtri su elektronski pretvarači koji su programirani za vršenje kompenzacije viših harmonika. Oni prate injekciju nesinusne struje i na osnovu toga generiraju takvu koja, kada se superponira s harmonijskom strujom, daje "čistu" sinusoidu. Složenije

konfiguracije omogućuju potpuno otklanjanje svih poremećaja koji utječu na kvalitetu električne energije [5].

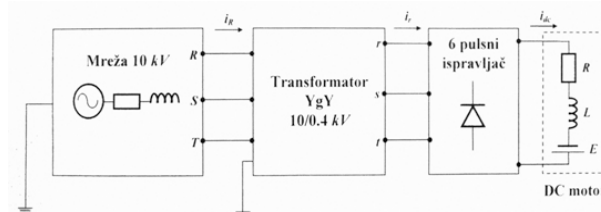
### 3.3. Promjena rezonantne frekvencije sistema

Ova metoda se najčešće koristi kada su u sistemu ili kod potrošača prisutne kondenzatorske baterije za kompenzaciju reaktivne energije. Njihova rezonantna frekvencija je često blizu frekvencije karakterističnih harmonika, pa dolazi do neželjenih negativnih pojava. Problem se obično rješava mijenjanjem veličine kondenzatora, dodavanjem serijske impedancije, pomicanjem kondenzatora na drugu sabirnicu ili pak potpunim uklanjanjem kondenzatora iz mreže.

## 4. ANALIZA VIŠIH HARMONIKA PRIMJENOM SIMULACIJE

U svrhu detekcije problema nelinearnog opterećenja analizirat će se dio trofazne električne mreže gdje se preko transformatora sprega YgY napaja istosmjerni motor preko šestopulsnog nosnog neupravljivog ispravljača. Simulacija je realizirana pomoću programskog paketa MATLAB/PSB.

Na slici 1 prikazan je model analiziranog dijela trofazne električne mreže.



Slika 1. Analizirani dio mreže

Parametri modela su:

Mreža:

Naponski nivo:  $U_n = 10 \text{ kV}$  (linijski napon)

Fazni kut prve faze  $\varphi = 0$

Parametri mreže:  $R_s = 2.75 \Omega$ ;  $L_s = 0.035 \text{ H}$

Transformator (linearni model):

Nazivna snaga  $S_n = 50 \text{ kVA}$

Prijenosni odnos transformatora:  $10/0.4 \text{ kV}$

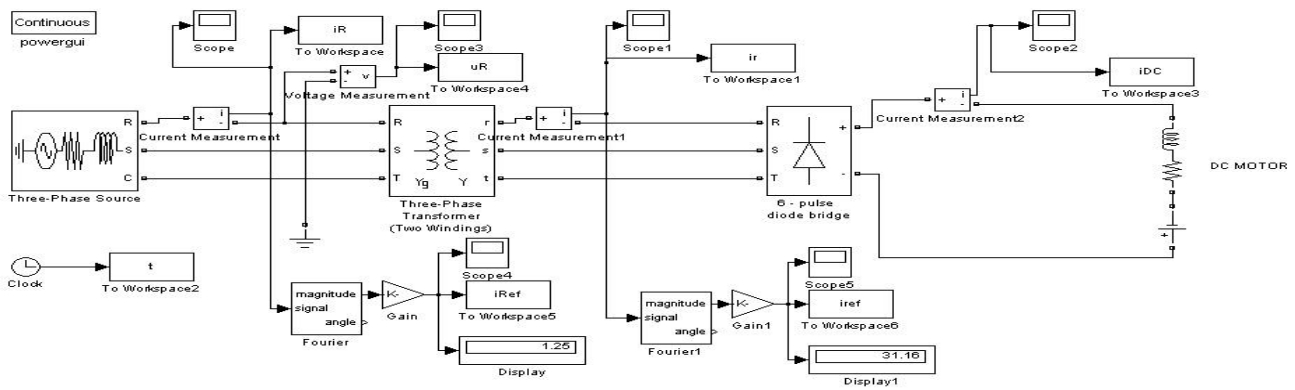
Radni otpor i reaktancija primarnog i sekundarnog

namotaja:  $R_p = R_s = 0.0025 \text{ p.u.}$ ;  $X_p = X_s = 0.06 \text{ p.u.}$

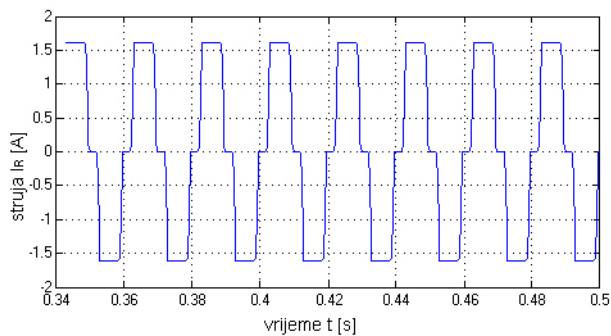
Parametri grane magnetiziranja:  $R_m = 500 \text{ p.u.}$ ;  $X_m = 500 \text{ p.u.}$

Parametri DC motora:  $R = 9.22 \Omega$ ;  $L = 0.5 \text{ H}$ ;  $E = -150 \text{ V}$

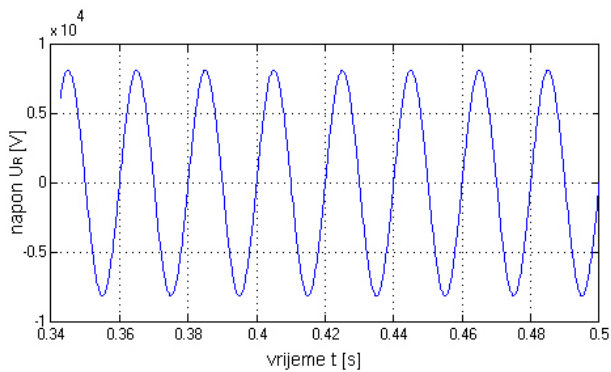
Simulacijski model date električne mreže u MATLAB-u prikazan je na slici 2. Simulacijom navedenog modela će se utvrditi valni oblik struje faze R na 10 kV naponskom nivou. Nakon izvršene simulacije valni oblik struje faze R na primarnoj strani transformatora prikazan je na slici 3. Valni oblik napona faze R i nultog provodnika prikazan je na slici 4.



Slika 2. Simulacijski model analiziranog dijela mreže

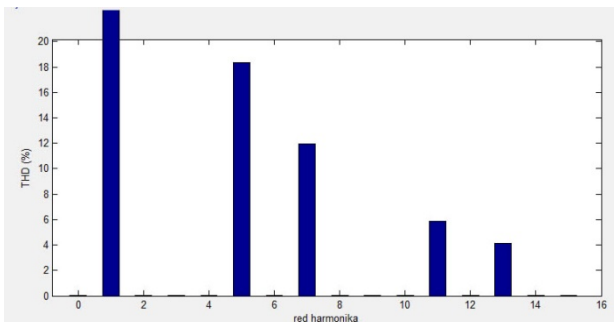


Slika 3. Valni oblik struje  $i_R$  na primarnoj strani transformatora



Slika 4. Valni oblik napona faze R i nultog vodiča na primarnoj strani transformatora

Harmonijski sadržaj struje  $i_R$  na primarnoj strani transformatora, prikazan je na slici 5.

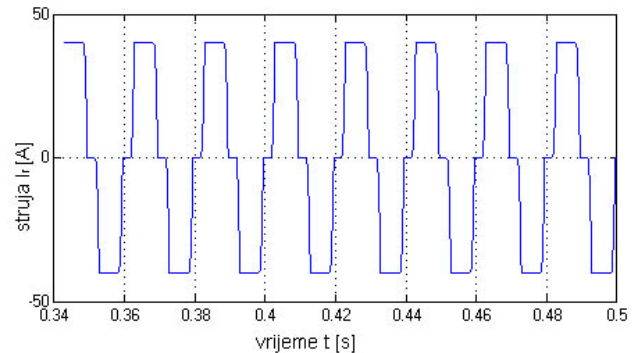


Slika 5. Harmonijski sadržaj struje  $i_R$  na primarnoj strani transformatora

Na osnovu vrijednosti dobivenih simulacijom izveden je proračun indikatora harmonijske distorzije struje na sljedeći način:

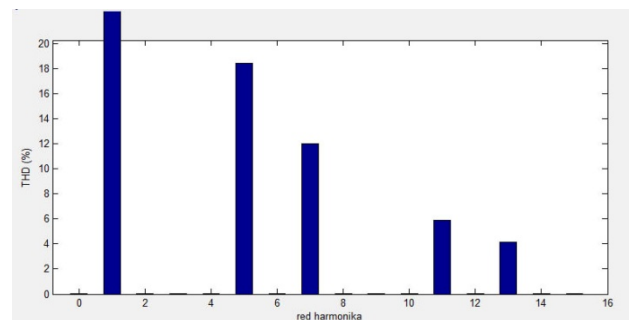
$$THDI_R = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \cdot 100\% = 23,25\% \quad (3)$$

Valni oblik struje faze r na sekundarnoj strani transformatora je prikazan sa slici 6.



Slika 6. Valni oblik struje  $i_r$  na sekundarnoj strani transformatora

Harmonijski sadržaj struje  $i_r$  na sekundarnoj strani transformatora, do 15-og harmonika, prikazan je na slici 7.

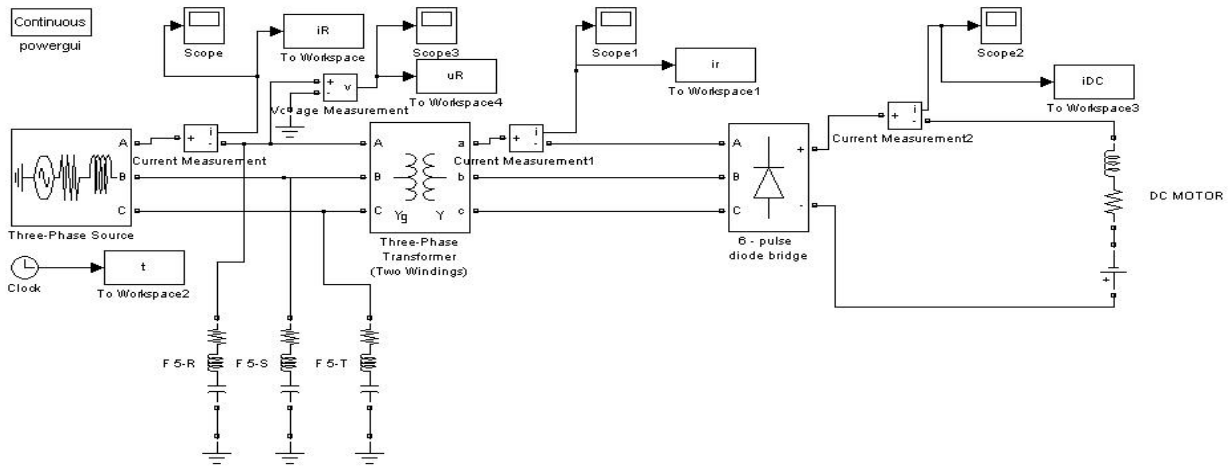


Slika 7. Harmonijski sadržaj struje  $i_r$  na sekundarnoj strani transformatora

### 4.2. Simulacijski model s jednim filtrom

Kako bi se pokazao efekt ublažavanja ili eliminiranja viših harmonika ugradnjom filtera, na istom simulacijskom modelu dimenzionirati će se jedan trofazni filter. Simulacijski model sa jednim filtrom prikazan je na slici 8.

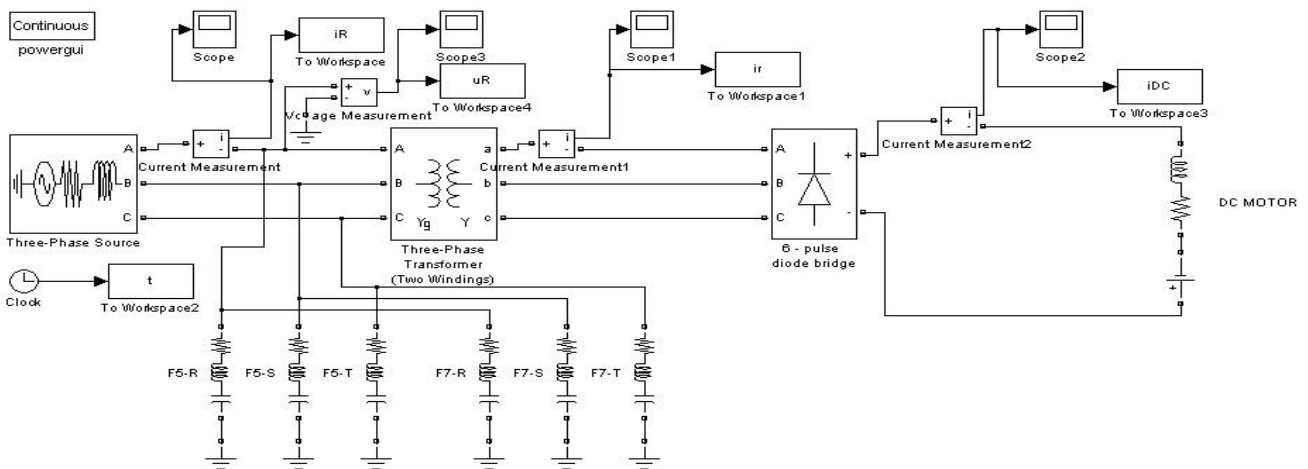
Harmonijski sadržaj struje faze R na primarnoj strani transformatora sa jednim filtrom, prikazan je na slici 11. Može se zaključiti da se sa ugradnjom jednog filtra postiglo eliminiranje petog, ali i sedmog harmonika struje  $i_R$ . Proračun TDHI u tom slučaju se izvodi na sljedeći način:



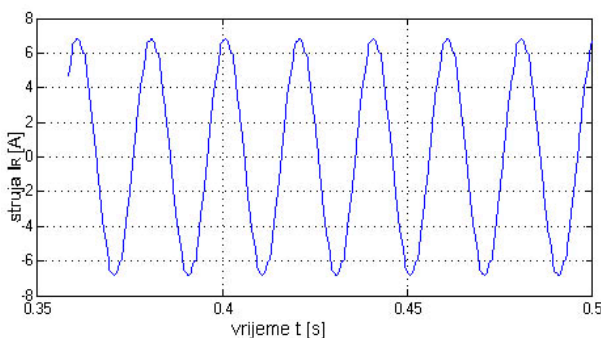
Slika 8. Simulacijski model analiziranog dijela mreže sa jednim trofaznim filtrom

Ugrađeni trofazni filter dimenzioniran je za eliminiranje maksimalne harmonijske komponentne struje faze R na 10 kV strani transformatora. Snimljeni valni oblik struje  $i_R$  na primarnoj strani transformatora, kada je ugrađen jedan trofazni filter, prikazan je na slici 10.

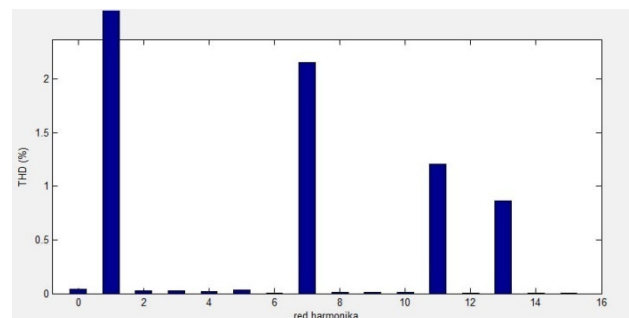
$$THDI_R = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \cdot 100\% = 2,70\% \quad (4)$$



Slika 9. Simulacijski model analiziranog dijela mreže sa dva trofazna filtera



Slika 10. Valni oblik struje  $i_R$  na primarnoj strani transformatora sa jednim trofaznim filtrom



Slika 11. Harmonijski sadržaj struje  $i_R$  na primarnoj strani transformatora s jednim trofaznim filtrom

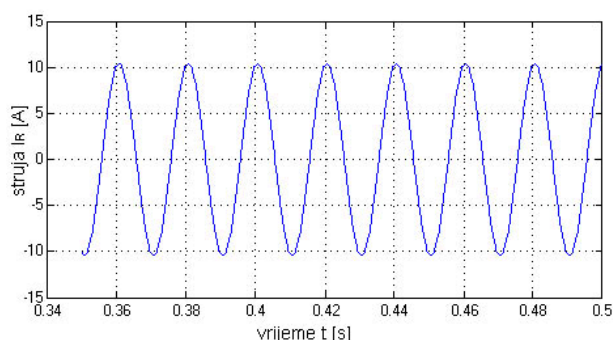


Rezultat THDI pokazuje da je harmonijska distorzija u velikom mjeri ublažena, odnosno skoro je eliminirana.

### 4.3. Simulacijski model s dva filtra

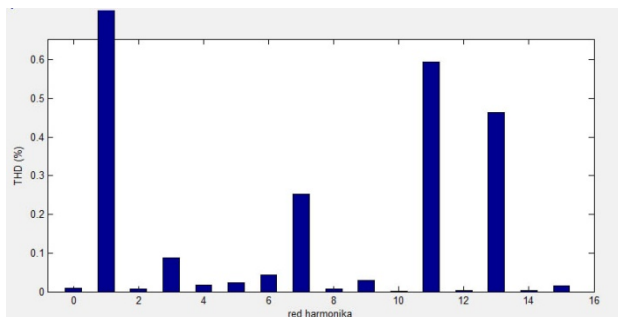
Dodatne mjere koje se mogu predložiti s ciljem reduciranja ukupne harmonijske distorzije, je dodavanje još jednog dodatnog trofaznog filtra. Dodatni trofazni filter veže se paralelno s prvim trofaznim filtrom i s njim se djeluje na sljedeći najveći harmonik struje faze R na primarnoj strani transformatora, što u ovom slučaju predstavlja djelovanje na sedmi harmonik. Simulacijski model s dva trofazna filtra prikazan je na slici 9.

Snimljeni valni oblik struje  $i_R$  na primarnoj strani transformatora, kada su ugrađena dva trofazna filtra, prikazan je na slici 12.



**Slika 12.** Valni oblik struje  $i_R$  na primarnoj strani transformatora sa dva trofazna filtra

Harmonijski sadržaj struje faze R na primarnoj strani transformatora s dva trofazna filtra, prikazan je na slici 13.



**Slika 13.** Harmonijski sadržaj struje  $i_R$  na primarnoj strani transformatora s dva trofazna filtra

U slučaju kada su ugrađena dva trofazna filtra proračunati THDI iznosi:

$$THDI_R = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \cdot 100\% = 0.88\% \quad (5)$$

Rezultat (5) pokazuje da je u ovom slučaju harmonijska distorzija još manja i gotovo eliminirana.

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenih proračuna THDI struje  $i_R$  pri topologiji mreže bez filtra, s jednim filtrom kao i sa dva filtra, lako se vrši usporedba indikatora harmonijske distorzije:

- THDI  $i_R$  bez filtra iznosi 23,25 %
- THDI  $i_R$  sa jednim filtrom iznosi 2,70 %
- THDI  $i_R$  sa dva filtra iznosi 0.88 %

Može se zaključiti da se ugradnjom filtra THDI smanjuje, tj. s vrijednosti 23,23% smanjila se na 2,69% eliminacijom petog harmonika. Ugradnjom još jednog filtra THDI se još više popravio i smanjio se na 0.71% i vidi se da je u ovom slučaju harmonijska distorzija gotovo eliminirana.

Za ukupnu dužinu trajanja simulacije uzeto je vrijeme 0.5 sec. Harmonijske komponente struja su računane do 15-og harmonika i to u toku dvadesetpetog ciklusa.

## 6. LITERATURA

- [1] Katić, V.: "Kvalitet električne energije – viši harmonici", Monografija, Univerzitet u Novom Sadu - Fakultet tehničkih nauka, Edicija Tehničke nauke - Monografije, Br. 6, Novi Sad, 2002.
- [2] Ramirez, R.: "The FFT-Fundamentals and Concepts", Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1985.
- [3] Katić, V.; Tokić, A.; Konjić, T.: Kvalitet električne energije, Novi Sad 2007
- [4] J.Arrillaga, D.Bradley, P.Bodger: "Power System Harmonics", John Wiley & Sons, Chichester, 1985.
- [5] Graovac, D.; Katić, V.; Rufer, A.: "Power Quality Compensation Using Universal Power Quality Conditioning System", IEEE Power Engineering Review, USA, Vol.20, No.12, Dec.2000, pp.58-60

Kontakt autora:

**mr. Midhat Umihanić, dipl.ing.el.**  
midhatu@live.com

# UPRAVLJANJE BRZINOM VRTNJE MALOG ISTOSMJERNOG ELEKTROMOTORA KORIŠTENJEM ARDUINO RAZVOJNE PLATFORME

## SMALL ELECTRIC DC MOTOR SPEED CONTROL WITH ARDUINO DEVELOPMENT PLATFORM

*Nikola Korenić, Miroslav Horvatić*

Stručni članak

**Sažetak:** Mali istosmjerni elektromotori se često koriste u strojevima i uređajima. Najjednostavniji način upravljanja brzinom vrtnje istosmjernog elektromotora je promjena napona elektromotora bez mjerenja stvarne brzine vrtnje. U slučaju da je mehaničko opterećenje elektromotora nepoznato, upravljanje bez povratne veze ne može osigurati željenu promjenu brzine vrtnje elektromotora. Upravljanje brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora uz korištenje povratne veze brzine vrtnje, prikazana u ovom radu, realizirano je korištenjem Arduino Uno razvojne pločice i digitalnog PID regulatora iz Arduino programske biblioteke. Realizirani su sklopovi za digitalno-analognu pretvorbu signala te pojačanje i odmak signala. Povratna veza brzine vrtnje je mjerena korištenjem malog istosmjernog elektromotora. Za odabrane parametre PID regulatora snimljeni su odzivi brzine vrtnje elektromotora. Pokazani su parametri PID regulatora koji daju zadovoljavajući odziv brzine vrtnje elektromotora.

**Ključne riječi:** upravljanje, mali istosmjerni elektromotor, Arduino, PID regulator

Professional paper

**Abstract:** Small electric DC motors are often used in machines and devices. Simple way to control DC motor speed is by changing motor voltage without measuring of motor speed. In case of unknown motor mechanical load, open loop control cannot ensure good speed control. Closed loop speed control of small DC motor, shown in this article, is implemented with Arduino Uno development board and digital PID regulator from an Arduino program library. Digital-analog conversion, amplification and signal offset circuits are implemented. Speed feedback is measured using an auxiliary small DC motor. DC motor speed variation is recorded for different parameters of PID regulator. For satisfactory DC motor speed response, parameters of PID regulator are shown.

**Key words:** control, small DC motor, Arduino, PID regulator

### 1. UVOD

Zbog svoje niske cijene i jednostavnog upravljanja mali istosmjerni elektromotori se često koriste u različitim strojevima i uređajima. Primjeri upotrebe malih istosmjernih elektromotora su stolni uređaji za ispis i DVD uređaji osobnih računala. U takvim uređajima se može nalaziti i nekoliko malih istosmjernih elektromotora. Mnogi drugi strojevi i uređaji također koriste male istosmjerne elektromotore za transport i pozicioniranje pokretnih dijelova. Najjednostavniji način upravljanja brzinom vrtnje istosmjernog elektromotora je promjena napona koji se dovodi na njegov namot bez mjerenja stvarne brzine vrtnje vratila elektromotora. Ovakav način upravljanja zove se upravljanje bez povratne veze te se može koristiti kada je mehaničko opterećenje elektromotora unaprijed poznato ili konstantno. U slučaju da je mehaničko opterećenje nepoznato, upravljanje bez povratne veze ne može osigurati željenu promjenu brzine vrtnje elektromotora. Zbog toga je potrebno koristiti zatvoreni sustav upravljanja sa mjernim članom brzine vrtnje ili neku

složeniju metodu procjene stvarne brzine vrtnje elektromotora. U zatvorenom sustavu upravljanja informacija o stvarnoj brzini vrtnje elektromotora prosljeđuje se regulatoru koji nastoji osigurati da stvarna brzina vrtnje što bolje slijedi zadanu brzinu vrtnje elektromotora. Najčešća vrsta regulatora koja se pri tome koristi je tzv. PID regulator. Osim za upravljanje brzinom vrtnje elektromotora, ova vrsta regulatora danas se standardno koristi i za regulaciju raznih industrijskih procesnih veličina, poput temperature ili tlaka.

Upravljanje brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora, koje će biti prikazano u ovom radu, realizirati će se korištenjem digitalnog PID regulatora iz „PID“ programske biblioteke Arduino razvojne platforme. Arduino razvojna platforma sastoji se od Arduino programske razvojne okoline i Arduino Uno razvojne pločice. Realizirati će se i opisani dodatni sklop za filtriranje naponskog signala brzine vrtnje elektromotora, digitalno-analogni pretvornik te stupanj za naponsko pojačanje i naponski odmak izlaznog signala PID regulatora. Izvršiti će se opis svih dijelova sustava upravljanja brzinom vrtnje malog istosmjernog

elektromotora. U prikazanom sustavu koristiti će se dva jednaka istosmjerna elektromotora. Prvi elektromotor će služiti kao pogonski elektromotor čijom se brzinom vrtnje upravlja. Drugi elektromotor će biti vratilom povezan sa prvim elektromotorom, a služiti će za mjerenje brzine vrtnje pogonskog elektromotora, dakle kao tahogenerator. Izlazni napon tahogeneratora proporcionalan je brzini vrtnje pogonskog elektromotora. Tahogenerator sa pripadajućim naponskim filtrom nalazi se u negativnoj povratnoj vezi sustava upravljanja brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora.

Za upravljanje malim istosmjernim elektromotorom biti će snimljeni odzivi brzine vrtnje u slučaju odabira nekoliko skupova parametara digitalnog PID regulatora. Promjenom parametara PID regulatora pokušati će se naći parametri koji daju zadovoljavajući odziv brzine vrtnje elektromotora.

## 2. PID REGULATOR I IZ NJEGA IZVEDENI TIPOVI REGULATORA

Prvi PID regulatori realizirali su se kao pneumatski, mehanički i hidraulički regulatori u analognoj tehnici. Pojavom relativno jeftinih i točnih elektroničkih operacijskih pojačala PID regulatori se počinju raditi u analognoj elektroničkoj izvedbi. Osnovni nedostaci analognih elektroničkih PID regulatora su promjena parametara regulatora uslijed starenja i utjecaja okoline na pojedine elektroničke elemente regulatora te otežana modifikacija strukture i parametara regulatora. Današnja digitalna računala omogućavaju relativno pouzdanu i jeftinu realizaciju PID regulatora uz jednostavnu programsku modifikaciju strukture i parametara regulatora. Zbog toga se PID i ostale strukture regulatora danas realiziraju uglavnom programski, unutar neke izvedbe digitalnog računala.

Kontinuirani PID regulator sadrži tri komponente; proporcionalnu (*up*), integralnu (*ui*) i derivacijsku (*ud*) komponentu, a opisan je jednadžbama (1) i (2).

$$u(t) = up(t) + ui(t) + ud(t) \quad (1)$$

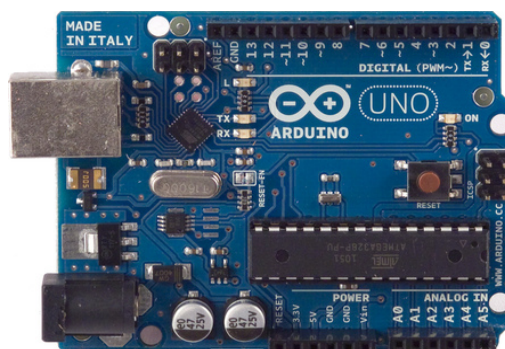
$$u(t) = Kp e(t) + Ki \int_{t_0}^t e(t) dt + Kd \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

Svaka komponenta regulatora ima odgovarajući parametar pojačanja *Kp*, *Ki* i *Kd*. Osim navedenog zapisa jednadžbe (2), često se koristi zapis jednadžbe koji sadrži vremenske konstantu  $Ti=1/Ki$  u integralnom članu i vremensku konstantu  $Td=Kd$  u derivacijskom članu.

Odabirom parametara pojedinih komponenata PID regulatora može se dobiti više podvrsta PID regulatora, kao što su npr. P, PI, ili PD regulator. Pravilnim odabirom konstanti proporcionalnog, integralnog i derivacijskog djelovanja regulatora može se dobiti zadovoljavajuća točnost, stabilnost i brzina reakcije u velikom broju regulacijskih sustava [1]. Dobro podešen upravljački sustav koji sadrži PID regulator trebao bi dati brzi odziv regulirane veličine, uz prihvatljive oscilacije tijekom prijelazne pojave i dovođenje trajnog regulacijskog odstupanja na nulu.

## 3. ARDUINO RAZVOJNA PLATFORMA

Arduino razvojna platforma je platforma „otvorenog koda“ koja služi za razvoj i testiranje elektroničkih sklopova. Sastoji se od Arduino programske razvojne okoline (IDE, engl. Integrated development environment) i Arduino razvojne pločice na kojoj se nalazi Atmelov AVR mikrokontroler. U konkretnom projektu upravljanja brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora korištena je Arduino Uno razvojna pločica te Arduino programska razvojna okolina. Arduino Uno razvojna pločica prikazana na slici 1, temelji se na AVR ATmega328 mikrokontroleru proizvođača Atmel. Razvojna pločica posjeduje 20 ulazno/izlaznih pinova, generator digitalnog takta 16MHz, USB priključak za povezivanje sa osobnim računalom, reset tipke i priključaka za napajanje vanjskim istosmjernim (DC) naponskim izvorom.



Slika 1. Arduino Uno razvojna pločica [2]

Umjesto napajanja korištenjem vanjskog istosmjernog naponskog izvora, razvojna pločica se može napajati preko USB sučelja spojenog na osobno računalo pa je na taj način odmah omogućena i serijska komunikacija za upisivanje programa u memoriju mikrokontrolera.

Osnovne tehničke karakteristike Arduino Uno razvojne pločice navedene su u tabeli 1.

Tabela 1. Tehničke karakteristike Arduino Uno razvojne pločice [2]

Mikrokontroler na pločici	ATmega 328
Nazivni napon napajanja	5V
Ulazni napon (preporučeni)	7-12V
Ulazni napon (ograničen)	6-20V
Broj digitalnih ulaz/izlaz pinova	14
Broj analognih ulaznih pinova	6
Maksimalna istosmjerna struja po ulaz/izlaz pinu	40 mA
Maksimalna istosmjerna struja na 3.3 V pinu	50 mA
Flash memorija	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Takt sata	16 MHz

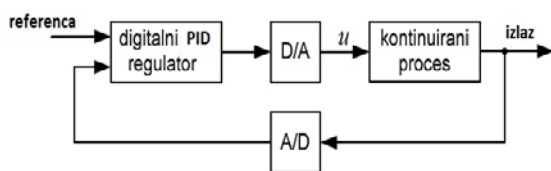
Unutar Arduino programske razvojne okoline koristi se C/C++ programski jezik, a programski kod napisan za upravljanje mikrokontrolerom naziva se „sketch“. Osim u Arduino razvojnoj okolini razvojna pločica se može

programirati i originalnim AVR alatima, kao što je AVR Studio. Glavna razlika između AVR Studia i Arduino razvojne okoline je korištenje automatiziranih funkcijskih prototipova, pisanih u programskom jeziku C, koji se tijekom prevođenja programa pretvaraju u čiste AVR C/C++ naredbe pa je time olakšano pisanje programa.

#### 4. DIGITALNI PID REGULATOR

Digitalni PID regulator realizira se korištenjem digitalnog procesnog računala koje ciklički izvršava odgovarajući algoritam. Procesno računalo može biti mikrokontrolersko računalo, programibilni logički kontroler (PLC, engl. Programmable Logic Controller) ili osobno računalo izvedeno kao „stolni uređaj“. Kod realizacije digitalnog PID regulatora potrebno je računalo opremiti odgovarajućim ulazno izlaznim karticama i programskom potporom.

Digitalni PID regulator na početku svakog ciklusa uzima vrijednosti sa ulaza A/D pretvornika i sa ulaza referentne veličine. Na temelju tih vrijednosti i prethodnog rezultata upravljanja računa se buduća vrijednost upravljačkog signala  $u$ . Izračunata vrijednost upravljačkog signala šalje se digitalno-analognom (D/A) pretvorniku koji pretvara digitalnu upravljačku vrijednost u analogni upravljački signal. Analogni upravljački signal se dalje koristi za upravljanje kontinuiranim procesom. Na slici 3 prikazan je prethodno objašnjeni princip rada digitalnog sustava upravljanja koji sadrži digitalni PID regulator.



Slika 2. Princip rada digitalnog sustava upravljanja [3]

Digitalni PID regulator može se dobiti diskretizacijom analognog PID regulatora [4]. Postupkom diskretizacije nastoji se postići da vladanje digitalnog regulatora što više slični vladanju analognog regulatora. Digitalni PID regulator ponašati će se slično analognom PID regulatoru ako je regulator ispravno projektiran i ako je njegova brzina uzimanja uzoraka i obrade signala dovoljno velika.

##### 4.1. Diskretizacija jednadžbi kontinuiranog PID regulatora

Diskretizacijom jednadžbi kontinuiranog PID regulatora (1), (2) uz vrijeme uzorkovanja  $T$  i korištenjem realnog oblika derivacijskog člana koji ima parametre  $T_d$  i  $T_v$ , dobivaju se diskretne jednadžbe PID regulatora (3), (4), (5) i (6) [3].

$$U(k) = Up(k) + Ui(k) + Ud(k) \quad (3)$$

$$Up(k) = Kp e(k) \quad (4)$$

$$Ui(k) = Ui(k-1) + \frac{KpT}{Ti} e(k-1) \quad (5)$$

$$Ud(k) = \left(1 - \frac{T}{Tv}\right) Ud(k-1) + \frac{KpTd}{Tv} (e(k) - e(k-1)) \quad (6)$$

Navedeni diskretni oblici jednadžbi PID regulatora implementirani su unutar „PID“ programske biblioteke koja će se koristiti kod realizacije upravljanja Arduino razvojnom pločicom.

##### 4.2. Preporuke za odabir vremena uzorkovanja PID regulatora

Kako bi digitalne izvedbe regulatora na svojim izlazima dale signale poput analognih izvedbi regulatora vrijeme uzorkovanja i obrade signala regulatora mora biti dovoljno kratko. Iz navedenog se može zaključiti da je vrijeme uzorkovanja bitan parametar digitalnih regulatora te ga je potrebno pravilno odabrati. Uzorkovanjem se gube informacije o iznosu signala procesa između trenutaka uzorkovanja te se na taj način u sustav unosi pogreška uzorkovanja. Nadalje, svaki uzorak signala zapisuje se konačnim brojem bitova pa se zbog zapisa uzorka konačnim brojem bitova javlja i pogreška kvantizacije. Prilikom izbora vremena uzorkovanja potrebno je [4]:

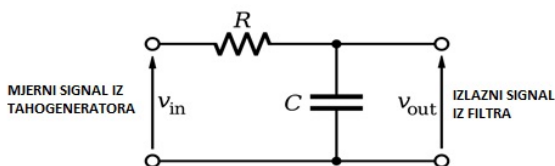
- nastojati da vrijeme uzorkovanja bude što kraće
- paziti da vrijeme uzorkovanja nije premalo da se ne bi javile greške u aritmetici procesora
- uzeti u obzir zahtijevanu kvalitetu vladanja sustava
- uzeti u obzir dinamiku i fizikalna ograničenja procesa
- uzeti u obzir frekvencijski spektar poremećajnih veličina
- uzeti u obzir karakteristike izvršnih članova
- uzeti u obzir karakteristike mjernih članova

#### 5. REALIZACIJA SUSTAVA UPRAVLJANJA

Digitalno upravljanje brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora realizirana je korištenjem dva mala istosmjernog elektromotora, Arduino Uno razvojne pločice, filtra mjernog signala, izlaznog digitalno-analognog pretvornika te izlaznog stupnja za pojačanje i odmak naponskog signala. Prvi mali istosmjerni elektromotor se koristi kao upravljeni elektromotor, a drugi elektromotor služi kao mjerni član brzine vrtnje vratila prvog elektromotora. Izlazni napon drugog elektromotora proporcionalan je brzini vrtnje upravljanog elektromotora, tj. drugi elektromotor radi kao tahogenerator. Unutar mikrokontrolera Arduino Uno razvojne pločice nalazi se programska realizacija digitalnog PID regulatora koji vrši upravljanje brzinom vrtnje elektromotora. Programskoj realizaciji digitalnog PID regulatora iz „PID“ Arduino biblioteke zadavati će se parametri proporcionalne, integralne i derivacijske komponente. U nastavku će biti opisana sklopovska i programska realizacija pojedinih dijelova sustava upravljanja brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora.

## 5.1. Filtar mjernog signala

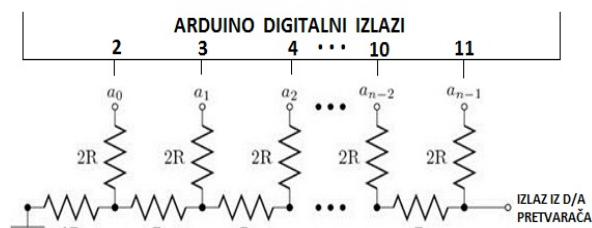
Filtar mjernog signala smanjuje mjerni šum u naponskom signalu mjernog člana brzine vrtnje elektromotora. Ovaj filter se koristi kako mjerni signali koji imaju veliku razinu šuma i smetnje ne bi pogoršali ponašanje sustava upravljanja. Kao filter mjernog signala odabran je jednostavni pasivni niskopropusni RC filter prvog reda električne sheme prikazane slikom 3.



