



Univerza v Mariboru

Fakulteta za naravoslovje
in matematiko



ISSN	2536-3565
Naslov publikacije/Title	DIANOIA, revija za uporabo naravoslovnih in matematičnih znanosti DIANOIA, journal for applications of natural and mathematical sciences
Letnik/Volume	3
Leto/Year	2019 (april)
Številka/Number	1
Založnik in izdajatelj/ Published & Issued by	Univerzitetna založba Univerze v Mariboru, Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija, http://press.um.si/ , zalozba@um.si
Uredništvo/Editorial board	<p><i>odgovorni urednik/editor in chief</i> Mitja Slavinec</p> <p><i>glavni urednik/executive editor</i> Drago Bokal</p> <p><i>izvršna urednica/managing editor</i> Janja Jerebic</p> <p><i>urednici za področje biologije/editors for biological sciences</i> Nina Šajna, Sonja Škornik</p> <p><i>urednik za področje didaktike/editor for didactical sciences</i> Samo Repolusk</p> <p><i>urednika za področje fizike/editors for physical sciences</i> Robert Repnik, Aleš Fajmut</p> <p><i>urednika za področje matematike/editors for mathematical sciences</i> Igor Pesek, Janja Jerebic</p> <p><i>urednik za področje tehnične/technical sciences</i> Mateja Ploj Virtič</p> <p><i>tehnična urednica/technical editor</i> Petra Fic</p> <p><i>pomočnica tehnične urednice/technical editor assistant</i> Špela Tertinek</p>
Mednarodni uredniški svet/ International advisory board	Igor Emri (Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani, član SAZU), Matej Brešar (FNM, član SAZU), Sergey Pasechnik (Državna fakulteta v Moskvi), Vlad Popa-Nita (Fakulteta za fiziko Univerze v Bukarešti), Blaž Zmazek (FNM), Samo Kralj (FNM), Franci Janžekovič (FNM), Nataša Vaupotič (FNM), Mitja Kaligarič (FNM), Boris Aberšek (FNM), Andrej Šorgo (FNM), Bojan Mohar (Simon Fraser University, Vancouver), Matjaž Perc (FNM), Ivica Aviani (Naravoslovno matematična fakulteta Split), Fahriye Altınay (Univerza v Nikoziji), Andreas M. Hinz (Univerza Ludwig-Maximilians, München)
Oblikovanje/Design	Amadeja Bratuša
Lektoriranje/Proofreading	Ljudmila Bokal
Sedež uredništva/Address	FNM UM, Koroška cesta 160, 2000 Maribor
e-mail	dianoia@um.si
internet/web	www.fnm.um.si
Tisk/Printed by	FNM UM
Leto izida/Year	2019
Datum natisa/Published	2019
Naklada/Nr. of Copies	100 izvodov

Revija izhaja dvakrat letno, predvidoma aprila in septembra.

Kazalo / Table of Contents

Odločitveno drevo, linearni program, izrek Kuratowskega, 2-prekrižno-kritični grafi in slovo Lindsey Vonn Decision tree, linear program, Kuratowski theorem, 2-cross-critical graphs and farewell to Lindsey Vonn Drago Bokal	5
Nepričakovana kemijska reakcija – neznana struktura znane spojine Unexpected chemical reaction – unknown structure of an already known compound Ana Rozman, Brina Dojer, Amalija Golobič, Matjaž Kristl	9
Moved to Published: Using Trello in Content Management Premaknjeno v Objavljeno: Uporaba Trella pri upravljanju vsebin Petrica Fic	15
Vpliv stranskih ogledal na aerodinamiko vozila Tesla model S Effect of side view mirrors on aerodynamics of Tesla model S Dino Gačević, Mitja Slavinec, Eva Klemenčič	25
Statistični testi za povezanost dveh nominalnih spremenljivk in najpogostejše statistične napake Statistical tests for a relationship between two nominal variables and most common statistical errors Tadeja Kraner Šumenjak	37
Konstrukcija meritnega sistema za določanje prenosa toplotne s telesa na tekočino Construction of the measuring system for determining the transmission of the heat from the body to the liquid Gašper Zajc, Mitja Slavinec, Eva Klemenčič	49

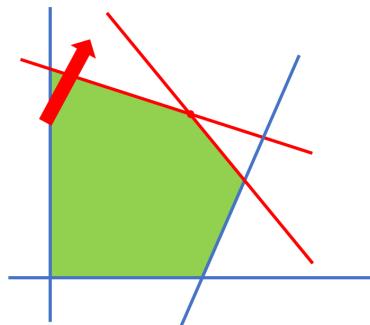
Odločitveno drevo, linearni program, izrek Kuratowskega, 2-prekrižno-kritični grafi in slovo Lindsey Vonn

Drago Bokal

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenija

Desetletje poučevanja matematičnega modeliranja je prineslo spoznanje, da za vsakodnevno funkcioniranje ne le posameznika, ampak tudi organizacij, slednje pravzaprav potrebujejo zelo malo in zelo trivialno matematiko. Tipični problem, s katerim se študentje ukvarjajo pri svojem izzivu, se modelira z (včasih dokaj preprostim) odločitvenim drevesom in zahteva razumevanje podatkovnega modela, v katerem je mogoče opisati nekaj variant, med katerimi se podjetje odloča, izračunati vrednost kriterijske funkcije nad njimi in izmed nekaj števil izbrati največje ali najmanjše. Da je problem za matematike zanimiv, poskrbimo z razmislekom o negotovosti podanih parametrov, analizo scenarijev, po možnosti simulacijo Monte Carlo, s katero lahko ugotovimo pričakovano vrednost dosežene koristnosti vsake odločitve.

Bolj zanimivi so problemi, v katerih je za določene odločitvene spremenljivke mogoč cel interval vrednosti. Če so med seboj povezane z linearimi omejitvami in kadar je linearna tudi formula, s katero računamo koristnost rešitve, lahko rešitev poiščemo z linearnim programom, kar ilustrira desna slika: premice omejujejo dopustno območje, puščica nakazuje smer naraščanja vrednosti kriterijske funkcije, obkrožena pa je točka, v kateri se nivojnica z najvišjo vrednostjo dotakne dopustnega območja, torej s tem označuje optimalno dopustno kombinacijo vrednosti spremenljivk, na katere imamo vpliv in jih je možno izbrati. Rešitve, kjer bi bila vrednost višja, so na napačni strani omejitev. Za njihovo doseganje nam zmanjka vsaj enega vira: surovin, časa, energije.

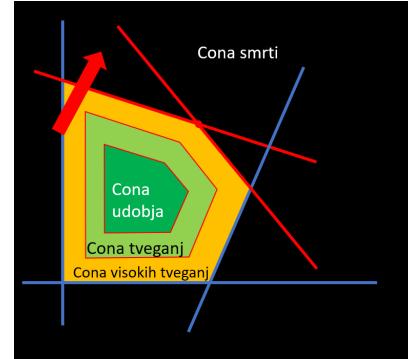


Zanimiva je opazka, da opisana intuicija velja tudi pri diskretnih strukturah. Za primer vzemimo grafe, s katerimi lahko poleg vrednosti objektov, modeliramo tudi odnose med objekti. Spomnimo se dobro stoletje stare naloge, v kateri je treba tri hiše povezati z virom vode, plina in elektrike tako, da se nobeni dve napeljavi ne bosta križali [2]. Matematik v problemu hitro prepozna graf $K_{3,3}$ in se spomni izreka Kuratowskega iz leta 1930, ki

pokaže, da je problem nerešljiv (čeprav ga je z nekoliko razmišljanja izven škatle teorije grafov mogoče rešiti, kot predlaga že avtor). Izrek Kuratowskega pove tudi, da obstajata natanko dva bistveno različna grafa, $K_{3,3}$ in K_5 , ki ju je mogoče narisati v ravnini brez križanja povezav šele, ko jima odstranimo katerokoli povezavo. Ta omejitev ima torej le končno mnogo dopustnih rešitev. Že če povečamo naš omejeni vir – število križišč – samo za ena in se zanimamo za grafe, ki jih v ravnini šele po odstranitvi katerekoli povezave lahko narišemo z največ enim križiščem, je slika precej drugačna. Obstaja vsaj nekaj sto majhnih takih grafov, obstajajo pa tudi poljubno veliki. Zanimivo pri slednjih je, da imajo zelo natančno določeno strukturo: ta ustreza (poljubno) dolgi, v Möbiusov trak zviti lestvi, ki ima med vsakima prečkama še eno od 42 različnih možnih "slik". Kuratowski je za svoj izrek potreboval 12 strani, opisana karakterizacija obsega 185 strani [1]. Za naslednji korak, za razumevanje 3-prekrižno-kritičnih grafov, bi potrebovali nepregledno več strani, kar pomeni, da objektov s tako opisanimi odnosi z današnjim znanjem ne moremo enako natančno razumeti.

Analogijo omejitev z zveznega problema prek diskretnega prenesimo na medčloveškega. Intuicija nam pove, da so družbe z zelo omejenimi viri majhne, če je virov več, lahko zrastejo, a morajo biti zaradi optimalnega izkoriščanja malo virov autoritarne, če pa je virov dovolj, lahko družbe dopustijo bolj prosto obnašanje – s tem pa postanejo manj razumljive. Omejeni viri v današnji družbi so čas, pozornost, odgovornost, empatija. Kakšno strukturo imajo družbe, v katerih te vire omejimo, izbrancem pa omogočimo nepredstavljivo blaginjo in moč? Si bomo želeli v njih živeti?

Za poskus odgovora na to vprašanje si poglejmo primer take izbranke, Lindsey Vonn, ki je nedavno zaključila svojo smučarsko kariero. Kolumnist Slavko Jerič navaja, da je bila njena kariera polna vzponov in padcev, po katerih se je smučarka uspešno pobrala in se vrnila med najboljše. Tako je tudi svojo zadnjo tekmo zaključila na stopničkah. Vsak, kdor pozna njeni zgodbo, se bo strinjal, da je premikala meje. Kakšna pa je cena, ki jo je za to plačala? Kolumnistu se zdi Vonnova tragičen lik, žalosten simbol sodobnega vrhunskega športa: "V prvi vrsti zaradi zdravja. Šport je zdrav in dobro vpliva na telo, čisto drugače pa je, ko govorimo o vrhunskem športu, o desetletjih ponavljanja ekstremnih gibov (ki so v lepem deležu nendaravni, kar pomeni, da še dodatno negativno vplivajo na telo). Nemalo športnikov se po koncu uspešne kariere ukvarja ravno s tem vidikom in med te sodi tudi Lindsey Vonn. Američanka ima ob tem še neverjetno dolgo listo poškodb" in navede spletno povezavo na seznam desetih dogodkov, ki so smučarko pripeljali s snežnih strmin v bolnišnico [5]. V vsaki bitki so rane. Morda še najhujše takrat, kadar se borimo s svojimi lastnimi mejami. Dolgoletna smučarkina fizioterapeutka Lindsay Winninger je poškodbe komentirala z besedami: "Z vsako poškodbo se je naučila nekaj o sebi in o svojem telesu. Verjamem, da je zaradi tega boljša atletinja [4]."



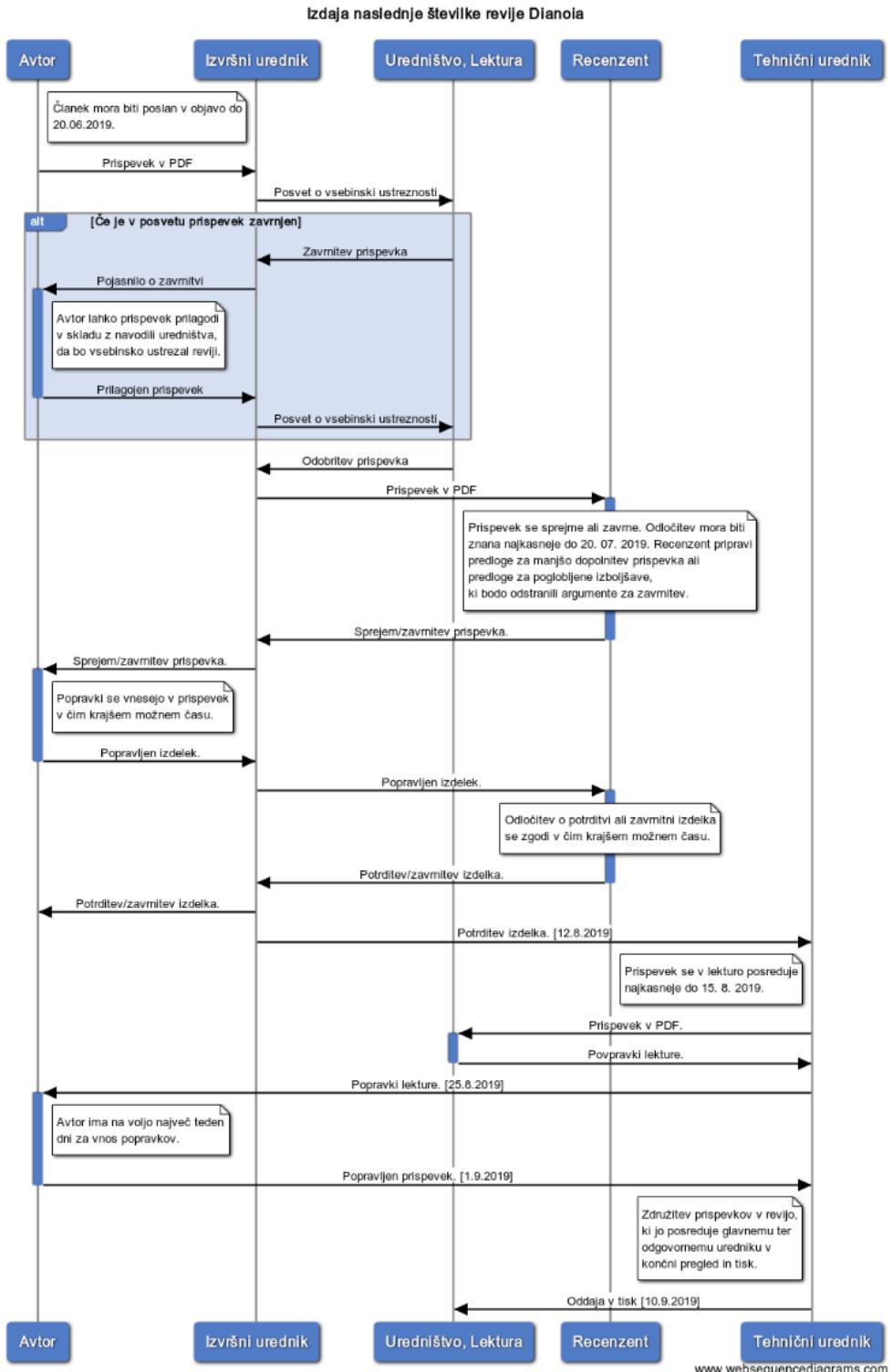
Na drugi strani meje proces, ki mejo prestopi po obstoječem poznavanju prostora dopustnih rešitev ne preživi. Evolucija nas je opremila z varovalko pred prečkanjem mej: bolj kot se bližamo (fizični, psihološki ali kulturno pogojeni) meji, bolj nas navdajajo negativna čustva, kot so strah, tesnoba, defenzivnost, morda sovraštvo, morda otopelost, kadar se zdi, da je srečanje z mejo neizbežno. Verjamemo, da je do neke mere smiseln tvegati, kdor pa

tvega preveč ... Pa je na drugi strani meje res le cona smrti?