Slika 3. Filtar mjernog signala [5]

## 5.2. Digitalno analogni pretvornik izlaznog signala PID regulatora

Mikrokontroler koji se nalazi na Arduino razvojnoj pločici nema ugrađen digitalno-analogni pretvornik. Na razvojnoj pločici također ne postoji digitalno analogni pretvornik. Kako bi se signali sa digitalnih pinova mikrokontrolera pretvorili u analogni upravljački signal izrađen je 10 bitni ljestvičasti R2R digitalno-analogni pretvornik [6]. Na slici 4 prikazana je električna shema n-bitnog ljestvičastog R2R digitalno-analognog pretvornika.



Slika 4. Ljestvičasti R2R n-bitni digitalno-analogni pretvornik [6]

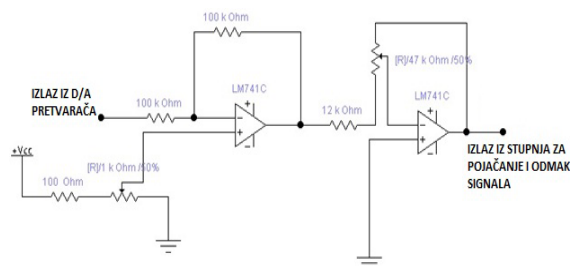
Bitovi  $a_0$  do  $a_{n-1}$  označavaju digitalne ulaze D/A pretvornika, gdje je  $a_0$  najmanje značajan bit, a  $a_{n-1}$  najznačajniji bit digitalne vrijednosti koja dolazi sa digitalnih izlaza Arduino razvojne pločice. Digitalni izlazi Arduino pločice na slici su označeni brojevima od 2 do 11. Analogni naponi koji se mogu dobiti na izlazu ovakvog pretvornika ovise o naponu visoke razine pojedinog izlaza mikrokontrolera i broju korištenih bitova. [6]

## 5.3. Stupanj za pojačanje i odmak signala

Analogni signal koji se dobiva na izlazu digitalno-analognog pretvornika može se mijenjati samo u pozitivnom području, a ograničen je na maksimalni iznos napona 5V. Kako bi se dobio unipolarni naponski signal potreban za regulaciju različitih izvršnih članova i omogućilo namještanje naponskih razina upravljačkog signala, na izlaz digitalno-analognog pretvornika spojen

je stupanj za pojačanje i odmak signala prikazan shemom na slici 5.

Stupanj za pojačanje i odmak signala sastoji se od dva operacijska pojačala i otpornika kojima je definirano pojačanje i naponski odmak signala [7]. Promjenjivim otpornikom iznosa 47 kΩ namješta se pojačanje signala, a promjenjivim otpornikom iznosa 1 kΩ naponski odmak izlaznog signala.



Slika 5. Stupanj za pojačanje i odmak signala [7]

## 5.4. Upravljanje digitalnim PID regulatorom

Podešavanje PID regulatora i upravljanje PID regulatorom izvedeno je u Arduino razvojnoj okolini korištenjem „PID“ biblioteke. Podešavanje i upravljanje regulatorom može se podijeliti u nekoliko dijelova.

Prvi dio je definiranje varijabli i inicijalizacija parametara PID regulatora prikazana na slici 6.

```
double Setpoint, Input, Output; // Definiranje varijabli
int inputPin=3; // Neg. pov. veza
int val = 0; // Varijabla za pohranu inputa
int izlazPinovi[] = {2,3,4,5,6,7,8,9,10,11}; // Izlazni Pinovi 0,1->(Rx,Tx)
int brojPinova = 10;
unsigned long serialTime; // Vrijeme serijske komunik.
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint,2,1,0, DIRECT); //inicijaliziranje vrijednosti
//Kp=2,Ki=1,Kd=0,smjer DIR.
```

Slika 6. Definiranje varijabli i inicijalizacija parametara PID regulatora

Drugi dio upravljanja digitalnim PID regulatorom je inicijalizacija parametara i modova pinova prikazana na slici 7.

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Otvaranje serijske komunikacije
  for (int pin = 0; pin < brojPinova; pin++){ // Postavljanje pinova u izlazne
    pinMode(izlazPinovi[pin], OUTPUT);
  }

  myPID.SetOutputLimits(0, 1023); // Postavljanje limita izlaza
  myPID.SetSampleTime(1); // Postavljanje vremena uzorkovanja - 1 ms
  Input = analogRead(inputPin); // Postavljanje ulazne vrijednosti
  Setpoint = 300; // Postavljanje referentne vrijednosti
  myPID.SetMode(AUTOMATIC); // Uključivanje PID regulatora
}
```

Slika 7. Inicijalizacija parametara i modova pinova

Treći dio upravljanja digitalnim PID regulatorom je beskonačna petlja unutar koje se izvršavaju sljedeći koraci:

1. Čitanje signala kojim se definira period uzrokovanja
2. Čitanje analognog ulaza
3. Računanje upravljačkog signala
4. Slanje upravljačkog signala na D/A pretvarač
5. Serijska komunikacija, postavljanje parametara
6. Povratak na prvi korak

Izvršavanje beskonačne petlje digitalnog PID upravljanja prikazano je na slici 8.

```
void loop()
{
  Input = analogRead(inputPin);          // Čitanje analognog ulaza
  myPID.Compute();                       // Rač. upravljačkog signala
  val=int(Output);                        // Double --> Int

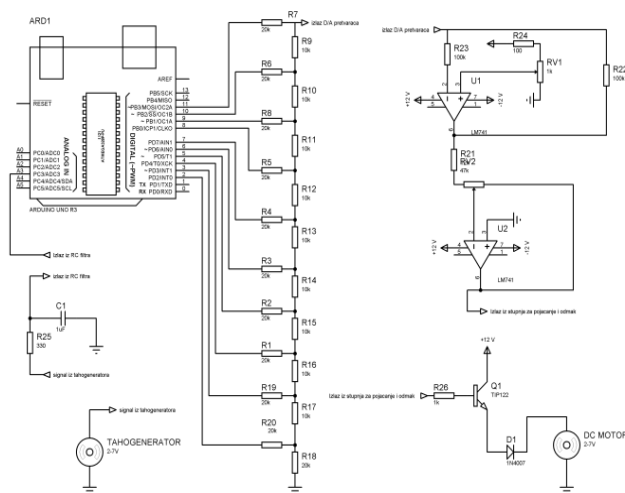
  PORTD = (val << 2);                    // Slanje signala na D/A
  PORTB = (val >> 6);                    // val --> PORTB

  if(millis()>serialTime)                // Serijska komunikacija
  {
    SerialReceive();
    SerialSend();
    serialTime+=500;
  }
}
```

**Slika 8.** Izvršavanje beskonačne petlje digitalnog PID upravljanja

## 6. ISPITIVANJE UPRAVLJANJA BRZINOM VRTNJE MALOG ISTOSMJERNOG ELEKTROMOTORA

Sustav upravljanja brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora prikazan je na slici 9.



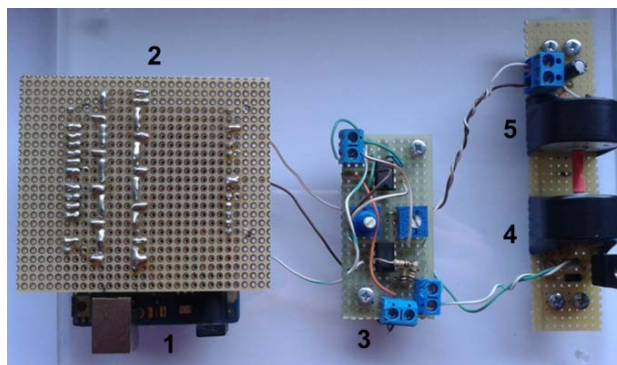
**Slika 9.** Sustav upravljanja brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora

Na slici je Arduino razvojna pločica označena sa ARD1, a dobro se vidi i način spajanja razvojne pločice sa otpornicima digitalno-analognog pretvornika te ostalim dijelovima regulacijskog sustava. Regulirani istosmjerni elektromotor na slici ima oznaku DC MOTOR. Vratilo tog pogonskog elektromotora spojeno je s vratilom identičnog elektromotora koji se koristi u povratnoj vezi regulacijskog sustava kao mjerni član brzine vrtnje. Taj motor koji služi kao mjerni član brzine vrtnje označen je natpisom TAHOGENERATOR. U opisanom sustavu korišteni su mali istosmjerni elektromotori oznake „RF300EA“ sljedećih karakteristika [8]:

- Naponsko radno područje: 2.8 V– 7 V
- Nazivni napon: 3.9 V
- Nazivna brzina bez tereta: 4400 okr/min
- Nazivna struja bez tereta: 0.021 A

Izlazni naponski signal iz tahogeneratora vodi se na pasivni RC filtar prvog reda sastavljen od komponenata R25 i C1.

Na slici 10 prikazan je sastavljeni sustav upravljanja brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora. Broj 1 nalazi se ispod Arduino razvojne pločice. Iznad tiskane pločice na kojoj je otpornicima realiziran ljestvičasti R2R digitalno-analogni pretvornik nalazi se broj 2. Broj 3 se nalazi ispod tiskane pločice stupnja za pojačanje i odmak signala. Lijevo od pogonskog istosmjernog elektromotora sa pripadnim tranzistorom nalazi se broj 4. Istosmjerni elektromotor koji služi kao tahogenerator označen je brojem 5 sa lijeve strane.



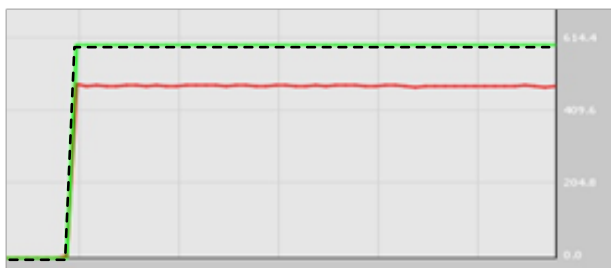
**Slika 10.** Sastavljeni sustav upravljanja brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora

Nakon sastavljanja sustava upravljanja prema slici 9 pristupilo se ispitivanju rada sustava.

### 6.1. Upravljanje uz različite iznose parametara regulatora

U nastavku će se ispitati upravljanje brzine vrtnje malog istosmjernog elektromotora u slučaju različitih iznosa parametara PID regulatora. Upravljanje će se prikazati promatranjem odziva brzine vrtnje elektromotora uz različite iznose proporcionalnog, integracijskog i derivacijskog pojačanja regulatora. Iznosi pojačanja i referentna vrijednost regulatora zadaju su korištenjem „open-source“ programa Processing [9]. Za svaki iznos parametara PID regulatora na istoj će slici crtkano biti prikazana vremenska promjena referentnog signala brzine vrtnje, a punom crtom promjena signala izmjerene brzine vrtnje elektromotora. Na svim slikama na osi x nalazi se vrijeme, a na osi y broj koji odgovara odgovarajućoj brzini vrtnje.

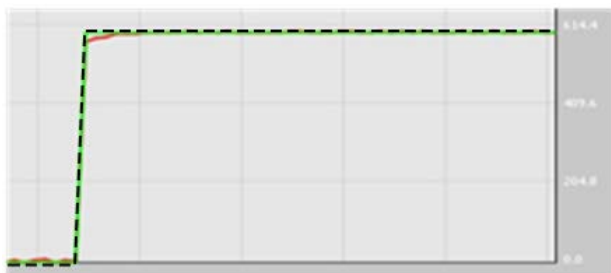
Najprije će se promotriti upravljanje uz postojanje samo proporcionalne komponente PID regulatora. Parametri pojačanja proporcionalne, integralne i derivacijske komponente u ovom slučaju iznose  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0$ ,  $K_d = 0$ . Odzivi referentnog i izmjerene signala brzine vrtnje uz navedene parametre prikazani su na slici 11.



**Slika 11.** Odzivi signala brzine vrtnje uz  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0$ ,  $K_d = 0$ .

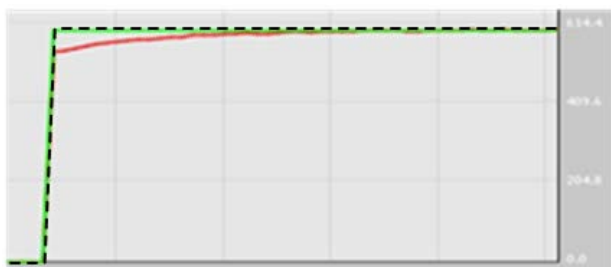
Iz slike se vidi da zbog nepostojanja integralne komponente regulatora postoji trajno regulacijsko odstupanje između referentnog i izmjerenog signala brzine vrtnje. Može se zaključiti da ovakva struktura regulatora nije pogodna za upravljanje brzinom vrtnje elektromotora.

Sljedeći slučaj koji će se razmotriti je upravljanje uz postojanje proporcionalne i integralne komponente regulatora. Odabrani su parametri pojačanja proporcionalne, integralne i derivacijske komponente koji iznose  $K_p = 2$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0$ . Odzivi referentnog i izmjerenog signala brzine vrtnje uz navedene parametre prikazani su na slici 12.



**Slika 12.** Odzivi signala brzine vrtnje uz  $K_p = 2$ ,  $K_i = 1$ ,  $K_d = 0$ .

Iz slike je vidljivo da integracijski dio korištenog PI regulatora potpuno uklanja trajno regulacijsko odstupanje. Smanjenjem integracijskog pojačanja  $K_i$  dobije se sporiji odziv sustava pa je takav odziv uz  $K_i = 0.25$  prikazan na slici 13.



**Slika 13.** Odzivi signala brzine vrtnje uz  $K_p = 2$ ,  $K_i = 0.25$ ,  $K_d = 0$ .

I u ovom slučaju integracijska komponenta PI regulatora u potpunosti uklanja regulacijsko odstupanje.

Posljednji slučaj koji će se razmotriti je primjena proporcionalne i derivacijske komponente PID regulatora. Dobivena PD struktura neće moći ukloniti trajno regulacijsko odstupanje, a derivacijska komponenta regulatora još će dodatno pojačati šum

prisutan u signalu. Uz parametre regulatora  $K_p = 2$ ,  $K_i = 0$ ,  $K_d = 0.2$  navedena PD struktura daje odzive brzine vrtnje prikazane na slici 14.



**Slika 14.** Odzivi signala brzine vrtnje uz  $K_p = 2$ ,  $K_i = 0$ ,  $K_d = 0.2$ .

Iz slike se vidi da derivacijska komponenta regulatora pojačava šum i uzrokuje oscilacije brzine vrtnje elektromotora. Prikazane oscilacije brzine vrtnje nisu poželjne pa se može zaključiti da PD struktura regulatora nije pogodna za upravljanje promatranim sustavom.

Navedeni primjeri pokazuju da je od svih ispitanih struktura PID regulatora za upravljanje istosmjernog elektromotora najbolje upotrijebiti PI strukturu regulatora sa iznosima parametara  $K_p = 2$  i  $K_i = 1$ .

## 6.2. Kompenzacija djelovanja momenta tereta

Djelovanje momenta tereta na vratilo pogonskog elektromotora koji nije upravljan u zatvorenoj petlji, izazvalo bi smanjenje brzine vrtnje elektromotora. Zbog toga se u ovom radu koristi upravljanje u zatvorenoj petlji koje i u slučaju djelovanja momenta tereta može osigurati željenu brzinu vrtnje elektromotora. Navedena kompenzacija djelovanja momenta tereta može se dobro ilustrirati djelovanjem momenta tereta na vratilo pogonskog elektromotora kako je opisano u nastavku. Moment tereta koji se koristi u pokusu dobiven je iznenadnim pritiskom na vratilo elektromotora koje se vrti konstantnom brzinom. U pokusu je korištena prethodno navedena PI struktura regulatora koja ima iznose parametara  $K_p = 2$  i  $K_i = 1$ . Na slici 15 prikazan je odziv signala brzine vrtnje elektromotora prije i nakon trenutka  $t_0$  od kojeg je počelo djelovanje konstantnog momenta tereta.



**Slika 15.** Kompenzacija djelovanja momenta tereta

Iz dobivenog odziva vidljivo je da sustav upravljanja nakon početnog propada brzine vrtnje uspješno kompenzira djelovanje momenta tereta i vraća brzinu vrtnje na zadani iznos. Navedeni odzivi pokazuju da je

uz prikladno odabranu strukturu i parametre regulatora moguće zadovoljavajuće upravljati brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora.

## 7. ZAKLJUČAK

Upravljanje bez povratne veze ne može osigurati željenu brzinu vrtnje elektromotora ako nije poznata promjena momenta tereta koji djeluje na vratilo. Kako bi se dobila željena brzina vrtnje u slučaju djelovanja nepoznatog momenta tereta, koriste se zatvoreni sustavi upravljanja. Takvi sustavi upravljanja imaju povratnu vezu pomoću koje dobivaju informacije o brzini vrtnje elektromotora. Informacije o brzini vrtnje se mogu dobiti direktnim mjerenjem na vratilu elektromotora ili procjenom na temelju mjerenja njegovih električnih veličina.

U radu je prikazana realizacija zatvorenog sustava upravljanja brzinom vrtnje malog istosmjernog elektromotora korištenjem Arduino Uno razvojne pločice. Upravljanje se vrši korištenjem PID regulatora definiranog u „PID“ programskoj biblioteci Arduino razvojne platforme. Povratna veza brzine vrtnje realizirana je malim istosmjernim elektromotorom koji se koristi kao mjerni član brzine vrtnje pogonskog elektromotora. Za mjerni član brzine vrtnje realiziran je pripadni niskopropusni filter. Na temelju realiziranog sklopa digitalno-analognog pretvornika pokazano je da se i uz relativno malo elektroničkih komponenata može realizirati digitalno-analognu pretvorbu digitalnih signala mikrokontrolera.

Snimljeni su eksperimentalni odzivi za različite vrijednosti proporcionalnog ( $K_p$ ), integralnog ( $K_i$ ) i derivacijskog ( $K_d$ ) pojačanja korištenog PID regulatora. Na temelju snimljenih odziva određeni su zadovoljavajući parametri pojačanja regulatora koji se mogu koristiti za upravljanje malim istosmjernim elektromotorom. Zaključeno je da se zadovoljavajući odzivi brzine vrtnje elektromotora dobivaju uz parametre PID regulatora  $K_p=2$ ,  $K_i=1$ ,  $K_d=0$ .

## 8. LITERATURA

- [1] Vukić, Z.; Kuljača, Lj.: Automatsko upravljanje - analiza linearnih sustava, Kigen, Zagreb, 2004.
- [2] <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno> (Dostupno: 02.03.2015)
- [3] Cupec, R.: Diskretni sustavi upravljanja, Elektrotehnički fakultet Osijek- nastavni materijal, Zavod za automatiku i procesno računarstvo, Osijek, 2008.
- [4] Grafina, I.; Realizacija proporcionalno integralno derivacijskog regulatora korištenjem mikrokontrolera, Veleučilište Varaždin, završni rad br. 298/EL/2013
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Low-pass\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Low-pass_filter) (Dostupno: 02.03.2015)
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Resistor\\_ladder](http://en.wikipedia.org/wiki/Resistor_ladder) (Dostupno: 02.03.2015)

- [7] <http://www.scienceprog.com/avr-dds-signal-generator-v20/> (Dostupno: 02.03.2015)
- [8] <http://www.kysanelectronics.com/graphics/RF-300EA-1D390.pdf> (Dostupno: 02.03.2015)
- [9] <https://www.processing.org/download/> (Dostupno: 02.03.2015)

Kontakt autora:

**Nikola Korenić**, student  
Sveučilište Sjever  
nikorenice@unin.hr

**Miroslav Horvatić**, dipl. ing.  
Sveučilište Sjever  
104. brigade 3  
42000 Varaždin  
miroslav.horvatic@unin.hr



# STATIĀKO I DINAMIĀKO UPRAVLJANJE WEB SADRŹAJEM

## STATIC AND DYNAMIC WEB CONTENT MANAGEMENT

*Barbara Kořak, Mario Tomiřa, Marko Ćaĉić*

Prethodno priopćenje

**SaŹetak:** *Upravljanje web sadržajem je kompleksan proces. Kako bi se pojedini model upravljanja Źto jasnije definirao potrebno je kritiĉki sagledati tehnologije i alate za izradu web stranica. Za definiranje statiĉkog modela upravljanja web sadržajem koristit će se osnovne tehnologije za izradu web stranica - HTML i CSS, dok će se dinamiĉki model definirati na primjeru CMS sustava. Upravljanje web sadržajem odnosi se na upisivanje, uređivanje i brisanje sadržaja tehniĉki završenog web projekta, no kako bi se sam proces mogao detaljno opisati i analizirati potrebno ga je sagledati od faze planiranja. Obzirom da u procesu izrade web stranice sudjeluje više osoba tj. struĉna osoba i klijent, uz analizu i definiciju potrebno je razmotriti i odnos dizajnera/developera te klijenta/korisnika.*

**Ključne rijeĉi:** *CMS, CSS, HTML, model upravljanja, dinamiĉko upravljanje, statiĉko upravljanje*

Preliminary notes

**Abstract:** *Web content management is a complex process. In order to define each model in detail, it is necessary to review various web design technologies and tools. Basic web design technologies- HTML and CSS - will be used to define static web content management model, while dynamic model will be defined on the example of CMS system. Web content management refers to the writing, editing and deleting of a finished web project's content. However, in order to describe and analyze it in details, it is necessary to review it from the planning phase. Given that in the process of web design more than one person is involved, i.e. an expert and a client, aside from analysis and definition it is necessary to consider the relationship between the designer/developer and the client/user as well.*

**Keywords:** *CMS, CSS, HTML, management model, dynamic management, static management*

### 1. UVOD

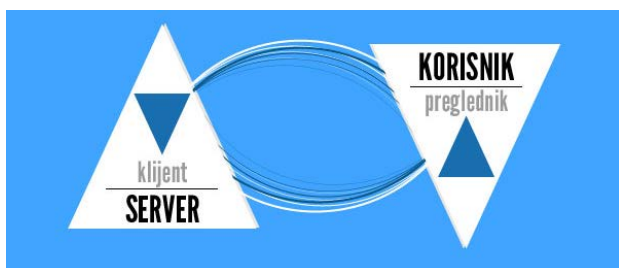
Prema osnovnoj podjeli web stranice se dijele na statiĉke i dinamiĉke pa stoga postoji i podjela prema modelu upravljanja. Model upravljanja moŹe se definirati kao skup metoda, alata i pristupa koji tvore okolinu za upravljanje sadržajem web mjesta. U svrhu definiranja statiĉkog modela upravljanja web sadržajem, u ovom radu će se koristiti osnovne web tehnologije, tj. HTML i CSS, dok će se dinamiĉki model definirati upotrebom CMS sustava.

Za analizu pojedinog modela potrebno je istaknuti i njihove prednosti te nedostatke. Problematika oko odabira odgovarajućeg modela bazira se na ukupnoj korisnosti i efikasnosti web mjesta. Toĉnije, unatoĉ tome Źto se u naĉelu upravljanje web sadržajem odnosi na ono krajnje upravljanje, odnosno upravljanje sadržajem završenog projekta, odabir i funkcionalnost odgovarajućeg modela ima utjecaj na cjelokupan proces razvoja projekta.

U radu će se najprije iznijeti definicije pojedinog modela upravljanja. Zatim će se analizirati korisnosti i usporediti funkcionalnosti, kako s tehniĉkog tako i s vizualnog aspekta, a zatim iznijeti zakljuĉak temeljen na istraŹivanju i analizi modela upravljanja web sadržajem.

### 2. STATIĀKO UPRAVLJANJE WEB SADRŹAJEM

Do općeg prihvaćanja web 2.0 modela te pripadajućih tehnologija, odnosno dinamiĉkog modela upravljanja, većina web stranica bila je statiĉka. U svojim poĉecima, web stranice su ĉinile samo HTML datoteke, koje su iskljuĉivo HTML kodom opisivale web pregledniku organizaciju sadržaja koji se prikazuje. Zahtjevom dizajnera da se HTML jezik ne koristi i za vizualno oblikovanje, razvio se CSS standard, Źto je omogućilo odvajanje informacije o strukturi web stranice od informacija o njenom izgledu. [1] Mogućnosti vizualnog oblikovanja web stranica pomoću modernog CSS3 jezika, u odnosu na prve verzije znaĉajno su napredovale, no u osnovi koncepcija upravljanja ostala je ista. Postoje određene razlike u procesu izrade, no konceptualno proces je identičan onome iz ranih dana weba. Kodovi se grupiraju u datoteke i postavljaju na web posluŹitelj, koji osluřkuje vanjske upite i dostavlja zatraŹene dokumente HTTP protokolom. Za svaku naknadnu promjenu, potrebno je modificirati Źeljene kodove te izmijenjene datoteke ponovno postaviti na web posluŹitelj kako bi uĉinjene promjene postale vidljive vanjskim korisnicima.



Slika 1. Komunikacija u okruženju statičkog web mjesta

S tehničkog aspekta, statičko upravljanje web sadržajem odnosi se na ukupan proces izrade i ažuriranja web stranice prema načelima statičkog okruženja, pri čemu se koriste samo osnovne web tehnologije, HTML i CSS. Statičko okruženje karakterizira nedostatak praktičnog modela kontrole sadržaja, odnosno ne postoji nikakav oblik korisničkog sučelja za upravljanje web sadržajem, već se upravlja isključivo verzioniranjem datoteka. Statičko web mjesto može se još opisati i kao skup povezanih HTML datoteka s predodređenim, fiksno definiranim sadržajem koji ostaje nepromijenjen neovisno o korisnikovim zahtjevima prilikom posjete. Za ažuriranje i uređivanje statičkog web mjesta potrebne su stručne vještine, a samim time što su sadržaj i kod isprepleteni u datotekama, klijent bez stručnog znanja nema mogućnost samostalnog mijenjanja sadržaja. [1, 2] S vizualnog aspekta, statičko web mjesto ne nameće gotovo nikakva ograničenja u kontekstu vizualnog oblikovanja.

## 2.1. Povijesni pregled

Povijesni razvoj HTML standarda započinje 1989. godine kada Berners-Lee po prvi puta spominje pojam HTML. Šest godina nakon toga, verzija HTML 2.0 postaje prvi službeni standard. Sljedećih godina dolazi do manjih preinaka standarda kao i do standardiziranja posebnog stilskog jezika, CSS-a. Godine 1997. prihvaća se HTML 4.0, a 1998. CSS 2 standard, koji su zatim u upotrebi sljedećih desetak godina. Novi HTML 5.0 standard objavljen je 2008. kao javni dokument skice, no u širokoj je upotrebi zajedno s CSS 3 standardom već od 2012. godine. [12]

Razvoj HTML i CSS standarda imao je izravan utjecaj i na okolinu statičkog upravljanja web sadržajem, odnosno na strukturu datoteka kojima se upravlja. Analizirajući povijesni razvoj web tehnologija, može se zaključiti kako je u vrijeme stagnacije razvoja opisnih jezika, HTML-a i CSS-a, istovremeno započeo intenzivan razvoj CMS sustava, odnosno dinamičkih principa upravljanja web okolinom.

## 2.2. Vrste i funkcionalnosti statičko upravljanih web mjesta

Prema McLuhanu, stari medij postaje sadržaj novog. Ta tvrdnja može se primijeniti i u slučaju statičkog web okruženja, a razlog tome jest što se u kontekstu statičkih stranica prvenstveno govori o usporedbi s brošurama (eng. brochureware). [1] Termin web brošure polazi od prvobitne primjene weba u svrhu digitalne reinterpretacije informacija objavljenih u tiskanim

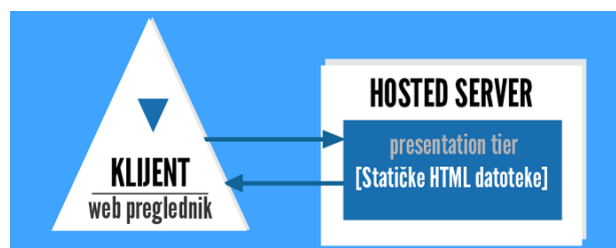
brošurama, što su činile mnoge organizacije i tvrtke prisutne na webu u to vrijeme. Termin se zadržao i kasnije pa se stoga danas koristi kao sinonim za statičku stranicu. Možemo zaključiti da su web brošure vrsta web stranica kojima je cilj pružiti informacije na gotovo identičan način kao tiskana brošura. Osim web brošura, neke od najčešće upotrijebljenih vrsta statičkih web stranica su web posjetnice i portfolio stranice.

S aspekta funkcionalnosti, prednost statičkih web stranica i pripadajućeg modela upravljanja ogleda se u jednostavnosti upravljačke okoline te u mogućnostima vizualnog oblikovanja. Točnije, obzirom da je osnovna karakteristika statičkih stranica jednosmjerna komunikacija prema korisniku, fokus je na samoj prezentaciji informacija.

## 2.3. Hosting statičkog web mjesta

Nakon finaliziranja projekta statičkog web mjesta, potrebno ga je postaviti na web poslužitelj kako bi postalo dostupno krajnjim korisnicima.

U okviru statičkog modela upravljanja, pojam hostinga svodi se na centralizirano posluživanje statičkih HTML dokumenata, na zahtjev korisnika. Proces započinje postavljanjem datoteka na poslužitelj, najčešće pomoću FTP klijenta. Slijedi konfiguriranje poslužitelja, odnosno povezivanje s registriranom domenom kroz DNS sustav, nakon čega je korisniku omogućen pristup. Korisnik kroz web preglednik zahtjeva prikaz web mjesta pretragom njegove simboličke domene, a server zatim izvršava funkciju isporuke traženih datoteka. Princip rada hostinga vidljiv je na slici 2.



Slika 2. Shema komunikacije kod hostinga statičkog web mjesta

## 2.4. Prednosti

Osnovna prednost statičkog upravljanja jest razina kontrole, što se prvenstveno odnosi na potpunu kontrolu datoteka i sadržaja uključenih u web mjesto te kontrolu potrošnje resursa web poslužitelja jer statičke stranice nije potrebno programski obrađivati na strani poslužitelja.

Ako se uzme u obzir teorija da korisnik odustaje od posjeta stranici ukoliko njeno učitavanje traje duže od samo tri sekunde, vrijeme je od iznimne važnosti. [4] Statičke stranice nemaju bazu podataka iz koje se učitava pripadajući sadržaj pa je stoga brzina njihova učitavanja zamjetno veća. Obzirom na značaj navedene prednosti, preporučljivo je shvatiti ju kao primarnu vodilju pri projektiranju statičkog web mjesta, kako bi vrijeme učitavanja bilo što kraće, a samim time i korisničko iskustvo bolje.

Statičke stranice također nije potrebno niti ažurirati sigurnosnim zakrpama, što je posebno važno u okviru dinamičkog web okruženja kako bi se osigurala visoka razina sigurnosti i raspoloživosti. Nadalje, fleksibilnost izrade statičkih stranica je neograničena, što ujedno znači i potpunu kontrolu nad obje strane, one administrativne i one prezentacijske. [5]

Za izradu statičkog web mjesta potrebne su vještine kodiranja pomoću HTML i CSS opisnih jezika, a po izboru i nekih od programskih, primjerice JavaScript. Razvojem vještina kodiranja raste i mogućnost izrade kompleksnijih stranica, posebice ako su u pitanju HTML5 i CSS3 standardi koji svojim svojstvima pružaju mogućnost izrade izrazito kompleksnih stranica bez dodatnog skriptiranja. [12]

Hosting je jednostavniji i brži obzirom da je za uspostavu web mjesta potrebno samo registriranje i konfiguracija simboličke domene te postavljanje datoteka na odabrani web poslužitelj. Također, migracija web mjesta između poslužitelja je jednostavnija jer nema baze podataka, administracijskih sustava niti ostalih dodataka koje je potrebno rekonfigurirati.

Statički model upravljanja web sadržajem ima mnogo prednosti nad dinamičkim, no te prednosti najbolje se daju iskoristiti u specifičnim situacijama. Točnije, prilikom faze planiranja potrebno je uzeti u obzir sve ključne parametre i prema tome utvrditi odgovara li princip statičkog modela upravljanja ciljanom slučaju. Neki od ključnih parametara analize određuju se prema opsegu sadržaja, uvjetu interakcije, namjeni i cilju te financijskim i vremenskim resursima. Statički model upravljanja prikladan je izbor u slučaju kada je opseg projekta otprilike do deset stranica, ako će sadržaj biti pouzdan izvor informacija duži vremenski period te ako se ne zahtijevaju oblici interakcije kao što su komentiranje, registriranje korisnika ili slično. U slučaju da se projektu ipak želi nadodati barem neki oblik dinamičnosti, odnosno interakcije s korisnicima, to je moguće ostvariti pomoću programskih jezika, primjerice JavaScript-a na strani klijenta ili PHP-a na strani poslužitelja.

Unatoč tome što trenutno na tržištu prevladava upotreba dinamičkih stranica, statičke stranice i statičko upravljanje web sadržajem ostat će temelj web dizajna. U krajnjem slučaju, kako bi znali upravljati u dinamičkom okruženju, najprije je potrebno usavršiti statički model upravljanja te izradu statičkih web stranica. S aspekta vizualnog oblikovanja, prednost statičkog modela jest ta da ne postoji kontrolirano okruženje unutar kojeg se upravlja oblikovanjem. Proces se svodi isključivo na povezivanje i upotrebu CSS stilskog jezika, za razliku od dinamičkog modela gdje se web dizajner mora prvo prilagoditi korisničkom sučelju, a zatim birati između nekoliko različitih načina oblikovanja web stranice.

## 2.5. Nedostaci

Jedan od glavnih nedostataka statičkog modela upravljanja jest njegova kompleksnost, koja raste proporcionalno s opsegom projekta, odnosno povećanjem količine datoteka uključenih u web mjesto smanjuje se efikasnost u vidu brzine učitavanja i jednostavnosti upravljanja.

Nadalje, odabir statičkog modela upravljanja za klijenta znači nemogućnost samostalne izmjene web sadržaja, odnosno ovisnost o stručnoj osobi. Nedostatak se manifestira i kod prebacivanja odgovornosti s jedne na drugu stručnu osobu s obzirom na to da je potrebno ponovno upoznavanje s kodom i određeni vremenski period da bi druga osoba posve savladala strukturu datoteka i koda. [6]

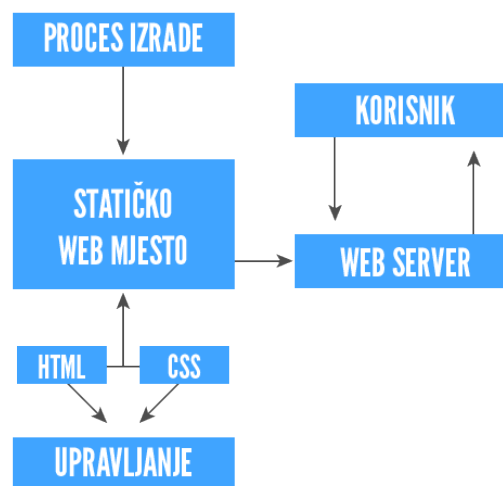
Kod ažuriranja nakon finalizacije projekta, najveći se nedostatak može opisati kroz primjer promjene telefonskog broja. Na primjer, web mjesto se sastoji od sveukupno osam stranica od kojih svaka sadržava podnožje unutar kojeg se nalazi telefonski broj. Kad klijent zadaje zahtjev za promjenom pa makar i samo jedne brojke, dizajner mora u svakoj zasebnoj HTML datoteci, u ovom slučaju njih osam, pronaći kod za podnožje i u svakoj od njih promijeniti telefonski broj. Ista situacija se događa i s ostatkom sadržaja, obzirom da ne postoji nikakav oblik korisničkog sučelja kroz koji je moguće promijeniti samo sadržaj, bez intervencije u sam kod. [7]

Proces transformacije statičkog web mjesta u dinamičko je načelno logičan slijed, posebice ako se radi o slučaju gdje određena organizacija želi proširiti svoje poslovanje na webu te poboljšati komunikaciju s korisnicima. Unatoč tome, ova opcija razmatra se tek nakon što su s klijentom utvrđeni svi parametri kako ne bi došlo do nepotrebnog troška.

Kao što je definirano ranije, statička web mjesta u pravilu služe za jednosmjernu komunikaciju s korisnikom, odnosno funkcioniraju po principu brošure. Nadalje, obzirom na potrebe modernih korisnika u smislu interakcije, mnogi vlasnici statičkih web stranica se odlučuju na komunikaciju putem društvenih mreža, što u krajnjem slučaju znači da vlasnik mora balansirati svoju prezentaciju na dva različita servisa.

Svi nedostaci statičkog modela upravljanja ponajviše se manifestiraju ukoliko su zanemareni savjeti i ključni parametri prilikom faze planiranja. Izrada statičkog web mjesta u načelu je jeftinija u odnosu na dinamičko, no neopreznim planiranjem vrlo brzo i jednostavno može doći do neočekivanih troškova.

## 2.6. Statički model: Vizualni prikaz

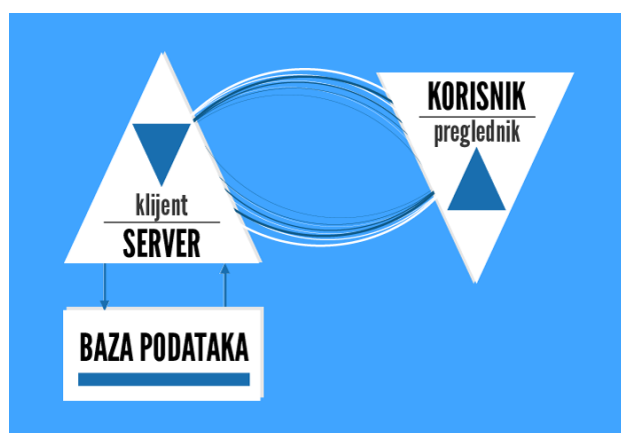


Slika 3. Shematski prikaz razvoja i upravljanja statičkog web mjesta

Statičko web mjesto primarno se sastoji od HTML i CSS datoteka, pomoću kojih se vrši statičko upravljanje web sadržajem. Nakon završetka izrade statičkog web mjesta, glavni direktorij se postavlja na web poslužitelj (eng. server). Web poslužitelj i korisnik komuniciraju putem web preglednika s korisnikove strane i domene koja ostvaruje poveznicu s web mjestom.

### 3. DINAMIČKO UPRAVLJANJE WEB SADRŽAJEM

Dva su osnovna pojma koja opisuju dinamičko upravljanje web sadržajem a to su: korisničko sučelje i baza podataka. Komunikacija s korisnikom odvija se jednako kao i kod statičkih web mjesta, a shema je prikazana na Slici 4. [1]



Slika 4. Komunikacija kod dinamičkog web mjesta

Glavna karakteristika po kojoj se dinamički model upravljanja prepoznaje jest to što se pokreće pomoću specijaliziranog sustava za upravljanje, odnosno CMS sustava (eng. Content Management System). CMS je sustav kojemu je primarna svrha dinamičko ažuriranje sadržaja na webu, a sastoji se od dva dijela: CMA i CDA. CMA, odnosno aplikacija za upravljanje sadržajem (eng. Content Management Application) označava korisničko sučelje putem kojeg se izvodi sveukupno upravljanje, dok CDA označava aplikaciju za dostavljanje sadržaja (eng. Content Delivery Application) kojoj je svrha kompiliranje svih informacija potrebnih za pokretanje i izvođenje operacija u sklopu procesa upravljanja sadržajem. Ove dvije aplikacije su još jedna karakteristika dinamičkog upravljanja s obzirom na to da one zapravo omogućuju odvajanje sadržaja od izvornog koda, za razliku od statičkog modela gdje su i sadržaj i kod isprepleteni unutar jednog dokumenta. [8]

Dinamički model upravljanja web sadržajem u svojem najjednostavnijem obliku može jednostavno potpuno imitirati statičku stranicu s dodanom prednošću korištenja korisničkog sučelja i jednostavnog ažuriranja. [1] Ipak, s obzirom na to da su CMS sustavi koji se najčešće koriste izrazito kompleksni i sadržavaju mnogobrojne funkcionalnosti, dinamički model upravljanja najbolje funkcionira kod većih projekata. Točnije, kod projekata koji zahtijevaju često ažuriranje,

arhiviranje podataka, baze korisnika, a samim time i sudjelovanje više osoba na razvoju projekta. [1]

CMS sustav je specijalizirani softver ili aplikacija koja omogućuje izradu i upravljanje web mjestom, a neke od osnovnih karakteristika su: unos i objava sadržaja putem WYSIWYG uređivača, upravljanje multimedijalnim sadržajem, arhiviranje podataka, upravljanje predlošcima, autorizirani pristup, itd. [9]

#### 3.1. Povijesni razvoj CMS sustava

Razvoj CMS sustava može se podijeliti u tri dijela: upravljanje – M (eng. Management), sustavi – S (eng. System) i sadržaj – C (eng. Content). Upravo tim redoslijedom kretao se i proces razvoja, od jednostavnih sustava za upravljanje pa sve do kompleksnih CMS sustava s mnogobrojnim svojstvima, funkcionalnostima i modulima. [10]

U početku razvoja CMS sustava, fokus je bio na ostvarenju jednostavnijeg upravljanja, odnosno ostvarenju mogućnosti dinamičkog upravljanja web sadržajem u tada još uvijek statičkoj razvojnoj okolini. Nakon što je usavršen koncept upravljanja, cilj je bio tehnički stvoriti što efikasniji informacijsko-komunikacijski sustav. Tek nakon što je razvoj ta dva dijela dotaknuo određenu granicu u vidu razvoja sveukupne web tehnologije, fokus se usmjerio prema sadržaju. [1] Nakon određenog vremenskog perioda i napretka u razvoju sustava, industrija se podijelila na EDMS (eng. Enterprise Document Management System) i WCMS (eng. Web Content Management System) odnosno na sustave za upravljanje dokumentacijom i sustave za upravljanje web sadržajem. Daljnja podjela je na sustave otvorenog ili zatvorenog koda, komercijalne, enterprise, itd. Broj CMS sustava neprestano raste, a samim time rastu i kategorije po kojima se dijele. [10]

Problematika oko pitanja jesu li sustavi otvorenog koda prikladni za komercijalnu upotrebu riješila se stvaranjem CMS alata treće generacije sa svojstvom priklanjanja dizajnu, a ne kodiranju, odnosno tehnici. Neka od ključnih svojstava takvih sustava su: platforme s uključenim hostingom, preprodavanje isključivo od strane dizajn agencija, integracija s CRM-om, bazom podataka, web trgovinom, elektroničkom poštom, modularni razvoj koji minimalizira potrebno kodiranje za integraciju, SaaS (eng. Software as a Service) model cijena, itd. Usmjeravanje razvoja na dizajn dovelo je i do podjele CMS industrije na razvoj sustava s fokusom na profesionalni web dizajn te one otvorenog koda, namijenjene programerima i tehnološki iskusnijim blogerima. Ključan korak u razvoju CMS sustava je implementacija administracijskog sučelja u proces upravljanja sadržajem, što je omogućilo brzo i jednostavno uređivanje željenih web stranica bez izravne intervencije u njihov izvorni kod. [10]

#### 3.2. Vrste i funkcionalnosti CMS sustava

CMS sustavi se ugrubo dijele na one zatvorenog i one otvorenog koda, a zatim i na komercijalne te besplatne. Karakteristika sustava zatvorenog koda jest ta da su takvi

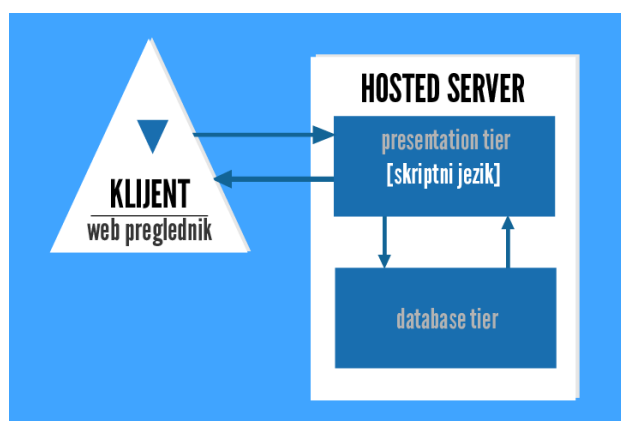
sustavi u vlasništvu neke organizacije, a korisnici prilikom preuzimanja tj. kupnje takvih sustava nemaju pristup izvornim datotekama. S druge strane postoje sustavi otvorenog koda, što znači da po preuzimanju korisnik ima pristup izvornim datotekama i kodovima koje može mijenjati i personalizirati. Nadalje, postoje još i tzv. prilagođeni sustavi, odnosno CMS sustavi koji se programiraju prema zahtjevima klijenta i u načelu ne postoji komercijalna prodaja. Također postoje i enterprize sustavi, odnosno sustavi namijenjeni organizacijama koje se bave velikim količinama informacija, a kojima će se upravljati unutar CMS sustava.

Inovacija na CMS tržištu su sustavi bazirani na datotekama (eng. File-based CMS). Glavna karakteristika ovakvih sustava jest ta da nema baze podataka, što se koristi i kao drugi naziv (eng. Non-Database CMS). [11]

### 3.3. Hosting dinamičkog web mjesta

Karakteristika dinamičkih web mjesta jest da korisnik prilikom učitavanja ne prima izravno zatražene HTML dokumente, već se oni prvo generiraju pomoću *server-side* programskih jezika, iz pripadajuće baze podataka u koju su prethodno spremljeni potrebni sadržaji. [3]

Komunikacija s korisnikom odvija se između web preglednika, baze podataka i web poslužitelja, što je vidljivo na slici 5. Poslužitelj se sastoji od dva segmenta, odnosno „presentation tier-a“ i „database tier-a“. „Presentation tier“ se u ovom slučaju sastoji od *server-side* programskog jezika, što je najčešće PHP, kao kod primjerice Wordpress sustava. Skriptni jezik koji se kompilira u prezentacijskom dijelu povezan je s bazom podataka iz koje se čita potreban sadržaj. Nakon komunikacije s bazom podataka, web poslužitelj svojim skriptnim jezikom zatim isporučuje podatke web pregledniku i time omogućuje konačnu prezentaciju zatražene stranice. [3]



Slika 5. Shema komunikacije kod dinamičkog web mjesta

### 3.4. Prednosti

Upotreba CMS sustava donosi mnogobrojne prednosti, što se prvenstveno odnosi na mogućnost dinamičkog upravljanja web sadržajem unutar kontrolirane okoline, odnosno korisničkog sučelja.

Sučelja takvih sustava najčešće se programiraju tako da je vrijeme upoznavanja korisnika sa sučeljem minimalno. Iz navedenog proizlazi da i osobe s osnovnim znanjem rada s računalnim programima mogu unositi potrebne sadržaje i ažurirati web željene web stranice. [1]

Kod statičkih web stranica sadržaj i HTML kod isprepleteni su u jednoj datoteci, dok su kod CMS sustava odvojeni. [1] Prema primjeru Wordpress-a, datoteke koje pokreću sustav nalaze se u direktoriju na tvrdom disku poslužitelja, a sučelju sustava pristupa se putem web preglednika. Upravljanje web sadržajem, kao i vizualno oblikovanje izvodi se kroz administracijsko sučelje, prilikom čega se sadržaj sprema u bazu podataka, a vizualni predlošci se poslužuju iz glavnog direktorija CMS-a.

Kolaboracija je jedan od važnih faktora pri odabiru modela upravljanja, posebice ako se radi o kompleksnijem web mjestu. CMS sustavi svojim modulom za autorizirani pristup omogućavaju kreiranje korisničkih računa s različitim ulogama, koji omogućavaju svakom autoru zaseban profil pomoću kojeg sudjeluju u upravljanju. Nadalje, upravljanje sadržajem obogaćeno je mnogobrojnim svojstvima i opcijama, kao što su arhiviranje podataka, kategorizacija i indeksiranje, ručno podešavanje vremena objave, itd. Arhiviranje podataka može se predefinirati po datumu, mjesecu, godini itd., što je od velike važnosti za sustave sa svakodnevnim ažuriranjem i velikim količinama arhiviranih podataka. Moduli kao što su bilteni, kalendari, web trgovina, forumi, korisničke baze i slično mogu biti unaprijed integrirani u sustav ili se dodaju s nekoliko jednostavnih koraka unutar korisničkog sučelja.

S aspekta vizualnog oblikovanja, većina sustava ima omogućenu opciju kreiranja i postavljanja vlastitog predloška ili korištenje gotovih, bilo komercijalnih ili besplatnih.

Što se strukture tiče, kod Wordpress-a se predložak programira pomoću PHP jezika, a najosnovnija struktura sastoji se od zaglavlja, sadržaja i podnožja. Ovakav način strukturiranja pogoduje dinamičkom ažuriranju s obzirom na to da je primjerice promjenu naslova u zaglavlju moguće učiniti na samo jednom mjestu, a promjena se primjenjuje na sve postojeće stranice unutar web mjesta.