Kdor je kdaj poskusil prosto plezanje, ve, da je skrivenost v gibanju. Previs, ki ga statično, zgolj z mišicami rok in nog, nikoli ne premagaš, lahko prečiš v gibanju, ko nanj prideš s pravo hitrostjo v pravi smeri in vnaprej veš, katerih nekaj oprimkov je treba preprijeti, preden zmanjka gibalne količine. Tega zaporedja si se naučil v prejšnjih poskusih, ko je gibalne količine zmanjkalo in si obvisel na vrvi. Pa si se, kot Lindsey Vonn, iz padca nekaj naučil in spet poskusil. In spet. Pa še enkrat. Tudi do karakterizacije 2-prekrižno-kritičnih grafov je vodila pot preko mnogo argumentov, ki so bili obetavni, a so vodili v padce. So pa bili ključni v spoznavanju strukture problema. Gibanje odpre nove dimenzije izziva – smer, hitrost, vztrajnost, strast, zagnanost – in z njimi novo pot do rešitve, ki premakne meje mogočega. Zaključimo zato z mislio Nejca Zaplotnika, ki gotovo sodi med ljudi, ki so iskali in presegli svojo mejo: "Kdor išče cilj, bo ostal prazen, ko ga bo dosegel. Kdor pa najde pot, bo cilj vedno nosil v sebi." [6]

Literatura

- [1] Bokal, D., Oporowski, B., Richter, R. B., Salazar, G. (2016). Characterizing 2-crossing-critical graphs. *Advances in Applied Mathematics*, 74, 23–208.
- [2] Dudeney, H. E., (1917), Amusements in Mathematics, Project Gutenberg EBook #16713, 2018, zajeto 14.2.2019. <http://www.gutenberg.org/files/16713/16713-h/16713-h.htm>
- [3] A. Goričan, Proces izdaje nove številke revije Dianoa. *Dianoa* 1 (2017) 109–112.
- [4] Pat Graham, Broken bones, torn ligaments, more: Lindsey Vonn's injuries, USA Today, 29.1.2019, <https://eu.usatoday.com/story/sports/olympics/2018/01/29/broken-bones-torn-ligaments-more-lindsey-vonns-injuries/109902380/>
- [5] Slavko Jerič, Kaj nas uči zgodba Lindsey Vonn in kateremu delu nismo pripravljeni prisluhniti?, RTV Slovenija, 13. 2. 2019, <https://www.rtvslo.si/kolumnne/slavko-jeric/kaj-nas-uci-zgodba-lindsey-vonn-in-kateremu-delu-nismo-pripravljeni-prisluhniti/479936>
- [6] Zaplotnik, N. (1981) Pot, Cankarjeva založba, Ljubljana.



Slika 1: Proces izdaje naslednje številke revije Dianoia. Pojasnila so v [3].

Nepričakovana kemijska reakcija – neznana struktura znane spojine

Unexpected chemical reaction – unknown structure of an already known compound

Ana Rozman¹, Brina Dojer¹, Amalija Golobič², Matjaž Kristl³

¹ Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor

²Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Večna pot 113, 1000 Ljubljana

³Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Smetanova 17, 2000 Maribor

Povzetek

Nepričakovano smo sintetizirali in kasneje karakterizirali spojino 6-aminopiridin-3-karbonitril, katere struktura do sedaj še ni bila objavljena. Spojino smo sintetizirali naključno, nastala je namreč pri reakciji bakrovega acetata monohidrata in 6-aminopiridin-3-thioamide v metanolu oziroma v dimetylformamidu. Spojino smo karakterizirali z monokristalno analizo, rentgensko praškovno difrakcijo in infrardečo spektroskopijo.

Spojina 6-aminopiridin-3-karbonitril kristalizira v triklinskem kristalnem sistemu s parametri osnovne celice: $a = 5.5135(13)$, $b = 7.6258(18)$, $c = 8.6960(2)$ Å, $\alpha = 64.81(2)$, $\beta = 73.03(2)$, $\gamma = 69.01(2)^\circ$, $V = 304.68(13)$ Å³. Med molekulami v spojni se tvorijo močne, pa tudi šibke intermolekularne vodikove vezi.

Ključne besede: 6-aminopiridin-3-karbonitril, bakrov acetat monohidrat, monokristalna analiza, rentgenska praškovna difrakcija, infrardeča spektroskopija, vodikove vezi

Abstract

We have unexpectedly synthesized and than also characterized the compound 6-aminopyridine-3-carbonitrile which structure has not been published yet. The product was synthesized randomly by the reaction of copper acetate monohydrate and 6-aminopyridine-3-thioamide in a methanol so as in a dimethylformamide solution. The compound was characterized by single-crystal analysis, X-ray powder diffraction analysis and infrared spectroscopy.

The compound 6-aminopyridine-3-carbonitrile crystallizes in triclinic crystal system (space group *P*-1) with parameters: $a = 5.5135(13)$, $b = 7.6258(18)$, $c = 8.6960(2)$ Å, $\alpha = 64.81(2)$, $\beta = 73.03(2)$, $\gamma = 69.01(2)^\circ$, $V = 304.68(13)$ Å³. There are strong and also weak intermolecular hydrogen bonds in the described compound.

Key words: 6-aminopyridine-3-carbonitrile, copper acetate monohydrate, single-crystal analysis, X-ray powder diffraction analysis, hydrogen bonds

1 UVOD

Naključno smo sintetizirali in kasneje karakterizirali že znano spojino 6-aminopiridin-3-karbonitril, katere struktura do sedaj še ni bila objavljena. Znane pa so strukture protonirane oblike omenjene spojine [1-3]. Spojino smo sintetizirali naključno, nastala je namreč pri reakciji bakrovega acetata monohidrata in 6-aminopiridin-3-thioamide v metanolu oziroma dimetylformamidu. Naš namen je bil sintetizirati koordinacijsko spojino bakra s tioligandom, iz katere bi s termično analizo pridobili nanodelce bakrovega sulfida. Prišlo pa je do reakcije, ki je nismo pričakovali, in s katero smo dobili

E-mail naslov/i: ana.rozman1@student.um.si (Ana Rozman), brina.doyer@um.si
(Brina Dojer), amalija.golobic @fkkt.uni-lj.si (Amalija Golobič), matjaz.kristl@um.si (Matjaž Kristl)

omenjeni produkt. V literaturi smo nato zasledili opis kemijske reakcije – dehidracije primarnih amidov v nitrile, katalizirane z bakrom [4], in glede na rezultat je očitno, da je v našem primeru prišlo do podobne reakcije na substituirani tioamidni skupini.

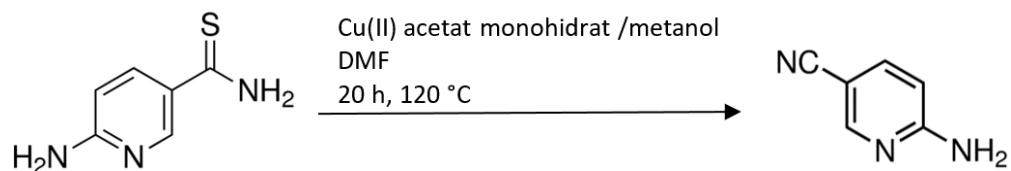
Dehidracija amidov v nitrile je ena izmed pomembnejših pretvorb, saj so nitrili zelo pomembni prekurzorji v organskih sintezah. Uporabljajo se kot izhodne spojine za sintezo karboksilnih kislin, aminov, ketonov in drugih molekul ter imajo velik pomen v proizvodnji farmacevtskih izdelkov, agrokemikalij in polimerov. Ciano skupina ($-RCN$) je prisotna tudi v zaviralcih proteaze HIV in v številnih drugih biološko pomembnih molekulah [4].

Včasih so bili pri omenjenih sintezah dehidracije amidov v nitrile uporabljeni reagenti, kot npr. P_2O_5 [5], $POCl_3$ [6], $SOCl_2$ [7], $TiCl_4$ [8] in $NaBH_4$ [9]. Danes pa se uporablja novejši pristopi. Dehidracijo amidov je mogoče izvesti ob prisotnosti različnih katalizatorjev, reagentov oz. topil:

- ob uporabi cinka (cinkovega trifluorometansulfonata) kot katalizatorja,
- v prisotnosti dietil klorofosfata, $(EtO)_2POCl$, s prisotnostjo topila ali brez,
- v prisotnosti bakra kot katalizatorja (do tovrstne reakcije je prišlo v našem primeru),
- v prisotnosti $PdCl_2$ v acetonitrilu,
- v prisotnosti $AlCl_3$ in NaI v acetonitrilu,
- v kombinaciji oksalil diklorida, dimetilformamida in trietylamina,
- v prisotnosti železovega karbonila in še nekatere druge [4].

2 EKSPERIMENTALNI DEL

Za sintezo spojine 6-aminopiridin-3-karbonitril smo uporabili bakrov(II) acetat monohidrat (0.0160 g; 0.08 mmol), raztopljen v 5 mL metanola, in 6-aminopiridin-3-tioamid (0.0245 g; 0.16 mmol), raztopljen v 5 mL metanola (prvič) oz. DMF-ja (drugič). Prvič smo sintezo izvedli solvothermalno, potekala je 20 ur pri 120 °C, drugič pa z mešanjem pod refluksom. Slednja sinteza je potekala 3 ure pri 96 °C. Rezultat prve sinteze so bili brezbarvni kristali in modrozeleni skupki, ki so se izločili po sušenju v digestoriju, rezultat druge pa temne iglice in slabo kristalizirana rumenobela snov. Po opravljeni monokristalni analizi smo ugotovili, da je v obeh primerih nastala spojina 6-aminopiridin-3-karbonitril. Ostali produkti sintez niso ustrezno difraktirali, zato jih nismo mogli identificirati. Sklepamo pa lahko, da gre za bakrove spojine.

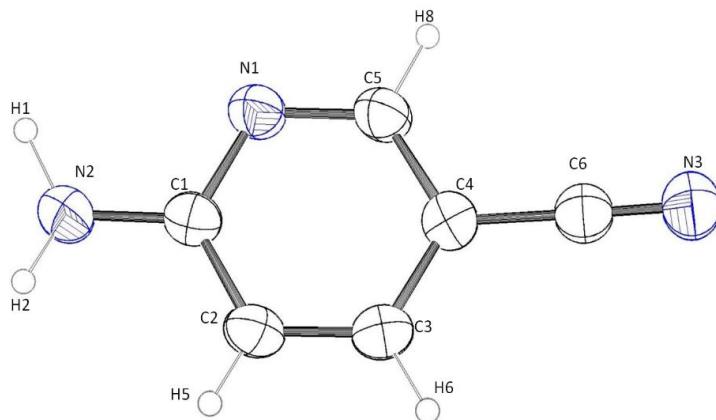


Slika 1: Reakcijska shema dehidracije 6-aminopiridin-3-tioamida v 6-aminopiridin-3-karbonitril.

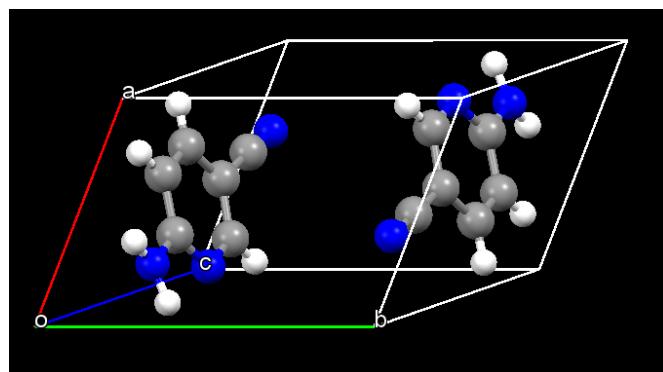
3 REZULTATI IN DISKUSIJA

Spojina 6-aminopiridin-3-karbonitril kristalizira v obliki brezbarvnih ploščatih kristalov s triklinsko osnovno celico. V osnovni celici sta dve molekuli simetrijsko povezani s centrom inverzije (prostorska skupina $P-1$). Strukturo smo določili pri sobni temperaturi z rentgensko struktурno analizo na osnovi monokristala. Struktura nevtralnih molekul še ni bila znana, so

pa objavljene tri strukture, v katerih je na obročni dušikov atom vezan proton, torej gre za kation [1-3].