Sveukupan proces izrade web mjesta upotrebom dinamičkog modela upravljanja puno je kompleksniji od onog sa statičkim modelom. I dok je kod statičkog web mjesta nakon razmatranja ključnih parametara dovoljno samo utvrditi željeni dizajn, kod dinamičkog modela potrebno je odrediti i koja vrsta CMS sustava je prikladna za projekt. Za dizajnera/developera odabir dinamičkog modela upravljanja znači da nakon finalizacije projekta nije odgovoran za ažuriranje sadržaja i taj dio može prepustiti klijentu, dok za klijenta znači da je nakon upoznavanja sa sustavom sposoban za samostalni unos i ažuriranje. Time se dolazi i do prednosti dinamičkog modela u vidu dodavanja korisničkih računa s ulogama pa tako dizajner/developer može ostaviti korisnički profil administratora i nakon finalizacije, a klijentu izraditi profil s kojim je osiguran pristup samo dijelu za upravljanje sadržajem. S tehničkog aspekta, dinamičko web mjesto samo po sebi pruža mogućnosti interakcije s korisnikom, a pojačanje

dvosmjernu komunikaciju moŹe se postići dodavanjem modula i dodatnih funkcionalnosti.

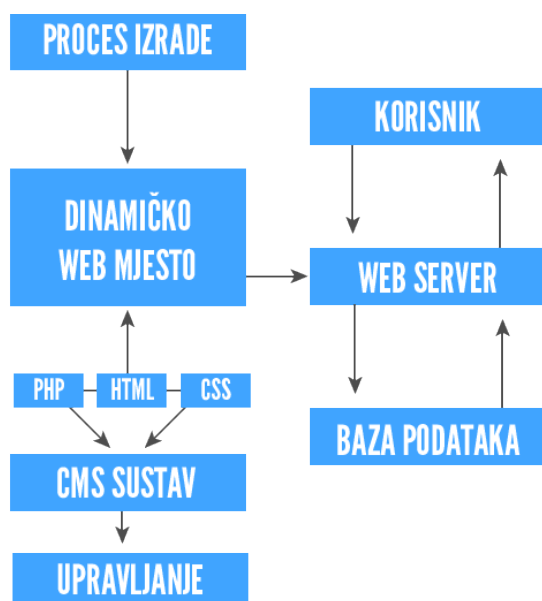
### 3.5. Nedostaci

Za manje projekte dinamiĉki model upravljanja uglavnom nije isplativ uzevši u obzir kompleksnost sustava. Također, iako ovisi o opsegu projekta, u naĉelu su za izradu dinamiĉkog web mjesta potrebni veći vremenski i financijski resursi, kako za vrijeme izrade, tako i za podršku nakon finaliziranja projekta. Također je u trošak potrebno uraĉunati upoznavanje klijenta sa sustavom.

Kod besplatnih sustava potrebno je samostalno osigurati hosting koji je u naĉelu financijski skuplji nego kod statiĉkog modela s obzirom na to da je potrebno više prostora na poslužitelju, povezivanje s bazom podataka, itd.

Nedostaci vezani uz dinamiĉki model upravljanja web sadržajem uglavnom se manifestiraju ili zbog nepridržavanja uputa prilikom faze planiranja ili nestručnim upravljanjem. S vizualnog aspekta, najveći nedostatak jest nepotpuna kontrola nad ukupnim vizualnim oblikovanjem, odnosno dizajnom web mjesta u odnosu na statiĉki model. Dok kod statiĉkih web mjesta dizajner ima potpunu kontrolu nad svim vizualnim elementima i datotekama kojima upravlja putem HTML i CSS jezika, kod dinamiĉkih web mjesta je to ipak drugaĉije i kompleksnije. Ukoliko dizajner Źeli vizualno oblikovati dinamiĉki upravljano web mjesto na platformi kao što je Wordpress, uz postojeće znanje HTML i CSS jezika potrebno je poznavanje i programskog jezika PHP, koji posreduje između server-side komponenti sustava.

### 3.6. Dinamiĉki model: Vizualni prikaz



Slika 6. Shematski prikaz razvoja i upravljanja dinamiĉkog web mjesta

Jedan od mogućih shematskih prikaza dinamiĉkog web mjesta nalazi se na Slici 6. Nakon procesa izrade nastaje dinamiĉko web mjesto, koje je izrađeno pomoću

PHP, HTML i CSS jezika, dok se upravljanje vrši putem CMS sustava, odnosno korisniĉkog suĉelja. Komunikacija s korisnikom odvija se između web preglednika, web poslužitelja i baze podataka.

## 4. ZAKLJUĀAK

Nakon analize korisnosti i nedostataka oba modela upravljanja sadržajem web mjesta, dolazi se do zakljuĉka kako se niti jedan od njih ne moŹe okarakterizirati kao generalno bolji ili lořiji, već na temelju ulaznih parametara i detaljnog razmatranja svakog pojedinog projekta valja odabrati prikladan model.

Na temelju istraŹivanja moŹemo zakljuĉiti kako je budućnost upravljanja web sadržajem u kombiniranju tehnologija. Već sad je primijećeno kako developeri sve više rade alate i web aplikacije koje kombiniraju prednosti pojedinog osnovnog modela upravljanja i stvaraju nove tehnologije, sustave, metode i pristupe. Daljnja istraŹivanja moguće je provesti tako da se detaljnije analiziraju i usporede novi modeli dinamiĉkih web mjesta te obrade i oni modeli koji će se tek razviti u skladu s trendovima u produkciji web mjesta i statiĉkim i dinamiĉkim upravljanjem web sadržajem.

## 5. LITERATURA

- [1] Lance Scaife-Elliot: „Master in Design (Research) – The transition from static to dynamic web design“, University of Technology Sydney, Sydney, 2013
- [2] NextGen Websites: The Differences between Static and Dynamic Websites, <http://www.next-generation-websites.com/the-differences-between-static-and-dynamic-websites/>, 2012, (Dostupno: 10.06.2014.)
- [3] European Commission – Digit: IS Hosting Services, Infrastructure Services Provision DIGIT Directorate, [http://publications.europa.eu/tenders/our/documents/ao\\_10463/ao10463\\_annex\\_19\\_ishs\\_hosting\\_services\\_ec\\_digit\\_en.pdf](http://publications.europa.eu/tenders/our/documents/ao_10463/ao10463_annex_19_ishs_hosting_services_ec_digit_en.pdf), 2012, (Dostupno: 10.06.2014.)
- [4] instantShift; Calvin Sellers: Why Good Website Design is So Important: The Stats and Figures to Prove It [Infographic], <http://www.instantshift.com/2013/09/02/importance-of-effective-website-design-infographic/>, (Dostupno: 10.06.2014.)
- [5] Speckyboy; Ada Ivanova: Good Old Static HTML Sites Aren't Dead Yet. Should They Be?, <http://speckyboy.com/2012/02/22/good-old-static-html-sites-arent-dead-yet-should-they-be/>, 2012, (Dostupno: 10.06.2014.)
- [6] Modern Dignity: Advantages And Disadvantages Of A Static Website, <http://www.moderndignity.com/advantages-and-disadvantages-of-a-static-website/>, 2012, (Dostupno: 10.06.2014.)
- [7] Udemy; Kasia Mikoluk: Old Static Content vs New Dynamic Websites And Data,

- <https://www.udemy.com/blog/static-vs-dynamic/>, 2013, (Dostupno: 10.06.2014.)
- [8] SearchSOA; Margaret Rouse: Essential Guide: Web Content Management Systems Roundup, <http://searchsoa.techtarget.com/definition/content-management-system>, 2011, (Dostupno: 10.06.2014.)
- [9] Radarearth; Kabir Bedi: 10 Features Of A Great CMS Solution, <http://radarearth.com/content/10-features-great-cms-solution-0>, (Dostupno: 10.06.2014.)
- [10] Contegro: A (brief) history of CMS development, [http://www.contegro.com/info-center/designers-blog/blog-article/\\_thread\\_/a-brief-history-of-cms-development](http://www.contegro.com/info-center/designers-blog/blog-article/_thread_/a-brief-history-of-cms-development), 2012, (Dostupno: 10.06.2014.)
- [11] GCO Studio; Jose Guerra: No Database CMS or blog, <http://gcostudios.com/2013/no-database-cms-or-blog/>, 2013, (Dostupno: 10.06.2014.)
- [12] Vinko Őtajdohar, S.; Tomiřa, M.; Valdec, D.: Oblikovanje web stranica primjenom CSS-a 3, Tehniĉki glasnik, 7 (2013), 4; 399-404, 2013

Kontakt autora:

**Barbara Kořak, bacc. ing. techn. graph.**

e-mail: bakosak@unin.hr

**doc.dr.sc. Mario Tomiřa**

Sveučilište Sjever

Trg. dr. Őarka Dolinara 1, 48000 Koprivnica

e-mail: mario.tomisa@unin.hr

**Marko Āaĉić, mag. ing. techn. graph.**

Sveučilište Sjever

Trg. dr. Őarka Dolinara 1, 48000 Koprivnica

e-mail: marko.cacic@unin.hr

# OČEKIVANJA I ZAHTJEVI POTENCIJALNIH KORISNIKA GRAFIČKOG KORISNIČKOG SUČELJA "TABLET NOVINA"

## USER EXPECTATIONS AND REQUIREMENTS FOR "TABLET NEWSPAPER" ORIENTED GRAPHIC INTERFACES

*Darijo Čerepinko, Nikola Mrvac, Marin Milković*

Izvorni znanstveni članak

**Sažetak:** Autori u radu predstavljaju rezultate anketnog istraživanja očekivanja i zahtjeva potencijalnih korisnika grafičkog korisničkog sučelja 'tablet novina' ovisno o njihovom navikama konzumiranja novinskog sadržaja te prilagodbi aplikacija dnevnih novina za tablet digitalnom okruženju. Rezultati pokazuju da korisnici očekuju barem djelomično preslikavanje postojećih modela, prije svega online i izdanja za mobilne telefone, što je samo djelomično u skladu s ranijim teorijskim pretpostavkama. Ispitanici su pokazali kako korištenje multimedijских dodataka uvelike poboljšava doživljaj korištenja tablet aplikacija.

**Cljučne riječi:** Očekivanja korisnika, Tablet aplikacija dnevnih novina

Original scientific paper

**Abstract:** In this paper authors present results of a survey inquiring expectations of potential users of a graphical user interface for 'tablet newspapers' depending on their habits of consuming newspaper content and adaptation of applications to digital environment. The results show that users expect at least partially interfaces based on existing models, primarily web and mobile phones applications, which is only partially in line with earlier theoretical assumptions. Subjects showed that use of different multimedia formats greatly enhances the user experience of tablet application.

**Key words:** User expectations, Daily newspaper Tablet application

### 1. UVOD

U procesu proizvodnje novog grafičkog proizvoda, kao što je aplikacija za tablet novine, važno mjesto zauzima istraživanje očekivanja potencijalnih korisnika aplikacije za tablet novine.

To je prvi korak ka definiranju potencijalnih vizualnih i korisničkih parametara koje potencijalna aplikacija odnosno njezino korisničko sučelje mora zadovoljiti. Temeljno pitanje koje se u ovom slučaju postavlja je: promatraju li potencijalni korisnici sučelje iz perspektive tiskanih dnevnih novina ili od aplikacije traže karakteristike koje informacije prezentirane u dnevnim novinama imaju na drugim platformama, prije svega na web stranicama.

Kako bi se ispitala očekivanja koje potencijalni korisnici tablet aplikacije dnevnih novina mogu imati od aplikacije, s ciljem da se dobiju podaci koji će usmjeriti oblikovanje aplikacije u smjeru što bližem očekivanjima budućih korisnika, za potrebe ovog rada provedena je anketa prema ranije korištenim istraživanjima odnosno metodološkim preporukama [1][2].

### 2. MEDIJSKI KVARTET I ULOGA TABLET NOVINA

S obzirom na relativno kratko vrijeme od pojave tablet uređaja i prvih aplikacija dnevnih novina na tabletima, relativno je malo literature koja se bavi pitanjima njihovog korištenja i smjernicama za njihovo oblikovanje.

Garcia daje pregled dizajnerskih rješenja aplikacija za tablet novine koje se koriste u praksi i objašnjava kako se danas društvo (barem ono zapadno i kapitalističko) nalazi u situaciji stalne uključenosti (always-on culture) [3, str. 8.2.] odnosno da novinarstvo danas postoji u multiplatformskom svijetu, a svaka platforma pruža jedinstven način na koji se prikazuje i priča novinarska priča [3, str. 8.1.]. Taj multiplatformski svijet dnevnih novina sastoji se, prema Garciji, od tzv. medijskog kvarteta: mobilnog telefona, mrežnih stranica odnosno online izdanja, tiskanog izdanja i tablet izdanja odnosno aplikacije, pri čemu svaki element ima svoje bitne karakteristike[4].

Garcia mobilne telefone i online izdanja naziva 'lean forward' platformama, a tiskane novine i tablet izdanja 'lean-back' platformama [3, str. 8.1.]. Tablet izdanje sadržajno slijedi sličan princip kao i tiskane novine,



dakle daje dublji i analitički pristup događaju, ali ga isto tako oprema i dodatnim multimedijским formatima – ono ima mogućnost, prema Garciji, dati višestruki uvid u događaj, vijest ili priču koju čitatelj konzumira opušteno i kroz duži vremenski period [3, str. 8.1.]. Kako je pokazalo nekoliko istraživanja [5] [6], korisnici tableta traže interaktivnost i nove načine da koriste uređaj, posebno u segmentu čitanja vijesti [3, str. 2.2.], duže gledaju video sadržaje i od korisnika online izdanja i od korisnika mobilnih aplikacija, a kroz sadržaj se kreću horizontalnim povlačenjem kroz stranice i galerije odnosno vertikalnim kroz tekst članka. Prema Garciji, više od 60 posto ispitanika povezano se s tabletom na 'intimnoj' razini što znači da je riječ o vrlo fokusiranim korisnicima.

### 3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Očekivanja potencijalnih korisnika tablet novina ispitana su anketno. U istraživanju je sudjelovalo 78 studenata svih godina preddiplomskih studija Sveučilišta Sjever iz Sveučilišnog centra Koprivnica. Izabrani uzorak bio je prigodan. S obzirom na stupanj zastupljenosti tehnologije tablet uređaja, veća je vjerojatnost da su studenti spomenutih studija bili u kontaktu s promatranim tehnološkim uređajima i rješenjima koja se na njima koriste odnosno po definiciji ulaze u skupinu tzv. ranih usvajača (early adopters) odnosno rane većine (early majority) [9, str. 22]. Također, većina ispitanih po demografskim karakteristikama ulazi u dobnu skupinu 18 – 49 godina, standardnu za većinu medijskih istraživanja, čime postaju potencijalni dugoročni korisnici aplikacija za tablet novine.

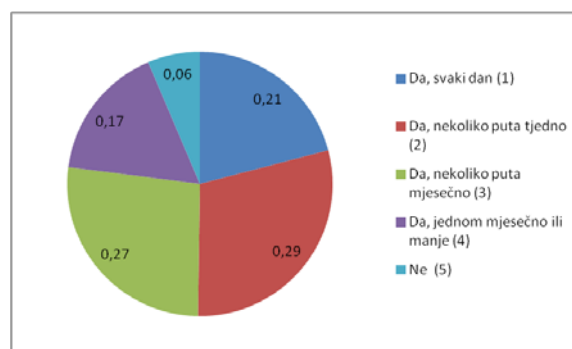
Rodne karakteristike ispitanika zastupljene su u omjeru karakterističnom za opću populaciju (M:49 %; Ž: 51 %). S obzirom na nerazmjer između pojedinih kategorija korisnika (do 20 godina: 65 % ispitanika; 21 – 25 godina: 29 % ispitanika; 26 i više godina: 6%) prije analize rezultata provela se dodatna analiza. Da bi se ispitalo jesu li ovisnosti između kategorijalnih obilježja statistički značajne korišten je X<sup>2</sup> (hi-kvadrat) test uključujući i Yatesovu korekciju i to za sve odgovore po kriteriju spola i kriteriju dobi.

Pripremljeni upitnici korišteni u istraživanju bazirani su na upitnicima korištenim u sličnim ranijim istraživanjima [1][7][8] s različitim kombinacijama otvorenih, zatvorenih i pitanja s odgovorima s višestrukim izborom. Od tog broja njih 31 ocijenilo je jednu od postojećih tablet aplikacija hrvatskih dnevnih novina (Aplikacija Jutarnjeg i Večernjeg lista) prema tri kategorije: 1.) vizualnom/grafičkom dizajnu aplikacije; 2.) čitljivošću teksta i 3.) korištenju multimedije.

Utjecaj multimedijских dodataka ispitano je anketno na prigodnom uzorku od 50 ispitanika, studenata preddiplomskog studija Multimedije, oblikovanja i primjene Sveučilišta Sjever, a izabran je iz istih razloga kao i uzorak kojim se istraživalo očekivanje potencijalnih korisnika tablet novina. Odgovori su testirani statističkim t-testom.

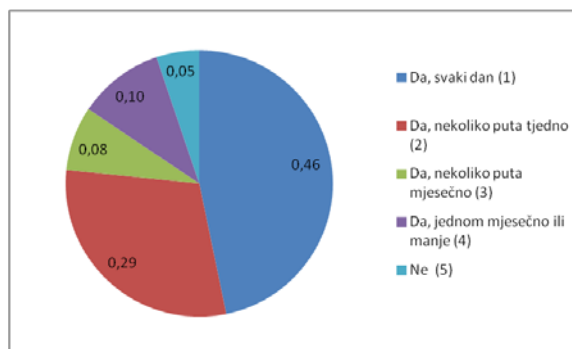
### 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Prema rezultatima X<sup>2</sup> testa ne postoji statistički značajna ovisnost čitanja dnevnih novina i dobi (X<sup>2</sup>: 4.764, p= 0.1899) odnosno rodni karakteristika (X<sup>2</sup>: 2.539, p=0.4683). Rezultati anketnog ispitivanja (Slika 1) pokazali su kako polovina ispitanih dnevne novine čita do nekoliko puta tjedno, a kada se tom postotku pribroje čitatelji koji novine čitaju nekoliko puta mjesečno, postotak potencijalnih korisnika raste na više od dvije trećine ispitanih.



Slika 1. Čitate li dnevne novine?

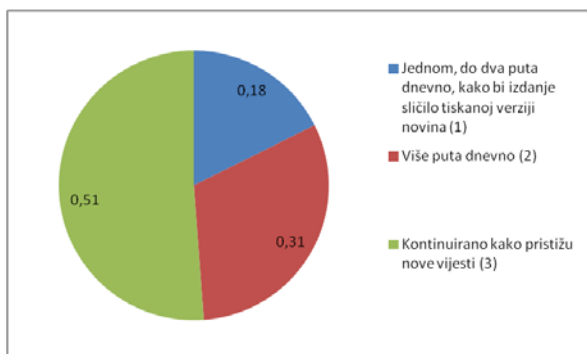
Većina ispitanika redovito prati portale dnevnih novina (Slika 2) što znači da ima razvijenu naviku konzumacije novinskih sadržaja online. Tek 10,5 posto ispitanika prati portale dnevnih novina jednom mjesečno ili manje, odnosno uopće ne prati informacije prezentirane u spomenutoj formi. I u ovom slučaju nije bilo statistički značajnih razlika između ispitanika po dobi (X<sup>2</sup>: 3.299, p= 0.1921) i rodni karakteristikama (X<sup>2</sup>: 2.022, p= 0.3639).



Slika 2. Pratite li portale dnevnih novina?

64 posto ispitanih koristilo je mobilne odnosno pametne telefone kako bi pristupilo online mobilnom sadržaju dnevnih novina koje prate pri čemu nije bilo statistički značajnih razlika između ispitanih (X<sup>2</sup>: 0.018, p= 0.8933). Iako samo 23 posto ispitanih posjeduje tablet uređaj (dob: X<sup>2</sup>: 0.189, p= 0.6638; rod: X<sup>2</sup>: 0.619, p= 0.4314), čak 72 posto ispitanika ga je koristilo (dob: X<sup>2</sup>: 3.204, p= 0.0735; rod: X<sup>2</sup>: 0.081, p= 0.7759), što potvrđuje pretpostavku o izboru uzorka. 40 posto ispitanih čitalo je dnevne novine koristeći aplikaciju dnevnih novina za tablet pri čemu kod njihovih odgovora nije bilo razlike u odnosu na dobne (X<sup>2</sup>: 0.127, p= 0.7216) i rodne karakteristike (X<sup>2</sup>: 0.463, p= 0.4962). S obzirom da tek dvoje hrvatske dnevne novine imaju

razvijene aplikacije za tablet, kao što je pokazalo ranije istraživanje [10], samo odgovori ovih ispitanika uzeti su u obzir kod analize odgovora na pitanje o kvaliteti postojećih aplikacija (Slike 5. i 6.).



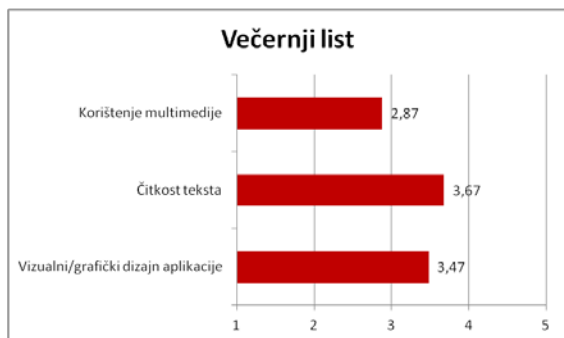
Slika 3. Dnevne novine u tablet aplikaciji trebalo bi osvježavati

Analiza odgovora na pitanje o učestalosti osvježavanja sadržaja (Slika 3.) pokazala je i da ne postoji statistički značajna povezanost između učestalosti čitanja dnevnih novina i osvježavanja ( $X^2: 0.928$ ,  $p=0.8187$ ), a većina korisnika smatra da aplikaciju treba kontinuirano osvježavati. Iz ukupnog uzorka anketiranih, 31 ispitanik odgovorio je da je koristio jednu od postojeće dvije aplikacije hrvatskih dnevnih novina za tablet (u ovom slučaju za iPad) [10] uređaj i to: 15 korisnika koristilo je aplikaciju Večernjeg lista, a 16 korisnika aplikaciju Jutarnjeg lista.



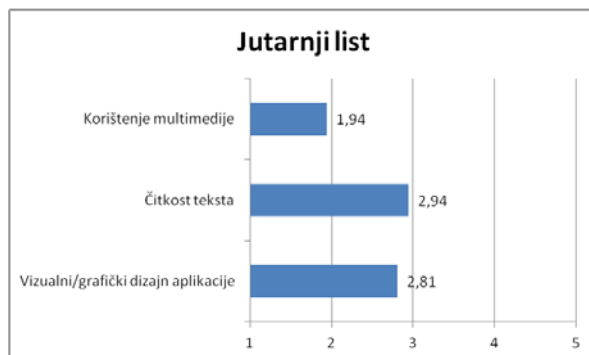
Slika 4. Promatrane aplikacije Večernjeg i Jutarnjeg lista

Svim ispitanicima je bila ponuđena mogućnost odgovora na pitanje o kvaliteti aplikacije kroz tri promatrane multimedijске karakteristike: a) Korištenje multimedijских formata; b) Čitkost teksta i c) Vizualni/grafički dizajn aplikacije. Zadovoljstvo korištenjem aplikacije ispitano je Likertovom skalom.



Slika 5. Zadovoljstvo pojedinim aspektima aplikacije Večernjeg lista

Rezultati pokazuju da su ispitanici u statistički značajnom postotku ( $p<0,05$ ) bolje ocijenili aplikaciju Večernjeg lista u svim aspektima (Slika 5.), ponajviše u segmentu čitkosti teksta, koja je najbolje ocijenjena i kod aplikacije Jutarnjeg lista (Slika 6.), a zatim i u smislu grafičkog i vizualnog oblikovanja te korištenja multimedijских sadržaja i formata.



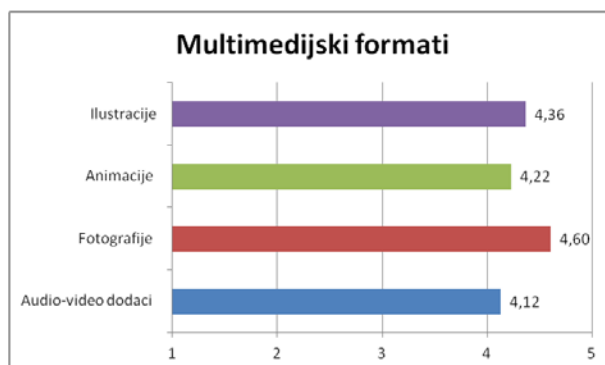
Slika 6. Zadovoljstvo pojedinim aspektima aplikacije Jutarnjeg lista

Statistički test uzorka prikazan je u Tablici 1. pri čemu je vidljivo da između odgovora ispitanika nema statistički značajnih razlika.

Tabela 1. Rezultati t- testa uzorke aplikacija dnevnih listova

Parametri t-testa		
T= 1.941948	P=0.030957	p < 0.05
T= 2.243865	P=0.016322	p < 0.05
T= 2.923315	P=0.003326	p < 0.05

Kako bi se utvrdilo koliko pojedini multimedijски dodaci odnosno formati pridruženi pojedinim člancima poboljšavaju iskustvo korištenja aplikacije odnosno čitanja samih članaka, korištena je Likertova skala (1 – 5, gdje je 1 – uopće ne poboljšavaju, a 5 – potpuno poboljšavaju). Statistički test pokazao je da na  $p<0.05$  nema statistički značajnih razlika u odgovorima ispitanika ( $T= 0.213448$ ;  $P=0.831412$ ;  $p<0.05$ ).



Slika 7. Rezultati zadovoljstva ispitanika multimedijским dodacima

Kao što je vidljivo iz Slike 7., svi dodaci u velikoj mjeri poboljšavaju iskustvo čitanja, s time da su najbolje ocijenjene fotografije i ilustracije, dok su animacije i audio-video dodaci ocijenjeni tek neznatno slabije.

## 5. ZAKLJUČAK

Istraživanje očekivanja potencijalnih korisnika 'tablet novina' koje imaju prema korisničkom sučelju pokazuje da korisnici očekuju da korisničko sučelje u određenoj mjeri slijedi neki postojeći model, što je posve u skladu s teorijskim pretpostavkama [1][11][12], osim po pitanju osvježavanja informacija, pri čemu se korisnici ne mogu u potpunosti odlučiti između pojedinih opcija. Pri tome izostaje potvrda Garcijinog medijskog kvarteta [1], ali uz ogradu da ispitanici u većoj mjeri nisu konzumirali dnevne novine u tablet izdanju pa za punu potvrdu uloge tablet izdanja u raspodjeli dnevnih novina kroz različite platforme treba provesti dodatno istraživanje.

Istraživanja utjecaja multimedijjskih formata na čitatelje postojećih aplikacija za tablet novine novo su područje istraživanja, s obzirom da je i sama tehnologija tablet uređaja relativno nova pa se kod ovog tipa istraživanja nije moglo pozvati na ranije relevantne studije i članke, ali postoji niz istraživanja koja su obradila utjecaj multimedije u mrežnim izdanjima novina [13][14][15][16] iz kojih je vidljivo da je tek nakon određenog vremena korištenja i stvaranja navike multimedija postala prihvaćen dodatak dominantnom tekstualnom sadržaju u web okruženju. Rezultati istraživanja prikazanog u ovom radu pokazali su, međutim, kako multimedijjski dodaci i različiti multimedijjski formati značajno povećavaju zadovoljstvo čitatelja, čak i kad nisu dugotrajni korisnici tehnologije.

## 6. LITERATURA

- [1] Wanta, W.; Gao, D.: »Young Readers and the Newspaper,« *Journalism and Mass Communication Quarterly*, svez. 71, br. 4, pp. 926-936, 1994.
- [2] Sproull, N.L.: »Handbook of Research Methods,« 2nd ed., Lanham, MD: Scarecrow Press, 2002.
- [3] Garcia, M.: »iPad Design Lab - Basic: Storytelling in the Age of the Tablet,« Blue Ash, OH: HOW Books, 2012.
- [4] Pew Research Center, »State of the News Media 2012,« Pew Research Center, Mar. 19, 2012..
- [5] Pew Research Center, »A Tablet Revolution: How People Use Tablets and What it Means for the Future of News,« Pew Research Center, Oct. 25, 2011.
- [6] Quinn, S.: »EyeTrack: Tablet Report,« 17. Oct. 2012. [Mrežno]. Available: [www.poynter.org](http://www.poynter.org). [Pristupljeno XII. 2013.].
- [7] Bain, C.; Weaver, D.: »Newspaper Design and Newspaper Readership,« u *Annual Meeting of the Association for Education in Journalism* (62nd, Houston, Texas, August 5-8, 1979), Houston, TX, 1979.
- [8] Wimmer, R. D.; Dominick, J.R.: »Mass Media Research: An Introduction, 7th edition,« Wadsworth Publishing, 2003.
- [9] Rogers, E.M.: »Diffusion of Innovations, 5th ed.,« New York, NY: Free Press, 2003.
- [10] Čerepinko, D.; Periša, M.; Valdec, D.: »Integrativni model proizvodnje medijskog sadržaja tiskanih medija u multiplatformskim produkcijskim uvjetima,« *Tehnički glasnik*, svez. 8, br. 1, pp. 109-113, 2014.
- [11] Marcus, A. »Graphical User Interfaces,« u *Handbook of Human-Computer Interaction*, Amsterdam, NL, Elsevier Science BV, 1997, pp. 423-440.
- [12] Galitz, W.: »The Essential Guide to User Interface Design An Introduction to GUI Design Principles and Techniques,« Indianapolis, IN: Wiley Publishing, 2007.
- [13] Peng, F.Y.; Tham, N.I.; Hao, X.: »Trends in online newspapers,« *Newspaper Research Journal*, svez. 20, br. 2, pp. 52-63, 1999.
- [14] Li, X.: »Web page design and the graphics of three U.S. newspapers,« *Journalism & Mass Communication Quarterly*, svez. 75, br. 2, pp. 353-365, 1998.
- [15] Vaughan, M.W.; Dillon, A.: »Why structure and genre matter to users of digital information: a longitudinal study with readers of a web-based newspaper,« *International Journal of Human-Computer Studies*, svez. 64, pp. 502-526, 2006.
- [16] Lin, C. A.; Jeffres, L. W.: »Comparing distinctions and similarities across Web sites of newspapers, radio stations, and television stations,« *Journalism & Mass Communication Quarterly*, svez. 78, br. 3, pp. 555-573, 2001.

Kontakt autora:

**dr. sc. Darijo Čerepinko, dipl. ing.**  
Sveučilište Sjever  
104. gardijske brigade, 42000 Varaždin  
[darijo.cerepinko@unin.hr](mailto:darijo.cerepinko@unin.hr)

**prof. dr. sc. Nikola Mrvac, dipl. ing.**  
Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Getaldićeva 2, Zagreb, HR – 10000  
[nikola.mrvac@grf.hr](mailto:nikola.mrvac@grf.hr)

**prof. dr. sc. Marin Milković, dipl. ing**  
Sveučilište Sjever  
Trg dr. Žarka Dolinara 1, Koprivnica, HR – 48000  
[marin.milkovic@unin.hr](mailto:marin.milkovic@unin.hr)

## UTJECAJ EKONOMIKE FUNKCIJA NA ODLUKU PROIZVODITI ILI KUPOVATI

### THE INFLUENCE OF THE ECONOMICS OF FUNCTIONS ON THE DECISION WHETHER TO MAKE OR BUY

*Krešimir Buntak, Nikoleta Šuljagić*

Stručni članak

**Sažetak:** Redovito praćenje i analiziranje troškova djelovanja funkcija te uspješnosti poslovnih funkcija omogućuje pravovremeno poduzimanje mjera za otklanjanje uočenih nepovoljnih kretanja, kao i za poticanje uočenih pozitivnih promjena u poslovnom okruženju. Status troškova i uspješnosti poslovnih funkcija strahovito utječu na odluke koje je potrebno donijeti na strateškoj razini upravljanja. Pritom se misli na logističku funkciju – proizvodnju, gdje treba donijeti odluku da li će se više isplatiti proizvesti ili kupiti proizvod. Pojam outsourcing već godinama zaokuplja poduzetničke krugove gdje se donošenje odluke odnosi na uslugu, ali se opet postavlja ono pitanje sa početka, da li sekundarnu uslugu ponuditi i prodati u svom poduzeću ili unajmiti drugo poduzeće da to obavi za nas. Outsourcing ima mnoge prednosti te se upravo radi toga smatra jednim od najznačajnijih poslovnih trendova današnjice.

**Cljučne riječi:** ekonomika, logistika, poslovna funkcija, proizvodnja ili kupovina

Professional paper

**Abstract:** By continual tracking and analysis of expenses and efficiency of business functions timely measures can be taken to stop observed negative trends as well as promote observed positive trends in business environment. Decisions made at the strategic level of management, mostly the decision whether it is more profitable to make or buy a product, are strongly influenced by the the status of expenses and efficiency of business functions. The term outsourcing has attracted a lot of attention of business circles for years when making the decision whether it is better to provide and sell secondary service in your own company or hire the other company to do it. Outsourcing has a lot of advantages and for that reason it is considered to be one of the most important business trends nowadays.

**Key words:** economics, make or buy, outsourcing, logistics, function

## 1. UVOD

Ekonomika poduzeća bavi se svim pitanjima odlučivanja u poduzeću koja su bitna za njegov poslovni uspjeh. To su prije svega pitanja bitna za razumijevanje i ocjenu odnosa između ostvarenih rezultata (učinaka) i vrijednosti izvršenih ulaganja (troškova). Na isplativost ulaganja i njihovu pokrivenost rezultatima najviše utječe izbor proizvodnog programa, opsega i tehnologije proizvodnje, izvori i vrste ekonomski resursa, nabavne i prodajne cijene, metode plaćanja rada i načina mjerenja uspješnosti. Međutim prije nego se odlučimo na proizvodnju trebamo donijeti odluku na višoj i prvotnoj razini da li ćemo proizvoditi određena dobra ili ćemo ih kupovati. Poduzeće se može odlučiti na kupnju proizvoda, a ne za proizvodnju, ako je jeftinije kupiti nego proizvoditi. Prije svega treba uzeti u obzir cijene i raspoloživost proizvodnih kapaciteta.

## 2. EKONOMIKA PODUZEĆA

Suvremene ekonomski sustavi se temelje na slobodnom djelovanju tržišta. Svaki je pojedinac

slobodan u izboru zanimanja kojim će se baviti i načina na koji će obavljati svoje radne aktivnosti, ako pritom ne krši zakonske propise. Neki ljudi će raditi u državnim i privatnim poduzećima, a neki će sami organizirati određenu djelatnost. U takvim uvjetima, ekonomika poduzeća treba odgovoriti na neka ključna pitanja funkcioniranja poduzeća, a to su: [1]

1. što proizvoditi (predmet poslovanja)
2. koliko proizvoditi (opseg proizvodnje)
3. kako proizvoditi (kojim metodama proizvodnje)
4. kako raspodijeliti ostvarene rezultate
5. gdje i kada nabaviti
6. gdje i kada prodati

Odgovor na svako od navedenih pitanja zahtjeva poznavanja mogućih posljedica različitih odluka koje se u vezi s tim u određenom poduzeću donose. Ekonomske odluke su opredjeljenja između jednog od mogućih rješenja, a ekonomist mora težiti takvom rješenju koje će omogućiti postizanje ravnoteže između razmjerno neograničenih potreba i ograničenih resursa. Poduzetnik donosi odluke o vrstama i količinama proizvoda i usluga koje će proizvoditi pomoću ograničeno raspoloživih čimbenika proizvodnje (proizvodnih resursa).

Ekonomski stručnjaci u poduzeću prikupljaju, obrađuju, analiziraju različite podatke o troškovima i prihodima kako bi pomogli pri donošenju odluka o korištenju raspoloživih resursa (materijala, energije, strojeva, alata, ljudskog rada...). Stoga moraju poznavati ekonomsku teoriju, matematičke metode ekonomske analize i temeljne statističke postupke.

Ekonomika poduzeća proučava poslovne odluke koje poduzetnici redovito donose radi osiguranja opstanka i razvitka poduzeća. Zbog uspona i padova u poslovanju poduzeća uvjetovanih djelovanjem različitih vanjski (tržišnih, prirodnih i društvenih) čimbenika, poduzetnici mijenjaju strukturu svojih proizvoda i usluga. Poduzeća mogu imati veće ili manje fluktuacije u poslovanju, zbog promjena potrošačke potražnje, ali je cilj većina poduzetnika ostvariti što veću dobit. Njihov je cilj održavati razinu poslovanja poduzeća koja daje maksimalnu dobit. Veličina dobiti izravno ovisi o prihodima od prodaje proizvoda ili usluga i o troškovima proizvodnje. Stoga je proučavanja prihoda i troškova, kao ključnih čimbenika poslovnog uspjeha bitan dio ekonomike poduzeća. To vrijedi i za male poduzetnike i obrtnike i za velika poduzeća. Ako troškovi rastu poduzetnik mora znati kako treba prilagođavati opseg proizvodnje kako bi i dalje ostvarivao što je moguće veću dobit.

### 3. EKONOMIKA FUNKCIJA

Poslovne su funkcije dijelovi ukupnog zadatka poduzeća. Svaka je poslovna funkcija skupina povezanih poslova u poduzeću koji zajedno čine jedinstvenu cjelinu. Poslovna funkcija je zaokružena faza ukupnog poslovnog procesa u kojoj se izvršava jedan poseban zadatak.

Najvažnije poslovne funkcije su: [3]

- Nabavna
- Proizvodna
- Skladištenja
- Transporta
- Prodajna (marketing)
- Financijska
- Računovodstvena
- Kadrovska
- Pravna

Pojam poslovne funkcija treba razlikovati od pojma organizacijske jedinice poduzeća. Pojedine se poslovne funkcije u poduzeću mogu organizirano izvršavati u okviru posebnih organizacijskih jedinica (službi, odjela, sektora, centara odgovornosti). Međutim, jedna se poslovna funkcija može obavljati u više organizacijskih jedinica (npr. Proizvodna funkcija može biti odvojena u više proizvodnih odjela). Također u jednoj organizacijskoj jedinici može se izvršavati više poslovnih funkcija (npr. U komercijalnoj se službi poduzeća izvršavaju funkcije nabave, prodaje, skladištenja i druge, a financijska, računovodstvena, kadrovska i pravna funkcija uobičajeno se organizacijski povezuju u tzv. zajedničke stručne službe.

Ekonomika funkcija dio je ekonomike poduzeća koji proučava racionalnost korištenja resursa (ekonomsku učinkovitost) po pojedinim poslovnim procesima koji se izvršavaju u poduzeću. Radi poboljšanja uspješnosti poduzeća ekonomika funkcija istražuje bitne čimbenike učinkovitosti poslovnih funkcija, prije svega sa stajališta njihova utjecaja na prihode i troškove poduzeća. Pojedinačna uspješnost poslovnih funkcija osigurava uspješnost poduzeća u cjelini. Također, slabija uspješnost bilo koje poslovne funkcije smanjuje ukupnu uspješnost poduzeća.

Ključna područja istraživanja u okviru ekonomike funkcija su: [3]

1. troškovi djelovanja funkcija
2. uspješnost poslovnih funkcija

#### 3.1. Troškovi djelovanja funkcija

U svakom poduzeću potrebno je držati dobar balans između svih sektora. Uspješnost poslovanja poduzeća ovisi o gospodarenju resursima u okviru pojedinih skupina poslova. Potrebno je optimizirati nabavu, skladištenje, proizvodnju te ono najvažnije prodaju i transport robe ili usluge. Pri proučavanju važni su ekonomski zakoni po kojima se proučava dinamičnost poslovanja poduzeća. Svako poduzeće ili firma želi imati što veće prihode, a rashode smanjiti kako bi razlika između tih sredstava bila što veća.

Pojedinačna uspješnost poslovnih funkcija osigurava uspješnost poduzeća u cjelini, suprotno tome slabija uspješnost poslovnih funkcija smanjuje ukupnu uspješnost poduzeća. Ključna područja istraživanja u okviru ekonomike funkcije su troškovi djelovanja funkcija i uspješnost poslovnih funkcija. Troškove dobivamo njihovim klasificiranjem i mjerenjem.

Troškove poslovnih funkcija obično razvrstavamo na četiri glavne skupine: [4]

1. troškove materijala
2. troškove rada
3. troškove sredstava za rad
4. razne izdatke

U troškove materijal ubrajamo troškove svih vrsta predmeta rada (tzv. materijalne troškove). To su troškovi sirovina, osnovnog i pomoćnog materijala, poluproizvoda, dijelova, energije, sitnog inventara, ambalaže, auto guma itd. U troškovima rada su bruto iznosi plaća i nadnica. Troškovi sredstava za rad obuhvaćaju amortizaciju, osiguranje i troškove održavanja nekretnina, postrojenja i opreme. Razni izdaci obuhvaćaju obveze poslovnih funkcija za poreze i doprinose, članarine komorama i udruženjima, kazne, pristojbe, sudske troškove i sl.

#### 3.2. Uspješnost poslovnih funkcija

Suvremeno i učinkovito sredstvo u istraživanju i unapređivanju funkcije poduzeća je funkcionalna analiza vrijednosti. To je znanstvena metoda koja kritički preispituje opravdanost troškova, ne samo svakog proizvoda uli usluge već i svake poslovne funkcije u njihovu stvaranju sudjeluje bilo izravno ili posredno.

Funkcionalna je analiza vrijednosti (eng. Value analysis) skup postupaka za djelotvorno otkrivanje i smanjivanje nepotrebnih troškova i u isto vrijeme za unapređenje kvalitete proizvoda i usluga poduzeća. Primarno obuhvaća istraživanje dizajna materijala i metoda proizvodnje. U analizi vrijednosti sudjeluju svi zaposlenici koji su na određeni način povezani s proizvodima ili uslugama, a to su: tehničari, dizajneri, proizvodni radnici, monter, radnici na poslovima otpreme. Analiza vrijednosti zahtjeva timski rad koji može donijeti značajne financijske učinke. Istraživanje uspješnosti poslovnih funkcija u okviru ekonomike funkcija obuhvaća definiranje mjerila poslovnog uspjeha pojedinih funkcija, te metodiku praćenja i analize njihove uspješnosti. Mjerila poslovnog uspjeha funkcija dijelimo na količinska i vrijednosna.

Količinska mjerila se temelje na usporedbi naturalno izraženih (fizičkih veličina) ostvarenih u određenoj poslovnoj funkciji u odnosu na cjelinu poduzeća. Postoje dva tipična količinska mjerila poslovnog uspjeha koja se mogu izračunati za bilo koju funkciju u poduzeću: [1]

1. Količina učinaka poduzeća po radniku određene poslovne funkcije

$$\frac{Q_{po}}{R_{fu}} \quad (1)$$

2. Udio broja zaposlenika određene funkcije u ukupnom broju zaposlenika u poduzeću

$$\frac{R_{fu}}{R_{po}} \times 100 \quad (2)$$

Simboli imaju značenje:

$Q_{po}$  = ukupna količina učinaka ostvarena u poduzeće  
 $R_{fu}$  = ukupni broj radnika koji pripadaju određenoj poslovnoj funkciji  
 $R_{po}$  = ukupni broj radnika u poduzeću

Vrijednosna mjerila se temelje na usporedbi novčano izraženih rezultata ili ulaganja ostvarenih u određenoj poslovnoj funkciji u odnosu na cjelinu poduzeća. Postoje dva vrijednosna mjerila: [1]

1. iznos ukupnog prihoda poduzeća po novčanoj jedinici troškova određene poslovne funkcije

$$\frac{C_{po}}{T_{fu}} \quad (3)$$

2. udio troškova određene poslovne funkcije u ukupnim troškovima poduzeća

$$\frac{T_{fu}}{T_{po}} \times 100 \quad (4)$$

Simboli imaju značenje:

$Q_{po}$  = ukupni prihod ostvaren u poduzeću  