Slika 2: ORTEP slika molekule 6-aminopiridin-3-karbonitrica z oznakami atomov.



Slika 3: Osnovna celica spojine.

6-aminopiridin-3-karbonitril, C₆H₅N₃	
Molska masa [g mol ⁻¹]	119.13
Barva kristala	brezbarvna
Kristalni sistem	triklinski
Prostorska skupina	št. 2, P-1
Osnovna celica	
a [Å]	5.5135(13)
b [Å]	7.6258(18)
c [Å]	8.696(2)
α [°]	64.81(2)
β [°]	73.03(2)
γ [°]	69.01(2)
Prostornina osnovne celice [Å ³]	304.68(13)
Število formulskih enot v celici, Z	2
Izračunana rentgenografska gostota [g cm ⁻³]	1.299
R-diferenčni faktor	0.0555

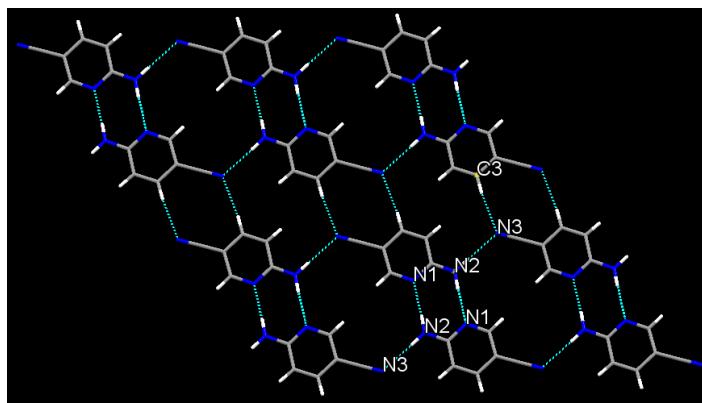
Preglednica 1: Kristalografski podatki spojine.

Vez	Dolžina vezi [Å]	Kot	Kot med vezmi [°]
C1–N1	1.342(3)	N1–C1–N2	116.84(17)
C1–N2	1.347(3)	N1–C1–C2	121.63(19)
C1–C2	1.410(3)	N2–C1–C2	121.53(18)
C2–C3	1.359(3)	C3–C2–C1	119.92(18)
C3–C4	1.399(3)	C2–C3–C4	118.59(17)
C4–C5	1.383(3)	C5–C4–C3	118.16(18)
C4–C6	1.425(3)	C5–C4–C6	120.02(17)
C5–N1	1.335(3)	C3–C4–C6	121.80(17)
C6–N3	1.145(2)	N1–C5–C4	123.99(18)
		N3–C6–C4	179.2(2)
		C5–N1–C1	117.71(16)

Preglednica 2: Dolžine vezi in velikost kotov v spojini.

Strukturo gradijo heteroaromatske molekule, v katerih sta ciano in amino skupina medsebojno v para položaju, oz. na mestih 2 in 5 glede na dušikov atom v obroču.

Molekule se z zmerno močnimi intermolekularnimi vodikovimi vezmi N–H···N povezujejo v trakove, ti pa se medsebojno povezujejo s šibkimi C–H···N intermolekularnimi vodikovimi vezmi v plasti (slika 3).



Slika 4: Povezovanje molekul z intermolekularnimi vodikovimi vezmi v plasti.

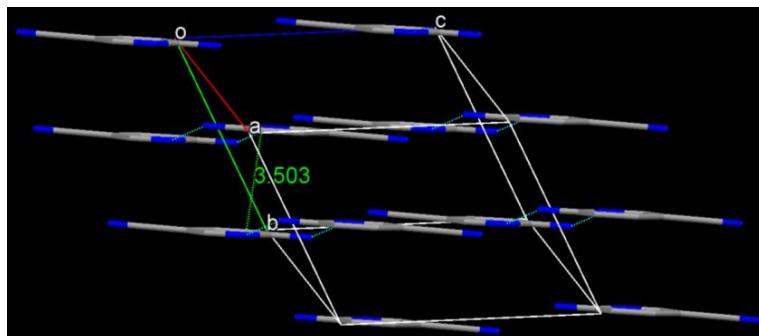
Donor–H···Akceptor	D–H [Å]	H···A [Å]	D···A [Å]	D–H···A [°]
N2–H1···N1 ⁱ	0.95(3)	2.11(3)	3.057(3)	177(2)
N2–H2···N3 ⁱⁱ	0.93(2)	2.25(2)	3.169(3)	170(2)
C3–H6···N3 ⁱⁱⁱ	0.98(2)	2.58(2)	3.531(3)	164(2)

Simetrijske kode: $i = -x, 1 - y, -z$; $ii = x, y, -1 + z$; $iii = 2 - x, -y, 1 - z$

Preglednica 3: Vodikove vezi.

Zlaganje plasti v tridimenzionalno strukturo je prikazano na sliki 4. Razdalja med plastmi je približno 3.5 Å. Med plastmi prihaja do $\pi \cdots \pi$ in $\pi \cdots \sigma$ interakcij med vzporednimi heteroaromatskimi obroči, kakor tudi do interakcij ciano skupine z delokaliziranimi π elektroni iz heteroaromatskih obročev. Razdalja med centri sosednjih vzporednih heteroaromatskih obročev je 3.889(1) Å. Pravokotno gledano se obroči delno prekrivajo, saj je kot med normalo ravnine skozi obroč in vektorjem, ki povezuje centre obročev iz sosednjih vzporednih plasti, 27.13°, kar je značilno za interakcije med heteroaromatskimi obroči.

Razdalja med atomom N3 iz ciano skupine in centrom heteroaromatskega obroča iz sosednje plasti je 3.642(2) Å.



Slika 5: Razporeditev molekul v prostoru; z zeleno pikčasto črto je prikazana razdalja med plastmi [Å].

4 ZAKLJUČEK

Z reakcijo bakrovega(II) acetata monohidrata, raztopljenega v metanolu, in 6-aminopiridin-3-tioamida, raztopljenega v metanolu oz. DMF-ju, smo pridobili nepričakovano spojino 6-aminopiridin-3-karbonitril. Kot produkt sinteze smo pričakovali bakrovo koordinacijsko spojino s 6-aminopiridin-3-tioamidnimi ligandi, vendar smo šele po rezultatih monokristalne analize ugotovili, do kakšne reakcije je prišlo. Spojina 6-aminopiridin-3-tioamid je sicer znana, njena struktura pa do sedaj še ni bila objavljena. Strukturo gradijo heteroaromatske molekule, v katerih sta ciano in amino skupina medsebojno v para položaju oz. na mestih 2 in 5 glede na dušikov atom v obroču. Molekule spojine se povezujejo z zmerno močnimi intermolekularnimi vodikovimi vezmi N–H···N v trakove, ti pa se medsebojno povezujejo s šibkimi C–H···N intermolekularnimi vodikovimi vezmi v plasti. Med plastmi prihaja do $\pi \cdots \pi$ in $\pi \cdots \sigma$ interakcij med vzporednimi heteroaromatskimi obroči.

Literatura

- [1] X.-C. Wen, Acta Crystallogr., Sect.E: Struct. Rep. Online, 64 (2008) o1461.
- [2] J. Dai, Acta Crystallogr., Sect.E: Struct. Rep. Online, 64 (2008) o1899.
- [3] J. Giantidis, M.M. Turnbull, C.P. Landee, F.M. Woodward, J. Coord.Chem., 55 (2002) 393.
- [4] N. K. Bhattacharyya*, S. Jha, T. Y. Bhutia, G. Adhikary, Int. J. Chem. Appl, 4 (2012) 295.
- [5] D. B. Reisner and E. C. Horning, 1963, Org. Synth., Coll. IV, 144.
- [6] B. Rickborn and F. R. Jensen, 1962, J. Org. Chem., 27, 4608.
- [7] J. A. Krynnitsky and H. W Carhart, 1963, Org. Synth., Coll. IV, 436.
- [8] W. Lehnert, 1971, Tetrahedron Lett., 19, 1501.
- [9] S. E. Ellzey, C. H. Mack and W. J. Connick, 1967, J. Org. Chem., 32, 846.

Moved to Published: Using Trello in Content Management

Premaknjeno v Objavljeni: Uporaba Trella pri upravljanju vsebin

Petra Fic

DataBitLab, d.o.o., Kočevarjeva ulica 7, 2000 Maribor, Slovenia

University of Maribor, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenia

Abstract

Publishing a journal is a complicated process that involves a large number of participants and a large amount of content. It is essential to have a system in place to ensure that everything you publish is managed properly from ideation through promotion. In this article, we present a web tool Trello [1] that gives you complete control over managing the content publishing process and allows you to customize your workflow to fit your particular style or needs. We also illustrate its usage with describing the process of publishing the next Dianoia issue.

Key words: *Trello, publishing, magazine, Dianoia, Content Management*

Povzetek

Objava revije je zapleten proces, ki vključuje veliko število udeležencev in veliko vsebine. Bistveno je, da imamo vzpostavljen sistem, ki zagotavlja, da se vse, kar bo objavljeno, pravilno upravlja od zamisli do objave. V tem članku predstavljamo spletno orodje Trello [1], ki omogoča popoln nadzor nad upravljanjem procesa objavljanja vsebine v reviji in prilaganje delovnega toka procesa izdaje revije vašemu stilu in potrebam. Prav tako ilustriramo njegovo uporabo z opisom postopka objavljanja naslednje številke revije Dianoia.

Ključne besede: *Trello, objava, revija, Dianoia, upravljanje vsebin*

1 INTRODUCTION

Dianoia is a faculty journal for applications of natural and mathematical sciences. Its goal is early involvement of students in research work. With Dianoia, students expand the environment in which they study and at the same time create a space in which they will be able to make their own findings and show the research results to the wider professional public. Dianoia is also creating a bridge among researchers, students and employers – it is a medium for students to present their knowledge on challenges of and to potential employers. Dianoia is being published twice a year: in April and in September.

Publishing a journal is a complex process which includes a lot of participants and a huge amount of content. It is important to keep a good communication between editors of a journal, authors of articles, reviewers, and the lector. Communication has to be effective all the time. It is also important to publish verified and accurate content. Therefore, good organization is essential in order to manage its publication.

At first, the communication between Dianoia and authors or referees was handled via email. Handling this amount of documents via email was hard and created an overflow in inbox. Moreover, someone has to manage all of the communication, the one between Dianoia and each author and the one between Dianoia and each reviewer. Furthermore, the deadlines weren't specifically defined and because of that there were occasional delays. Obviously, this

was an imperfect process, created extra work, delays, and introduced a problem with version control and storage. In order to resolve all of the problems and to improve the organization of publishing a journal, we adopted a web tool Trello [1], a collaboration tool that organizes your projects into boards.

2 WHAT IS TRELLO?

Trello is an easy, free, flexible, and visual way to manage your projects, work effectively and organize anything. In order to manage your projects, Trello gives a visual overview of what is being worked on, who is working on it, and how far they've gotten.

Trello is based on the Kanban system of project and task management. (Anderson, 2010) Kanban is a Japanese word that roughly translates to “card,” “sign,” or “billboard.” Kanban was developed by Toyota engineers to streamline their production process. Line workers at Toyota factories use a “kanban” (an actual card) to signal the steps in their manufacturing process. This allows every employee to quickly communicate with one another using standardized cues that everyone understands instantly – streamlining their workflow.

Similarly, Trello uses boards, lists, and cards to create a simpler visual system of project management. These 3 basic elements provide a visual layout of your work for high-level decision-making and ground-level action-taking.

BOARDS, LISTS AND CARDS

Boards can be created to hold all the tasks and relevant information for a particular product or project. You can create an unlimited number of boards. Boards can be visible to specific members, specific teams, or publicly to anyone with a link. Members with access to a board can subscribe to that board and get notified about any changes to that board. In Figure 1 you can see an example of a board in Trello.

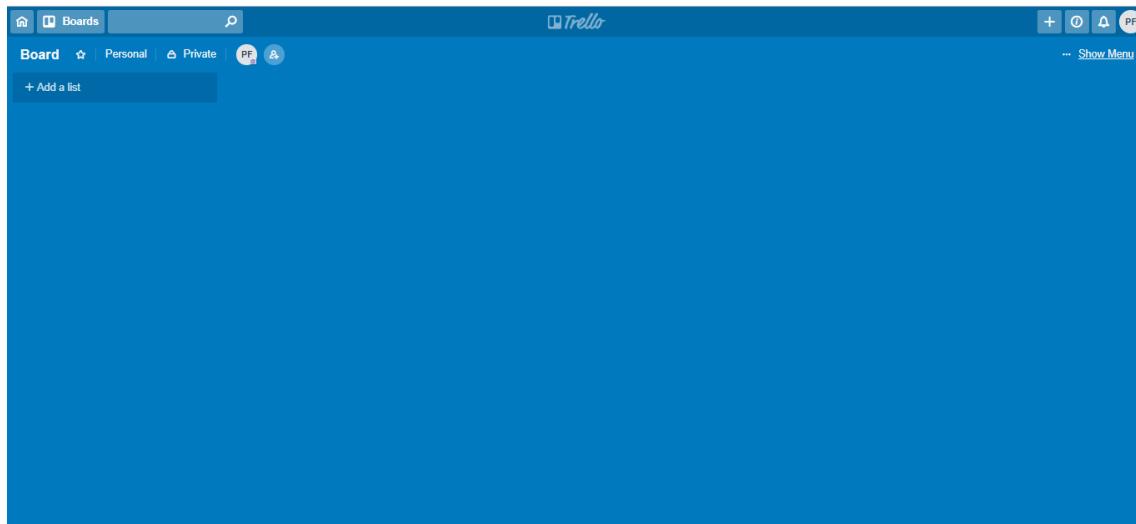


Figure 1: Trello board.

Lists represent categories within a board; they're often used to represent a stage of progress (i.e. to-do, doing, done). You can create as many lists as you want to track ideas, information, and progress regarding your project. You can see an example of Trello lists in Figure 2.

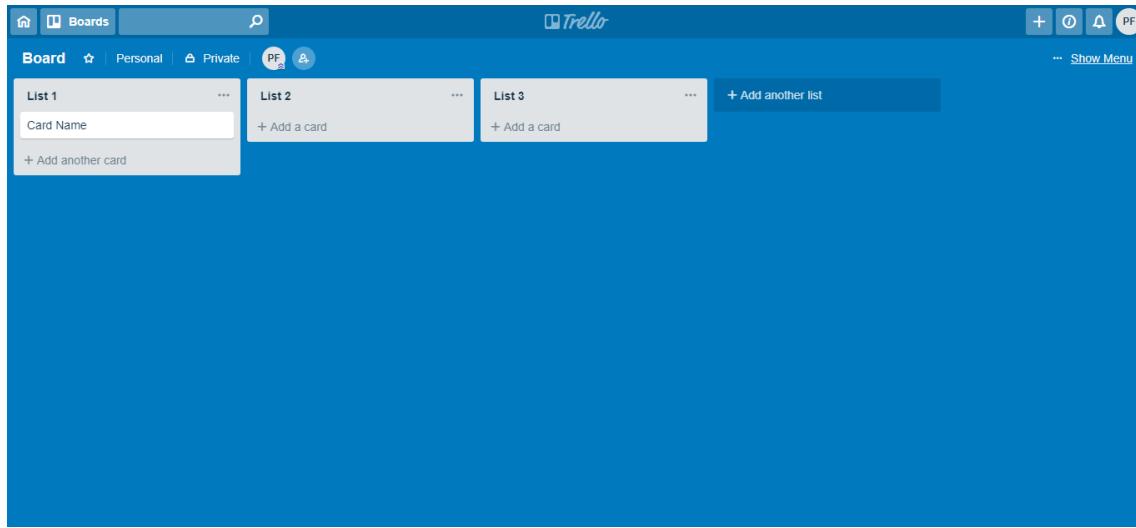


Figure 2: Trello Lists.

A card represents a single, specific element of a project, like a task or an idea. Cards are fluid, meaning they can be rearranged within one list or moved from one list to another. They're also versatile. Within each list, you can have an unlimited number of cards and assign them to members. Cards can have due date, multiple labels, and a main description. They also contain a discussion thread in which you can mention specific members, include multiple attachments and checklists with task items that can be dated, and be linked to specific members.

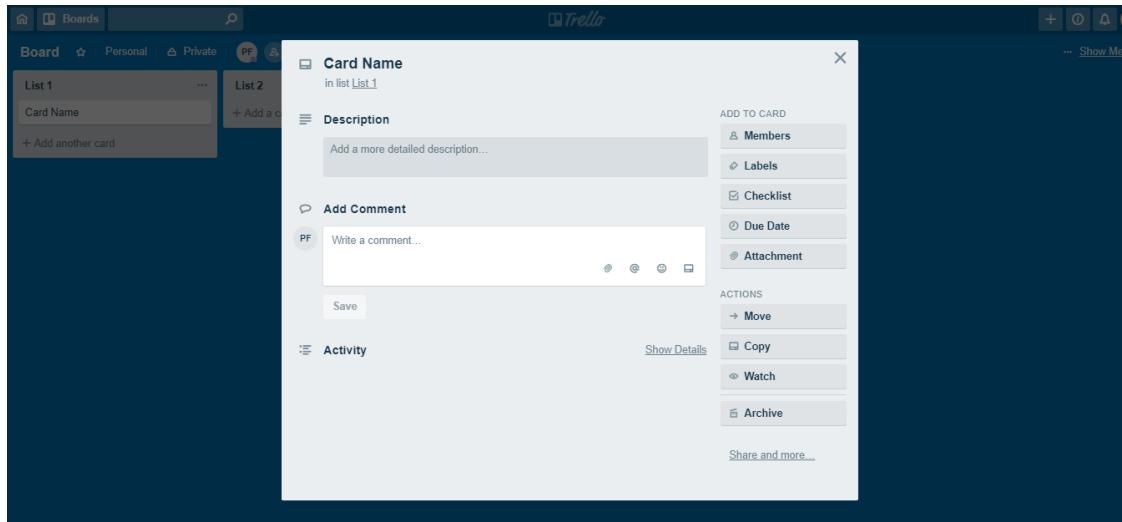


Figure 3: Trello Card.

Beyond its basic elements, Trello offers a range of features that give you complete control over your projects and allow you to customize your workflow to fit your particular style or needs. Here are just a few of Trello's top project management features according to Clyde (2018):

HOME VIEW

Home view shows everything happening across your boards, including due dates, card notifications (from team members), and what actions you can take next to move your project forward. It gives you a bird's eye view of all your projects so that you can easily reorient yourself with what you're working on and working toward at any time.

TEAM COLLABORATION

The ability to collaborate with an unlimited number of team members is one of Trello's best features. Every board has a defined set of members that can see it and create or move cards among lists. You can set the visibility of the board so that your entire team can join the board at will or you can invite specific employees to collaborate as needed. You can delegate tasks by assigning specific team members to cards, and then everyone can discuss those tasks in the card's comments section. This makes collaboration in Trello seamless and straightforward.

CHECKLISTS

Checklists allow you to create subtasks and smaller steps within a card. They can be added, edited, or deleted at will. You can convert a checklist into a card if needed and assign team members to specific items on the checklist. This makes it super easy to break down big projects and tasks into manageable action steps.

DUE DATES

As with everything else in Trello, due dates are highly visual. They'll appear as a tiny badge on the card that changes color according to how close you are to the due date.

- Grey means you have more than 24 hours to finish
- Yellow means you have 24 hours left to finish
- Red means it's due
- Light pink means it's past due
- Green means it's complete

Due dates are very effective at instantly telling you what's the most important task you have to complete and what can wait.

ATTACHMENTS

Attachments enable you to keep all the resources you need to get your tasks done in one place. Whether you're pulling in files from your computer, Google Drive, Dropbox or any other location, it all gets stored neatly inside the card you attach it to. With this feature, you'll never have to search through unorganized computer docs or random OneDrive folders to find the materials you need to complete your tasks.

3 PUBLISHING DIANOIA WITH TRELLO

In previous chapter, we introduced Trello and some of its most relevant features. All of this helps Trello be a great option for organizing a content management system. That is the reason why we are using Trello in the publishing process of Dianoia.

For Dianoia we have following boards: Dianoia E, Dianoia R and Dianoia Ai, where $i \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$, where n is number of articles in progress.

First of them, Dianoia E, is a way of communication for editorial board, which consist of editor in chief, executive editor, managing editor, editors for biological sciences, editor for didactical sciences, editors for physical sciences, editors for mathematical sciences, editor for technical sciences and technical editor.

On this board there are 4 lists with which the whole process of publishing Dianoia is being managed: To Do, Doing, Done and Published. On To Do list there are cards with tasks that have to be done. On Doing list there are cards with tasks that are being done at the moment. Done list consists of cards with tasks that were already completed. Published list is empty until the end of the process of publishing Dianoia. When published, card Dianoia 3 (2019) No. 1, which contains overview of the whole process, will be moved to Published, which means that the process of publishing a new issue of Dianoia is finished.

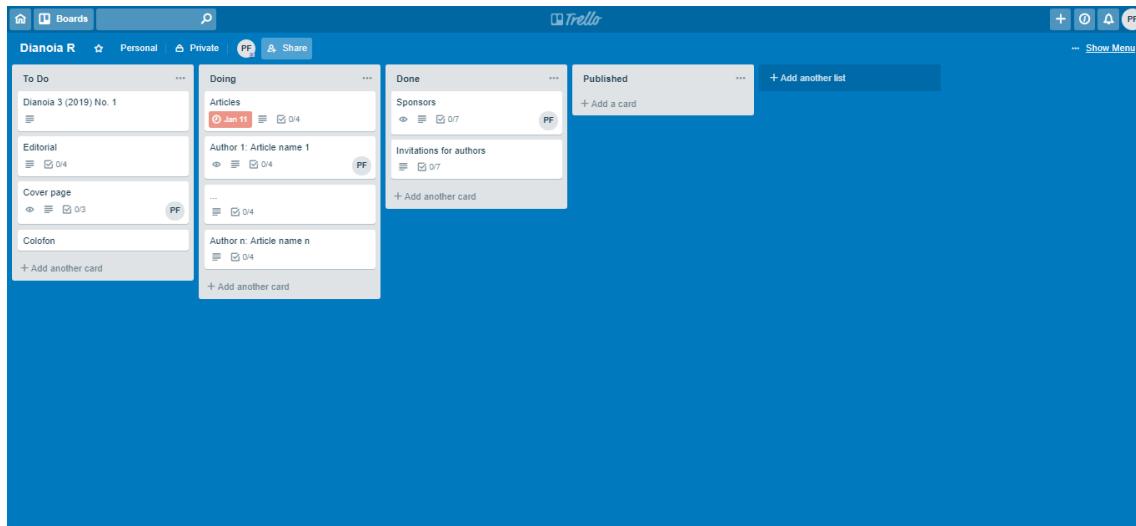


Figure 4: Trello board "Dianoia E".

This board says that editorial still has to be written and that the cover page and colofon have to be adjusted. At this moment the articles are being prepared for publishing (detailed process of publishing articles is on board Dianoia A). On card Articles, there is a description of a card, checklist made of authors and a due date set to January 11th, 2019, because by then articles have to be sent to Dianoia. You can see a card Articles in Figure 5. Furthermore, sponsors and invitation for authors are already ready to be published. From this board all the editors can follow the process and see the progress of publication. Also, they will all be notified at the same time when the new number of Dianoia is published.

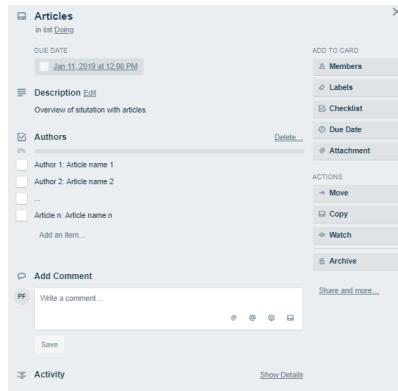


Figure 5: Example of a card on board "Dianoia E".

Secondly, Dianoia Ai is a way of communication with the authors. Each author gets one board with the process of preparing the article for publishing. Figure 6 shows an example of board Dianoia Ai.

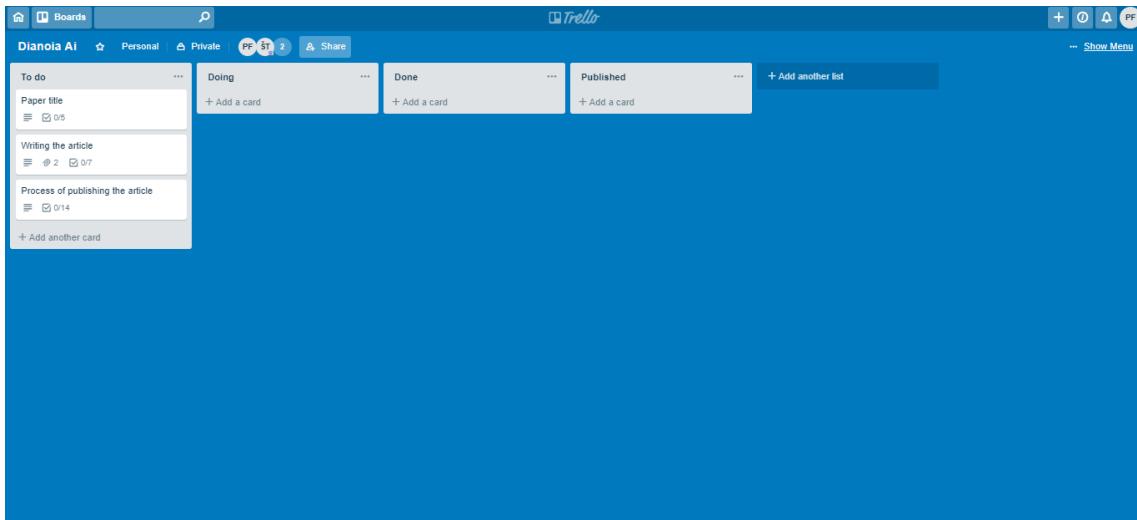


Figure 6: Trello board "Dianoia Ai"

The whole communication between managing editor and author is through the card "Process of publishing an article". Author uploads all the versions to the card. They also communicate only through the comment part at the bottom of the card. Important part is a due date which is set by managing editor and it expresses the deadline by which author has to complete the next step, which he finds under the checklist "Author". Managing editor also has a checklist to follow. You can see an example of this card in Figure 7.