 $T_{fu}$  = ukupni troškovi nastali djelovanjem određene poslovne funkcije  
 $T_{po}$  = ukupni troškovi nastali poslovanjem poduzeća u cjelini

Moguće su i druge kombinacije rezultata i ulaganja između određene poslovne funkcije i poduzeća. Al upravo troškovi djelovanja funkcija te uspješnost poslovnih funkcija pokazuju stvarnu sliku poduzeća odnosno govore nam o utjecaju ekonomike funkcija na bilo koju odluku u poduzeću, a naročito na odluku make or buy jer je to jedna od ključnih odluka na taktičnoj razini upravljanja poduzećem.

## 4. DONOŠENJE ODLUKE „PROIZVODITI ILI KUPOVATI“

### 4.1. Proces odlučivanja kroz razine menadžmenta

Proces odlučivanja kroz tri razine menadžerskog upravljanja i odlučivanja: [2]

1. Strateška razina - dugoročni ciljevi i politike za alokaciju resursa
2. Taktička (srednja) razina - akvizicija i efikasna uporaba resursa u postizanju organizacijskih ciljeva
3. Operativna razina - efikasno i efektivno rješavanje specifičnih zadataka



Slika 1. Razine odlučivanja [2]

Strateška razina najviša je razina menadžmenta. Svrha je prilagoditi promjene u okolini poduzeća postojećim organizacijskim kapacitetima. Ovdje se postavljaju sljedeća pitanja: „Gdje se nalazi naše poduzeće kada ga uspoređujemo s dugoročnim troškovnim trendovima?“ i „Koji bi se proizvodi trebali izrađivati sljedećih pet godina?“ Strateška razina menadžmenta mora vidjeti „veliku sliku“, a njezina orijentacija mora biti dugoročna, usmjerena na traženje optimalnih i cjelovitih rješenja u budućnosti i osiguravanje provođenja promjena koje odgovaraju na izazove i promjene u okolini.

### 4.2. Taktička razina menadžmenta

Taktička (srednja) razina menadžmenta koristi se kod praćenja, kontroliranja, donošenja odluka i administrativnih aktivnosti srednje razine menadžmenta.

Najčešće pitanje koje se na ovoj razini postavlja glasi: „Radi li sve dobro?“ Ova razina sustava osigurava periodična izvješća i ponekad podržava ne rutinsko donošenje odluka. Također, usmjerava se na djelomično strukturirano odlučivanje gdje dobivene informacije nisu uvijek jasne. Ovi sustavi odgovaraju na pitanje Što ako? (npr. Kakav će biti utjecaj na proizvodni program ako se prodaja u prosincu udvostruči). Ovime se osiguravaju novi podaci iz okoline. Na ovoj razini postavlja se ključno pitanje da li proizvoditi ili kupovati („make or buy“)? [2]



Slika 2. Proizvoditi ili kupovati [2]

Operativna razina menadžmenta podržava operativne menadžere na način da održava slijed elementarnih aktivnosti i transakcija organizacije, u koje se ubrajaju npr. prodaja, dospjeće robe, gotovinski depoziti, plaćanje, dotok materijala u poduzeće itd. Osnovna namjena sustava na ovoj razini je odgovarati na rutinska pitanja i pratiti slijed transakcija kroz organizaciju. Da bi se mogli dati odgovori na takvu vrstu pitanja, informacije moraju biti lako dostupne, tekuće i precizne.

## 5. OUTSOURCING

Troškovi djelovanja funkcija te uspješnost poslovnih funkcija govore nam o utjecaju ekonomike funkcija na bilo koju odluku u poduzeću, a naročito na odluku make or buy. Također ekonomika funkcija utječe na odluku da li ćemo u poduzeću uz osnovnu djelatnost imati još neke djelatnosti ili ćemo ipak donijeti odluku da ćemo za te dodatne djelatnosti koristiti vanjska poduzeća ili pojedince. Tu nastupa pojam outsourcing, mnogo spominjan u poduzetničkim krugovima i pomalo ozloglašen u sektoru ljudskih resursa. Tražeći način kako efikasno smanjiti troškove, tvrtke već desetljećima koriste outsourcing kao svojevrsnu strategiju upravljanja troškovima. Outsourcing definiramo kao korištenje vanjskih poduzeća i pojedinaca za obavljanje pojedinog posla.

Outsourcing može omogućiti korištenje najboljih stručnjaka i praksi koji se uklapaju u projekt ili budžet bilo koje vrste i prema potrebi. Management se fokusira na osnovnu djelatnost i strategije, te prepušta brigu o upravljanju i radu na projektima nekom drugom. U većini slučajeva, ako tvrtka zapošljava outsourcing poduzeće, ono ima vlastiti projekt management. Prednost poput zapošljavanja specijalista za rad na pojedinom zadatku ne obvezuje zadržavanje osobe nakon završetka

projekta, ako za nju nema potrebe, te je lakše prekinuti radni odnos. Outsourcing također donosi i znatne uštede vremena, posebno kada inozemno poduzeće zapošljava lokalno, s već razrađenim rješenjima i bazama podataka potrebnim za uspjeh projekta na lokalnoj razini. Za outsourcing se najčešće izdvajaju ljudski resursi, nabava, financije i računovodstvo, briga o potrošačima, logistika, istraživanje i razvoj, prodaja i marketing, menadžment te obuka.

Pozitivne strane outsourcinga su: uštede novca, fokusiranje na strategiju, poboljšanje kompetentnosti, nedostatak iskustva, nudi usluge koje se inače ne bi ponudile.

Negativne strane outsourcinga se najviše odnose na zaposlenike, a to su: gubitak radnog mjesta ili nazadovanje, smanjenje prava radnika nakon isteka kolektivnog ugovora, smanjena prava na otpremninu i radni staž ukoliko dobiju otkaz u izdvojenom poduzeću te na kraju gubitak sigurnosti koju osiguravaju veliki sustavi nakon čega postaju izloženi tržišnim promjenama.

Pojedine management konzultantske kuće smatraju da se outsourcingom gubi imidž i reputacija tvrtke, a u pojedinim slučajevima i znanje. Outsourcing sigurno ne pripada novim konceptima. Ono što je novo stupanj je korištenja outsourcinga u raznim tvrtkama. Ipak pojedine tvrtke su neuspješne u iskorištavanju ogromne mogućnosti koje pruža outsourcing. To se, uglavnom, događa tvrtkama koja rade outsourcing prema najjeftinijim ponuđačima te gube na kvaliteti usluge. Primjerice, sve više tvrtki prebacuje poslove u inozemstvo i offshore poduzeća u cilju iskorištavanja prednosti niže cijene rada. Stručnjaci specijalisti i poduzeća specijalizirana za pojedina radna područja pružaju usluge mnogim organizacijama po puno nižim cijenama nego što bi to bilo moguće izvesti u njihovom vlastitom poduzeću tzv. in-house. [3]



Slika 3. Odluka in-house ili outsourcing [3]

Outsourcing je koristan u smanjenju troškova i uštedi novca, pojedine zadatke čini bržim i efikasnijim, maksimizira fleksibilnost radne snage i omogućuje pristup vrhunski kvalificiranim radnicima.

### 5. 1. Unutarnja analiza i evaluacija

Prilikom donošenja odluke o preseljenju nekih tradicionalnih aktivnosti izvan poduzeća, menadžment poduzeća mora identificirati organizacijske ciljeve i to strateške i taktičke.

Što se tiče strateških odluka vezanih za outsourcing, one se uglavnom donose u okviru dubinskog reinženjeringa organizacije i njezinih temelja. Jedan od strateških zadataka koje treba obaviti u prvoj fazi je definirati cilj odnosno svrhu organizacije te odrediti jake strane „core“ aktivnosti i „non-core“ aktivnosti i funkcije koje se mogu jeftinije i kvalitetnije kupiti ili unajmiti od nekog specijalizirane stranke. Potrebno je odabrati projekte na koje će se organizacija fokusirati, koje proizvode ili usluge će pružati, odnosno koje funkcije provoditi, te razmotriti dugoročne investicije i troškove. Primjeri odabira: U koje nove tehnologije investirati? Kakvu radnu snagu unajmiti i kako ih educirati? Faktor koji svakako treba razmotriti je taj da razvoj novog proizvoda povlači mogućnosti stjecanja novih znanja i vještina koje bi mogle biti kritične za budući razvoj i aktivnosti poduzeća. Vrlo je bitna potpora cjelokupne organizacije za ovakve strateške poteze, kako od svih razina rukovodstva tako i od ostalih djelatnika.

Taktičke razloge za razmatranje 'make or buy' odluke treba tražiti u oscilacijama potražnje na tržištu, koje utječu na oscilacije u iskoristivosti kapaciteta. Kada dođe do povećane potražnje i poduzeće nema vlastitih kapaciteta kojima bi je zadovoljila prisiljena je unajmiti odnosno kupiti kapacitete kod poduzeća koje imaju višak kapaciteta. Isto tako kada dođe do smanjenja potražnje, poduzeće se suočava sa viškom kapaciteta pa se proizvodi, koji su se do sada kupovali mogu proizvoditi u vlastitoj režiji – tzv. *backsourcing* (ukoliko postoje resursi i kapaciteti te ako to ne narušava odnose s pružateljem usluga).

## 5. 2. Procjena potreba i izbor dobavljača

Vrlo je važno tko je dobavljač koji će na primjer izrađivati neku kritičnu komponentu novog proizvoda u određenom poduzeću. Postavlja se pitanje da li će poduzeće proizvodnju neke važne komponente prepustiti bilo kome? U logistici postoji primjer odabira novog prijevoznika koji će distribuirati robu kupcima. Pitanja koja se postavljaju prije odabira su: Da li je taj prijevoznik dovoljno orijentiran na kupce? Da li dobavljač raspolaze znanjima i ekspertizama koja su vam potrebna? Da li dobavljač ima iskustva u toj specifičnoj industriji? Da li je dobavljač sposoban obaviti velik broj transakcija, ali koji je u isto vrijeme fleksibilan? Također je iznimno važno da li je dobavljač financijski stabilan. Posljedice odabira pogrešnog dobavljača mogu biti pogubne. Pogrešan odabir dobavljača može dovesti do razvoja novog i ljutog konkurenta, a s druge strane može smanjiti kvalitetu vašeg proizvoda ili čak upropastiti proizvodnju. Ne može se dovoljno naglasiti važnost ovog zadatka i ove faze projekta, stoga treba imati na umu sljedeće aktivnosti koje je potrebno provesti kako bi se proces odabira outsourcing partnera što bolje obavio. Analiza zahtjeva i potreba – potrebno je razviti razumijevanje o potrebama poduzeća kako bi znali što želimo i tražimo od dobavljača. Za to su nam potrebne informacije koje možemo naći unutar organizacije kao i iz iskustava drugih poduzeća koja su prošla isti proces za slične usluge. Zahtjev za ponudom – vrlo je važno naše potrebe kvalitetno predočiti budućem partneru stoga je

potrebno definirati sve potrebe u mjerljivim vrijednostima. Opisati situaciju koja bi trebala biti riješena. Opisati tip odnosa koji vaše poduzeće traži. Specificirati razinu usluge. Kako bi što kvalitetnije izvršili procjenu i vrednovanje pojedinih ponuda potrebno je formirati funkcionalni tim sa ekspertima iz prava, financija, upravljanja ljudskim kapitalom te specifičnog područja za koje tražite pružatelja usluga. Zadnja aktivnost kroz koju treba proći su pregovori i potpisivanje ugovora („Service Level Agreement“ – SLA) uz razumnu cijenu. Bitno je da se unaprijed dogovore kriteriji za mjerenje učinka i obje strane bi trebale biti sigurne da razumiju te kriterije i način na koji će biti mjereni.

## 5. 3. Implementacija i upravljanje

Završna faza je implementacija outsourcinga koja zahtjeva jasnu definiciju i identifikaciju zadataka, kao i uspostavljanje vremenskog okvira za implementaciju. Potrebno je uspostaviti mehanizam za nadzor i vrednovanje učinka. Ovo je važno ne samo za fazu implementacije nego i za kasniju provedbu procesa nakon same implementacije, kako bi obje strane bile sigurne da dobivaju ono što su trebale dobiti. Važna stvar koja je sastavni dio ove faze je pomoć zaposlenicima koji sudjeluju u outsourcingu. Potrebno je upravljati novim odnosima kroz česte treninge, edukacija i *team building* e u svrhu većeg zadovoljstva zaposlenika tako i rukovoditelja.

## 6. ZAKLJUČAK

Ekonomika poduzeća proučava poslovne odluke koje poduzetnici redovito donose radi osiguranja opstanka i razvitka poduzeća. Temeljni cilj svakog poduzeća je minimizirati troškove i povećati dobit. Taj omjer u potpunosti utječe na odluke koje mora donijeti menadžer. Tako u logističkoj funkciji proizvodnje mora doći do odluke da li će se određena roba proizvesti ili kupiti i to sve u ovisnosti o veličinama troškova i dobiti. Odluka o pružanju usluga u poduzeću ili unajmljivanje druge stranke da pruži usluge tzv. *outsourcing* nije samo koristan u smanjenju troškova i uštedi novca već čini pojedine zadatke bržim i efikasnijim, omogućuje penetraciju tržišta brže od konkurencije, maksimizira fleksibilnost radne snage i omogućuje pristup vrhunsko kvalificiranim radnicima. Međutim, kao i svaki drugi proces i *outsourcing* ima svoje nedostatke koje se očituju u pitanju socijalne odgovornosti i etičnosti poduzeća, pritom misleći na mogući nepovoljan položaj zaposlenika kojima je upitna sigurnost radnog mjesta u poduzeću koje koristi *outsourcing*.

## 7. LITERATURA

- [1] Karić, M.: *Ekonomika poduzeća*, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, 2006
- [2] <http://www.investopedia.com/terms/m/make-or-buy-decision.asp>



- [3] Segetlija, Z.: Uvod u poslovnu logistiku, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, 2008
- [4] [http://www.logistika.com.hr/volim\\_logistiku/blogistika/965-kako-implementirati-outsourcing-u-poduzecu](http://www.logistika.com.hr/volim_logistiku/blogistika/965-kako-implementirati-outsourcing-u-poduzecu)
- [5] <http://www.efos.unios.hr/repec/osi/bulimm/PDF/BusinessLogisticsinModernManagement09/blimm0920.pdf>
- [6] <http://infosustav.com/poglavlje3.pdf>

**Kontakt autora:**

**Doc.dr.sc. Krešimir Buntak**

Sveučilište Sjever  
104. brigade 3., 42 000 Varaždin  
098/357-494  
kresimir.buntak@inet.hr

**Nikoleta Šuljagić, dipl.ing.prometa**

Vladimira Gortana 1, 42 000 Varaždin  
095/ 815 77 81  
nikoleta.suljagic@gmail.com

# UPRAVLJANJE POSLOVNIM RIZICIMA

## BUSINESS RISK MANAGEMENT

*Boris Pongrac, Tomislava Majić*

Stručni članak

**Sažetak:** Svijet se iznimno brzo smanjuje. Preokret u komunikacijama, putovanju i prijevozu, kretanje prema samo jednom ujedinjenom tržištu u Europi, slom komunizma u Istočnoj Europi, te golemi tijekovi inozemnog kapitala i izravnih investicija po cijelom svijetu, vode ka globalnoj ekonomiji. Cilj efektivnog sustava upravljanja rizicima je da omogući kontinuirano poslovanje i ostvarivanje ciljeva organizacije. Da bi se ovo ostvarilo, neophodno je da se, koliko god je moguće, identificiraju i analiziraju rizici sa kojima se organizacija suočava i da se procijene njihovi efekti na poslovanje. Financijska i ekonomska kriza istaknula je značaj upravljanja rizicima i dovela do većeg stupnja svijesti o njihovom postojanju. Svaki rizik, iako se događa u nekoj organizaciji, na kraju je osoban: odnosi se na individualne vlasnike, rukovodioce, kupce, zaposlene... Ovim radom se ukazuje na važnost upravljanja rizicima u poslovnom odlučivanju.

**Ključne riječi:** Upravljanje rizicima, poslovni rizik, poslovna poluga

Professional paper

**Abstract:** The world is shrinking extremely quickly. Turning-point in communications, travel and transportation, the movement toward a single unified market in Europe, the collapse of communism in Eastern Europe, and huge flows of foreign capital and foreign direct investment around the world; all this leads to true global economy. The goal of effective risk management system is to allow continuous business running and achieving the goals of an organization. In order to achieve this, it is necessary to, as far as it is possible, identify and analyze risks the organization is confronting and to evaluate their effects on the business. The financial and economic crisis has emphasized the importance of risk management and led to a higher degree of awareness of their existence. Any risk, even if it appears in an organization, becomes personal in the end: it refers to individual owners, managers, customers, employees... This study points to the importance of risk management in business decision making.

**Key words:** risk management, business risk, operational leverage.

## 1. UVOD

Ovaj rad se bavi proučavanjem rizika, njegovom pojavom i analizom pri poslovnom odlučivanju, te na temelju toga odlukama koje proizlaze na temelju uspješne analize.

Različiti menadžeri imaju različite sklonosti prema riziku, te ukoliko oni djeluju u istoj kompaniji može doći do stanja kojim se ne može upravljati. Zbog toga će se u ovom radu posvetiti pažnja načinu na koji pristupaju uspješne kompanije samom riziku i određivanju strategije odnosa prema riziku.

Mali broj poduzeća u Hrvatskoj koristi temeljiti pristup odnosa prema riziku. Zbog toga se u ovome radu želi skrenuti pozornost koliko je bitno uključiti analizu rizika u svoje poslovne odluke, što opet dovodi do posljedice da se u samom odlučivanju ništa ne prepušta slučaju.

Također u ovome radu se analiziraju načini odlučivanja u različitim okolnostima s obzirom na podatke na temelju kojih se donosi odluka (uvjeti sigurnosti, nesigurnosti i rizika), te faktori odlučivanja koji utječu na kvalitetu odluke. Ključni resurs

odlučivanja je informacija, jer bez kvalitetnih i probranih informacija nemamo temelje za kvalitetno donošenje odluka. Lošim odlukama, sebe, organizaciju ili neki drugi subjekt za koji djelujemo, dovodimo u nepovoljan i neželjeni položaj. Zbog toga sve odluke kvalitetnog menadžera moraju biti poduprte dobrim informacijama.

Iako se rizici ne mogu u potpunosti izbjeći, njima se može upravljati ili ih se može transferirati. Njihova je karakteristika da se mogu naslutiti, da se iznenada i nepredvidljivo pojavljuju, da se samo neki mogu prevenirati, da u slučaju njihova nastanka donose različite uglavnom financijske štete, te da o njima stalno treba voditi računa i poduzimati mjere kako bi štete bile što manje.

## 2. POJAM RIZIKA

Rizik je uvijek predstavljao potencijalnu opasnost gubitka nečega što ima vrijednost.

Riječ „rizik“ potječe iz srednjovjekovne Italije i znači opasnost, štetu ili smion pothvat. Već u srednjem vijeku rizik se sve više vezao uz vjerojatnost, što je

predstavljalo veliki napredak. Zbog sve veće razvijenosti matematike u tom periodu, a posebice matematičkih izračuna očekivanja svoju primjenu nalaze u igrama na sreću, osiguranju i poslovnim odlukama.

Temelje teorije vjerojatnosti postavili su u Pierre de Fermat i Blaise Pascal sredinom 17. stoljeća. Ekonomske aspekte rizika prvi opisuje švicarski fizičar Daniel Bernoulli u svom eseju iz 1738. godine u kojem uvodi pojam korisnosti ishoda odluke za koju tvrdi da je subjektivna i da se odnosi na procjenu subjektivne vrijednosti (korisnosti) za donositelja odluke, a ne svodi se samo na proračun vjerojatnosti.

Elegantna matematika nije ostavljala mjesta za zamršene kognitivne teorije.

U sedamdesetim godinama prošlog stoljeća su se psiholozi upustili u proučavanje prosuđivanja u ekonomskom odlučivanju. Amos Tversky i Daniel Kahneman oblikovali su teoriju očekivanog izbora, te pokazali da reakcije ljudi u stvarnosti ne slijede pretpostavke ekonomske teorije, već ljudi donose odluke u skladu s dostupnim informacijama i vlastitim prioritetima.

Kahneman i Tversky za primjere upotrebe rezultata teorije očekivanog izbora obično uzimaju marketing i vole primjer motiviranja kupaca na kupnju gotovinom umjesto karticom. Kupcima se kaže da imaju popust na gotovinu, a ne taksu na kreditnu karticu. Većina se odlučuje za popust na gotovinu, budući da gubici izgledaju veći od dobitaka.

Bez obzira što teorija očekivanog izbora ne nudi precizan matematički model za predviđanje odluke koju bi pojedinac mogao donijeti u uvjetima rizika i neizvjesnosti, ona omogućava da se predvidi hoće li pojedinac donijeti rizičniju ili sigurniju odluku i odrediti svoju ishodišnu točku te domenu odluke na temelju efekta označavanja.

## 2.1. Definicija rizika

Okolnosti pod kojima menadžer donosi odluke bitno se razlikuju, a donose se u uvjetima izvjesnosti, rizika i neizvjesnosti.

Izvjesnost je stanje u kojemu postoji samo jedan mogući ishod neke odluke. U stvarnosti se potpuna informiranost i potpuna izvjesnost u ekonomiji vrlo rijetko susreću. U svakom slučaju, ni ekonomski život u cjelini, niti pojedine ekonomske procese, pa u tom kontekstu niti procese koji se događaju u temeljnim ekonomskim jedinicama kao što su poduzeće ili kućanstvo, nije moguće do kraja sagledati bez uzimanja u obzir nesigurnosti i rizika.

Rizik je stanje u kojemu odluka ima više od jednog mogućeg ishoda i u kojemu je vjerojatnost svakog specifičnog rizika poznata ili se može ocijeniti. Vjerojatnost svakoga mogućeg ishoda može se ocijeniti iz ranijeg iskustva ili iz studija tržišta. Što je veća varijabilnost (tj. veći broj i raspon) mogućih ishoda, veći se rizik pridružuje odluci ili djelovanju.

Neizvjesnost je stanje kada neka odluka ima više od jednog mogućeg ishoda i u kojemu je vjerojatnost događanja svakog specifičnog ishoda nepoznata ili čak besmislena. To može biti zbog nedostatnih informacija iz prošlosti ili nestabilnosti strukture varijabli. Na primjer,

bušenje radi istraživanja nafte na nedokazanom polju povezano je s neizvjesnošću, ako investitor ne zna ni moguće količine proizvodnje nafte, ni njihovu vjerojatnost događanja[1].

Ljudi se različito odnose prema riziku; neki su spremni ulaziti u manje rizika, a drugi u više rizika. Moderna shvaćanja financijske teorije rizika svode se na pretpostavku da ljudi imaju averziju prema riziku, što znači da za veći rizik traže i veći prinos od ulaganja (premiju rizika). Zato se rizik nastoji kvantificirati u smislu određenja cijene rizika da bi se temeljem toga moglo između različitih ulaganja izabrati najmanje rizično, odnosno koje je najviše profitabilno pri prihvatljivom riziku.

## 3. POSLOVNI RIZICI

Poduzeća prvo moraju razumjeti rizike koje preuzimaju da bi mogla njima pravilno upravljati. Premda su svi poslovni rizici u većini slučajeva i financijski rizici jer imaju financijske posljedice, zbog nekih specifičnosti poslovnih rizika treba ih posebno analizirati.

Poslovni rizik je vjerojatnost da društvo neće biti konkurentski sposobno sa sredstvima koje je nabavilo. Na primjer, poduzeće nabavi stroj koji je neispravan, ne proizvodi proizvode prikladne za prodaju ili kod kojeg se javljaju nedostaci (operativni ili tržišni) što dovode do gubitaka.

Poslovni rizici u poduzeću prepoznat će se po promjenama u ponašanju ključnih ljudi, po promjenama odnosa prema bankama, posebice po pojavi nedostatka suradnje, po ponavljanju problema za koje se pretpostavljalo da su riješeni, nerealnom povećanju cijena vlastitih proizvoda i usluga, po propuštanju izvršenja osobnih zaduženja zaposlenika, po promjenama u upravljanju, vlasništvu i ključnom osoblju, po nesposobnostima izvršenja obveza u roku, po zanemarivanju i prekidu standardnih profitabilnih proizvodnih linija, nesposobnošću planiranja, po zakašnjelim reagiranjima na promijenjene tržišne i financijske uvjete, po gubicima i propadanju ključnih proizvodnih linija, franšiza, distribucijskih kanala, jednog ili više glavnih klijenata i slično[2].

### 3.1. Prenosivi i neprenosivi poslovni rizici

Postoje dvije vrste poslovnih rizika: prenosivi i neprenosivi rizici. Većina poslovnih rizika je prenosiva na osiguravajuća ili faktoring društva, ali također dio tih rizika nije prenosiv.

U prenosive rizike spadaju rizici za koje je moguće utvrditi vjerojatnost njihova nastupa i visinu moguće štete koju oni mogu prouzročiti. Tako se otvara mogućnost da se njihov negativni učinak smanji ili izbjegne njihovim prenošenjem na tvrtke koje se profesionalno bave ugovornim preuzimanjem rizika uz naplatu premije ili diskonta na temelju unaprijed utvrđenih pravila i tarifa.

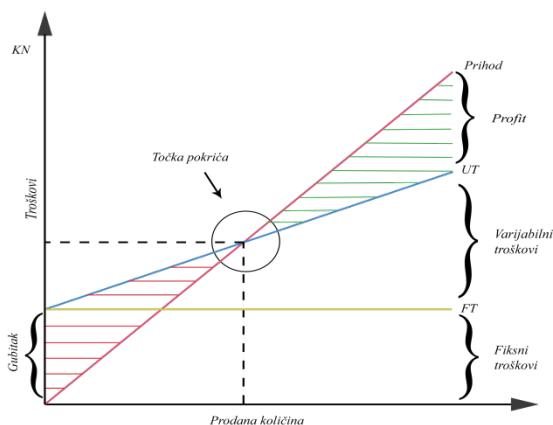
Neprenosivi rizici su oni koji nije moguće odrediti vjerojatnost nastupa, pa time ni visinu moguće štete.

Zbog toga ih nije moguće prenijeti na poslovnog partnera ili osiguravajuće društvo, već poduzeću preostaje da se samo pobrine za njihovu prevenciju odnosno smanjivanje negativnih učinaka provedbom odgovarajućih mjera.

### 3.2. Poslovna poluga

Poslovna poluga predstavlja upotrebu suvremene tehnike i tehnologije u proizvodnji, oslanjanje na fiksne faktore kada postoji znatan udjel fiksnih troškova, povećanje poslovnog rizika kada treba pokriti fiksnu komponentu, odnosno mogućnost povećanja zarada degresijom fiksnih troškova zbog rasta proizvodnje. Također, poslovna poluga označava razinu i udio fiksnih troškova u poslovanju u odnosu prema razini i vrsti varijabilnih troškova, te njihov utjecaj na profitabilnost poduzeća[3].

Taj poslovni rizik očituje se u promjeni dobiti koji uzrokuju promjene u prihodima. Naime, kod društva koja imaju visoki udio fiksnih troškova i time visoku poslovnu polugu, mali postotak rasta prihoda uzrokuje veliku promjenu u poslovnoj dobiti. Naravno, isto vrijedi i u obratnom smjeru, što znači da i najmanji pad prihoda može "izbrisati" svu do tada ostvarenu dobit. Slika 1. prikazuje poslovnu polugu i točku pokrića troškova.



Slika 1. Poslovna poluga i točka pokrića troškova

Na slici 1. se vidi da presjek krivulje ukupnog prihoda i krivulje ukupnih troškova određuje proizvodnju koja pokriva ukupne troškove (točka pokrića). Nakon što doprinos (kontribucija) proizašao iz proizvodnje minimalne količine proizvoda pokrije fiksne troškove, dobit raste brže od rasta obujma proizvodnje. Pri većim troškovima kada poduzeće ima uzdignutiju poslovnu polugu količina kojom se pokrivaju troškovi raste, a dobije se presijecanjem krivulje ukupnog prihoda i novih troškova. Glavni faktor poslovnog rizika su fiksni troškovi poslovanja koji su neelastični na kratkoročne promjene obujma aktivnosti[4].

## 4. ANALIZA POSLOVNIH RIZIKA

Zanemarivanje rizika jedan je od najvećih uzroka loših odluka. Iako je rizik sastavni dio poslovanja, potrebno je znati upravljati rizikom kroz donošenje informiranih odluka temeljenih na suvremenim

analizama kvalitetnih podataka. Razumijevanje podataka je od iznimne važnosti, najviše zbog toga što pomaže da se identificiraju i shvate potencijalne prilike, ali i da se minimizira rizik ulaska u poslovne poduhvate koji nemaju pokrića. Nedovoljnim razumijevanjem podataka i primjerenih metoda za analizu podataka, najčešće se dolazi do rezultata koji su pogubni za poduzeće. Bez dubinskog poznavanja suvremenih metoda, bolje je donositi zaključke bez podataka, tj. intuicijom nego stvarati lažni privid sigurnosti u donesenu odluku.

Razne suvremene tehnike poboljšavaju kvalitetu odlučivanja u normalnim uvjetima neizvjesnosti, a među najvažnijim je analiza rizika.

Donositelji odluka trebaju znati veličinu i prirodu rizika u koji se upuštaju odabirom nekog pravca akcije. Svaka odluka se temelji na interakciji nekog broja važnih varijabli od kojih mnoge sadržavaju element neizvjesnosti, ali možda i prilično visok stupanj vjerojatnosti. Tako opravdanost lansiranja nekog proizvoda može ovisiti o sljedećim presudnim varijablama:

- troškovima uvođenja proizvoda,
- troškovima njegove proizvodnje,
- potrebnim kapitalnim ulaganjima,
- cijeni koju se može zaračunati za proizvod,
- veličini potencijalnog tržišta,
- udjelu što će ga proizvod imati na ukupnom tržištu.

Kod slučajnih varijabli ne možemo sa sigurnošću reći koju će vrijednost poprimiti. I upravo one su izvor rizika. U klasičnim analizama rizik se često zanemaruje aproksimirajući slučajne varijable prosječnom vrijednošću. Ne uzimanje u obzir rizika može imati drastičan efekt na kvalitetu poslovnih odluka. Na primjer, dvije investicije mogu imati jednak očekivani prinos, ali vrlo različit stupanj rizičnosti. Gledajući samo očekivani prinos bilo bi nam svejedno koju od njih odabrati, a kad uzmemo u obzir rizik stvari se mijenjaju. Primjenom analize rizika, iskorištavamo sve informacije koje postoje o određenom poslovnom problemu te na taj način podižemo kvalitetu odluke.

Raspon vjerojatnosti prinosa na ulaganje u novi proizvod može se temeljiti na različitim procjenama:

Tabela 1. Stopa prinosa i vjerojatnost određene stope

Stopa prinosa, %	0	10	15	20	25	30	35
Vjerojatnost ostvarenja stope	0,35	0,22	0,18	0,15	0,06	0,03	0,01

U tabeli 1. se vidi da postoji 35 postotna šansa (0,35) da stopa prinosa (ili stopa po kojoj tvrtka zarađuje novac od ulaganja u novi proizvod) bude barem nula, 22 postotna (0,22) šansa da bude barem 10 posto i tako dalje.

Pomoću takvih podataka menadžer je u boljem položaju da odredi vjerojatnost ostvarenja najbolje procjene te može vidjeti kolike bi mu bile šanse za uspjeh ako bi bila dovoljna niža stopa prinosa. On također može zaključiti da je vjerojatnost ostvarenja manja što je cilj veći.

## 5. PROCES UPRAVLJANJA RIZIKOM

Upravljanje rizicima je proces kojim se identificiraju, procjenjuju i obrađuju rizici pomoću konzistentnih i ponovljivih postupaka na osnovu čega se pravi izvještaj te se vrši nadgledanje rizičnih aktivnosti. Upravljanje rizicima ne nastoji eliminirati rizike, već stvoriti okruženje u kojem se mogu donijeti optimalne poslovne odluke uzimajući u obzir identificirane rizike i posljedice koje oni mogu izazvati.

Nakon što se rizici identificiraju i prođu navedene procedure, vrlo je važno izabrati odgovarajuću tehniku koja će na najbolji mogući način efikasno ukloniti ili kontrolirati izloženost rizicima.

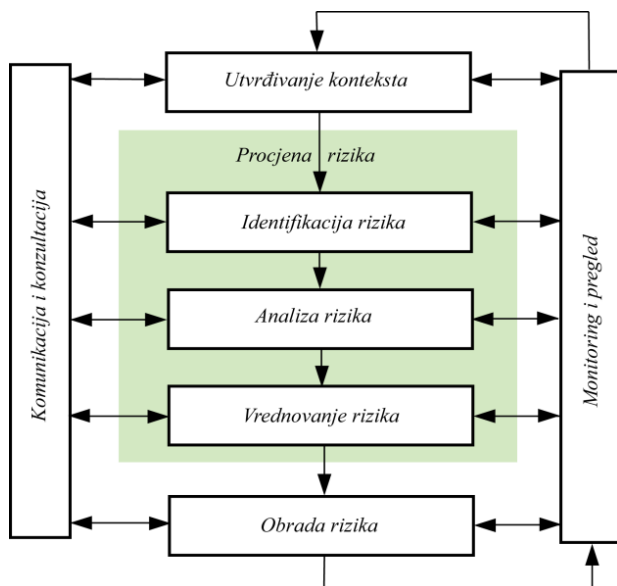
Nakon provedene procjene rizika i analize posljedica, organizacije mogu iskoristiti neke od osnovnih tehnika vezanih za smanjenje negativnih posljedica rizika. Neke tehnike mogu proizvesti željene rezultate, druge uspijevaju najbolje kroz kombinaciju zavisno od veličine i tipa izloženosti.

Odgovori na rizike uključuju sljedeće tehnike:

- izbjegavanje rizika,
- transfer rizika,
- upravljanje gubitkom,
- razvrstavanje sredstava,
- prihvaćanje rizika.

### 5.1. Proces upravljanja rizikom prema ISO 31000

Kada neka organizacija odluči implementirati menadžment rizika u svoj svakodnevni život, prvo se donosi odluka o organizaciji sistema za upravljanje rizicima koji se odvija putem sljedećih procesa. Slika 2. prikazuje elemente važne za proces upravljanja rizicima.



Slika 2. Elementi za proces upravljanja rizicima

Na temelju prethodne slike, elementi za proces upravljanja rizicima opisuju se na sljedeći način:

- Komunikacija i konzultacija sa internim i eksternim ulagačima – zainteresiranim stranama, kako je primjereno (tehnološki), na svakom stupnju procesa

upravljanja rizikom i promatranje procesa kao cjeline.

- Utvrđivanje konteksta – treba utvrditi kriterije prema kojima će se procjenjivati rizik i definirati struktura analize.
- Analiza rizika – ova analiza treba razmotriti područje potencijalnih posljedica i njihovu pojavu.
- Vrednovanje rizika – poredak procijenjenih nivoa rizika sa prethodno utvrđenim kriterijima i razmatranje ravnoteže između potencijalnih koristi i nepovoljnih rezultata.
- Obrada rizika – izrada i primjena specifičnih troškovno – efikasnih strategija i akcijskih planova.
- Monitoring i pregled – neophodno je za stalno poboljšanje pratiti efikasnost svih koraka procesa upravljanja rizikom[5].

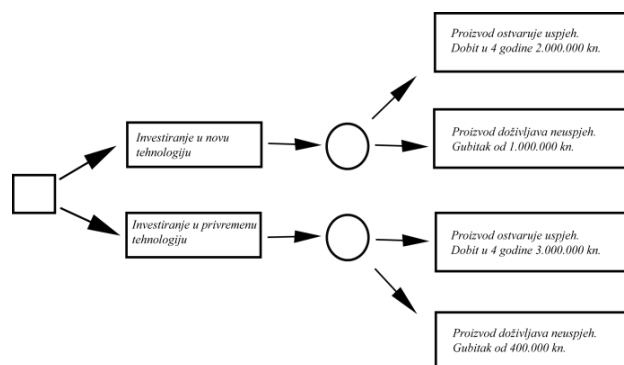
### 5.2. Stablo odlučivanja

Stablo odlučivanja pruža izvrsne mogućnosti analitičarima i menadžerima da predstave kompleksne situacije donošenja odluka. Osobito je pogodno kad postoji mogućnost da se situacija donošenja odluke podijeli u niz manjih situacija odlučivanja, koje se u vremenskom slijedu naslanjaju jedna na druge, tj. kada je riječ o lančano vezanim odlukama (jedna vrsta odluka izvodi se iz donošenja druge vrste odluka). Stablom odlučivanja moguće je prikazati anatomiju složenih odluka[6].

Stablo odlučivanja služi kao grafička pomoć pri donošenju odluka, analiziranju mogućih ishoda ili procjeni rizika. U teoriji odlučivanja mora postojati osoba koja će izgraditi stablo odlučivanja, primjerice stručnjak iz određenog područja. Glavne komponente stabla odlučivanja su:

- čvor odluke, predstavlja odluke koje treba donijeti, a prikazan je kvadratom,
- čvor mogućnosti/ nesigurnosti: predstavlja vjerojatnost određenog vanjskog događaja na koji osoba koja donosi odluku nema izravne kontrole,
- odluke/posljedice/ishodi[7].

Na slici 3. prikazan je primjer stabla odlučivanja.



Slika 3. Stablo odlučivanja

Stablo odlučivanja sastoji se od serije grana koje proizlaze iz čvorova odlučivanja i čvorova okolnosti. Pomičući se slijeva na desno na stablu odlučivanja, vrste čvorova se naizmjenice mijenjaju: uvijek počevši sa

čvorom odlučivanja za osnovnu situaciju i nastavljajući sa čvorovima okolnosti. Svaki put koji vodi kroz stablo, od početka do krajnjih grana (slijeva nadesno), odvojena je logična mogućnost za donositelja odluke. On završava u jednoj krajnjoj grani koja je jedan od sveukupno mogućih krajnjih rezultata (ishoda i posljedica) donošenja odluke.

### 5.3. Primjer poslovnog rizika na slučaju Coca-cola pri promjeni njene tajne formule

23. travnja 1985. godine Coca-Cola Company je objavila da mijenja svoj 99 godina star recept Cokoa. Coke je vodeće bezalkoholno piće na svijetu i kompanija je preuzela neuobičajen rizik šeptrajući svojim vrlo uspješnim proizvodom. Coca-Cola Company je osjetila da je promjena njena recepta nužna strategija da se suzbije izazov Pepsi-Cole, koja je godinama nagrizala tržišno vodstvo Cokoa. Nova Coke, svojim slađim i manje pjenušavim okusom, jasno je bila usmjerena na poništenje Pepsijevih tržišnih vrijednosti. Coca-cola je potrošila preko 4 milijuna dolara da razvije svoju novu Coke i tijekom je trogodišnjeg razdoblja provela testove okusa na više od 190.000 potrošača.

Činilo se da testovi pokazuju da potrošači više vole novu nego staru Coke u omjeru 61 prema 39 posto. Potom je Coca-Cola potrošila preko 10 milijuna dolara na reklamiranje novog proizvoda.

Kada je u svibnju 1985. nova Coke konačno uvedena, nije bilo ničeg osim pobune potrošača protiv nove Cokoa, i u tom je, zasigurno jednom od najzapanjujućih multimilijunskih dolarskih preokreta u povijesti marketinga, kompanija osjetila da je prisiljena vratiti natrag staro piće pod imenom zaštitnog znaka Coca Cola Classic.

Ironija je da je usporednom prodajom klasične i nove Cokoa, Coca-Cola ponovo zadobila određeni dio tržišnog udjela što ga je bila prisvojila Pepsi. Iako neki ljudi vjeruju da je Coca-Cola cijelo vrijeme kanila ponovo uvesti staru Coke i da je čitava stvar bila dio lukave marketinške strategije, većina je stručnjaka za marketing uvjereni da je Coca-Cola podcijenila privrženost potrošača staroj Coke. To nije proizišlo iz sveobuhvatnih testova okusa koje je provela Coca-Cola, jer testirani potrošači nisu nikada bili obaviješteni da kompanija namjerava zamijeniti staro piće novim umjesto da ih prodaje usporedno.

Ovaj slučaj jasno pokazuje da je čak dobro osmišljena strategija rizična i da može dovesti do rezultata za koje za koje se procjenjivalo da im je vjerojatnost događanja mala[8].

## 6. ZAKLJUČAK

Teorija i praksa su potvrdile da je sistemskim i dosljednim pristupom upravljanju rizikom moguće minimizirati rizike koje aktivnosti investiranja nose sa sobom. Menadžeri i poduzetnici moraju biti svjesni svih prijetnji koje prijete poduzeću ili započetoj investiciji, a samom investitoru ostavljaju dugove. Kada poznaje rizike menadžer može napraviti dobar program