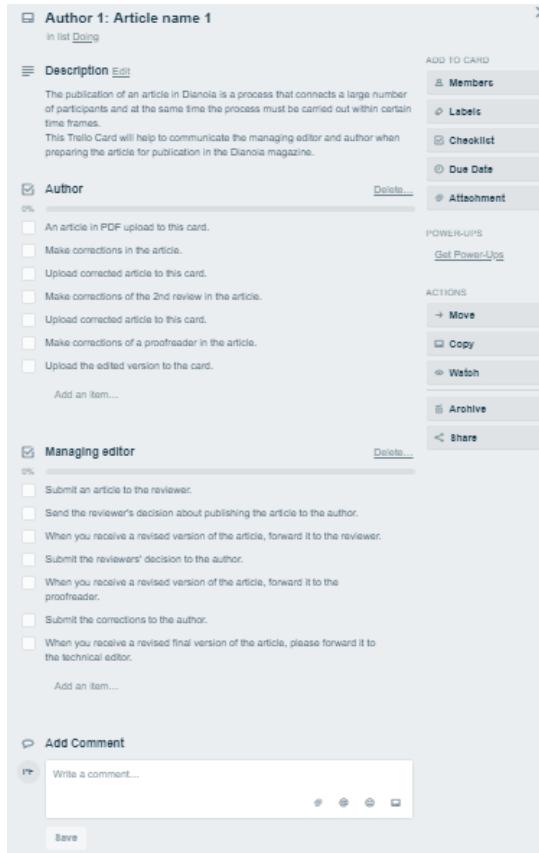


Figure 7: Example of a card on board "Dianoia A".

The whole process of preparing an article for publication is being handled with Trello. Instead of numerous emails, the process is done with one Trello board maintaining all the correspondence organized. Currently, we are testing Trello as an optional support for the authors to follow the steps, described by Goričan (2017) in [4].

The final board, Dianoia R is a way for managing editor to communicate with reviewers and with a grammar proofreader.

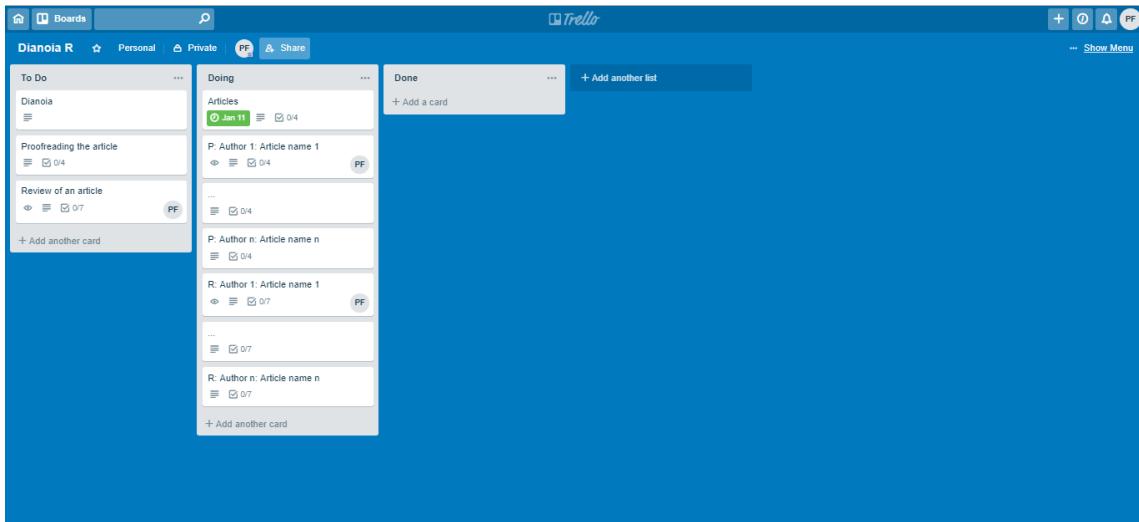


Figure 8: Trello board "Dianoia R".

On the board there are the same lists as in the previous two boards. The whole communication between managing editor and reviewers is through the card "Review of an article" renamed to "Author: Article name", for each author. Both managing editor and reviewer upload all the versions to the card. They also communicate only through the comment part at the bottom of the card. Important part is also a due date which is set by managing editor and it says how much time reviewer has to complete the next step, which he finds under the checklist "Reviewer". You can see the example of cards in Figure 9.

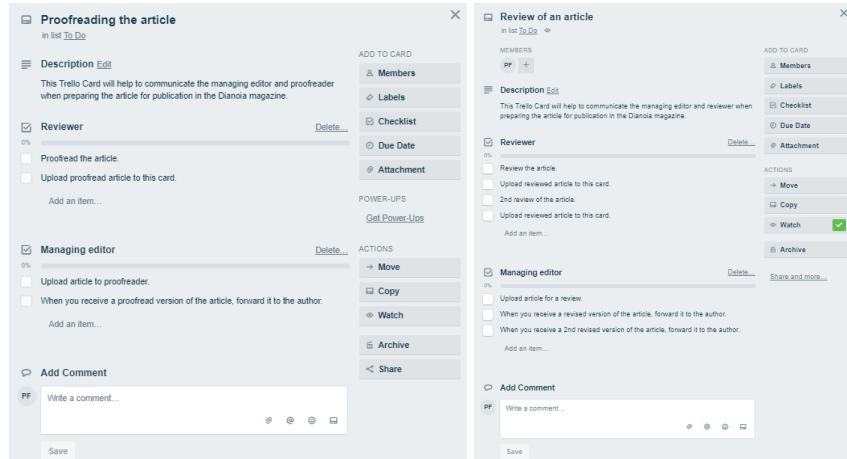


Figure 9: Trello cards for proofreader and reviewer on "Dianoia R".

With these $n+2$ boards, the whole publication process is being managed. No emails needed, except, of course, the applying one. On the way to finish something, new tasks will appear. But that is not the problem, because we can add cards as needed to each board during the process.

5 CONCLUSION

In this article, we introduced Trello and its usage in content management, specifically in publishing Dianoia, journal for applications of natural and mathematical sciences. Trello is intuitive, can be customized to suit the needs of individual projects, is very simple and its usage is free of charge. To sum up, Trello helps us manage and organize the publishing and it is a solution to all the issues – due dates, version problems and communication problems. But the ways we're using it at Dianoia are just the tip of the iceberg. There are a plenty of features and functionalities which weren't even touched upon. At Dianoia, we are going to keep using it and report other useful options it provides.

References

- [1] Trello, Atlassian. Obtained on: <https://trello.com/?truid=tr8e8a19-a6a0-98c5-0ac5-b8a32dc37f3d>
- [2] Anderson, J.D. (2010): Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business, Blue Hole Press.
- [3] Clyde, O. (2018): What is Trello and why you should use it in your business?. Obtained on: 6th November, 2018, <https://www.getcloudapp.com/blog/what-is-trello>
- [4] Finnegan, M. (2018): What is Trello? A guide to Atlassian's collaboration and work management tool. Obtained on: 4th November, 2018, <https://www.computerworld.com/article/3226447/collaboration/what-is-trello-a-guide-to-atlassians-collaboration-and-work-management-tool.html>.
- [5] Goričan, A. (2017): Proces izdaje nove številke revije Dianoia, Dianoia, journal for applications of natural and mathematical sciences, 2, 109-113.
- [6] Hayes, S. (2018): How to use Trello to effectively manage your content, Love & Spreadsheets. Obtained on: 4th November, 2018, <https://loveandspreadsheets.com/trello-content-management/>.
- [7] Hines, K. (2016): How to Create a Content Management Process With Trello, Social Media Examiner. Obtained on: 4th November, 2018, <https://www.socialmediaexaminer.com/how-to-create-a-content-management-process-with-trello/>.
- [8] Kosir, D. (2014): Why Trello is Awesome for Content Management, Search Engine People. Obtained on: 4th November, 2018, <https://www.searchenginepeople.com/blog/925-trello-content-management.html>.
- [9] O'Neill, M. (2018): What is Trello & Why I Should Use It for Project Management, Groovy Post. Obtained on: 4th November, 2018, <https://www.groovypost.com/howto/what-is-trello/>.

Vpliv stranskih ogledal na aerodinamiko vozila Tesla model S

Effect of side view mirrors on aerodynamics of Tesla model S

Dino Gačević, Mitja Slavinec, Eva Klemenčič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenija

Povzetek

V članku računalniško simuliramo tok zraka v okolici vozila Tesla model S. Zanima nas vpliv nadomestitve stranskih ogledal s kamerami in notranjima zaslonoma na koeficient zračnega upora avtomobila. Izračunamo tudi spremembo v čelnem preseku zaradi odstranitve stranskih ogledal in ocenimo povečanje dosega vozila ob nespremenjenih preostalih pogojih.

Ključne besede: aerodinamika, Tesla model S, računalniška dinamika tekočin, sila upora, doseg vozila

Abstract

In the article we perform a computational simulation of airflow near Tesla model S. Due to enormous growth in technology we look at effect, which replacement of side view mirrors with rear view cameras and inner displays has on drag of the vehicle. We assess the change in cross section area due to removal of side view mirrors and estimate the increase in vehicle's driving range, while all the other conditions remain unchanged.

Key words: aerodynamics, Tesla model S, computational fluid dynamics, drag force, driving range

1 UVOD

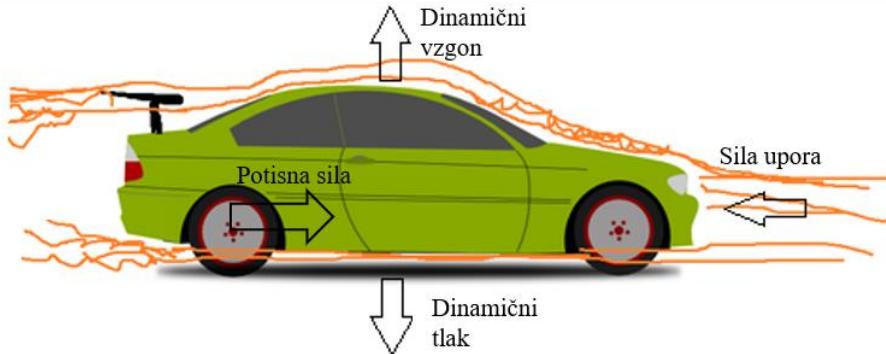
Zračni upor je že nekaj časa pomemben kriterij pri razvoju vozil, še posebej pomemben pa je pri električnih vozilih. Za ta je zmanjšanje zračnega upora še toliko bolj pomembno, saj zračni upor vpliva na doseg vozila, kar je ena od najpomembnejših karakteristik električnih vozil.

Proizvajalci redno testirajo aerodinamiko svojih vozil. V preteklosti se je to počelo v vetrovnikih, danes pa se proizvajalci zaradi vedno bolj dostopne in natančne analize zatekajo tudi k računalniškim simulacijam. Med bolj priljubljena orodja za simulacije toka zraka spadajo ANSYS Fluent [1], STAR-CCM+ [2] ter AVL FIRE [3].

V članku s pomočjo programskega orodja AVL FIRE izvedemo simulacijo toka zraka v okolici vozila Tesla model S ter za model vozila, pri katerem bi stranska ogledala nadomestili z vzvratnimi kamerami in notranjima zaslonoma. Za oba modela vozil pridobimo koeficient zračnega upora in aerodinamičnega vzgona. Na podlagi pridobljenih rezultatov izračunamo zmanjšanje koeficiente zračnega upora ob odstranitvi stranskih ogledal ter posledičen vpliv na doseg vozila.

2 OSNOVE MEHANIKE TEKOČIN

Na vsako telo, ki se giblje skozi neko snov, deluje več sil in vozila niso nobena izjema. V smeri vožnje na vozilo deluje potisna sila (slika 1), v nasprotni smeri deluje sila upora (F_u), v navpični smeri pa sili dinamičnega tlaka in vzgonu.



Slika 1. Sile, ki delujejo na vozilo med vožnjo.

Med vožnjo na vozila deluje sila upora F_u sorazmerna s kvadratom hitrosti (v):

$$F_u = \frac{1}{2} c_u S \rho v^2, \quad (1)$$

pri čemer so c_u koeficient zračnega upora, S čelni presek vozila ter ρ gostota zraka. Za analizo aerodinamike sta najbolj pomembna podatka o koeficientu zračnega upora (c_u) ter dinamičnega vzgonu (c_{dv}). Oba koeficiente sta izpeljana iz enačbe (1). Kadar govorimo o koeficientu zračnega upora, upoštevamo komponento sile upora, ki je vzporedna s tlemi (F_{\parallel}):

$$c_u = \frac{2F_{\parallel}}{S\rho v^2}. \quad (2)$$

Za koeficient dinamičnega vzgonu pa upoštevamo komponento sile upora v smeri pravokotno glede na tla (F_{\perp}):

$$c_{dv} = \frac{2F_{\perp}}{S\rho v^2}. \quad (3)$$

Dinamična tlak in vzgon sta posledica iste sile. O dinamičnem tlaku govorimo, kadar je komponenta sile upora v smeri pravokotno glede na tla usmerjena navzdol, v nasprotnem primeru pa govorimo o dinamičnem vzgonu. Dinamični tlak vozila med vožnjo pritiska k tlu in posledično poveča silo lepenja med gumami in cesto, kar izboljša vozne lastnosti vozila. Nasprotno dinamični vzgon vozilo med vožnjo dviguje od tal ter poslabša vozne lastnosti vozil.

3 NUMERIČNE METODE

Za simulacije toka zraka izhajamo iz sistema Navier-Stokesovih enačb:

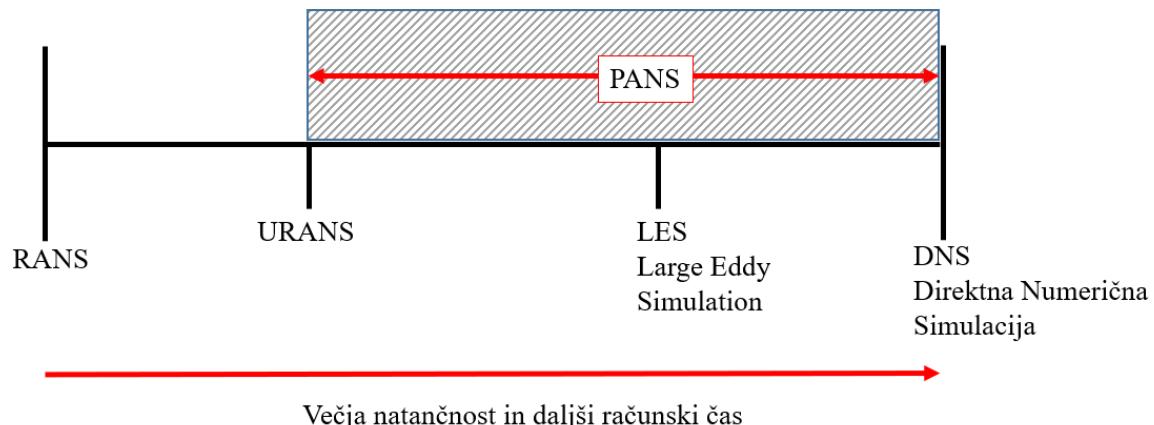
$$\nabla \cdot v = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla)v = -\frac{1}{\rho}\nabla p + \nu\nabla^2 v + f_m, \quad (5)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (v \cdot \nabla)T = \lambda\nabla^2 T, \quad (6)$$

kjer so p tlak, f_m volumska gostota sil, t čas, T temperatura in λ toplotna prevodnost. Simuliramo s programskim orodjem AVL FIRE, ki Navier-Stokesov sistem enačb (enačbe (4)-(6)) rešuje numerično. Pred samou simulacijo je treba določiti meje računske mreže, kar imenujemo kontrolni volumen, predpisati robne pogoje in izbrati metodo za reševanje sistema Navier-Stokesovih enačb. Natančnost rezultatov je moč izboljšati z delitvijo računske mreže na manjše volumske elemente. S tem pa se povečuje število volumskih elementov, kar povečuje računsko moč in posledično zahtevnost in dolgotrajnost simulacije. Za določitev računske mreže se poslužimo metode končnih volumnov, ki je najprimernejša za reševanje problemov dinamike tekočin. Pomembno je izpostaviti, da vsaka izmed Navier-Stokesovih enačb velja v vsakem volumskem elementu [4].

Navier-Stokesove enačbe lahko rešujemo na več načinov. V primeru dovolj gostih računske mrež in manjših hitrosti toka uporabimo metodo direktne numerične simulacije (DNS), vendar je za to metodo potrebna velika računalniška zmogljivost, simulacije pa so kljub temu dolgotrajne. Posledično se ta metoda uporablja le v akademske namene [4]. Med bolj razširjeni metodi spadata metoda RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes) za stacionarne simulacije in metoda PANS (Partially-Averaged Navier-Stokes) za tranzientne simulacije. Slika 2 prikazuje primerjavo omenjenih metod glede na natančnost in simulacijski čas. Metoda RANS se uporablja v primeru stacionarnih simulacij in ponuja dovolj natančne rezultate, hkrati pa ni časovno zahtevna. Bolj zanesljiva metoda je URANS (Unsteady Reynolds-Averaged Navier-Stokes), še boljša izbira pa je metoda LES (Large Eddy Simulation). Metoda DNS je najbolj natančna, a hkrati časovno najbolj zahtevna, metoda PANS pa pokriva razpon natančnosti od metode URANS vse do metode DNS, odvisno od predhodnih parametrov.

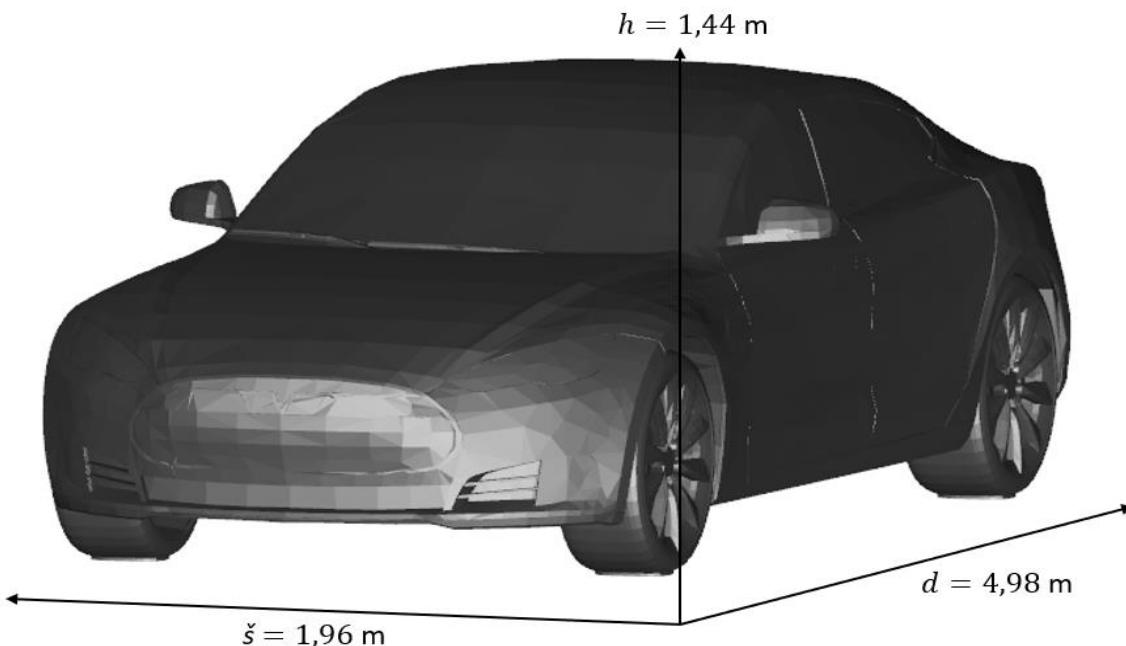


Slika 2. Primerjava metod RANS, URANS, LES, DNS in PANS za reševanje problemov turbulentnega toka glede na njihovo natančnost in računski čas [5].

3.1 MODEL VOZILA

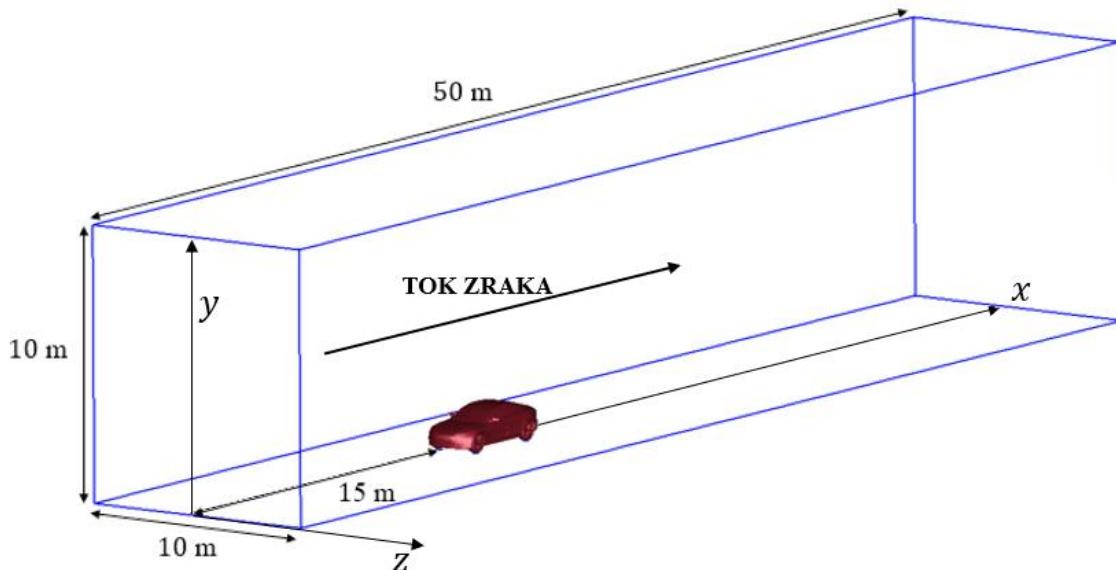
V simulaciji uporabimo 3D modele vozila, ki so običajno izdelani na osnovi realnih avtomobilov s pomočjo raznih računalniških orodij. Ker pa so ročno ustvarjeni, pride v veliko primerih do raznih razhajanj glede na realni avtomobil. Bolj natančna možnost za pridobitev modela vozila bi bilo 3D skeniranje vozila, ki je danes vedno bolj dostopno.

V namen članka je bil uporabljen ročno ustvarjen 3D model avtomobila, ki temelji na vozilu Tesla model S. Tako je model vozila (slika 3) dolg $d = 4,98$ m, širok $\check{s} = 1,96$ m in visok $h = 1,44$ m [6]. Kljub realnim dimenzijam modela se le-ta v obliki zadka in podvozja nekoliko razlikuje od realnega avtomobila.



Slika 3. Model vozila z realnimi dimenzijami, ki je dolg $d = 4,98$ m, širok $\check{s} = 1,96$ m in visok $h = 1,44$ m [6].

Model vozila postavimo v vetrovnik (slika 4). Ob tem je treba okoli vozila zagotoviti dovolj prostora v vse smeri, da se tok zraka popolnoma razvije in da lahko opazimo vse spremembe, do katerih pride ob interakciji toka zraka z vozilom.



Slika 4. Položaj modela vozila v vetrovniku dimenzij $50\text{ m} \times 10\text{ m} \times 10\text{ m}$ [6].

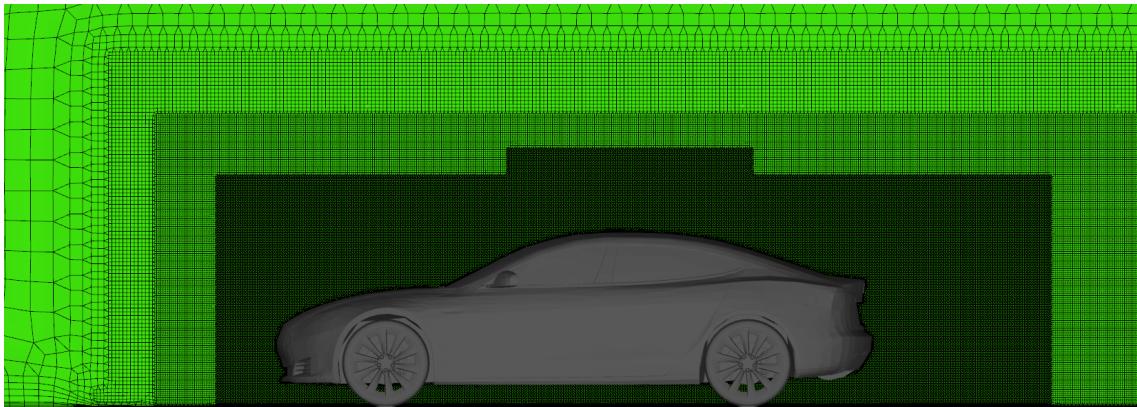
3.2 VOLUMSKA MREŽA

Za izdelavo volumske mreže je pomembna določitev velikosti osnovnih volumskih elementov v obliki kock, ki jih imenujem celice. Ker število elementov volumske mreže vpliva na natančnost in čas simulacije, daleč od vozila izberemo večje celice, v bližini vozila pa s škatlastimi območji predpišemo območja za postopno zgostitev mreže (slika 5). Dodatno lahko na negladke dele vozila, kot so mrežice in maske, predpišemo še manjše celice, ki dobro opišejo obliko vozila [7].



Slika 5. V okolici vozila predpišemo območja zgostitve volumske mreže, na površini vozila pa z dodatnimi selekcijami predpišemo manjše celice, ki natančno opisujejo obliko vozila [6].

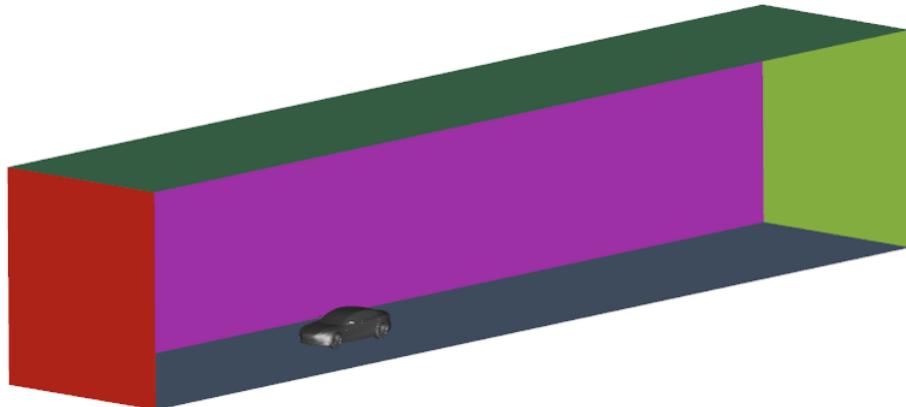
Za simulacijo smo celicam (slika 6) daleč od vozila predpisali karakteristično velikost 512 mm ter jo postopno zmanjševali do velikosti 4 mm v neposredni bližini vozila, na bolj zahtevnih površinah pa tudi do 1 mm [6].



Slika 6. Postopna zgostitev volumske mreže v bližini vozila [6].

3.3 ROBNI POGOJI

Za natančnost rezultatov so zelo pomembni robni pogoji, predpisani pred začetkom simulacije. Na vstopno ploskev (slika 7) predpišemo hitrost toka zraka, na izstopno ploskev pa statični tlak (p) [7]. V simulacijah običajno vozilo miruje, giblje pa se okoliški zrak, zato cestišču predpišemo hitrost, ki je enaka hitrosti toka zraka. Prav tako ima na rezultat velik vpliv vrtenje koles, zato je pomembno predpisati kotno hitrost, pri čemer je izrednega pomena ujemanje obodne hitrosti s hitrostjo cestišča [8]. Za simulacijo smo predpisali hitrost toka zraka $v = 100$ km/h, katero smo določili tudi cestišču. Na izstopno ploskev smo predpisali statični tlak $p = 1$ bar, kolesom pa 680 vrtljajev na minuto [6].