upravljanja samim rizikom, jer zaštita od rizika je izrazito bitan i potreban dio poslovanja poduzeća.

Ulagачi su izloženi pristranosti, određenim vlastitim sklonostima u donošenju odluka na tržištu, a fondovi tako nešto kod ulagača iskorištavaju. Ako se investitor ponaša u skladu s određenim pristranostima onda je lako predvidjeti njegovo ponašanje, što je korisno u vremenima kada je na tržištu situacija loša. Nakon nedavne krize, ljudi su počeli shvaćati da je brojna imovina koju su smatrali sigurnom ustvari bila nesigurna. Zato je upravljanje rizikom postalo važno jer se prije vuklo mnogo rizičnih poteza koji se uopće nisu smatrali rizičnima.

Menadžment bi trebao imati slobodu da radi u uvjetima gdje se potencijalne nagrade od bilo kakvih poslovnih odluka uspoređuju s rizikom koji se preuzima. U takvim okruženjima kompanije ne samo da štite poslovanje od nepredvidljivih rizika već i postižu kompetitivnu prednost jer preuzimaju rizik s oprezom.

U doba informacija, brzih promjena, manjka sigurnosti i više mogućnosti potreban je određeni stupanj kreativnosti, te visoki stupanj poslovne i financijske pismenosti, jer ipak živimo u informatičkom dobu, gdje je bitno koliko smo stari mentalno, a ne fizički.

## 7. LITERATURA

- [1] Salvatore, D.: Ekonomija za menadžere u svjetskoj privredi, MATE d.o.o., Zagreb, 1994.
- [2] Vukičević, M.; Odošić, S.: Upravljanje rizicima, "Baltazar Adam Krčelić", Zaprešić, 2012.
- [3] <http://limun.hr/main.aspx?id=13790> (Dostupno 25.09.2014.).
- [4] <http://www.revicon.info/novost/14084/Rizik-u-poslovanju-i-leverage-poluga> (Dostupno 25.09.2014.).
- [5] <http://upravljanjerizicima.com/proces-upravljanja-rizikom/3.2.2> (Dostupno 10.10.2014.).
- [6] Vukičević, M.; Odošić, S.: Upravljanje rizicima, "Baltazar Adam Krčelić", Zaprešić, 2012.
- [7] <http://savjetnik.ba/sta-je-stablo-odlucivanja/> (Dostupno 20.11.2014.).
- [8] Gilpin, K. N.: Old Coke Coming Back After Outcry by Faithful, The New York Times, 11.srpnja 1985., str. 13

Kontakt autora:

**Boris Pongrac, bacc. ing. logist.**

Kralja Zvonimira 2  
40324 Goričan  
boris.pongrac45@gmail.com

**mr. sc. Tomislava Majić, v. pred.**

Sveučilište Sjever  
tomislava.majic@unin.hr

# PRIMJENA DUPONT SUSTAVA POKAZATELJA U PROCESU UPRAVLJANJA

## THE USE OF DUPONT ANALYSIS IN THE MANAGEMENT PROCESS

*Vesna Sesar, Krešimir Buntak, Mateja Borlinić*

Stručni članak

**Sažetak:** Cilj je svakog poduzeća ostvariti profit i time prije svega zadovoljiti dioničare, a potom i ostale zainteresirane strane. Da bi se to ostvarilo potrebno je podići kvalitetu upravljanja poduzećem. Stoga se treba usmjeriti na upravljanje svih oblika imovine poduzeća kako bi se otkrila mjesta u poduzeću koja su moguće skriveni potencijali, ali i mogući generatori troška. Menadžeri primjenom DuPont sustava pokazatelja dobivaju stvarne informacije koliko se imovina efektivno i efikasno koristi u poduzeću. Uvidom u stanje poslovanja tvrtke menadžer može racionalnije upravljati imovinom i donositi kvalitetne odluke. Cilj rada je ukazati na važnost primjene DuPont sustava pokazatelja u menadžerskom odlučivanju kao ključa za daljnje planiranje i upravljanje.

**Ključne riječi:** DuPont sustav pokazatelja, efikasnost, efektivnost, rentabilnost, upravljanje

Professional paper

**Abstract:** The goal of every company is to make a profit, primarily to satisfy shareholders, and thereafter other interested parties. In order to achieve this it is necessary to raise the quality of company management. Therefore, focus should be on the management of all forms of company's assets in order to detect possible hidden potentials, as well as possible cost generators. By using this analysis managers receive actual information whether the company's assets are used effectively and efficiently. Therefore, managers can rationally manage company's assets and make good decisions. The aim of this article is to point out the importance of using the DuPont analysis in managerial decision making as a key for further planning and management.

**Key words:** DuPont analysis, efficiency, effectiveness, profitable, management

### 1. UVOD

Jedan od modela pomoću kojeg je moguće analizirati poslovanje poduzeća je DuPont sustav pokazatelja. Predstavlja bitan upravljački alat koji ukazuje menadžeru na koje oblike imovine treba obratiti pozornost prilikom upravljanja. DuPont sustav pokazatelja u svojoj analizi obuhvaća dva temeljna financijska izvješća; bilancu i račun dobiti i gubitka.

Primjenom DuPont sustava pokazatelja radi se analiza podataka iz financijskih izvještaja putem koje menadžer dobiva stvarne podatke o rentabilnosti imovine (ROA) i kapitala (ROE) poduzeća. Sama rentabilnost imovine vrlo je bitna kontrolingu i menadžmentu jer isti dobivaju informaciju o tome koliko se efikasno i efektivno koristi imovina poduzeća u svakodnevnom poslovanju, te još bitnije koji je njen potencijal.

Sukladno dobivenim podacima može se utvrditi stvarno stanje imovine, donositi kvalitetnije odluke i učinkovitije upravljati poduzećem primarno stavljajući naglasak na upravljanje imovinom i ostvarenje profita.

### 2. TEMELJNE FUNKCIJE UPRAVLJANJA

Upravljanje je proces i ukupna aktivnost usmjerena na postavljanje dugoročnih ciljeva, politike i strategije poslovanja i razvoja, alociranje resursa, usmjeravanja i kontrole realizacije ciljeva [1].

Upravljanje se dijeli na:

- Strateško (vlasničko)
- Taktično (poslovno)
- Operativno (pripada menadžmentu) [2].

Strateško upravljanje ili najviša razina upravljanja je trajan proces kada se poduzeće prilagođava okolini, te proces njegova utjecaja na okolinu u skladu s ciljevima poduzeća. Sastoji se od donošenja niza dugoročnih menadžerskih odluka koje utječu na poslovanje poduzeća. Taktičko upravljanje ili srednja razina upravljanja usmjereno je na realizaciju integracijske funkcije. Obuhvaća operacionalizaciju dugoročnih ciljeva, tj. njihovu transformaciju u konkretne zadatke poslovnih jedinica.

Operativno upravljanje ili najniža razina upravljanja oblikuju se pojedinačni, neposredni zadaci koje treba izvršiti u određenom razdoblju uz raspoložive resurse. Strateško, operativno i taktičko planiranje su međusobno povezani.

Osnovne funkcije upravljanja su: planiranje, organiziranje, upravljanje ljudskim potencijalima, vođenje i kontrola [3]. Planiranje je osnovna funkcija gdje koja počinje postavljanjem ciljeva poduzeća koje želi ostvariti, te načina njihovog ostvarenja. Riječ planiranje znači gledati i misliti unaprijed tj. predviđati buduće stanje. Proces planiranja uključuje sagledavanje mogućnosti, postavljanje ciljeva, odabir najboljeg izbora, formuliranje planova i provođenje planova. Vremenski obuhvat izvođenja planova dijeli se na:

- Strateške planove - sveobuhvatni, dugoročni
- Taktičke planove - srednjoročni ili kratkoročni
- Operativne planove - neposredna budućnost [4]

Organiziranje uključuje sve potrebne aktivnosti kako bi se mogli postići postavljeni ciljevi. Na oblikovanje organizacijske strukture poduzeća utječu vanjski i unutarnji čimbenici. U unutarnje čimbenike spadaju: ciljevi i strategija, tehnologija i zadaci, veličina, kadrovi, životni ciklus poduzeća, proizvodi i lokacija. Vanjski čimbenici su: institucionalni uvjeti, integracijski procesi, tržište, razvoj znanosti i tehnologije.

Treća funkcija upravljanja je upravljanje ljudskim potencijalima. Upravljanje ljudskim potencijalima uključuje poslove i zadaće vezane uz ljude, njihovo planiranje, organiziranje, poboljšanje procesa i kvalitete rada, upravljanje znanjem i razvojem ljudskih potencijala, te nadzor i vrednovanje postignuća.

Vođenje je četvrta funkcija upravljanja. Vođenje je vrlo važna funkcija upravljanja jer menadžer mora biti sposoban voditi organizaciju u željenom smjeru. Treba znati usmjeravati zaposlenike prema realizaciji ciljeva i zadataka. Svi sudionici u tom procesu trebaju imati osjećaj da u konačnici svojim radom i trudom pridonose realizaciji zajedničkih ciljeva poduzeća.

Zadnja funkcija upravljanja i vrlo bitna funkcija je kontrola koja sve prethodne funkcije povezuje u cjelinu. Kontrola je najuže povezana s planiranjem gdje menadžer mora pratiti izvršenje svih zadataka i postavljenih ciljeva. Na kraju se utvrđuje koliko poduzeće odstupa od zadanih ciljeva, te se pristupa korektivnim akcijama. Kontrola uključuje slijedeće faze: postavljanje standardnih performansi, mjerenje aktualnih performansi, usporedba standarda i performansi, te poduzimanje korektivnih akcija [5].

### 3. KONTROLING U FUNKCIJI MENADŽERSKOG IZVJEŠTAVANJA

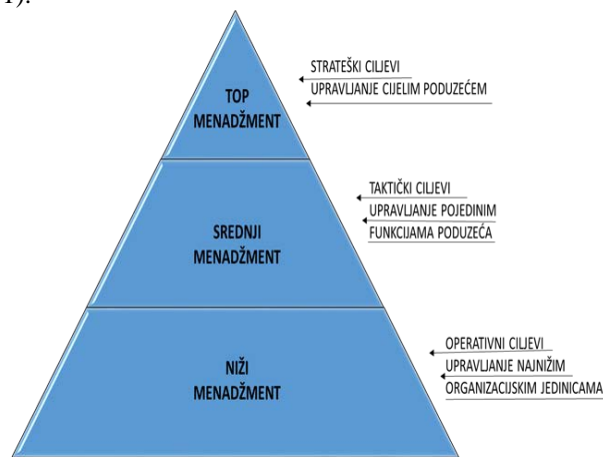
Kontroling je znanje i umijeće (know-how), filozofija upravljanja na bazi ekonomske logike racionalnosti, skup multidisciplinarnih znanja koja su potrebna kako bi se na bazi bezbrojnih podataka iz poduzeća i izvan njega prikupio optimalan broj informacija koje su menadžerima neophodne za kvalitetno odlučivanje [6].

U procesu poslovnog odlučivanja važnu ulogu ima kontroling koji je usko povezan s menadžmentom. Kontroling daje podršku menadžmentu da ostvari zadane ciljeve, a menadžment donosi glavne odluke i vodi poduzeće. Oni imaju zajedničku svrhu i funkciju jer teže ka ostvarenju istog cilja.

Proces kontrolinga sastoji se od četiri koraka:

- definiranje standarda koji se želi pratiti ili onih koji se najčešće nalaze u poslovnim planovima, organizacijskoj kulturi i viziji tvrtke
- sakupljanje relevantnih informacija vezanih uz rezultate tvrtke (izvještavanje) koje menadžeru pomažu da stvori mjerljivu i realnu sliku o tome što se događa u organizaciji u određenom trenutku
- analiza je proces koji obavljaju menadžeri i kojom se mogu identificirati razlozi slabe učinkovitosti procesa i/ili moguće prilagodbe procesa kako bi se povećala njihova učinkovitost
- rezultati analize stvaraju osnovu za poduzimanje daljnjih mjera za poboljšavanje učinkovitosti, a te mjere postaju dio standarda za mjerenje u budućim ciklusima. [7]

Uloga kontrolinga u poduzeću je vrlo kompleksna i nerazumijevanje iste od strane menadžmenta vodi smanjenju efikasnosti i efektivnosti upravljanja. Kontroling u poduzeću treba služiti menadžmentu kao pomoć u donošenju racionalnih odluka temeljenih na činjenicama i stvarnim pokazateljima jer takve odluke vode povećanju kvalitete upravljanja. Važno je da kontroling djeluje na sve tri razine menadžmenta (slika 1).



Slika 1. Razine i ciljevi djelovanja kontrolinga[8]

Kada se govori o koncepcijama kontrolinga tada se razlikuju:

- računovodstveno orijentirana koncepcija kontrolinga
- informacijski orijentirana koncepcija kontrolinga
- upravljački orijentirana koncepcija
- načela praktičara [9]

Računovodstveno orijentirana koncepcija daje naglasak na pripremu računovodstvenih podataka iz kojih se mogu izvući kvalitetni računovodstveni podaci korisni za donošenje budućih odluka, a s ciljem osiguranja likvidnosti poslovanja poduzeća.

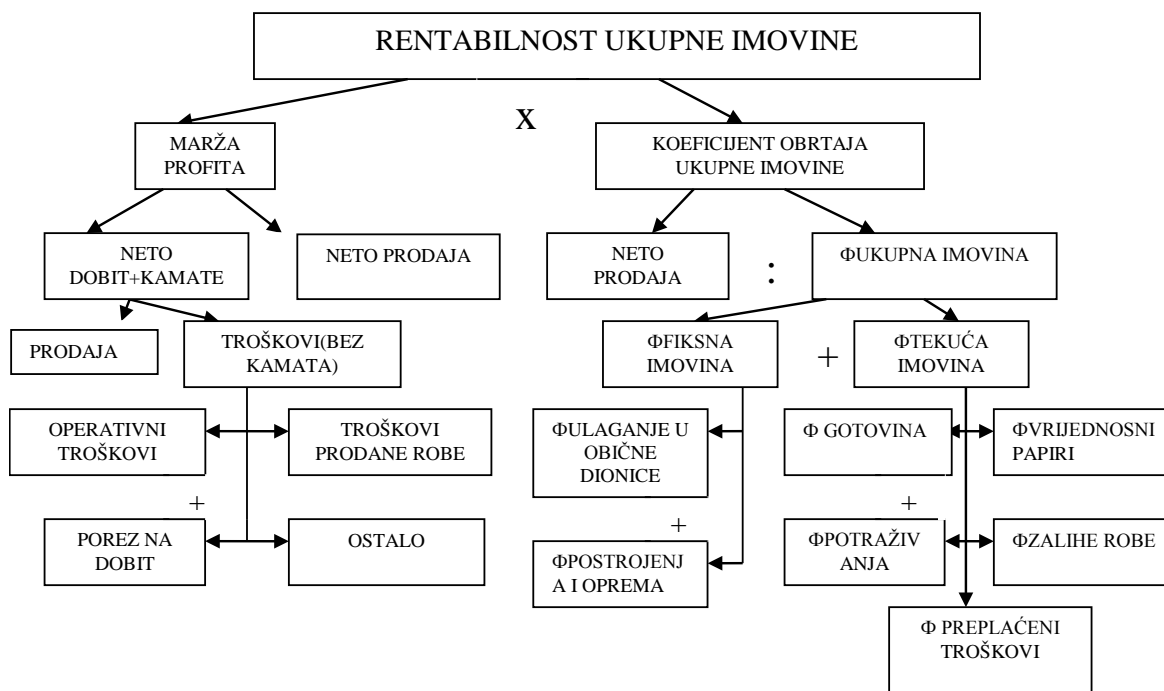


Informacijski orijentirana koncepcija odnosi se na prikupljanje određenih kvalitetnih informacija kako bi korisnici istih mogli dobiti uvid u stanje i položaj poduzeća. Danas primjena računala omogućava povezivanje tih informacija u vrlo složenim poduzećima kroz razvoj upravljačkog informacijskog sustava.

Upravljačka koncepcija se smatra sveobuhvatnom i najzrelijom koncepcijom kontrolinga, dok načela praktičara ističu orijentaciju kontrolinga na cilj, tako da se i kontroling shvaća kao instrument ciljnog upravljanja poduzećem. [10]

#### 4. DUPONT SUSTAV POKAZATELJA

DuPont je najstariji instrument kontrolinga, nastao je dvadesetih godina prošlog stoljeća. Spada u skupinu deduktivnih sustava pokazatelja. DuPont se prvenstveno upotrebljava za potrebe analize, a samim time i za potrebe planiranja tj. upravljanja poslovanjem i razvojem poduzeća. [11] Objedinjuje informacije iz dva temeljna financijska izvješća: bilance i računa dobiti i gubitka. Na vrhu piramide pokazatelja (vršni pokazatelj) nalazi se rentabilnost ukupne imovine poduzeća.



Slika 2. DuPontov sustav pokazatelja [12]

Vršni pokazatelj – rentabilnost ukupne imovine (ROA) odražava temeljni cilj poslovanja iz kojeg se izvode zahtjevi koje treba zadovoljiti na nižim razinama poslovanja. [13] Uz rentabilnost imovine u analizu se često uključuje i rentabilnost vlastitog kapitala (ROE) koji pokazuje koliki je povrat na jedinicu uloženog.

Učestalije korištenje ovog sustava pokazatelja tokom godine omogućava uvid u poslovanje i kontrolingu daje jasan odgovor koliko je poduzeće bliže ili dalje od zacrtanog cilja postavljenog radi boljeg upravljanja imovinom poduzeća. Da bi poduzeća vidjelo kako posluje u odnosu na konkurenciju potrebno je napraviti analizu konkurenata unutar sektora i vidjeti gdje se stvarno nalazi unutar sektora promatrano poduzeće.

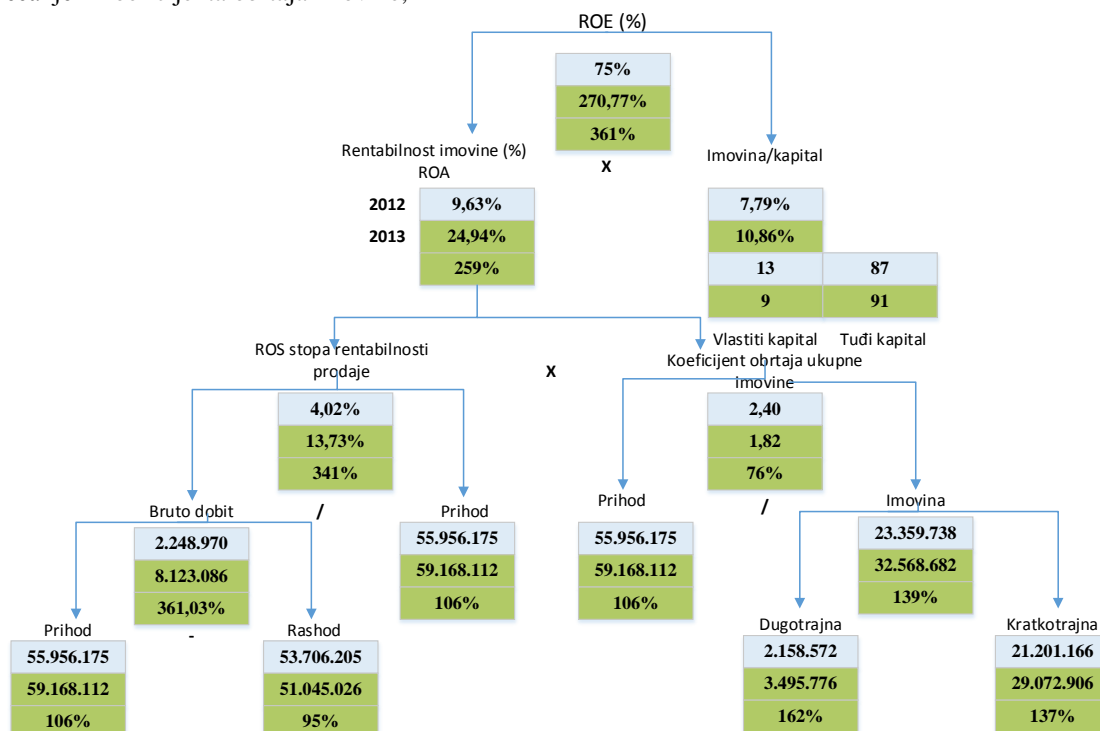
##### 4.1. Primjena DuPont sustava pokazatelja na primjeru poduzeća „X“

U ovoj analizi korišteni su stvarni podaci iz temeljnih financijskih izvješćaja za 2013. i 2012. godinu javno dostupni na službenim stranicama FINA. U tekstu nije korišten stvarni naziv poduzeća već će se ono zvati poduzeće „X“.

Poduzeće „X“ ostvarilo je u 2013. godini 59.1 mil. kuna prihoda (što je 6% više nego u 2012.) i 51 mil. kuna rashoda (što je 5% manje nego u 2012.) pa je neto dobit 8.1 mil. kuna. Uz 6% veći prihod ostvaren je 5% manji rashod, što predstavlja pozitivan pomak smanjenja troškova (rashoda). Ovaj mali pomak doveo je do porasta dobiti od 261,03% i povećanje ROS-a za 241%. Obično je takav rast karakterističan kod relativno mladih poduzeća gdje postoji velika potražnja za nuđenim proizvodom.

Desna strana DuPont-a pokazuje utjecaj upravljanja imovinom poduzeća na rentabilnost imovine. Dugotrajna imovina povećana je u odnosu na prošlu godinu za 62%, te je ujedno i kratkotrajna imovina povećana za 37%. Rast prihoda u 2013. godini je iznosio 6% dok je koeficijent obrtaja ukupne imovine pao sa 2.4 na 1.8. Pad koeficijenta ukupne imovine upozorava na činjenicu da se sredstva sporije obrću u odnosu na prošlu godinu. Istovremeno se vidi da ROA raste sa 9.6% na 24.9% što je rezultat povećanja dobiti i smanjenja troškova. Od ukupne imovine 9% je pribavljeno vlastitim kapitalom, a za 91% imovine izvor sredstva je tuđi kapital. U praksi je rentabilnost ukupne imovine može se povećati:

- smanjenjem rashoda i /ili povećanjem prihoda tj. povećanjem dobiti,
- smanjenjem ukupno angažirane imovine tj. povećanjem koeficijenta obrtaja imovine,
- većim povećanjem dobiti u odnosu na povećanje ukupne imovine. [15]



Slika 3. DuPont sustav pokazatelja na primjeru poduzeća „X“ [14]

U analizu rentabilnosti imovine potrebno je uključiti i rentabilnost kapitala. Na slici 2., uz rentabilnost imovine (ROA), uključen je još jedan pokazatelj: rentabilnost kapitala (ROE). U 2013. godini vlasnik je zaradio 270.77 kuna na 100 kn uloženog vlastitog kapitala, dok je lani zarađivao 75.00 kn. To znači da on zarađuje čak 261% više nego prošle godine, ali isto tako je i zaduženiji jer se 91% imovine financira tuđim kapitalom, a svega 9% vlastitim kapitalom.

U današnjim nestabilnim uvjetima poslovanja, kontroling pruža veliku sigurnost menadžmentu u donošenju odluka jer su one temeljene na stvarnim pokazateljima i analizi koja obuhvaća informacije prikupljene unutar i izvan poduzeća. Stoga bi se kontrolingu trebala posvetiti veća pažnja u poduzećima jer njegovim uvođenjem postiže se efikasno i efektivno poslovanje te se potiče komunikacija i planiranje na svim razinama menadžmenta.

## 5. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Upotrebom podataka iz financijskih izvještaja i primjenom DuPont sustava pokazatelja utvrđeno je kako poduzeće „X“ posluje rentabilno, ali isto tako da ima prostora za daljnja poboljšanja. Poboljšanja su moguća u dijelu upravljanja imovinom i povećanja koeficijenta obrtaja imovine. Za konkretne korake glede poboljšanja upravljanja određenim oblicima imovine trebalo bi ući u detaljniju analizu imovine poduzeća koja nije moguća zbog limitiranosti informacija koje se mogu dobiti iz dostupnih financijskih izvješća.

U radu je posebno istaknuta funkcija kontrolinga koja je često zanemarivana u praksi i u velikom broju slučajeva doživljavana kao funkcija koja pripada računovodstvu. Kontroling je u svojoj biti velika podrška menadžmentu i zadatak mu je kontinuirano pratiti poslovanje poduzeća primjenom dostupnih alata i opskrbljivati menadžere kvalitetnim informacijama.

## 6. LITERATURA

- [1] <http://www.orkis.hr/Upravljanje-poslovanjem-drustva-%E2%80%93-proces-donosenja-odluke> (Dostupno: 01.09.2014.)
- [2] <http://www.poslovniforum.hr/management/rjecnik.asp> (Dostupno: 01.09.2014.)
- [3] Buble, M.: Osnove menadžmenta, Sinergija, Zagreb, 2006, str.13
- [4] <http://web.efzg.hr/dok/RAC/2.%20Interna%20kontrola%20i%20revizija%20kao%20podr%C5%A1ka%20poslovnom%20upravljanju.pdf> (Dostupno: 01.09.2014.)
- [5] <https://www.pfst.hr/uploads/Strateska%20kontrola.pdf> (Dostupno: 04.09.2014.)
- [6] Očko, J.; Švigir, A.: Kontroling upravljanje iz backstagea, Knjiga Print d.o.o., Zagreb, 2009, str. 13
- [7] [http://www.archive-hr-2014.com/hr/e/2014-07-04\\_4214636\\_2/ELIAS-Poslovno-Savjetovanje-doo-raquo-Pentana-Vision/](http://www.archive-hr-2014.com/hr/e/2014-07-04_4214636_2/ELIAS-Poslovno-Savjetovanje-doo-raquo-Pentana-Vision/) (Dostupno: 04.09.2014)

- [8] Izvorno autorski
- [9] Osmanagić Bedenik, N.: Kontroling abeceda poslovnog uspjeha, Školska knjiga, Zagreb, 2007, str. 81
- [10] Osmanagić Bedenik, N.: Kontroling abeceda poslovnog uspjeha, Školska knjiga, Zagreb, 2007, str. 82.
- [11] Žager, K.; Mamić Sačer, I.; Sever, S.; Žager, L.: Analiza financijskih izvještaja, Zagreb, 2008.,str.265.
- [12] Žager, K.; Mamić Sačer, I.; Sever, S.; Žager, L.: Analiza financijskih izvještaja, Zagreb, 2008.,str.265.
- [13] Očko, J.: DuPont sustav pokazatelja, Poslovni savjetnik, ožujak 2007., str. 248
- [14] Izvorno autorski.
- [15] Očko, J.: DuPont sustav pokazatelja, Poslovni savjetnik, ožujak 2007., str. 93

**Kontakt autora:**

**Vesna Sesar, univ.spec.oec., MBA, predavač**

Sveučilište Sjever  
Sveučilišni centar Varaždin  
104. brigade 3  
42 000 Varaždin  
e-mail: vesna.sesar@unin.hr

**Doc.dr.sc. Kresimir Buntak**

Sveučilište Sjever  
Sveučilišni centar Varaždin  
104. brigade 3  
42 000 Varaždin  
e-mail: kresimir.buntak@unin.hr

**Mateja Borlinić, bacc.ing. logist.**

e-mail: maborlinic@unin.hr

# UPRAVLJANJE RAZVOJEM PROIZVODA

## MANAGEMENT OF PRODUCT DEVELOPMENT

*Krešimir Buntak, Ivana Droždek, Laura Čovran*

Stručni članak

**Sažetak:** Kad se govori o inovacijama, najprije se pomisli na nove proizvode, ali inovacije procesa proizvodnje imaju jednako veliku stratešku ulogu. Izraditi nešto što nitko drugi ne može ili napraviti nešto na jeftiniji, ekonomičniji način, velika je konkurentska prednost. Inovacije se izgrađuju i revidiraju sve do konačnog proizvoda. Stoga je upravljanje razvojem proizvoda veoma opsežan, kontinuirani proces koji ujedinjuje sve kadrove u poduzeću kako bi stvorili što bolji i kvalitetniji novi proizvod koji će svojim karakteristikama biti daleko bolji od konkurencije. Ako je novi proizvod kvalitetan, može se pretpostaviti njegovo društveno priznavanje, a u razvoju proizvoda veliku ulogu ima Međunarodna norma ISO 9001:2008 koja nastoji povećati zadovoljstvo kupca ispunjavanjem njegovih zahtjeva.

**Ključne riječi:** inovacije, ISO 9001:2008, proizvod, razvoj, upravljanje

Professional paper

**Abstract:** When we talk about innovations, first thought is on the new products, but process innovations have equally great strategic importance. To develop something that no one else can or do something on the cheaper, more economical way, it is a great competitive advantage. Innovations are being built and reviewed until the final product. Therefore, the management of the development of products is an extensive, continuous process that unites all people in the company to create a better and more comfortable new product that will be with its characteristics far better than the competition. If the new product has a good quality, it can be assumed its social recognition and, in product development a big role plays International norm ISO 9001: 2008, which aims to increase customer satisfaction by fulfilling its requirements.

**Key words:** innovation, ISO (International Organization for Standardization) 9001:2008, product, development, management

### 1. UVOD

Svakodnevno se na tržištu postavljaju sve složeniji zahtjevi u pogledu produktivnosti, kvalitete i brzine osvajanja novih proizvoda. Zbog toga je cilj svakog poduzeća da razvije novi proizvod koji će svojim karakteristikama biti bolji od konkurencije. Kroz rad će se obraditi i biti objašnjene funkcija razvoja i upravljanje razvojem kroz istraživanje i razvoj, inovacije i investicije, opisan će se razvoj proizvoda i upravljanje razvojem proizvoda te će biti objašnjen razvoj u funkciji upravljanja kvalitetom, sukladno normi ISO 9001:2008.

### 2. FUNKCIJA RAZVOJA I UPRAVLJANJE RAZVOJEM

Razvoj novog proizvoda ne može se dogoditi preko noći. Da bi se razvila dobra tehnika upravljanja razvojem moraju se upotrijebiti svi kadrovi u poduzeću jer svaki od njih na svoj način pridonosi razvoju.

### 2.1. Istraživačko-razvojni dio

Istraživačko - razvojni (I&R) projekt predstavlja sveobuhvatan plan aktivnosti kojima se rješava konkretan razvojni problem. U uvjetima visoke međuovisnosti pojava i stalnih promjena svaka konkretna razvojna aktivnost zahtjeva njeno sagledavanje i rješavanje sa više različitih aspekata. Svaka aktivnost traži problemski, multidisciplinirani pristup. Dobro je poznato da korisnik na tržištu ne traži samo robu, već i rješavanje nekog svog problema, što dolazi do izražaja kod proizvodnje sredstava za rad. U odnosu na rizik da ekipa stručnjaka u laboratoriju ili probnom pogonu napravi kvalitetno tehnološko-proizvodno rješenje, rizik uvođenja rješenja u proizvodnju i poslovanje nekoliko je puta veći, a rizik uspješnog uvođenja na tržište je nekoliko desetina puta veći. Svi ovi rizici nose sa sobom probleme, koje sinkronizirano trebaju rješavati različiti profili kadrova, kao što su stručnjaci za razvoj, financiranje, marketing, dizajn.

Organizacijska struktura, kao bitna struktura poduzeća u skladu sa strategijom poduzeća treba osigurati potrebne preduvjete za uspješnu realizaciju strategije. Strukturiranje I&R aktivnosti u razvoju poduzeća prati strukturiranje ukupne aktivnosti poduzeća, odnosno promjene u strategiji poslovanja i razvoja poduzeća.

Na početnim stupnjevima razvoja poduzeća I&R aktivnosti nisu identificirane niti organizirane kao samostalna djelatnost. Na višim stupnjevima razvijenosti poduzeća I&R aktivnosti se identificiraju kao djelatnost te se organiziraju i vode kao samostalna organizacijska jedinica.

Kvalitetan rad u poduzeću podrazumijeva da se promjene u unutrašnjim strukturama realiziraju po jasno definiranim zadacima. Promjena strukture u poduzeću ne može biti prepuštena slučaju niti se tim pitanjima može kvalitetno baviti netko tko nema potrebna znanja za ovu vrstu aktivnosti. Razvojni rad u poduzeću može se ostvariti kroz masovan stvaralački rad i I&R aktivnosti.[1]

## 2.2. Inovacijski procesi i tehnološki razvoj

Inovacije su vezane za znanje - kreiranje novih mogućnosti događa se kombiniranjem različitih skupina znanja ili spoznaja. Ta znanja mogu biti u obliku znanja što je tehnički moguće izvesti ili kako će neka posebna konfiguracija zadovoljiti posebni segment tržišta. Takva znanja mogu već postojati u formi iskustva, temeljeno na nečemu što se već prije radilo. Ili može proizlaziti iz potrage u područjima tehnologije, istraživanja tržišta, konkurentskih akcija i sličnom. Znanje može biti u eksplicitnom obliku, napisano i dostupno i drugim zaposlenicima u poduzeću kako bi mogli diskutirati, razgovarati i predlagati nova rješenja ili pak može biti u formi neopipljiva znanja, znanja koje postoji, ali ga je teško artikulirati.

Proces po kojemu se ta različita znanja sastavljaju u uspješnu inovaciju zapravo je proces visoke neizvjesnosti. Ne zna se kako će konačna konfiguracija izgledati i ne zna se kako će se do nje doći. Upravljanje inovacijama je onda proces da se neizvjesnosti pretvore u znanje. Jedino što je na raspolaganju za smanjenje neizvjesnosti jesu resursi koje poduzeće posjeduje. [2]

### 2.2.1. Podjela inovacija

Inovacije se najčešće dijele na inkrementalne i radikalne. Inkrementalne su stalna mala poboljšanja, za što je najbolji primjer Toyotin sustav kontinuiranog unaprjeđenja (Kaizen). Radikalne inovacije su rješenja koja su nova na svjetskoj razini, za što je možda najbolji primjer informacijsko-komunikacijska tehnologija, nanotehnologija i bio-tehnologija, u čemu trenutno prednjače SAD i Japan.[2]

Budući da je inoviranje neophodno da bi se ostalo na tržištu (činjenica je da je većina proizvodnje razvijenih zemalja prebačena u Kinu i Indiju, pa razvijene zemlje moraju konkurirati inovacijama) postavlja se pitanje kako dodatno potaknuti inovacije. Da bi na to moglo odgovoriti moraju se razlučiti osnovni tipovi inovacija [3]:

- novi proizvod/usluga – npr. novi tip mobitela, novi model automobila i slično,
- novi proces proizvodnje/pružanja usluge – npr. proizvodnja na novim strojevima štede energiju, elektronske transakcije umjesto fizičkog prenošenja,
- novo tržište – npr. trend zdravog života – tržište zdrave hrane,
- novi poslovni model – npr. IKEA – kupac sam slaže svoj ormar.

Iako se inovacije smatraju moćnim načinom osiguravanja konkurentske prednosti i sigurnijim načinom očuvanja strateške pozicije, uspjeh nikad nije zajamčen.

Brojne su inovacije proizvoda i procesa koje su bile dobre ideje, a završili kao neuspjehi s golemim štetama. Međutim, nisu svi neuspjehi jako dramatični. Inovacije su projektnog tipa i kad se vidi da projekt neće zadovoljiti, obustavlja se prije nego što nanese veće štete. Inovacije su same po sebi rizičan posao pa se mora imati na umu da postoji velika neizvjesnost u pogledu inovacija, zbog tehnoloških, socijalnih, tržišnih i političkih faktora s vrlo malom vjerojatnosti uspjeha ako se inovacijom pažljivo ne upravlja. Ključno je da se eksperimenti vezani uz nove proizvode i procese pravilno isplaniraju i kontroliraju u svrhu minimiziranja vjerojatnosti neuspjeha, a gdje se problemi pojave, iskoristiti to kao priliku za učenje kako se ubuduće ne bi upadalo u zamku. [4]

### 2.2.2. Faze inovacijskog procesa

Brojna su istraživanja na temu menadžmenta inovacija pokušala dati odgovor koji je najbolji način, međutim, valja naglasiti da nema najboljeg načina za upravljanje inovacijama jer su industrije različite glede tehnologije i tržišnih mogućnosti, i samih karakteristika poduzeća.

Inovacijama se može upravljati putem sljedećih faza [2]:

- skenirati i pretraživati okolinu (vanjsku i unutarnju) kako bi se prikupili i obradili signali o potencijalnim inovacijama,
- strateški odabrati iz velikog broja potencijalnih inovacija one za koje se smatra da će postići najveći uspjeh, jer u inovacije treba uložiti resurse,
- osigurati resurse, bilo da se kreira kroz odjel za istraživanje i razvoj ili kupnjom nove tehnologije putem tehnološkog transfera, te znanja kako to sve upotrijebiti,
- implementiranje inovacije, nadograđivanje ideje u različitim fazama sve do konačnog lansiranja proizvoda ili usluge na eksterno tržište, ili inovativni proces unutar poduzeća,
- peta preporučena faza je razmatranje svih prethodnih faza i revidiranje uspjeha i neuspjeha da bi se iz toga naučilo kako bolje upravljati procesom i stjecanjem znanja.

### 2.2.3. Tehnološki razvoj

Tehnološke inovacije i njihova primjena u proizvodnji su aktivnosti zaposlenih u poduzećima koje su kod nas u dužem vremenskom periodu nerazvijene. Inoviranje proizvoda, tehnologije i sredstava za proizvodnju je aktivnost od izuzetnog značaja u industrijski razvijenim zemljama. Objašnjenje ove pojave leži u činjenici da inovacijski procesi leže u osnovi tehnološkog razvoja, a on je osnova razvoja sredstava za proizvodnju. Osnovu cjelokupnog društvenog razvoja čini razvoj sredstava za proizvodnju, što uključuje i znanje, iskustvo i uvježbanost proizvođača. Osnovna karakteristika dosadašnjeg perioda gospodarskog razvoja u manje razvijenim zemljama bila je orijentacija na uvoz strane, najsuvremenije tehnologije. Samo u manjem broju organizacija se dolazilo do određenih rezultata u tehnološkom razvoju, zasnovanom na vlastitim kadrovskim potencijalima. Nažalost, iz te se faze nikada nije prešlo u fazu kreiranja kao u razvijenim zemljama. Razvoj proizvodnih snaga u svijetu odvija se ulaganjem u kadrove, u obrazovanje i u znanost. Kadrovima treba stvoriti uvjete za rad, dodatno obrazovanje i usavršavanje. Razvoj novih programa i novih tehnologija treba se odvijati organizirano kroz rad razvojnih sektora. Uvidom u stanje gospodarskih organizacija, može se uočiti da velik dio njih uopće nema organiziran razvojni sektor. A tamo ih gdje ima, nema odgovarajućeg kadra i ne bavi se odgovarajućim aktivnostima. [1]

## 2.3. Upravljanje razvojem poduzeća

Neprekidan proces ostvarivanja svojih osnovnih ciljeva razvoja primorava svako poduzeće da investira, ulaže u vlastita ili pozajmljena sredstva, da odlaže moguću potrošnju danas, kako bi osiguralo sebi novu potrošnju i nova ulaganja u budućnosti. Htjelo ili ne, svako poduzeće je primorano investirati, jer investiranje predstavlja jedini način i sredstvo kojim može osigurati realizaciju vlastitih ciljeva razvoja.

### 2.3.1. Investicije – nužnost u procesu razvoju poduzeća

Investicije predstavljaju nužnost u svim zemljama i svim gospodarstvima, bez obzira na društveni sustav i postignuti stupanj ekonomskog razvoja. Ostvarenje ciljeva društveno - ekonomskog razvoja postiže se realizacijom pravilno odabrane i usmjerene investicijske politike, te se zato smatra da u investicije osnovno sredstvo za ostvarenje ciljeva ekonomskog razvoja gospodarskih i društvenih sustava. Razvoj svakog poduzeća vezan je za pravilan izbor i efikasnu realizaciju investicija. Investiranje dolazi kao završni čin cjelokupnog procesa razvoja, kojim se realiziraju planirani razvojni ciljevi, a time i cjelokupni razvoj.

Nakon neophodnih istraživačkih aktivnosti, definiranja ciljeva razvoja i razvojne politike, kao i izrade odgovarajućeg plana razvoja, dolazi investiranje, koje osigurava realizaciju, odnosno dostizanje planiranih razvojnih ciljeva. Cjelovit i kontinuiran razvoj potreban je i dovoljan uvjet za uspješno buduće funkcioniranje radne organizacije. Zato je potrebno, pored investiranja u

kapacitete i tehniku, ulagati i razvijati cjelokupnu tehnologiju, organizaciju i kadrove koji će, uz ostvaren rast, doprinijeti kvalitetnim promjenama u funkcioniranju radne organizacije i time ostvariti cjelovit razvoj koji osigurava efikasno poslovanje u budućnosti. [1]

### 2.3.2. Ciljevi razvoja

Efikasno funkcioniranje svakog poduzeća predstavlja jasno sagledavanje i definiranje razvojnih ciljeva što je primarni zadatak, ali i osnovni uvjet za ostvarenje početka ili nastavka kontinuiranog funkcioniranja poduzeća. Bez postojanja jasno definiranog cilja ne mogu se opredjeljivati smišljene buduće akcije koje vode poboljšanju efikasnosti, te to može dovesti do prekida kontinuiranog funkcioniranja poduzeća i do eventualnog prestanka odvijanja poslovnog procesa. Osnovni cilj svakog poslovnog sustava je u očuvanju egzistencije i osiguranju stalnog željenog razvoja sustava. Osnovni cilj poduzeća je osigurati sebi sadašnji i budući opstanak te osigurati kontinuitet efikasnog funkcioniranja, poslovanja i razvoja. [1]

### 2.3.3. Faze razvoja

Razvoj poduzeća karakteriziraju stalne promjene koje nastaju u okruženju, čime poduzeće uvjetuje svoj trenutni i budući opstanak. Pažljivim i detaljnim istraživanjem može se doći do izvjesnih zakonitosti, koje se mogu ograničiti i definirati kao faze razvoja poduzeća. Dva su veoma bitna faktora koja utječu i opredjeljuju faze razvoja poduzeća. To su proizvodi iz proizvodnog programa poduzeća i proizvodna tehnika kojom ono raspolaže. S obzirom na značajnu povezanost ukupnog razvoja i razvoja proizvoda, može se smatrati da razvoj proizvoda, tj. ciklus života proizvoda, bitno opredjeljuje faze razvoja poduzeća koje su prema tome slične fazama razvoja proizvoda. U teoriji se često faze razvoja poduzeća vezuju za faze razvoja proizvoda i često su one identične.

Stoga možemo definirati jedan opći razvojni ciklus koji bi se sastojao iz sljedećih faza [1]:

1. uvođenje (početak),
2. ekspanzija,
3. stagnacija i
4. kritična faza.

Tok razvojnih ciklusa u poduzeću je neprekidan, stalno ponavljajući proces koji u stvari i predstavlja proces razvoja poduzeća, proces kontinuiranog sadašnjeg i budućeg funkcioniranja. Jedan razvojni ciklus zamjenjuje drugi, ali uvijek sa višom kvalitetom, višom efikasnošću od prethodnog, jer je to uvjet napretka, odnosno razvoja.

Značaj proučavanja i analize faza razvoja i razvojnih ciklusa za ukupan razvoj poduzeća je veliki. Posebno je značajno pažljivim proučavanjem utvrditi u kojoj se razvojnoj fazi nalazi poduzeće i pratiti daljnji tok razvojnih faza. Međutim, proučavanje razvojnih faza je težak i kompleksan zadatak. Može se reći da ovisno o raznolikosti proizvoda i kapaciteta, u toku razvoja poduzeća postoji istovremeno i više različitih razvojnih faza, koje se odvojeno ili isprepletano odvijaju i čine

ukupan razvoj. Neophodno je uočiti sve razvojne faze, odvojiti ih i pažljivo analizirati i pratiti. Time se ostvaruje mogućnost da se odredi trenutak prije kritične točke, kada treba reagirati i kada treba inovacijama krenuti u novi razvojni ciklus. [1]

### 2.3.4. Planiranje razvoja u poduzeću

Planiranje predstavlja početnu fazu procesa upravljanja u kojoj se definiraju ciljevi poduzeća i određuju mjere i akcije za dostizanje ciljeva. Planiranje predstavlja osnovnu fazu procesa upravljanja na osnovu koje se definiraju i realiziraju i ostale faze procesa upravljanja. Zato se često ova faza smatra kritičnom fazom i najznačajnijim potprocesom procesa upravljanja poduzećem, jer od definiranja i realizacije ove, ovisi odvijanje i ostalih faza. Planiranje također predstavlja veoma složen i dinamičan proces koji se sastoji od niza potprocesa, faza i pojedinačnih aktivnosti. Proces planiranja, kao dio procesa upravljanja poduzeća, je veoma kompleksan i obuhvaća sve dijelove poduzeća i sve poslovne funkcije u njemu. Svi organizacijski dijelovi poduzeća izrađuju svoje planove, koji se odnose na zadatke koje poduzeće treba izvršiti u budućnosti kako bi se postigli planirani ciljevi poduzeća u cjelini. Svaki menadžer, počevši od onih na operativnoj razini, pa do vrhovnih menadžera, obavezno planiraju izvršenje zadataka za koje su zaduženi, i svi zajedno objedinjavaju proces planiranja, kao globalni proces i dio ukupnog procesa upravljanja poduzećem. S obzirom na to da je jedan od osnovnih ciljeva procesa planiranja smanjenje neizvjesnosti i rizika koje nose buduće aktivnosti i događaji, proces planiranja obuhvaća i predviđanje budućih stanja i događaja. Predviđanje omogućava da se definiraju ciljevi koje u budućnosti poduzeće želi dostići, što predstavlja jedan od osnovnih zadataka procesa planiranja. [1]

### 2.3.5. Proces odlučivanja u razvoju poduzeća

Procesu poslovnog odlučivanja o razvoju poduzeća prethodi proces planskih odluka koje će se poduzeti u budućnosti. Izborom između više raspoloživih aktivnosti i realizacijom izabrane, često se proces upravljanja izjednačava sa procesom odlučivanja što ukazuje na veliki značaj pripreme i donošenja odluka u procesu upravljanja poduzećem. Bez odlučivanja nema upravljanja.

Upravljanje poduzećem ne može se odvijati bez pripreme i donošenja potrebnih odluka. O odlukama koje su ispravno donesene, zavisi i efikasnost upravljanja poduzećem, a time i daljnje funkcioniranje i razvoj poduzeća.

Donošenje odluka u poduzeću najčešće obavljaju menadžeri, čija je uloga, pored ostalog, da donose odluke. U toku obavljanja svojih upravljačkih zadataka svaki menadžer donosi velik broj odluka. Ove odluke proizlaze iz njegovog mjesta u organizacijskoj strukturi i ovlaštenja koje ima da rukovodi drugim ljudima i određenim poslovima i zadacima. Značaj odlučivanja za rad i razvoj svakog gospodarskog i društvenog sustava je svakako presudan. Ovaj proces je neophodan kod svih sustava koji žele održati svoje funkcioniranje i osigurati

daljnji razvoj, tako da na njegov značaj nije potrebno posebno ukazivati. To je jedan od vitalnih procesa u svim društvenim i gospodarskim sustavima i kao takav zahtjeva da se njegovom proučavanju i realizaciji odredi centralno mjesto. Odlučivanje je proces kojim se priprema i donosi odluka te iz toga možemo zaključiti da je odluka proizvod, rezultat poslovnog odlučivanja. [1]

## 3. RAZVOJ PROIZVODA I UPRAVLJANJE RAZVOJEM PROIZVODA

Poduzeća se na tržištu natječu čiji će proizvod biti bolji, a to znači stalno usavršavanje, tj. inoviranje svojih proizvoda. Inoviranje ili razvoj novih proizvoda samo je jedna od četiri mogućnosti rasta poduzeća. Ostale mogućnosti su ulazak na novo tržište, stvaranje novog tržišta i diversifikacija. Budući da su poduzeća u stalnoj tržišnoj utakmici, proces razvoja novog proizvoda zapravo je stalno ponavljajući proces. Razvoj novog proizvoda samo je podproces menadžmenta inovacija, a menadžment inovacija treba osigurati da se novi proizvod uspješno razvije.

### 3.1. Razvoj i komercijalizacija inovacija

Inovacije su nužnost jer poduzeće uspijeva samo ako je na tržište izbacilo novi proizvod brže od konkurencije ili je bolje iskoristilo svoju procesnu tehnologiju. Druga kritična točka je da inovacije zahtijevaju integriran pogled, a ne samo manje projekte. Ako se razumije samo dio inovacijskog procesa, tada će način upravljanja inovacijama vjerojatno samo djelomično pomoći čak i ako ima dobrih ideja i dobro ih se provodi. Primjerice, izum se često brka s inovacijom. Izum je samo ideja dok je inovacija cijeli proces do uspješnog lansiranja proizvoda/usluge na tržište. Biti dobar izumitelj nije jamstvo tržišnog uspjeha već ovisi i o projektnom menadžmentu, razvoju tržišta, financijskom menadžmentu, organizaciji i drugom. Inovacije variraju u širini, prirodi, stupnju noviteta i slično, a jednako tako variraju i inovativne organizacije. Međutim, sve polazi od iste faze. Novi proizvod polazi od prikupljanja signala iz okoline pa sve do lansiranja, a organizacija uči iz tog procesa. Uspjeh inovacija ovisi o dva važna čimbenika: tehnološkim resursima (ljudi, oprema, znanje i dr.) i sposobnosti cijelog poduzeća da njima upravlja. Taj put uspjeha u procesu inoviranja započinje traženjem ideje pa sve do konačnog lansiranja na tržište.

### 3.2. Razvoj i komercijalizacija proizvoda

Razvoj i komercijalizacija proizvoda je postupak koji sadrži osnovne aktivnosti iz procesa stvaranja novog proizvoda, od ideje do lansiranja na tržište. Razvoj novog proizvoda samo povezuje različite discipline (marketing, financije, itd.) u stvaranju proizvoda. Svaka od tih disciplina ima točno određenu ulogu u procesu razvoja novog proizvoda. Svako poduzeće mora naći svoj način upravljanja razvojem novog proizvoda, jer neuzimanje u obzir bilo kojeg faktora utjecaja (unutarnjeg ili vanjskog), jednostavno vodi tome da novi proizvod ne generira očekivane dobitke.

Na početku ulaska u problematiku razvoja novog proizvoda, bitno je najprije definirati što je, zapravo, novi proizvod. Proizvod koji je nov u svijetu predstavlja vrlo malen udio svih lansiranih novih proizvoda. Oni su prvi takve vrste i stvaraju novo tržište. Riječ je o izumima koji obično imaju ugrađenu visoku tehnologiju ili neko novo otkriće, a može to biti i revolucionarni novi dizajn postojećeg proizvoda. Proizvod koji je novi za poduzeće (nova proizvodna linija), već postoji na tržištu, ali je novi za to poduzeće i predstavlja mogućnost poduzeću da uđe u već postojeće tržište.[2]

Usvajanje novog proizvoda u poduzeću započinje proučavanjem ciljeva poduzeća. Proučava se misija, vizija i poslovna politika ili poslovna strategija. Misijom se određuje kakav je biznis kojim se poduzeće bavi, stvara se tržišni identitet, naziv poduzeća, logotip te razne marketinške aktivnosti. Vizija daje ideju kako definirati mjesto poduzeća u budućnosti, odnosno predvidjeti buduće pozicije na tržištu. Poslovna politika ili poslovna strategija predstavlja skup dugoročnih ciljeva, programa i mjera putem kojih se ta organizacija dinamički prilagođava stalnim i sve bržim tehnološkim, ekonomskim i društvenim promjenama koje nastaju u okolini. [1]

To dinamičko prilagođavanje postiže se formuliranjem srednjoročnih i kratkoročnih ciljeva, programa i mjera, koji se u toku realizacije stalno međusobno usklađuju. Poslovna strategija obuhvaća [1]:

- tržišnu strategiju,
- tehnološku strategiju (strategiju razvoja proizvoda i razvoja tehnologije proizvodnje) i
- financijsku strategiju.

Tržišna strategija obuhvaća dugoročne ciljeve, programe i mjere koji se moraju ostvariti da bi se mogli ostvariti opći dugoročni ciljevi razvoja, a odnose se na uvjete trgovanja i pozicije na tržištu. Tehnološka strategija obuhvaća tehnološke ciljeve, programe, planove i mjere koji se moraju ostvariti u području razvoja novih ili poboljšanja postojećih proizvoda i tehnologije proizvodnje, da bi se mogli ostvariti ciljevi postavljeni kroz tržišnu strategiju. Financijska strategija obuhvaća dugoročne ciljeve, programe, planove i mjere koji se moraju ostvariti da bi se mogli ostvariti ciljevi, programi i mjere tržišne i tehnološke strategije.

#### 4. RAZVOJ U FUNKCIJI UPRAVLJANJA KVALITETOM

Kvaliteta je postala ključnim čimbenikom konkurentnosti proizvoda i poduzeća na vrlo dinamičnom i nestabilnom globalnom tržištu. Dok je s jedne strane kvaliteta važna karakteristika proizvoda, s druge strane postala je sve traženiji upravljački koncept. Oba aspekta važna su za osiguranje tržišne pozicije i dugoročnog stabilnog poslovanja. Kvaliteta proizvoda apsolutna je pretpostavka njegova društvenog priznavanja i transformacije u robu pa time istodobno i osnovni uvjet za život i rad bilo kojeg proizvođača i njegova pojavljivanja na tržištu. Ključna pretpostavka za poboljšanje učinkovitosti i djelotvornosti organizacije te skraćivanja ciklusa razvoja novog proizvoda primjena je

procesnog pristupa i procesne organizacijske strukture. Uvođenjem procesnog pristupa i implementiranjem poslovnih procesa osigurava se ključna karakteristika kvalitetno upravljivih organizacija, a to je upravljivost u svim segmentima i razinama poslovanja. Glavnu ulogu u svemu tome ima menadžment poduzeća kao pokretač, organizator, nadzornik procesne strukture i vlasnici (menadžeri) poslovnih procesa. Uspješan zaokret u poslovanju i razvijanje novog proizvoda moguće je samo ako u tome sudjeluju svi zaposlenici. [5]

#### 4.1. Zahtjevi za upravljanje razvojem sukladno normi ISO 9001:2008

Međunarodna norma ISO 9001:2008 promovira usvajanje procesnog pristupa pri razvoju, implementaciji i poboljšavanju djelotvornosti sustava upravljanja kvalitetom, kako bi se povećalo zadovoljstvo kupca ispunjavanjem njegovih zahtjeva. Primjena sustava procesa u organizaciji, zajedno s identifikacijom i međusobnim djelovanjem tih procesa i upravljanje njima u cilju postizanja željenog rezultata, može se smatrati „procesnim pristupom“. Prednost procesnog pristupa jest osiguravanje trajnog nadzora nad vezama između pojedinačnih procesa unutar sustava procesa kao i nad njihovom kombinacijom i međusobnim djelovanjem.

Zahtjevi za realizacijom proizvoda sadržani su u 7. poglavlju norme ISO 9001:2008. Na početku svaka organizacija mora planirati i razvijati procese koji su nužni za realizaciju proizvoda. Pri planiranju realizacije organizacija mora utvrditi ciljeve kvalitete i zahtjeve za proizvod, prikupiti potrebne dokumente, osigurati resurse specifične za taj proizvod, odrediti potrebne aktivnosti verifikacije, validacije, nadzora, mjerenja, inspekcija i ispitivanja, te kriterije za prihvaćanje proizvoda.

Organizacija uspostavlja i dokumentiranu proceduru kako bi se pisali ulazni i izlazni elementi kao dokaz o sukladnosti sa zahtjevima i djelotvornom provođenju sustava upravljanja kvalitetom. Zatim se određuju zahtjevi koji se odnose na proizvod, uključujući zahtjeve koje postavlja kupac, zahtjeve za isporukom, zakonske i regulatorne zahtjeve i bilo koje druge zahtjeve koje organizacija smatra nužnima.

#### 4.2. Kvaliteta konstrukcije i kvaliteta konformnosti i njihove aplikacije na poslovanje

Proces nastajanja kvalitete proizvoda s identifikacijom želja i potreba potrošača i nastaje u nekoliko faza tijekom kojih ih proizvođač implementira u specifikacije i standarde koji su bitan sastavni dio projekta i konstrukcije budućeg proizvoda. Proces transformacije želja i potreba potrošača u konkretni proizvod naziva se ciklus kvalitete.

U nastojanju da se izrade što kvalitetniji proizvodi, nužna je stalna interakcija potrošača, odnosno tržišta, marketinga, projektiranja i proizvodnje, kao i ostalih funkcija u poduzeću, koje svaka na svoj način pridonose tom zajedničkom zadatku. Iz tog razloga u nastavku se razmatra kvaliteta konstrukcije i kvaliteta konformnosti.



#### 4.2.1. Kvaliteta proizvoda s aspekta konstrukcije i konformnosti

Kvaliteta proizvoda može se definirati s aspekta njegove konstrukcije i s aspekta njegove izrade, odnosno njegove konformnosti (usklađenosti) sa specifikacijom.

Kvaliteta konstrukcije proizvoda s obzirom na razinu kvalitete za istu funkcionalnu uporabu nastaje prije, u fazama konstrukcije i razvoja, a kvaliteta konformnosti kao stupanj do kojeg je proizvod raspoloživ potrošaču odražava sukladnost sa specifikacijama i nastaje u neposrednoj proizvodnji.

Da bi se osigurala razina tražene kvalitete proizvoda i pritom zadovoljili aspekti kvalitete konstrukcije i konformnosti važno je kontinuirano uspostavljati kontakt s kupcima i slušati njihove želje i zahtjeve, no isto tako je važno uspostaviti dobar kontakt unutar poduzeća s predstavnicima proizvodnje kako bi imali pravodobnu informaciju o mogućnostima (tehničkim, tehnološkim, organizacijskim) realizacije definiranog proizvoda.

Naravno prilikom proizvodnje kvalitetnog proizvoda treba stalno imati na umu ekonomičnost, odnosno učinkovitost i djelotvornost procesa proizvodnje, odnosno poduzeća u cjelini. [5]

#### 4.2.2. Ekonomija kvalitete konstrukcije

Ekonomija kvalitete konstrukcije vezana je uz optimalizaciju kvalitete konstrukcije, vrijednost proizvoda u tehno-ekonomskom smislu i računalom podržano oblikovanje i njegov utjecaj na povećanje vrijednosti proizvoda. Optimalizacija kvalitete konstrukcije direktno utječe na razinu i troškove kvalitete.

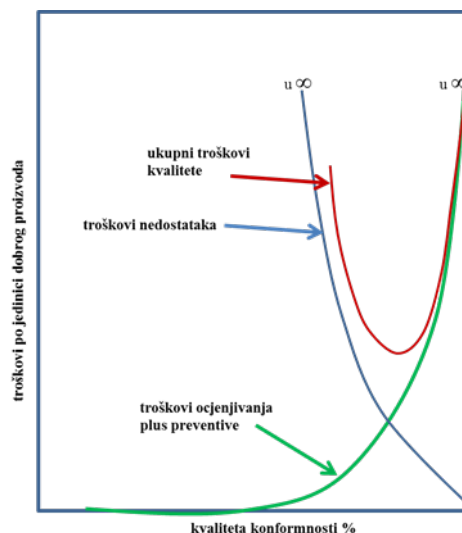
Ako projektno i konstrukcijsko rješenje nije kvalitetno, nemoguće je u tijeku realizacije proizvoda (proces proizvodnje) mijenjati nepravilnosti budući da je zadaća voditelja proizvodnje da što preciznije uskladi realizaciju proizvoda s danim zahtjevima u specifikaciji. Pritom su osobito značajni troškovi kvalitete, odnosno njihova optimizacija, stoga se djeluje striktno prema načelu tzv. tehnologičnosti. Pod načelom tehnologičnosti podrazumijeva se prikladnost konstrukcije sa stajališta proizvodnih troškova i njezina prilagođenost danim uvjetima proizvodnje. Kvaliteta konstrukcije i troškovi kvalitete su međusobno povezani. S dovoljno visokim troškovima uvijek je moguće osigurati visoku razinu kvalitete konstrukcije, no cilj je optimizirati kvalitetu i troškove na način da se uspostavi optimum kvalitete konstrukcije, s obzirom na ekonomičnost, iznad koje se ne isplati povećavati troškove jer bi time povećali cijenu proizvoda i izgubili konkurentnost na tržištu. Vrijednost proizvoda u tehnoeekonomskom smislu i njegov funkcionalni odnos dan je kroz oblik: *vrijednost proizvoda* = *f* (*funkcionalnost, tehnologičnost, eksploataбилnost, uvjeti tržišta*). Vrijednost proizvoda je pogodan okvir i dobra analitička osnova za istraživanje ekonomije kvalitete, odnosno njezinu optimizaciju u dinamičkom smislu, posebno stoga što su vidljivi i činitelji na koje se može i treba djelovati u svrhu njezina maksimalnog povećanja.

#### 4.2.3. Ekonomija kvalitete konformnosti

Kvaliteta konformnosti kao stupanj do kojeg je proizvod raspoloživ potrošaču odražava sukladnost sa specifikacijama i nastaje u neposrednoj proizvodnji. U postupku optimizacije kvalitete konformnosti polazi se od pretpostavke da postoji povezanost i određeni odnos između troškova kvalitete i stupnja kvalitete konformnosti proizvoda. Kad je stupanj kvalitete konformnosti nizak, troškovi nedostataka su visoki, ali su istodobno troškovi ocjenjivanja i preventive niski. Isto tako vrijedi obratno, kada je stupanj kvalitete konformnosti visok, troškovi nedostatka su niski, ali istodobno troškovi ocjenjivanja i preventive su visoki. Iz tog razloga, a s aspekta kvalitetnog upravljanja organizacijom, važno je uspostaviti model optimizacije i kontinuirano ga provoditi. Dijagram u tekstu niže (slika 1.) prikazuje troškove po jedinici dobrog proizvoda u ovisnosti o kvaliteti konformnosti izraženoj u postocima i ucrtane su tri krivulje troškova kvalitete [5]:

1. *krivulja troškova nedostataka (unutarnjih i vanjskih)* – jednaki su nuli kada je proizvod 100% dobar, a rastu u beskonačnost kada je proizvod 100% loš;
2. *krivulja troškova ocjenjivanja (ispitivanja) kvalitete i troškova preventive* – oni su jednaki nuli kod 100% defektne kvalitete, a rastu u neizmjernost s približavanjem kvaliteti perfekciji;
3. *krivulja ukupnih troškova kvalitete* – čini zbroj veličina prethodnih dviju krivulja.

Ako se analizira taj model može se zamijetiti da krivulja ukupnih troškova postiže minimum na razini kvalitete konformnosti manjoj od perfektne (100%-tne). Taj minimum je zapravo optimalna razina kvalitete konformnosti.

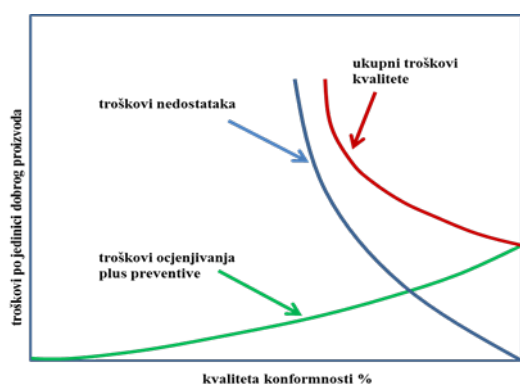


Slika 1. Tradicionalni model optimizacije troškova kvalitete i razine kvalitete konformnosti [5]

U tradicionalnom modelu optimizacije troškova kvalitete i razine kvalitete prezentirani su uvjeti koji su prevladali u pretežnom dijelu prošlog stoljeća. Glavna zadaća kontrole bila je mnogo ocjenjivanja, a malo preventive, uz sve negativne posljedice vezane uz ljudski faktor (pogreške zbog subjektivizma, gubitak koncentracije, zamor i sl.). Posljedica toga je

ograničavanje napora za postizanje perfekcije, uvjetovano ljudskom pogrešivošću, zbog čega se u opisanom modelu krivulja troškova ocjenjivanja i preventive približavaju perfekciji tek u beskonačnosti. Analizirajući takvu situaciju moglo bi se zaključiti da nema opravdanog puta u perfekciju kvalitete konformnosti, jer ispada da je optimalna razina kvalitete konformnosti na nižoj razini od razine perfekcije. Krajem 20. Stoljeća filozofija i pristup kvaliteti kroz proces razvoja oblikuje novi (suvremeni) model optimizacije kvalitete konformnosti.

U suvremenim modelu svaka viša razina kvalitete konformnosti uvjetuje sve niže i niže troškove kvalitete. To je rezultat saznanja da se povećanjem troškova preventive smanjuju troškovi nedostataka, posljedica čega je kontinuirani pad ukupnih troškova kvalitete kako se razina kvalitete konformnosti približava perfekciji (100%-tnoj). Iz modela (slika 2.) također se može zaključiti da u točki perfekcije kvalitete konformnosti ne postoje troškovi nedostataka, dok troškovi ocjenjivanja i preventive imaju određenu vrijednost. [5]



**Slika 2.** Suvremeni model optimizacije troškova kvalitete i razine kvalitete konformnosti [5]

#### 4.3. Projektiranje za kvalitetu

U ovom dijelu, potrebe korisnika se pretvaraju u brojne zahtjeve za projektiranje proizvoda za proizvodnju. To se djelovanje zove razvoj proizvoda, istraživanje i razvoj, inženjering ili projektiranje proizvoda. Postoji jasni dokaz da se mnogi problemi na koje su naišli unutarnji i vanjski kupci, mogu slijediti do projektiranja proizvoda.

Proces razvoja modernih proizvoda uključuje evoluciju kroz različite faze razvoja (proučavanje koncepcije i izvedivosti, projekt i izrada prototipa, predproizvodnja, puna proizvodnja, marketing). Učestalost i ozbiljnost problema prouzročenih projektom stimulirala je poduzeća da razviju više i bolje oblike ranog upozorenja na prijeteće teškoće. Mnogo je učinjeno na razvijanju posebnih pomagala usmjerenih na kvalitetu kako bi se pomoglo u vrednovanju projekata i kako bi se poboljšao sam postupak projektiranja. Zajedno, ta rana upozorenja i pomagala usmjerena na kvalitetu pružaju dodatno osiguravanje da novi projekti neće stvarati prekomjerne teškoće dok napreduju. S mnogima od tih oblika ranog upozorenja upravljaju stručnjaci za pouzdanost, održavanje i druga područja. Vremenski proračun njihovih ulaza je kritičan. Rani

vremenski proračun može omogućiti konstruktivnu pomoć, a kasni vremenski proračun uzrokuje opiranje na upozorenja i često stvara okruške krivice. Uz pomagala, razvijene su i tehnike koje pomažu u osiguranju cjelokupne djelatnosti projekta. Te tehnike osiguravanja projekta odnose se na funkcionalno ispunjenje funkcije, pouzdanost, održavanje, sigurnost, mogućnost proizvodnje i druga obilježja. [6]

## 5. ZAKLJUČAK

Za uspjeh na tržištu danas je potrebno biti učinkovit i prilagodljiv brzim promjenama, a da bi bili uspješni potrebno je imati opsežan, dobro definiran i kontinuiran proces. To se jedino može postići ako svi kadrovi u poduzeću surađuju i jedan drugoga upotpunjuje. Taj put uspjeha u procesu upravljanja razvojem proizvoda započinje traženjem ideje jer inovacije su nužnost kako bi poduzeće uspjelo brže od konkurencije osmisliti novi proizvod i lansirati ga na tržište. Također se uz razvoj veže pravilan izbor i realizacija investicija jer one su osnovno sredstvo za njegovo ostvarenje. Stoga je kvaliteta proizvoda postala ključan čimbenik konkurentnosti na globalnom tržištu. Ako je novi proizvod kvalitetan, može se pretpostaviti njegovo društveno priznavanje, a time i osnovni uvjet za život i rad bilo kojeg proizvođača. Veliku ulogu u razvoju proizvoda ima Međunarodna norma ISO 9001:2008 koja nastoji povećati zadovoljstvo kupca ispunjavanjem njegovih zahtjeva.

## 6. LITERATURA

- [1] Ristić, D.: Upravljanje razvojem, Cekom – books d.o.o., Novi Sad, 2008.
- [2] Prester, J.: Menadžment inovacija, Sinergija, Zagreb, 2010.
- [3] [http://web.efzg.hr/dok/OIM/OIM\\_Prester\\_Inovacije%20u%20Hrvatskoj%202006\\_1.pdf](http://web.efzg.hr/dok/OIM/OIM_Prester_Inovacije%20u%20Hrvatskoj%202006_1.pdf), srpanj 2013
- [4] <http://books.google.hr/books?id=0jzDqvHMbHYC&rintsec=frontcover&hl=hr#v=onepage&q&f=false>, srpanj 2013.
- [5] Andrijanić, I.; Buntak, K.; Bošnjak, M.: Upravljanje kvalitetom s poznavanjem robe, Visoka poslovna škola Libertas, Zagreb, 2012.
- [6] Juran, J. M.; Gryna, F. M.: Planiranje i analiza kvalitete od razvoja proizvoda do upotrebe, Mate, Zagreb, 1999.
- [7] Skoko, H.: Upravljanje kvalitetom, Sinergija, Zagreb, 2000.
- [8] Juran, M. J.: Kvalitet proizvoda – recept za zapad (prijevod), Kvalitet i pouzdanost, Beograd, Vol.X, 1982.
- [9] Schroeder, R. G.: Upravljanje proizvodnjom, Odlučivanje u funkciji proizvodnje, četvrto izdanje, (prijevod), Mate, Zagreb, 1999.
- [10] Đurašević, A. : Razvijanje proizvoda i unapređenje proizvodnje, Važni dijelovi općeg procesa usavršavanja; separat, Zagreb

- [11] Oslić, I.: Kvaliteta i poslovna izvrsnost, Pristup i modeli, M.E.P. Consult, Zagreb, 2008.
- [12] Babić, T.: QFD (Quality Function Deployment), Klub kvalitete, CSU, 2009.
- [13] Drljača, M.: Normativno uporište za praćenje troškova kvalitete, [http://bib.irb.hr/datoteka/521273.Normativno\\_uporite\\_za\\_praenje\\_trokova\\_kvalitete.pdf](http://bib.irb.hr/datoteka/521273.Normativno_uporite_za_praenje_trokova_kvalitete.pdf)
- [14] ISO 9001:2008

**Kontakt autora:**

**Doc.dr.sc. Krešimir Buntak**

Sveučilište Sjever,  
104 brigade 3, 42000 Varaždin  
kresimir.buntak@unin.hr

**Ivana Droždek, univ.spec.oec.**

Sveučilište Sjever,  
104 brigade 3, 42000 Varaždin  
ivana.drozdek@unin.hr

**Laura Čovran, bacc.ing.log**

laura.covran@gmail.com

## TJELESNA AKTIVNOST STARIJIH OSOBA SMJEŠTENIH U STACIONARNIM USTANOVAMA

### PHYSICAL ACTIVITY OF ELDERLY PEOPLE ACCOMMODATED IN RESIDENTIAL INSTITUTIONS

*Antonija Močnik, Marijana Neuberg, Irena Canjuga*

Stručni članak

**Sažetak:** Tjelesna aktivnost u starijoj životnoj dobi je vrlo važna jer starost, a i sama neaktivnost uzrokuju promjene koje se u pravilu mogu smanjiti i držati pod kontrolom redovitom tjelesnom aktivnošću. S porastom životne dobi i smanjenom tjelesnom aktivnošću dolazi do porasta broja kroničnih bolesti koje se mogu dobro kontrolirati redovnom umjerenom tjelesnom aktivnošću. U radu su prikazani rezultati ankete provedene među korisnicima Doma za starije i nemoćne osobe u Čakovcu. Prikazana je zainteresiranost ispitanika za tjelesnu aktivnost i njihovo znanje o utjecaju tjelesne aktivnosti na zdravlje te bavljenje tjelesnim aktivnostima. Anketom su obuhvaćena 38 ispitanika od kojih je 28 ženskog spola, a 10 muškog spola. Dob ispitanika je u rasponu od 65 do 95 godina. Metoda prikupljanja podataka je anketa. Anketni listić se sastoji od 16 pitanja od toga je 8 pitanja s ponuđenim odgovorima, a 8 pitanja je s ponuđenim odgovorima, ali s mogućnošću nadopisivanja.

**Ključne riječi:** domovi za starije i nemoćne, osobe starije životne dobi, stacionarne ustanove, starenje, teorije starenja, tjelesna aktivnost,

Professional paper

**Abstract:** Physical activity for the elderly is very important because age and inactivity cause changes that can usually be reduced and kept under control by exercising regularly. With increasing age and reduced physical activity there is an increase in the number of chronic diseases that can be controlled by regular moderate physical activity. This paper presents the results of a survey conducted among the residents of the Home for the elderly and infirm in Čakovec. It shows the interest of the residents for physical activity and their knowledge about the impact of physical activity on health as well as their engagement in it. The survey covers 38 residents of which 28 female and 10 male. Ages range from 65-95. The data collection method used is survey. The questionnaire consists of 16 questions of which eight are multiple choice questions, and 8 multiple choice questions with the option of personal commentary.

**Key words:** homes for the elderly, elderly people, stationary institutions, ageing, theories of ageing, physical activity

## 1. UVOD

Životni se vijek, sve većim napretkom medicine, sve više produžuje pa tako danas prosječno iznosi 75 godina.[1] U našoj populaciji, slično kao i u razvijenim zemljama svijeta udio stanovništva starijeg od 65 godine visok je i iznosi 13%. To je ujedno i dio populacije čiji se broj najbrže povećava. Prema predviđanjima Svjetske zdravstvene organizacije godine 2025. životni vijek u dvadeset šest zemalja Svijeta bit će dulji od 80. Broj starijih od 65 godina mjesečno će se povećavati za milijun osoba te će 2025. iznositi 800 milijuna ljudi (danas iznosi upola manje).[1] Starenjem dolazi do raznih promjena u organizmu u odnosu na odrasle osobe mlađe dobi. Mnoge te promjene mogu se ublažiti ili spriječiti aktivnim vježbanjem. Starije osobe mogu svakodnevnom ili gotovo svakodnevnom tjelesnom aktivnošću ostvariti mnoge povoljne učinke na zdravlje. Aktivnosti poput plivanja, šetnje, plesa mogu mnogo značiti za postignutu razinu forme.

Na kraju rada prikazani su rezultati ankete provedene među korisnicima u Domu za starije i nemoćne osobe u Čakovcu te je ispitana njihova zainteresiranost za tjelesne aktivnosti, bavljenje tjelesnim aktivnostima te njihovo znanje o utjecaju tjelesne aktivnosti na zdravlje.

## 2. FIZIOLOGIJA STARENJA

Postoji nekoliko klasifikacija stanovništva po dobi, a jedna od njih je i podjela na mlado (0-14 godina starosti), zrelo (15-64) i staro (>65 godina). Shodno tome, razlikuju se i tri tipa stanovništva ovisno o udjelu starog stanovništva u ukupnom stanovništvu, a to su: mlado (udio starog stanovništva je manji od 4%), zrelo (udio starog stanovništva se kreće između 4% i 7%) i staro (udio osoba starijih od 65 godina je iznad 7%).[2] Postotak stanovništva starijeg od 65 godina u Republici Hrvatskoj iznosi čak 17,7%.[3] Prema tome, Hrvatska spada u države sa starim stanovništvom.

## 2.1. Teorije starenja

Postoji mnogo teorija koje objašnjavaju fenomen starenja čovjeka. Te se teorije međusobno isprepliću i imaju puno toga zajedničkog, međutim ni jedna ne daje potpuno zadovoljavajuće objašnjenje. Teorije starenja mogu se podijeliti u nekoliko skupina: genetske teorije, fiziološke teorije i teorije promjene funkcije organa.[4]

## 2.2. Promjene u organizmu starije osobe

Porastom životne dobi događaju se razne promjene u organizmu, promjene organa i organskih sustava, a rezultat toga su funkcijske promjene i starenje organizma. Tjelesna masa se najčešće povećava dok se u veoma visokoj dobi smanjuje. Povećava se količina masnog tkiva kao rezultat smanjene tjelesne aktivnosti dok unos kalorija ostaje isti kao i prije. Također se smanjuje i mišićna masa za oko 30% te je stoga i smanjena sposobnost tjelesnog naprezanja. Postotak vode se isto smanjuje za oko 10 do 15%. Smanjenjem tjelesne mase u veoma visokoj dobi smanjuju se i neki organi poput jetre i bubrega.[4]

Starenjem mišićna masa se smanjuje za jednu trećinu. Iako propadanje mišića započinje već u kasnim dvadesetima, ono postaje znatno nakon 40-te godine života. Dio mišićnih stanica propada, dok se ostale smanjuju u dimenzijama, gubi se djelotvorna dužina mišićnih stanica.[4] Iako je smanjenje mišićne mase prirodan proces, neaktivnost ga još dodatno ubrzava. Smanjenje mišićne mase dovodi i do smanjenja snage što otežava kretanje i povećava rizik za padove. Atrofija skeletnih mišića događa se zbog fizičke neaktivnosti, smanjene količine neurona u mišićnim stanicama i endokrinih faktora. Mišićni tonus određene mišićne grupe smanjuje se nakon 30-te godine.[5]

Starenjem se smanjuje količina vode u tetivama i ligamentima. Zbog toga oni postaju manje elastični, kruti i slabi što može smanjiti pokretljivost u zglobovima.[6]

Srčane bolesti su glavni uzrok smrti osoba od 60-te godine. Jedna od dvije osobe od 60 godina pokazuje određenu vrstu suženja koronarnih arterija, ali oko 50% njih pokazat će kliničke znakove disfunkcije koronarnih arterija.[5] Promjene na srcu, koje se događaju sa starenjem, su brojne. Težina srca se smanjuje, a u miokard se odlaže lipofuscin. Također se smanjuje snaga srčanog mišića, tlak punjenja dijastole, te minutni volumen srca. Smanjuje se frekvencija srca pa starije osobe sporije razvijaju tahikardiju. U starijih osoba povisuje se sistolički tlak, dok je u poodmakloj dobi dijastolički tlak niži od uobičajenog.

Broj alveola starenjem se ne smanjuje, ali se smanjuje njihova površina što dovodi do dispneje već pri malim naporima. Pluća starenjem postaju manje elastična, smanjuje se elastičnost sternokostalnih zglobova te kralješnice pa je potreban veći mišićni napor u ekspiriju. Sve se respiracijske funkcije sa starenjem smanjuju, vitalni kapacitet pluća smanjuje se za oko 1 litru, smanjuje se forsirani ekspiracijski volumen, te maksimalni kapacitet disanja.[4]

## 3. STACIONARNA ZAŠTITA

Kad ljudi postanu stari i nemoćni, ne mogu sami brinuti o sebi, a ne postoji ni mogućnost da se o njima brinu članovi njihove obitelji, prijatelji, rođaci ili susjedi, potrebna im je institucionalna skrb. Također, osobe se smještaju u institucije zbog potrebe posebnih oblika zaštite koji se ne mogu pružiti kod kuće. Obično se smatra da je velik dio staračke populacije smješten u medicinske ustanove ili domove za starije, međutim, svega je oko 5% starijih ljudi institucionalizirano. Statistički podaci pokazuju da u našim urbanim sredinama oko 95% starijih žive u vlastitom domu, od toga oko 20% uz organiziranu pomoć u kući, a svega je 5% starijih smješteno u različite ustanove.[4]

Zdravstvene ustanove koje brinu o starijima su posebne ordinacije, dispanzeri, specijalističke ordinacije, akutne bolnice i hitna služba, posebni gerijatrijski dispanzeri i izvanbolničke jedinice, odjeli u bolnicama, bolnice za kronične bolesnike, gerijatrijski zavodi i hospiciji. Također o starijima brinu i specijalne ustanove socijalne zaštite kao što su savjetovališta, dnevni boravci, servisi, smještaj u druge obitelji, zaštićeni stanovi, domovi za umirovljenike, gerontološki centri i dr. posebne ustanove.

Stacionarna zdravstvena zaštita ostarjelih moguća je na nekoliko načina: u redovnim općim bolnicama, u posebnim bolnicama (npr. psihijatrijskim, ortopedskim, itd.), u bolnicama za dugotrajni boravak, u posebnim gerijatrijskim odjelima ili bolnicama, u stacionarnim domovima za umirovljenike, u hospicijima, u dnevnim bolnicama te u "zaštićenim" stanovima.[4]

### 3.1. Domovi za starije i nemoćne osobe

Domovi za starije i nemoćne osobe pružaju skrb starijim i nemoćnim osobama izvan vlastite obitelji, a u sklopu stalnog smještaja osiguravaju cjelovitu skrb, koja obuhvaća stanovanje, prehranu, održavanje osobne higijene, brigu o zdravlju, njegu, radne aktivnosti i korištenje slobodnog vremena. Domovi za starije također mogu pružati i usluge poludnevnog, cjelodnevnog, privremenog i povremenog boravka te pomoći njege u kući.[7] Postoje različite vrste domova za starije. Uz domove za starije postoje i obiteljski domovi i udomiteljske obitelji. Dom socijalne skrbi može osnovati i vjerska zajednica, trgovačko društvo, udruga i udruga domaća i strana pravna ili fizička osoba.[7] Usluge obiteljskog doma pružaju se u objektu u kojem živi predstavnik obitelji i članovi njegove obitelji. Udomiteljska obitelj je obitelj koja ima stambene, socijalne i druge uvjete koji omogućuju smještenoj osobi primjereno stanovanje, pravilnu ishranu, odmor, zadovoljavanje drugih potreba i interesa.[8]

Malo ljudi se odlučuje na život u domu na temelju vlastite želje. Češće su to razlozi poput ustupanja doma djeci, loši odnosi u obitelji, nemogućnost brige o samom sebi ili usamljenost.

Da bi starije osobe što duže zadržale vlastitu neovisnost, korisnicima se nude različite individualne i grupne aktivnosti u sklopu doma ili izvan njega u koje se uključuju prema vlastitim interesima i sposobnostima.

Domovi za starije i nemoćne osobe razvrstavaju se u tri kategorije i to: prvu, drugu i treću kategoriju o čemu se izdaje rješenje. Rješenje o razvrstavanju doma i njegove podružnice donosi Ministarstvo rada i socijalne skrbi na prijedlog stručnog povjerenstva koje imenuje ministar.[9] Kategorije domova se razlikuju prema opsegu i kvaliteti usluge, broju i stručnosti djelatnika, broju i veličini, namjeni i kvaliteti prostorija te broju i veličini i namjeni i kvaliteti uređaja i opreme.

#### 4. TJELESNA AKTIVNOST

Pojam tjelesne aktivnosti odnosi se na mišićni rad s odgovarajućim povećanjem energetske potrošnje iznad razine mirovanja, a uključuje aktivnosti u slobodnom vremenu, rekreaciju i sport, unutar profesionalne djelatnosti, kao i obavljanje prigodnih poslova.[1]

##### 4.1. Tjelesna aktivnost u starijoj životnoj dobi

Starost, a i sama neaktivnost uzrokuju promjene koje se u pravilu mogu smanjiti i držati pod kontrolom redovitom tjelesnom aktivnošću. S porastom životne dobi i smanjenom tjelesnom aktivnošću dolazi do porasta broja kroničnih bolesti koje se mogu dobro kontrolirati redovnom umjerenom tjelesnom aktivnošću. Neke od tih bolesti su povišeni krvni tlak, dijabetes, hiperlipidemija, osteoporoza, pretilost, moždani udar, kronične bolesti srca i krvnih žila i dr.

Svaka osoba bez obzira na kronološku dob sposobna je obavljati određenu vrstu tjelesne aktivnosti te starost ne predstavlja ograničavajući faktor za vježbanje, već ono predstavlja mentalnu i tjelesnu higijenu koja omogućuje više slobode, autonomnosti i zadovoljstva. Prije početka bavljenja tjelesnom aktivnošću svaka starija osoba trebala bi se posavjetovati sa svojim liječnikom o mogućnostima bavljenja istom te u slučaju potrebe napraviti i liječnički pregled. Poželjno je da u starijoj životnoj dobi tjelesna aktivnost bude vođena od strane educiranih stručnjaka. Vježbe bi trebalo provoditi najmanje 2-3 puta tjedno, po mogućnosti svakodnevno, barem 15-30 minuta. Opterećenje mora biti postepeno, umjerenom i individualno prilagođeno te uvijek započeto s vježbama kraćeg trajanja i manjeg intenziteta. Starije osobe koje vježbaju funkcijski su sposobnije od osoba iste dobi koje ne vježbaju.[4]