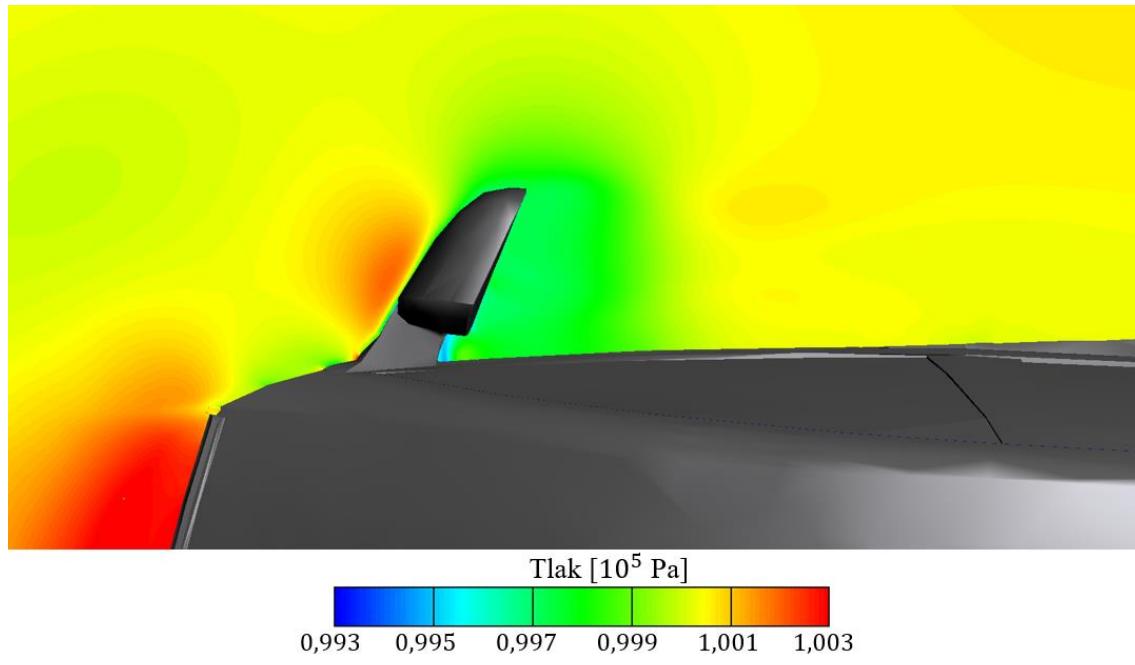


Slika 7. Postavitev modela vozila v vetrovnik, kjer rdeča ploskev predstavlja vstopno ploskev in rumena izstopno ploskev. Siva ploskev ponazarja cestišče, vijolična pa ponazarjata stransko steno in strop [6].

4 REZULTATI

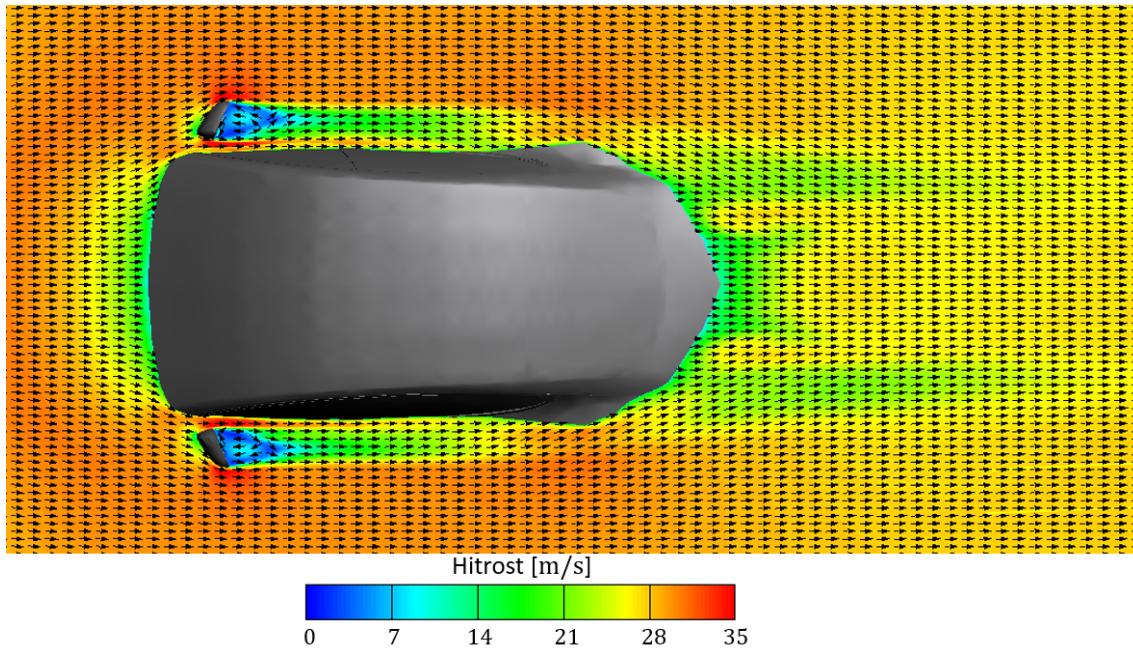
Izvedeni sta bili dve računalniški simulaciji toka zraka, ena za osnovni model vozila in druga za model vozila brez stranskih ogledal. Pri tem nas je zanimal vpliv stranskih ogledal na pretok zraka okoli vozila ter posledica odstranitve ogledal na čelni presek, zračni upor ter doseg vozila.

Slika 8 prikazuje tlačno polje na višini stranskega ogledala. Pred ogledalom opazimo območje povečanega tlaka (oranžno-rdeča barva). Ta pojav je posledica naletavanja toka zraka ob površino, ki je pravokotna glede na smer gibanja toka zraka. Do podobne situacije pride tudi pred sprednjim delom vozila.



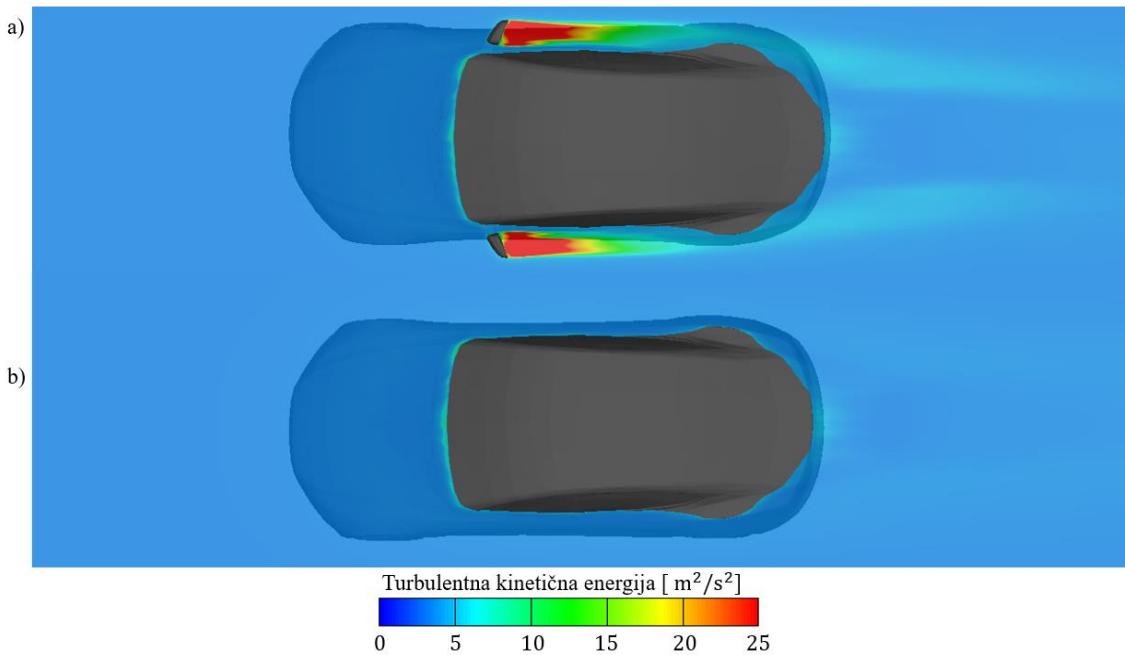
Slika 8. Tlačno polje na višini stranskih ogledal [6].

Obratno se v skladu s pričakovanji tlak za ogledali zmanjša, do česar pride zaradi nenačne spremembe v obliki površine, kateri bi tok zraka sledil še naprej, če bi se ta nadaljevala. Situacijo je moč bolje ponazoriti s hitrostnim poljem (slika 9), na katero za ponazoritev tokovnic apliciramo še enotske vektorje.



Slika 9. Hitrostno polje na višini stranskih ogledal. S pomočjo enotskih vektorjev lahko prikažemo potek toka zraka [6].

S prikazanim hitrostnim poljem se sklada turbulentno polje (slika 10), ki prikazuje območja z večjo kinetično energijo zaradi turbulentenc. Turbulentno polje prikazuje območja v toku, kjer pride do vrtinčenja zraka. Zgornji del slike prikazuje turbulentno polje za osnovni model vozila, spodnji pa za model vozila brez stranskih ogledal. Vpliv stranskih ogledal je moč zaznati tudi za vozilom, ne le neposredno za njimi. Obratno pri modelu brez stranskih ogledal na isti višini ne pride do nobene motnje v pretoku zraka.

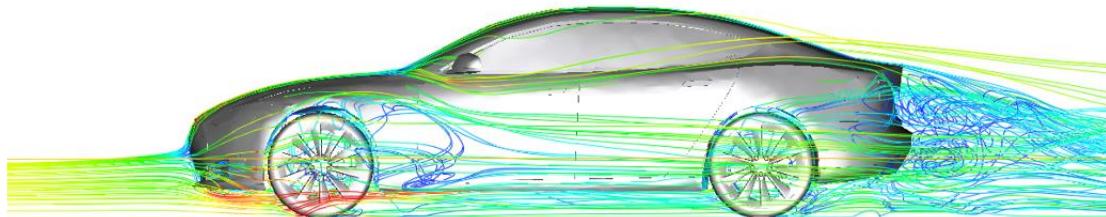


Slika 10. Turbulentno polje okoli vozila a) s stranskimi ogledala in b) brez njih [6].

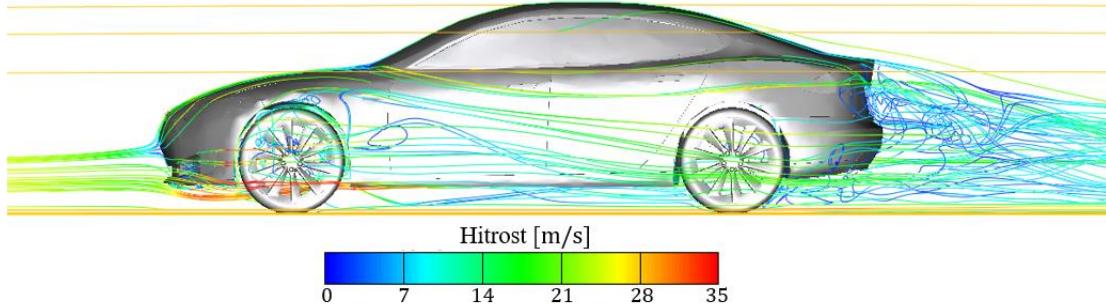
Vrtinčenje zraka in druge omenjene pojave si je lažje predstavljati s tokovnicami (slike 11 in 12), ki lepo ponazorijo tok zraka. Zanimivo je opaziti, da je vozilo oblikovano tako, da tok

zraka usmerja mimo stranskih ogledal, kar zmanjša vpliv le-teh na pretok zraka. Slednje nakazuje na izpopolnjenost aerodynamike vozila.

a)



b)

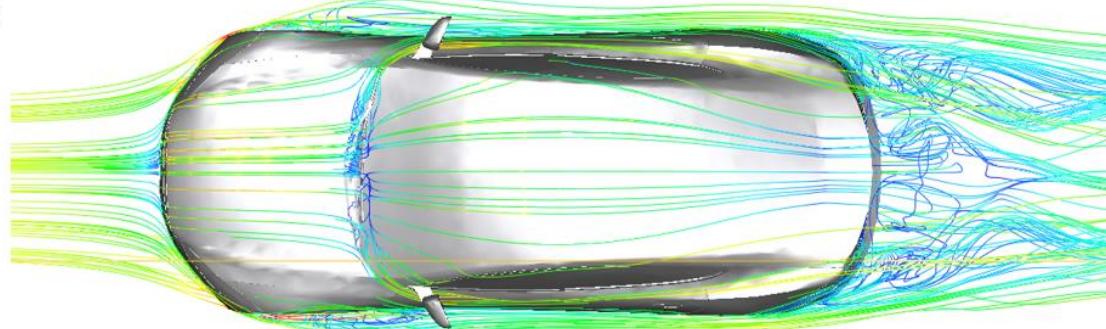


Hitrost [m/s]