##### 4.2. Promjene koje nastaju u organizmu pri tjelesnoj aktivnosti

U organizmu se događaju brojne promjene pod utjecajem tjelesne aktivnosti. Organizam na mišićnu aktivnost reagira mehanizmom adaptacije čije promjene se zbivaju na razini staničnih struktura, tkiva, organa, organskih sustava te na cjelokupnu građu organizma. Sustavno ponavljanje aktivnosti potiče trajnu adaptaciju u smislu strukturalnih i metaboličkih promjena, što povećava funkcionalne kapacitete. Sustavan dugotrajan trening na taj način u organizmu potiče adaptacijske promjene koje dovode do povećanja kapaciteta sposobnosti. Isto tako, trening utječe na povećanje

kapaciteta samih adaptacijskih procesa te na taj način djeluje na opće unapređenje zdravlja i radnog kapaciteta.[10]

U transportnom sustavu za kisik pod utjecajem tjelesne aktivnosti dolazi do snižavanja frekvencije srca, blagog sniženja sistoličkog arterijskog tlaka, produžuje se trajanje sistole i diastole, povećava se prokrvljenost mišića, koordinacija pokreta, bolje je opskrba aktivnih mišića krvlju te mišići iskorištavaju veću količinu dopremljenog kisika.[10]

Adaptacijske promjene dišnog sustava najvidljivije su prilikom maksimalne aktivnosti. Tjelesnom aktivnošću otvaraju se alveolarne kapilare gornjih dijelova pluća te se tako povećava ukupna difuzija kisika u krvi. Također, dolazi do istezanja plućnog tkiva čime se stanjuju alveolarne membrane, što povećava brzinu difuzije.

U srčanožilnom sustavu se pod utjecajem treninga dešavaju brojne promjene, strukturne i funkcijske. Dolazi do hipertrofije srčanog mišića. Udarni volumen se također povećava u mirovanju, a i u aktivnostima. Također se povećava snaga kontrakcije miokarda u sistoli. Aerobne vježbe dovode do snižavanja frekvencije srca u mirovanju. Promjene u arterijskom tlaku se dešavaju kod osoba koje imaju blagu ili graničnu hipertenziju. Nastupa blago sniženje vrijednosti sistoličkog (oko 11 mmHg) i dijastoličkog tlaka (oko 8 mmHg). Kod osoba s normalnim arterijskim tlakom, promjene tlaka su vrlo male.[1]

Pod utjecajem treninga pojavljuje se prolazna hipertrofija mišića koja nastaje zbog edema u međustaničnom i staničnom prostoru mišića. Tekućina je porijeklom iz krvne plazme i vraća se u krv nekoliko sati nakon vježbanja. Dugotrajne vježbe snage dovode do trajne hipertrofije mišićnih stanica, aerobni pak treninzi dovode do povećanja broja kapilara na jednu mišićnu stanicu.

##### 4.3. Vrste sporta za starije osobe

Pri izboru sporta kojim će se baviti starija osoba treba voditi računa o dobi osobe, spolu, zdravstvenoj i funkcijskoj sposobnosti, da li se osoba u mladosti bavila sportom te fiziološke mogućnosti starijih osoba. Prednost se daje aktivnostima koje stimuliraju funkcijsko poboljšanje rada srca, krvotoka i disanja. Vježbe izdržljivosti su izvanredno djelotvorne nasuprot vježbama snage i brzine koje ne stimuliraju značajno razvoj aerobnog kapaciteta. Osobe koje se nikada nisu bavile tjelesnom aktivnošću u mladosti, a htjele bi početi u starosti, zahtijevaju poseban oprez. Neke od aktivnosti koje se preporučuju za starije osobe su: trčanje i pješčenje, vožnja biciklom, sobna gimnastika, plivanje, skijanje, stolni tenis te tenis.

Trčanje predstavlja najprikladniji oblik treniranja koji stimulira razvoj aerobnog kapaciteta. Intenzitet opterećenja moguće je stupnjevati brzinom trčanja i nagibom staze.[4] Pješčenje je pogodno za neurovegetativni sustav, no ne potiče razvoj aerobnog kapaciteta. Ono je najbolje za uključivanje u aktivnosti onih osoba koje se nikad nisu bavile sa sportom. Vožnja biciklom utječe na razvoj funkcijskih sposobnosti srčano-žilnog sustava. Vrlo je pogodno za pretilo osobe kao i za osobe s početnom artrozom koljena. Sobna gimnastika je

dobar način zagrijavanja i razgibavanja, a pozitivno djeluje i psihološki. Preporučuju se vježbe razgibavanja, disanja i čučnjevi. Plivanje se s medicinskog, a posebno ortopedskog stajališta ubraja u najpogodnije oblike tjelesnog vježbanja. Cirkulatorni sustav je pri plivanju rasterećen, jer se cirkulatorna petlja velikog krvotoka nalazi u vodoravnom položaju, a hidrostatski tlak na površini tijela djeluje povoljno na venski krvotok.[1] Osobito je povoljno za pretile osobe jer se u vodi gubi masa tijela. Tenis je vrlo omiljeni rekreativni sport, povećava aerobni kapacitet. Međutim, treba paziti da starije osobe ne pretjeraju s naporima te treba obratiti pozornost na to ako su atmosferske prilike nepovoljne.

#### 4.4. Bolesti koje se mogu prevenirati vježbanjem

Prema navodima Centra za kontrolu i prevenciju bolesti SAD-a redovita tjelesna aktivnost koja se provodi većinu dana u tjednu smanjuje rizik od razvoja ili smrti od nekih vodećih uzroka bolesti u SAD-u, poput bolesti srca. Redovita tjelesna aktivnost može poboljšati zdravlje na sljedeće načine:

- smanjuje rizik prerane smrti
- smanjuje rizik smrti od bolesti srca
- smanjuje rizik za razvoj dijabetesa
- smanjuje rizik razvoja povišenog arterijskog krvnog tlaka
- pomaže u snižavanju krvnog tlaka kod osoba koje već imaju povišeni krvni tlak
- smanjuje rizik razvoja karcinoma debelog crijeva
- smanjuje osjećaj depresije i anksioznosti
- pomaže u kontroli tjelesne težine
- pomaže u izgradnji i održavanju zdravih kosti, mišića i zglobova
- pomaže starijim ljudima da postanu jači i sposobniji u kretanju bez padanja
- unapređuje psihološko zdravlje.[11]

#### 4.5. Kontraindikacije za vježbanje

Iako tjelesna aktivnost ima mnogo pozitivnih učinaka na organizam te se preporučuje svim dobnim skupinama, postoje i određena stanja u kojima je kontraindicirano vježbanje. To su:

- jasni i klinički znakovi popuštanja srca ili angine pektoris pri aktivnosti
- novonastala angina pektoris ili pogoršanje postojeće
- smetnje provođenja: atrioventrikulski blok drugog i trećeg stupnja
- nedavno preboljeli infarkt miokarda
- pojava aritmije u naporu unatoč uzimanju lijekova
- arterijska hipertenzija u naporu:
- RR sistolički >250 mmHg
- RR dijastolički >120 mmHg
- KOBP s nedovoljnom saturacijom kisika već na početku vježbanja
- neke nekompenzirane metaboličke bolesti poput hipertireoze, insuficijencije nadbubrežne žlijezde ili dijabetes
- aktivne zarazne bolesti, artritis, tromboflebitis.[1]

Takva stanja moraju se otkriti na liječničkom pregledu prije uključivanja u tjelesnu aktivnost.

## 5. TJELESNA AKTIVNOST STARIJIH OSOBA SMJEŠTENIH U STACIONARNOJ USTANOVU

### 5.1. Cilj rada

Cilj provedenog istraživanja u ovom radu je utvrditi zainteresiranost korisnika Doma za starije i nemoćne u Čakovcu za tjelesnu aktivnost i njihovo znanje o utjecaju tjelesne aktivnosti na zdravlje te bavljenje tjelesnim aktivnostima. Ispitanike se pitalo kojim aktivnostima se bave, koliko često te njihovo zadovoljstvo ponuđenim aktivnostima.

### 5.2. Hipoteze

H1 Smještavanjem osoba starije životne dobi u stacionarnu ustanovu zainteresiranost za tjelesnu aktivnost slabi.

H2 Osobe starije životne dobi smještene u stacionarnim ustanovama nisu dovoljno informirane o utjecaju tjelesne aktivnosti na zdravlje.

### 5.3. Uzorak

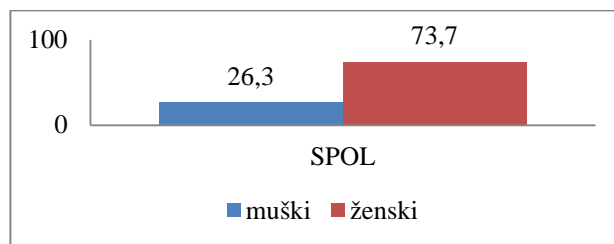
Anketom su obuhvaćena 38 ispitanika od kojih je 28 ženskog spola, a 10 muškog spola. Dob ispitanika je u rasponu od 65 do 95 godina. Svi ispitanici su samostalno pokretni, komunikativni te dobrih kognitivnih sposobnosti.

Ispitanicima je objašnjen sam cilj ovog ispitivanja i metode koje će se pritom koristiti. Svi podaci dobiveni ovim ispitivanjem koristiti će se samo u svrhu izrade ovog rada. Upitnik je anonimnog karaktera i sve informacije dobivene tim upitnikom bit će zaštićene i neće se koristiti u druge svrhe.

### 5.4. Metoda

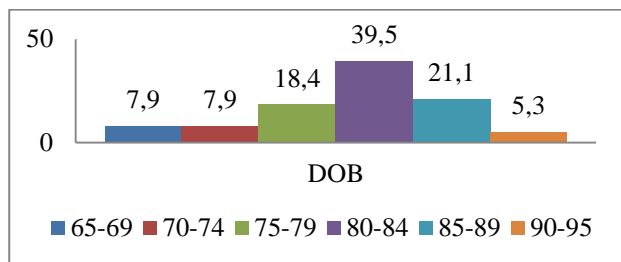
Metoda prikupljanja podataka korištena u ovom istraživačkom radu je anketa. Anketni listić se sastoji od 16 pitanja od toga je 8 pitanja s ponuđenim odgovorima, a 8 pitanja je s ponuđenim odgovorima, ali s mogućnošću nadopisivanja.

### 5.5. Rezultati provedenog istraživanja



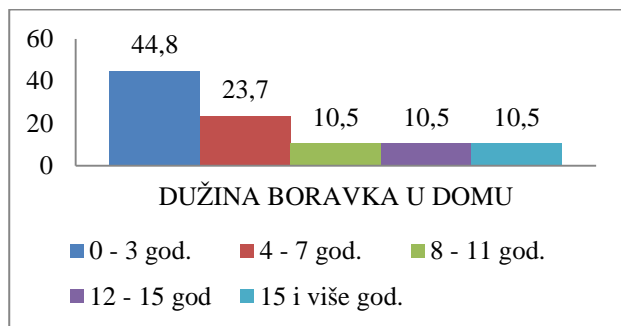
Slika1. Udio muških i ženskih ispitanika u uzorku u postocima

Podaci iz slike 1. prikazuju da je u anketi sudjelovao veći broj žena, 28 (73,69%), a manji broj muškaraca, 10 (26,31%). Razlika je velika zato što uzorak odražava strukturu štićenika u ustanovi prema spolu.



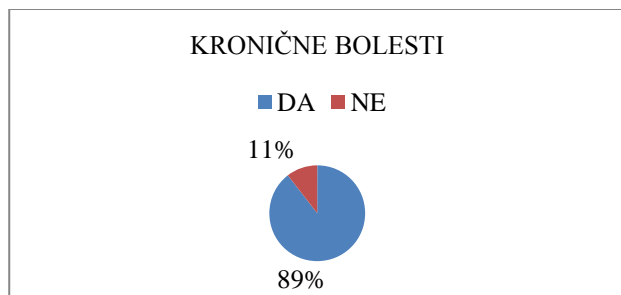
**Slika 2.** Prikazuje postotak ispitanika prema dobi

Podaci iz slike 2. prikazuju da je najveći broj ispitanika u dobi od 80-84 god. (39,5%) i 85-89 god. (21,1%). Zatim slijede 75-79 god. (18,4%), 70-74 god. (7,9%), 65-69 god. (7,9%) i 90-95 god. (5,3%).



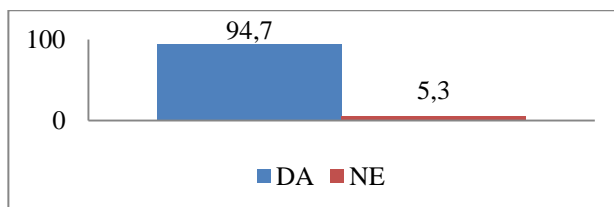
**Slika 3.** Prikazuje dužinu boravka u domu

Prema podacima iz grafikona br. 5.5.3. najveći postotak ispitanika boravi u domu do 3 god i to njih 17 (44,8%). Između 4 i 7 god. 9 (23,7%), 8 i 11 god. 4 (10,5%), 12-15 god. 4 (10,5%) i 15 i više god. 4 (10,5%) ispitanika.



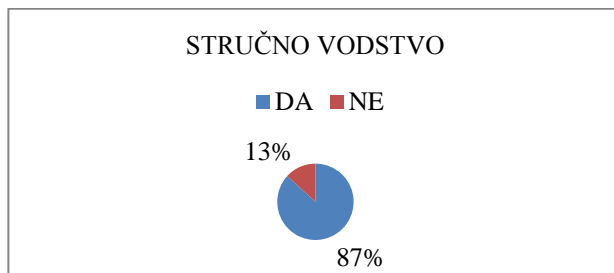
**Slika 4.** Prikazuje postotak oboljelih od kroničnih bolesti

Podaci na slici 4. prikazuju da 34 (89 %) ispitanika boluje od kroničnih bolesti dok svega 4 (11%) ne navodi nikakve bolesti. Najčešće navedene bolesti su povišeni krvni tlak u 29 (85,3%), dijabetes 10 (29,4%), bolesti srca 5 (14,7%), neurološke bolesti 4 (11,8%) te ostale bolesti poput astme, karcinoma, osteoporoze 7 (20,6%) ispitanika.



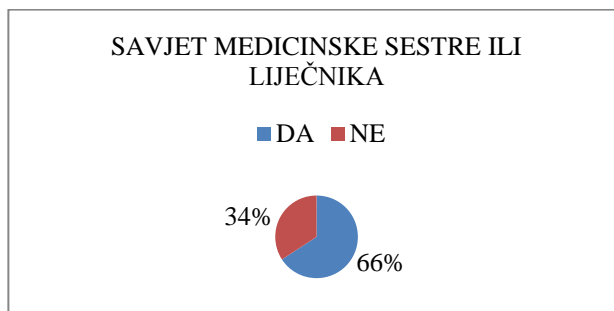
**Slika 5.** Prikazuje organiziranost tjelesne aktivnosti u domu

Podaci na slici 5. pokazuju da 36 (94,7%) ispitanika smatra da imaju organiziranu tjelesnu aktivnost, a svega 2 (5,3%) smatra da ne. Od aktivnosti koje su im ponuđene navode: rekreaciju, pjevanje, pikado, kuglanje i bacanje kolutova.



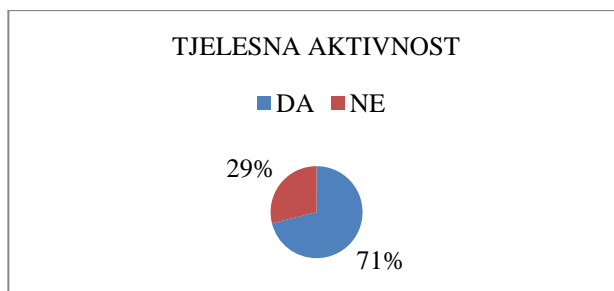
**Slika 6.** Prikazuje stručno vodstvo tjelesnih aktivnosti

Podaci na slici 6. prikazuju da 33 (86,8%) ispitanika smatra da su vježbe koje su im ponuđene pod stručnim vodstvom dok svega njih 5 (13,2%) smatra da vodstvo nije dovoljno stručno.



**Slika 7.** Prikazuje postotak ispitanika kojima je savjetovano vježbanje od strane medicinske sestre ili liječnika

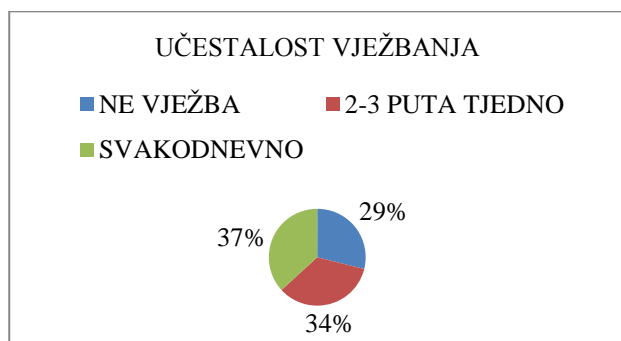
Podaci na slici 7. prikazuju da je 25 (65,8%) ispitanika dobilo savjet od medicinske sestre ili liječnika da vježba, a njih 13 (34,2%) nije.



**Slika 8.** Prikazuje postotak ispitanika koji se bave tjelesnom aktivnošću

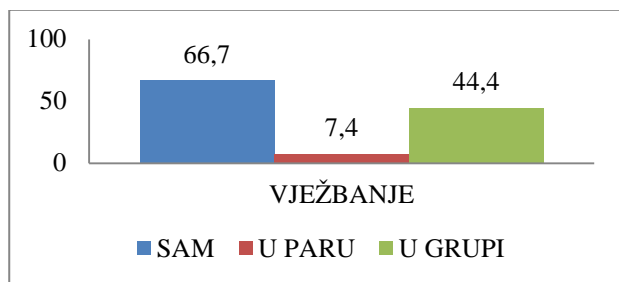


Podaci na slici 8. prikazuju da se njih 27 (71,1%) bavi tjelesnom aktivnošću dok 11 (28,9%) njih ne. Ispitanici se najčešće bave šetnjom, njih 27 (100%), gimnastikom 17 (63%), vožnjom biciklom 3 (11,1%), plesom 2 (7,4%) i laganim trčanjem 1 (3,7%).



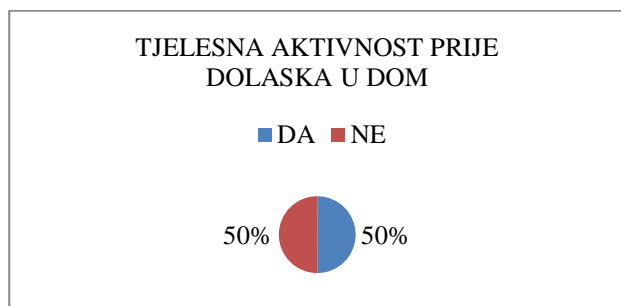
Slika 9. Prikazuje učestalost vježbanja

Podaci na slici 11. pokazuju da 11 (28,9%) ispitanika uopće ne vježba, a njih 13 (36,8%) vježba 2-3 puta na tjedan, a 14 (43,3%) vježba svakodnevno. Većina njih koji vježbaju navodi da za vježbu izdvoje 30 minuta do najviše 1 sata.



Slika 10. prikazuje način vježbanja

Podaci na slici 12. govore da od 27 ispitanika koji vježbaju njih 18 (66,7%) vježba samo, 12 (44,4%) vježba u grupi dok samo 2 (7,4%) vježba u paru. Neki od ispitanika navode da vježbaju i sami i u grupi.

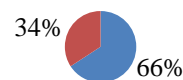


Slika 11. prikazuje bavljenje aktivnošću prije dolaska u dom

Podaci na slici 11. pokazuju da se polovica ispitanika bavila tjelesnom aktivnošću, a polovica ne. Od ispitanika koji navode da su se bavili tjelesnom aktivnošću njih 6 (31,6%) navodi šetnju, 6 (31,6%) rekreaciju, 3 (15,8%) vožnju biciklom, 2 (10,5%) kuglanje i 2 (10,5%) navodi povrtlarstvo kao tjelesnu aktivnost.

OSJEĆATE LI SE BOLJE,  
ZADOVOLJNIJE I ZDRAVIJE KAD SE  
BAVITE TJELESNOM AKTIVNOŠĆU?

■ DA ■ NE



Slika 12. prikazuje da li se ispitanici osjećaju bolje nakon vježbanja.

Podaci na slici 12. govore da se njih 25 (65,8%) osjeća bolje i zadovoljnije dok njih 13 (34,2%) ne osjećaju nikakve promjene za zdravlje.

PREDNOSTI TJELESNIH AKTIVNOSTI

■ DA ■ NE

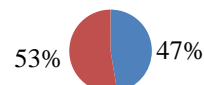


Slika 13. prikazuje u kojoj mjeri su bolesnici upoznati s prednostima bavljenja tjelesnim aktivnostima.

Podaci na slici 13. prikazuju da veliki broj njih, 23 (60,5%) nije upoznat s prednostima tjelesne aktivnosti, a njih 15 (39,5%) kao prednosti navodi bolju pokretljivost, veće zadovoljstvo, samopouzdanje, sprečavanje osteoporoze, bolje psihofizičko stanje organizma, bolje raspoloženje te lakše svladavanje tjelesnih napora.

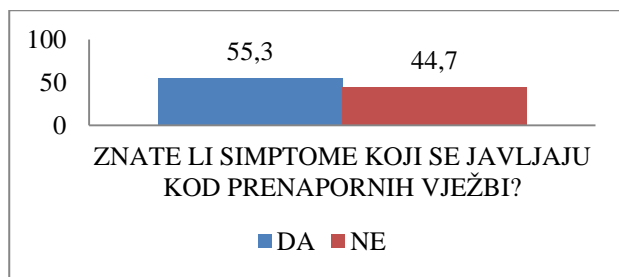
MOGU LI SE SPRIJEČITI NEKE  
BOLESTI TJELESNOM AKTIVNOŠĆU?

■ DA ■ NE



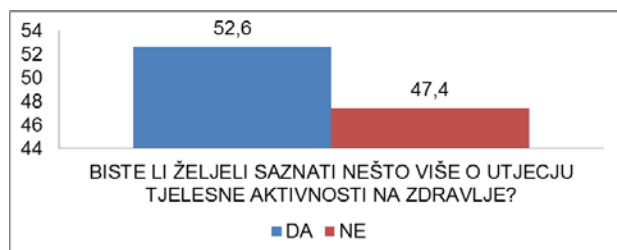
Slika 14. Prikazuje mišljenje ispitanika da li se bolesti vježbom mogu spriječiti.

Podaci na slici 14. govore da njih 20 (52,6%) smatra da se tjelesnom aktivnošću ne mogu spriječiti niti kontrolirati određene bolesti dok njih 18 (47,4%) smatra da se može. Od 47,4% onih koji znaju da se neke bolesti mogu spriječiti ili kontrolirati tjelesnom aktivnošću njih 7 (38,9%) navodi da je to povišeni krvni tlak, 6 (33,3%) diabetes mellitus, 4 (22,2%) navodi osteoporozu, 3 (16,7%) bolesti srca, 2 (11,1%) depresiju, 2 (11,1%) Parkinsonovu bolest i 1 (5,6%) osoba navodi pretilost.



**Slika 15.** Prikazuje informiranost ispitanika o simptomima prenapornih vježbi.

Podaci na slici 15. prikazuju da njih 17 (44,7%) nije upoznato sa simptomima koji ukazuju da su vježbe prenaporne dok ipak veći broj njih 21 (55,3%) zna koji su simptomi prenapornih vježbi. Od 55,3% koji znaju neke od simptoma prenapornih vježbi njih 8 (38,1%) kao simptom navodi lupanje srca, 6 (28,6%) umor, 5 (23,8%) teško disanje, 5 (23,8%) upalu mišića i po jedan (4,8%) navode vrtoglavicu, povišeni krvni tlak, aritmije i crvenilo lica.



**Slika 16.** Prikazuje želju za većim znanjem.

Podaci na slici 16. prikazuju da 20 (52,6%) ispitanika želi znati više o tjelesnoj aktivnosti i zdravlju dok njih 18 (47,4%) smatra da im nova znanja nisu potrebna i da su zadovoljni onim što znaju.

## 5.6. Rasprava

Prema rezultatima dobivenim anketom zaključujem da ispitanicima treba proširiti znanje o tjelesnoj aktivnostima te kako ona utječe na zdravlje. Također treba povećati njihovu motiviranost za tjelesnom aktivnošću. Medicinske sestre prvostupnice bi to mogle poboljšati edukacijom štićenika o tjelesnoj aktivnosti te osmišljavanjem različitih zanimljivih aktivnosti. Isto tako, štićenici mogu ponuditi i svoje ideje o uvođenju novih aktivnosti koji bi ih interesirale.

Prema istraživanju navedenom u knjizi "Medicina sporta"[10] provedenom 2000 godine, u RH u domovima je tada bilo smješteno 10613 osoba. Od toga je u organizirane tjelesne aktivnosti u domu bilo uključeno svega 150 – 200 osoba i to samo u nekoliko domova u RH, pretežito u Zagrebu. Ta brojka je s javno-zdravstvenog i općedruštvenog stajališta jako mala, gotovo zanemariva.

Kako je u ovom istraživanju obuhvaćen puno manji broj osoba, te su obuhvaćene samo osobe koje su samostalno pokretne, dakle, mogu samostalno provoditi tjelesnu aktivnost, rezultati su teško usporedivi. Usprkos tome, pohvalno je da se od svih ispitanika čak njih 71,1% bavi barem nekom tjelesnom aktivnosti po dolasku u dom dok se prije smještaja u dom tjelesnim aktivnostima

bavilo samo njih 50%. Time se hipoteza ranije navedena opovrgava jer se dolazi do zaključka da su ispitanici zainteresirani za tjelesnu aktivnost, provode je te se interes povećava dolaskom u dom. Hipoteza o znanju ispitanika o pozitivnim utjecajima tjelesne aktivnosti na zdravlje se potvrđuje, ispitanici vrlo malo znaju o tome koje se bolesti mogu prevenirati redovitom tjelesnom aktivnošću, a većina njih ne zna koje su prednosti tjelesne aktivnosti.

Smanjeno bavljenje starijih osoba s tjelesnim aktivnostima nije problem samo u stacionarnim ustanovama već je to problem i u općoj populaciji. Na I. hrvatskom savjetovanju o tjelesnom vježbanju osoba starije dobi održanome u Krku 2003. godine, iznesena je procjena da u organiziranim grupama u Hrvatskoj vježba oko 2000 ljudi starijih od 65 godina – što iznosi svega 0,3% starije populacije (Heimer, 2003).[12] To je tako malo da je gotovo zanemarivo. Gerontološki centri čiji je cilj skrbiti i pružati usluge osobama starije dobi koji nisu smješteni u institucije, pokušavaju uz ostale aktivnosti uključiti više osoba starije dobi u programe rekreativnog vježbanja. Procjenjuje se da je u 2009. godini u Zagrebu djelovalo 80-ak grupa u kojima vježbaju osobe starije dobi. Samo u Domu za stare i nemoćne Maksimir ima 12 grupa (Turk, 2009). Poslužimo li se istom metodologijom kao Heimer 2003., možemo procijeniti da u Zagrebu ima oko 2000 starijih osoba koje redovito vježbaju u organiziranim grupama i još toliko u ostalim dijelovima Hrvatske, što iznosi 0,6% populacije osoba starijih od 65 godina u Hrvatskoj.[12] To je dvostruko više nego li prije šest godina, ali još uvijek premalo. Duraković (2007) navodi da se rekreacijskim tjelesnim aktivnostima bavi tek svaki osamnaesti stariji čovjek, a da se žene tjelesnim aktivnostima bave dvostruko rjeđe od muškaraca.[12] Kako je prema podacima prije provedenih istraživanja jasno da je premalo starijih uključeno u tjelesne aktivnosti medicinske sestre prvostupnice imaju zadatak proširiti znanje u općoj populaciji o koristima bavljenja tjelesnim aktivnostima te uputiti tjelesno neaktivne osobe u grupe u kojima se vježba. Pošto osobe starije životne dobi teško stječu nove navike, edukaciju o važnosti bavljenja tjelesnim aktivnostima treba započeti što ranije, već u vrtičkoj dobi te nastaviti kroz cijeli život.

## 6. ZAKLJUČAK

U RH je 17,7% stanovništva starijeg od 65 godina, a taj će broj prema predviđanjima sve više rasti. Postoje razne teorije o starenju, kako nastaje i zbog čega. Jedno je sigurno, starenjem se događaju mnoge promjene u organizmu i to na svim organskim sustavima.

Redovitom tjelesnom aktivnošću mnoge te promjene se mogu ublažiti, a puno bolesti koje su "normalne" sa starošću se mogu i prevenirati. S obzirom na rezultate prikupljene anketom i podataka dostupnih iz literature može se reći da tjelesna aktivnost u trećoj životnoj dobi ima više prednosti nego nedostataka. Neke od prednosti su produljivanje samostalnosti i neovisnosti u životu, bolje fizičko i mentalno zdravlje, poboljšanje opće

kvalitete života, više životne energije, bolja pokretljivost, kretanje s manje boli, bolji stav tijela i ravnoteža, održavanje tjelesne težine, poboljšanje kvalitete kostiju i mišića, relaksacija i smanjenje stresa te bolji san. Neke od bolesti koje se preveniraju i kod kojih se smanjuje rizik od oboljevanja su pretilost, blaga hipertenzija, masnoće u krvi, osteoporozna, neki tumori, koronarne bolesti, moždani udar te dijabetes.

Postoji sve više domova za starije i nemoćne koji pružaju razne usluge korisnicima kako bi im olakšali život, starost učinili ugodnijom i pomogli da se što bolje prilagode promjenama u starosti. Usprkos tome, prema ranije provedenim istraživanjima, jako malo osoba u domu se bavi tjelesnim aktivnostima.

Razgovorom s ispitanicima i odgovorima koje su ispitanici dali na pitanja u anketi saznaje se da postoji interes za tjelesnu aktivnost međutim osnovni problem kod njih je manjak motivacije. Većina njih smatra da su ponudene aktivnosti preteške za njih pa ne žele s njima ni započeti. Također, većina njih ne zna koje su prednosti bavljenja tjelesnom aktivnošću, kako ona utječe na stanje organizma, promjene koje se dešavaju sa starenjem te koje bolesti se mogu prevenirati redovitim vježbanjem.

Uloga medicinske sestre je povećati interes i motivaciju za tjelesnu aktivnost te proširiti znanje korisnika o tjelesnoj aktivnosti putem kraćih predavanja o važnosti tjelesne aktivnosti i njenom utjecaju na zdravlje te da se tjelesna aktivnost može organizirati i prilagoditi svakom ponaosob. Tjelesna aktivnost je isto tako važna kako za samostalno pokretne tako i za pokretne uz tuđu pomoć ili pomagala, a isto tako i za nepokretne osobe zbog sprečavanja komplikacija dugotrajnog mirovanja kojima su te osobe izrazito sklone. Medicinske sestre prvostupnice trebaju napraviti procjenu korisnika da bi se moglo utvrditi kojom tjelesnom aktivnosti se mogu baviti te kolika pomoć im je pri tome potrebna. Osobama koje se kreću uz tuđu pomoć ili uz pomoć pomagala treba prilagoditi aktivne vježbe koje mogu izvoditi samostalno ili uz pomoć druge osobe.

Medicinske sestre mogu organizirati provođenje tjelesne aktivnosti poput gimnastike, izleta, šetnji te tako još više olakšati korisnicima bavljenje tjelesnim aktivnostima.

Svaka pa makar i najmanja tjelesna aktivnost čini osobu pokretljivijom, zadovoljnijom, te omogućuje uživanje u čarima koje nosi svaka životna dob, a naročito starija, treća životna dob.

#### 4. LITERATURA

- [1] Mišigoj-Duraković, M. i sur., Tjelesno vježbanje i zdravlje, Zagreb, 1999.
- [2] Starenje stanovništva – problem modernog razvijenog društva, <http://www.geografija.hr/clanci/61/starenje-stanovnistva-problem-modernoga-razvijenog-drustva>, dostupno u srpnju 2014.
- [3] Stanovništvo prema starosti i spolu, popisi 1953. – 2011., [http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/results/graphs/usp\\_G2\\_HR.pdf](http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/results/graphs/usp_G2_HR.pdf), dostupno u srpnju 2014.
- [4] Duraković, Z. i sur.: Medicina starije dobi, Zagreb, 1990.
- [5] Sedić, B.: Zdravstvena njega gerijatrijskih bolesnika, Zagreb, 2010.
- [6] Dahm, D.; Smith, J.: Klinika Mayo: tjelovježba za svakoga, Zagreb, 2010.
- [7] Šostar, Z.; Fortuna, V.: Vodić za starije građane grada Zagreba, Zagreb, 2009.
- [8] O domovima za starije i nemoćne osobe, <http://www.domovi-za-starije.com/hr/odomovima.html>, dostupno u srpnju 2014.
- [9] Pravilnik o mjerilima za razvrstavanje domova za starije i nemoćne osobe, <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/274323.html>, dostupno u srpnju 2014.
- [10] Heimer, S.; Cajavec, R. i sur., Medicina sporta, Zagreb, 2006.
- [11] Physical Activity, <http://www.cdc.gov/healthyplaces/healthtopics/physicalactivity.htm>, dostupno u srpnju 2014.
- [12] Lepen, Ž.; Leutar, Z.: Važnost tjelesne aktivnosti u starijoj životnoj dobi, <http://hrcak.srce.hr/84015>, dostupno u kolovozu 2014.

#### Kontakt autora:

**Antonija Močnik, bacc.med.techn.**  
095/853 72 81  
antonija.canadi@gmail.com

**Marijana Neuberg, mag.med.techn.**  
Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin  
104. brigade 3, HR-42000 Varaždin  
marijana.neuberg@unin.hr

**Irena Canjuga mag.med.techn.**  
Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin  
104. brigade 3, HR-42000 Varaždin  
irena.canjuga@unin.hr



12pt

12pt

12pt

**NASLOV NA HRVATSKOM JEZIKU (Stil: Arial Narrow, 14pt, Bold, Verzal, Center)**

12pt

**NASLOV NA ENGLISKOM JEZIKU (Stil: Arial Narrow, 14pt, Verzal, Center)**

12pt

***Ivan Horvat, Thomas Johnson (Stil: Times, 12pt, Bold, Italic, Center)***

12pt

Kategorizacija članka

**Sažetak:** Sažetak članka na hrvatskom jeziku sa najviše 150 riječ pisan jezikom članka (obično hrvatski). Sažetak mora što vjernije odražavati sadržaj članka. U njemu se navode upotrijebljene metode i ističu ostvareni rezultati kao i doprinos članka. Časopis *TEHNIČKI GLASNIK / TECHNICAL JOURNAL* objavljuje znanstvene i stručne radove iz područja strojarstva, elektrotehnike, graditeljstva, multimedije, logistike .... a također i iz njihovih graničnih područja. Ovaj dokument se koristiti kao predložak za pisanje članka kako bi svi članci imali isti način prijeloma (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

**Ključne riječi:** Abecedni popis ključnih riječi na hrvatskom jeziku (5-6 ključnih riječi). Ključne riječi u pravilu su iz naslova članka, a samo eventualno iz sažetka članka. (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

Categorization article

**Abstract:** Sažetak članka na engleskom jeziku (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

**Key words:** ključne riječi na engleskom jeziku (Stil: Times New Roman, 10 pt, Italic)

10pt

10pt

**1. OBLIKOVANJE ČLANKA (Stil: Arial Narrow, 12pt, Bold, Verzal, Align Center)**

10pt

Članak se piše latiničnim pismom, a za oznake se može koristiti i grčko pismo. Opseg članka u pravilu se ograničava na osam stranica A4 formata (sukladno predlošku s uključenim svim slikovnim priložima). Pri oblikovanju teksta članka ne smije se koristiti postavka za automatsko rastavljanje riječi.

10pt

**1.1. Osnovna uputstva (Stil: Arial Narrow, 12pt, Bold, Align Left)**

10pt

(Uvlaka prvog reda 5mm) Dokument je formata A4 sa marginama 20 mm sa svake strane. Koristi se prijelom u dvije kolone međusobno udaljene 7 mm. Za tekući tekst se koristi vrsta pisma Times New Roman sa jednostrukim proredom, veličina pisma 10 pt, obostrano poravnanje.

Naslov članka mora jasno odražavati problematiku članka (sadrži ne više od 15 riječi).

Tekst članka dijeli se na poglavlja, a po potrebi poglavlja se dijele na podpoglavlja. Poglavlja se označavaju rednim arapskim brojevima. Podpoglavlja, kao dijelovi poglavlja, označavaju se s dva redna arapska broja kao npr. 1.1, 1.2, 1.3, ... Podpoglavlje se može podijeliti na još manje cjeline koje se označavaju sa tri redna arapska broja, npr. 1.1.1, 1.1.2, ... Daljnja podjela nije poželjna.

Nazivi glavnih poglavlja se pišu velikim slovima (verzalom) i poravnavaju se u centar, a nazivi podpoglavlja (kao i manjih cjelina) pišu se malim

slovima (kurentom) te se poravnavaju u lijevo. Ako tekst naziva podpoglavlja i manjih cjelina prelazi u više redaka tada se definira viseća uvlačka (*Hanging intent*) 0,7 mm.

10pt

Grafičke oznake (*Bullet*) koje se koriste za označavanje stavki u nekoj listi, odnosno za nabrojanje započinju na početku retka, a nakon zadnje stavke dolazi razmak od 10pt:

- Stavka 1
- Stavka 2
- Stavka 3

10pt

Isto pravilo vrijedi prilikom numeriranja stavki u nekoj listi:

1. Stavka 1
2. Stavka 2
3. Stavka 3

10pt

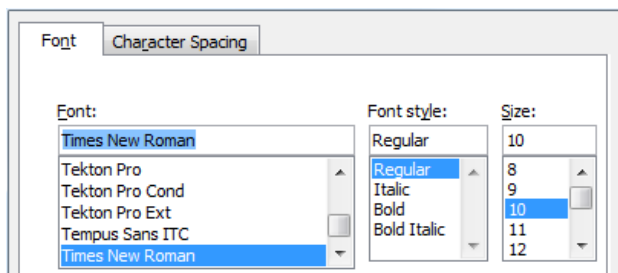
**1.2. Oblikovanje slika, tabela i jednadžbi (Stil: Arial Narrow, 12pt, Bold, Align Left)**

10pt

Slike (crteži, dijagrami, fotografije) koje čine sadržaj ugrađuju se u članak te poravnavaju se u centar. Kako bi slika uvijek zauzimala isto mjesto u odnosu na tekst prilikom uvoza moraju se definirati postavke *Text wrapping / Inline with text*.

Slike moraju biti pripremljene za grafičku reprodukciju sa minimalnom rezolucijom od 300dpi. Slike skinute s interneta sa 72dpi u veličini 1:1 nisu primjerene za reproduciranje u tisku zbog loše kvalitete.

10pt



Slika 1. Tekst ispod slike [1]

(Stil: Times New Roman, 10pt, Align Center)

10pt

Tisak knjižnog bloka je u crnoj boji stoga treba prilagoditi slike takvom načinu reproduciranja kako se svijetli tonovi (svijetle boje) ne bi izgubili u tisku ili tekst u slikama bio nečitljiv. Slike moraju ostati u koloru zbog objavljivanja u elektronskom obliku. Slike se kroz čitavi članak numeriraju u slijedu arapskim brojkama.

10pt

**Tabela 1.** Naslov tabele poravnat u centar  
(Stil: Times New Roman, 10pt, Align Center)

	1	2	3	4	5	6
ABC	ab	ab	ab	ab	ab	ab
DEF	cd	cd	cd	cd	cd	cd
GHI	ef	ef	ef	ef	ef	ef

10 pt

Tekst i ostali podaci u tabelama oblikuju se kao Times New Roman, 8pt, Normal, Align Center.

Prilikom opisivanja slika i tabela fizikalne veličine i njihovi faktori ispisuju se kosim slovima latinične abecede ili grčkog alfabeta, dok se za mjerne jedinice i brojke upotrebljavaju uspravni znakovi.

Jednadžbe u tekstu numeriraju se arapskim brojevima u okruglim zagradama uz desni rub teksta, a na njih se u tekstu poziva pomoću broja jednadžbe u okruglim zagradama, npr. ".... iz (5) slijedi ...."

10pt

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (1)$$

10pt

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta) \quad (2)$$

10pt

Veličine (varijable) koje se koriste u jednadžbama, ali i u tekstu članka ili u tabelama oblikuju se kao *kurziv* u istoj veličini teksta.

Slike i tabele koje su sastavni dio članka moraju se spomenuti u pratećem tekstu i na taj način povezati sa sadržajem, npr. „... prikazano na slici 1 ...“ ili „... podaci iz tabele 1 ...“ i slično.

10pt

10pt

## 2. UVODNE NAPOMENE

10pt

Ponuđeni članak ne smije biti ranije objavljen, bilo u jednakom ili sličnom obliku, niti smije biti istodobno ponuđen drugom časopisu. Za sadržaj članka, autentičnost podataka i tvrdnji u njemu isključivo i u cijelosti odgovara autor ili autori.

Članci prihvaćeni za objavljivanje svrstavaju se u četiri kategorije: izvorni znanstveni članci (original scientific papers), prethodna priopćenja (preliminary

communications), pregledni članci (subject reviews) i stručni članci (professional papers).

U **izvorne znanstvene članke** svrstavaju se radovi, koji po ocjeni recenzenata i Uredničkog odbora, sadrže originalne teorijske ili praktične rezultate istraživanja. Ovi članci trebaju biti napisani tako da se na osnovi danih informacija može ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate, odnosno autorova opažanja, teorijske izvode ili mjerenja.

**Prethodno priopćenje** sadrži jedan novi znanstveni podatak ili više njih, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućavale provjeru kao kod izvornih znanstvenih članaka. U prethodnom se priopćenju mogu dati rezultati eksperimentalnih istraživanja, rezultati kraćih istraživanja ili istraživanja u tijeku, kojih se objavljivanje procijeni korisnim.

**Pregledni članak** sadrži cjelovit prikaz stanja i tendencija određenog područja teorije, tehnologije ili primjene. Članci ove kategorije su preglednog karaktera s kritičkim osvrtom i ocjenom. Citirana literatura mora biti dovoljno cjelovita tako da omogući dobar uvid i uključivanje u prikazano područje.

**Stručni članak** može sadržavati prikaz originalnog rješenja nekog uređaja, sklopa ili instrumenta, prikaz važnijih praktičnih izvedbi i slično. Rad ne mora biti vezan uz originalna istraživanja, nego sadrži doprinos primjeni poznatih znanstvenih rezultata i njihovoj prilagodbi potrebama prakse, pa je doprinos širenju znanja, itd.

Izvan navedene kategorizacije Urednički odbor časopisa pozdravit će i članke zanimljivog sadržaja za rubriku "Zanimljivosti". U ovim člancima daju se opisi praktičnih izvedbi i rješenja iz proizvodnje, iskustva iz primjene uređaja i slično.

10pt

10pt

## 3. PISANJE ČLANKA

10pt

Članak se piše hrvatskim jezikom te se metrološki i terminološki valja uskladiti sa zakonskim propisima, normama (ISO 80000 serija) i međunarodnim sustavom jedinica (SI). Materija u članku izlaže se u trećem licu jednine.

**Uvod** sadrži opis problema i prikaz važnijih rezultata radova opisanih u citiranoj literaturi. Navodi se način rješavanja problema, koji se opisuje u članku, kao i prednosti predloženog postupka.

**Središnji dio članka** može se sastojati od nekoliko dijelova. Treba izbjegavati matematičke izvode koji opterećuju praćenje izlaganja. Neizbježni matematički izvodi mogu se po potrebi, dati kao cjeline u obliku jednog priloga ili više njih. Preporuča se navođenje primjera kad je potrebno ilustrirati proceduru eksperimenta, postupak primjene rezultata rada u konkretnom slučaju ili algoritam predložene metode. Razmatranje treba u pravilu eksperimentalno potvrditi.

**Zaključak** u kojem se navode ostvareni rezultati i naglašava efikasnost korištenog postupka. Istaknuti treba eventualna ograničenja postupka kao i područja moguće primjene dobivenih rezultata.

10pt

10pt

#### 4. ZAKLJUČNE NAPOMENE

10pt

Kako bi članci bili pripremljeni istovjetno ovom predlošku preporuča se ubacivanje sadržaja u njega. Gotovi članci pripremljeni u MS Word za Windows i prelomljeni prema ovom predlošku šalju se Uredništvu časopisa Tehnički Glasnik na slijedeću e-mail adresu: [zivko.kondic@unin.hr](mailto:zivko.kondic@unin.hr)

Urednički odbor zadržava pravo manjeg redakcijskog ispravka članka u okviru pripreme za tisak. Članke, koji u bilo kojem pogledu ne zadovoljavaju naputak autorima, Urednički će odbor vratiti autoru. Radi eventualnih nejasnoća u svezi predloženog članka, Urednički će odbor obraća samo prvom autoru, ako ima nekoliko autora, i uvažava samo stavove koje iznese prvi autor.

10pt

10pt

#### 5. LITERATURA

10pt

Literatura se navodi redosljedom kojim se citira u članku. Pojedine literarne reference iz popisa literature u tekstu pozivaju se odgovarajućim brojem u uglatim zagradama, npr. "... u [7] je pokazano ...". Ako su literarne reference poveznice (linkovi) hiperveza se mora ukloniti kao što je vidljivo kod literarne reference 8. Također se uklanjaju hiperveze sa e-mail adresa kod kontakta autora. U popisu literature svaka se jedinica označava brojem, a navodi se prema sljedećim primjerima (podnaslovi iznad referenci se izostavljaju – navedeni su samo kao primjer izvora):

10pt

##### **knjige:**

- [1] Franklin, G. F.; Powel, J. D.; Workman, M. L.: Digital Control of Dynamic System, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1990
- [2] Kostrenčić, Z.: Teorija elastičnosti, Školska knjiga, Zagreb, 1982.

##### **članci u časopisima:**

- [3] Michel, A. N.; Farrell, J. A.: Associative Memories via Artificial Neural Networks, IEEE Control System Magazine, Vol. 10, No. 3 (1990) 6-17
- [4] Dong, P.; Pan, J.: Elastic-Plastic Analysis of Cracks in Pressure-Sensitive Materials, International Journal of Solids and Structures, Vol. 28, No. 5 (1991) 1113-1127
- [5] Kljajin, M.: Prijedlog poboljšanja proračuna parametara dodira na primjeru evolventnih bokova zubi, Tehnički vjesnik/Technical Gazette, Vol. 1, No. 1,2 (1994) 49-58

##### **članci u zbornicima znanstveno-stručnih skupova:**

- [6] Albertsen, N. C.; Balling, P.; Laursen, F.: New Low Gain S-Band Satellite Antenna with Suppressed Back Radiation, Proc. 6th European Microwave Conference, Rome, September 1976, 14-17
- [7] Kljajin, M.; Ergić, T.; Ivandić, Ž.: Izbor robota za zavarivanje uvjetovan konstrukcijom proizvoda, Zbornik radova - 3. međunarodno savjetovanje proizvodnoga strojarstva/3rd International Conference on Production Engineering CIM '95, Zagreb, November 1995, C-35 - C-41

##### **poveznice (linkovi):**

- [8] [http://www.sciencedaily.com/articles/w/wind\\_power.htm](http://www.sciencedaily.com/articles/w/wind_power.htm) (Dostupno:19.06.2012.)

10pt

10pt

##### **Kontakt autora:**

10pt

##### **Ime Prezime, titula**

Institucija, tvrtka

Adresa

Tel./Fax,e-mail

---

---