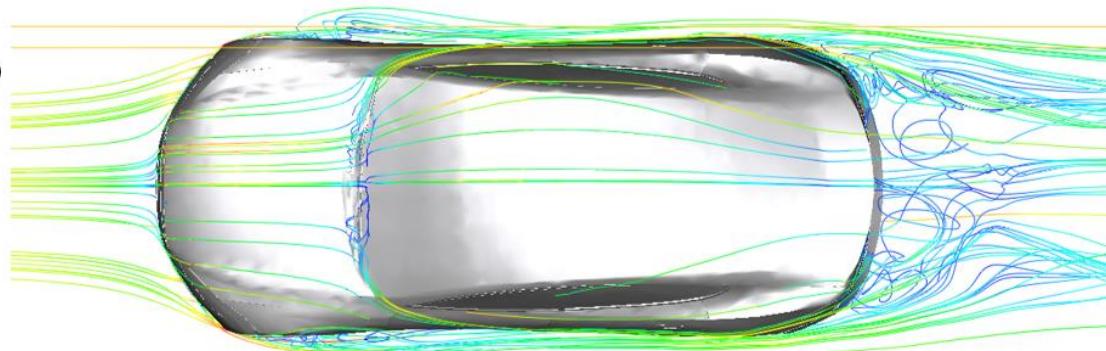
0 7 14 21 28 35

Slika 11. Pogled iz profila na tokovnice zraka okoli vozila a) s stranskimi ogledali in b) brez njih [6].

a)



b)

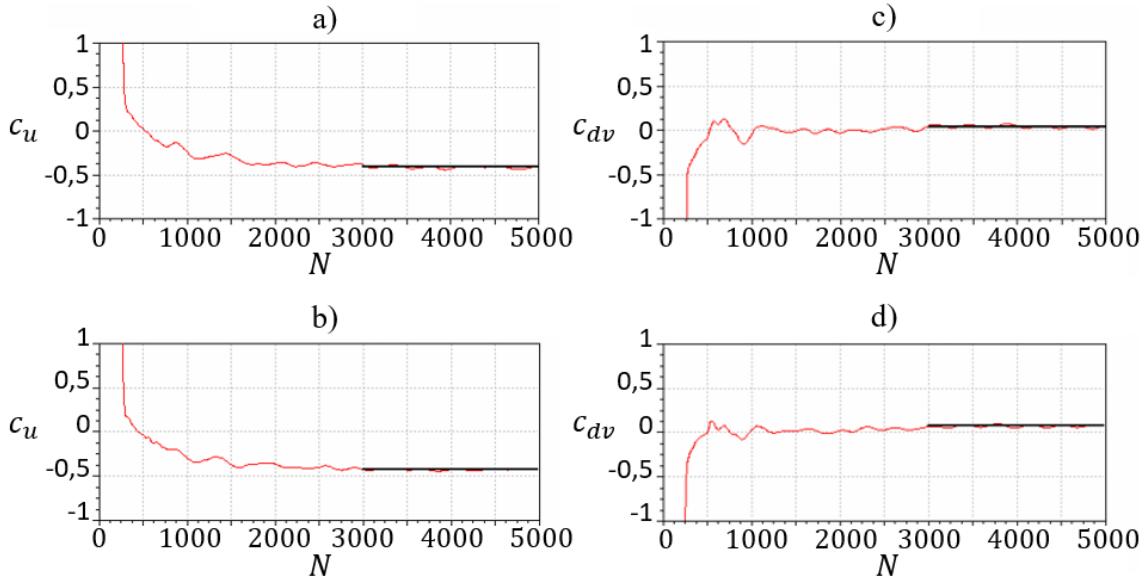


Hitrost [m/s]

0 7 14 21 28 35

Slika 12. Pogled iz tlora na tokovnice zraka okoli vozila a) s stranskimi ogledali in b) brez njih [6].

Slika 13 nam prikazuje koeficiente zračnega upora (c_u) ter dinamičnega vzgona (c_{dv}) v odvisnosti od števila iteracij (N). Koeficient zračnega upora za osnovni model znaša $c_u^{om} = 0,294$, za model brez stranskih ogledal pa $c_u^{bo} = 0,288$, pri čemer razlika znaša 2 % [6]. V primeru dinamičnega vzgona pa je razlika zanemarljiva.



Slika 13. Primerjava koeficienta zračnega upora za a) osnovni model ter b) model brez stranskih ogledal ter primerjava koeficienta dinamičnega vzgona za a) osnovni model ter b) model brez stranskih ogledal [6].

Za oceno spremembe dosega vozila zaradi odstranitve stranskih ogledal potrebujemo dodatni podatek, in sicer čelni presek vozila s stranskimi ogledali (S_{om}) in brez njih (S_{bo}). Spremembo v čelnih presekih ocenimo tako, da najprej pridobimo čelni presek za posamezni model (slika 14). To storimo s pomočjo programskega orodja SolidWorks [9], ki nam omogoča obris čelnega preseka, z dodatno funkcijo pa nato pridobimo površino čelnega preseka.



Slika 8. Čelni presek modela vozila a) s stranskimi ogledali in b) brez njih [6].

Čelni presek osnovnega modela znaša $S_{om} = 2,399 \text{ m}^2$, modela brez stranskih ogledal pa $S_{bo} = 2,315 \text{ m}^2$ [6]. Razmerje med čelnima presekomoma znaša:

$$\frac{S_{bo}}{S_{om}} = 0,965 . \quad (7)$$

Dobljen količnik nam pove, da se čelni presek z odstranitvijo stranskih ogledal zmanjša za 3,5 %.

Sledi ocenitev spremembe v dosegu vozila zaradi odstranitve stranskih ogledal. Pri tem predpostavimo, da se lastnosti baterije, gostote zraka ter hitrosti vožnje ne spremenijo. Ob enakomerni vožnji vozila je vsota vseh sil, ki med vožnjo delujejo na vozilo, enaka 0:

$$F_{potisna} - F_u = 0, \quad (8)$$

Kjer je $F_{potisna}$ potisno silo. Ob tem ima električni motor na razpolago električno energijo shranjeno v bateriji, ki med vožnjo nadomešča v okolico oddano energijo, ter jo pretvarja v mehansko delo (A):

$$A = F_u s, \quad (9)$$

pri čemer je s prevožena pot. Da bi dobili spremembo v dosegu vozila, je treba enačiti delo baterije osnovnega modela z delom baterije modela brez stranskih ogledal, pri tem pa je treba v dobljeno enačbo vstaviti še sili upora iz enačbe (1) za posamezni model. Dobimo:

$$\frac{S_{om}}{S_{bo}} = \frac{S_{bo} c_u^{(bo)}}{S_{om} c_u^{(om)}} = 0,95, \quad (10)$$

kjer sta s_{om} in $c_u^{(om)}$ prevožena pot in koeficient zračnega upora za osnovni model ter s_{bo} in $c_u^{(bo)}$ prevožena pot in koeficient zračnega upora za model brez stranskih ogledal. Iz dobljenih koeficientov vidimo, da ob odstranitvi stranskih ogledal pride do 5 % povečanja v dosegu vozila.

5 ZAKLJUČEK

V članku smo s pomočjo programskega paketa AVL FIRE obravnavali pretok zraka okoli vozila Tesla model S. Zanimalo nas je, kakšen vpliv na pretok zraka ima odstranitev stranskih ogledal ter posledica odstranitve le-teh na čelni presek, koeficient zračnega upora in doseg vozila. Izvedeni sta bili dve računalniški simulaciji in sicer ena za osnovni model ter ena za model brez stranskih ogledal. S pomočjo slik iz tlorisja smo si ogledali spremembe, ki jih odstranitev stranskih ogledal povzroči v hitrostnem, tlačnem in turbulentnem polju (slike 8, 9 in 10). Pretok zraka smo si v pogledu iz profila in tlorisja neposredno ogledali s pomočjo tokovnic (slike 11 in 12), ki nam bolje prikažejo spremembe v toku ter izpostavijo območja vrtinjenja zraka. S pomočjo grafov smo za osnovni model in model brez stranskih ogledal prikazali odvisnost koeficientov zračnega upora ter dinamičnega vzgona od števila iteracij (N), izvedenih v času simulacije. Ugotovili smo, da pri koeficientu dinamičnega vzgona ne pride do omembe vredne spremembe, koeficient zračnega upora pa se zaradi odstranitve stranskih ogledal spremeni za kar 2 %, čelni presek pa je manjši za kar 3 %. Na koncu smo izračunali še vpliv spremembe koeficiente zračnega upora ter čelnega preseka na doseg vozila, za katerega smo ocenili kar 5 % povečanje pri modelu brez stranskih ogledal. Na primeru najnovejše različice vozila Tesla model S, ki v enem polnjenju opravi 540 km [10], bi ta sprememba pomenila dodatnih 30 km.

Zaradi nenatančne geometrije vozila je prišlo do razhajanja v koeficientu zračnega upora, ki je za 25 % večji od koeficiente zračnega upora realnega vozila [10]. Kljub temu pa je pridobljen rezultat o povečanju dosega realen, saj smo obe simulaciji izvedli na enakem približku modela in je napaka v obeh primerih sistematično enaka, zanimala nas je pa razlika med rezultatom.

Rezultate bi tako bilo moč izboljšati z uporabo natančnejše geometrije vozila in z gostejšo računsko mrežo. Prav tako na rezultate vpliva uporaba turbulentnih modelov višjega reda [7] ter tranzientna (časovno odvisna) simulacija. Poudariti je potrebno še, da bi dejanska nadomestitev stranskih ogledal s kamerami povzročila manjšo spremembo v čelnem preseku, kot smo jo upoštevali, in bi tako bila sprememba v dosega nekoliko manjša.

Literatura

- [1] Ansys Fluent. Pridobljeno 8. 8. 2018 iz <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent>.
- [2] Siemens STAR-CCM+. Pridobljeno 8. 8. 2018 iz <https://mdx.plm.automation.siemens.com/star-ccm-plus>.
- [3] AVL FIRE. Pridobljeno 8. 8. 2018 iz <https://www.avl.com/fire>.
- [4] M. Hriberšek, *Uvod v računalniško dinamiko tekočin* (Univerzitetna založba Univerze v Mariboru, Maribor, 2017).
- [5] D. Gačević, J. Viher, *Aerodynamics of F1 race car – Mesh and Result Analysis* (AVL-AST, Maribor, 2018).
- [6] D. Gačević, *Aerodinamika avtomobila Tesla model S*, diplomsko delo (Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru, Maribor, 2018).
- [7] AVL-AST, *FIRE CFD Solver* (priročnik, verzija 2017.1, 2017).
- [8] Q. Wang, Z. Wu, X. Zhu, L. Liu, Y. Zhang, *Analysysis of Aerodynamic Performance of Tesla model S by CFD*, Advances in Engineering Research (AER), 131. izdaja (2017).
- [9] SolidWorks. Pridobljeno 18. 1. 2018 iz <https://www.solidworks.com/>.
- [10] TESLA MOTORS. Pridobljeno 6. 7. 2018 iz <https://www.tesla.com/models>.

Statistični testi za povezanost dveh nominalnih spremenljivk in najpogosteje statistične napake

Statistical tests for a relationship between two nominal variables and most common statistical errors

Tadeja Kraner Šumenjak

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemsko vedu, Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenija

Povzetek

V članku so opisane statistične metode za analizo povezanosti dveh nominalnih spremenljivk, ki se pogosto pojavljajo v različnih tipih raziskav. Najprej je predstavljen eden izmed prvih statističnih testov, ki ga je leta 1900 objavil Pearson, znan kot Pearsonov hi-kvadrat test. Precejšnja pozornost je namenjena metodam, ki ocenjujejo povezanost na 2×2 kontingenčnih tabelah. Podrobnejše je obravnavan Fisherjev eksaktni test, ki je uporaben tudi za velike vzorce. V primeru 2×2 kontingenčnih tabel na ovisnih vzorcih je opisan McNemarjev test, za kontingenčne tabele večjih dimenzij pa njegova pospološitev – Bowkerjev test simetrije. Kadar so rezultati testov, ki so primerni za kontingenčne tabele dimenzijs $m \times n$, kjer je število vrstic ali stolpcev vsaj tri, statistično značilni, je zaželeno, da se razišče podatke s parnimi primerjavi, na primer na osnovi Bonferronijevega ali Holmovega popravka. Obstaja veliko koeficientov za izračun moči povezave. V primeru dveh kategoričnih spremenljivk sta dobro znana Pearsonov kontingenčni in Cramarjev V-koeficient. Poleg opisanih statističnih testov pa v članku opozarjam tudi na najpogosteje statistične napake, ki jih delajo raziskovalci, kadar posegajo po omenjenih testih in pomenijo resen problem v znanstveni in strokovni literaturi.

Ključne besede: Pearsonov hi-kvadrat test, Pearsonov kontingenčni koeficient, Fisherjev eksaktni test, McNemarjev test, Bowkerjev test simetrije, statistične napake.

Abstract

In the paper statistical methods for analyzing the relationship between two nominal variables are investigated, which are often used in different types of research. First of all, one of the first statistical tests, which was introduced by Pearson in 1900, known as Pearson's chi-square test was established. Considerable attention is given to the methods, which assess the correlation for 2×2 contingency tables. In the details Fisher's exact test, which also can be used when sample size is large, is established. In the case of 2×2 contingency tables for dependent samples McNemar's test and for squared contingency tables larger dimensions its generalization Bowker's test of symmetry is described. When the results of statistical test, which can be applied on contingency tables of dimension $m \times n$, where at least number of rows or columns is three, are statistically significant, one can research the data with multiple comparisons on the base of Bonferroni or Holm's correction. There are several coefficients that can be used to calculate the strength of correlation, in the case of two categorical variables are well known Pearson's contingency coefficient and Cramar's V. Besides described statistical procedures, we highlight some of the common statistical errors which can be done using these tests and present serious problem in the research and professional literature.

Key words: Person's hi-square test, Pearson's contingency coefficient, Fisher's exact test, McNemar's test, Bowker's test of symmetry, statistical errors.

1 UVOD

Danes je statistika široko sprejeta in je močno orodje v znanstvenoraziskovalnem procesu, pri čemer se je v zadnjih štirih desetletjih zelo povečala uporaba statističnih metod. Kljub temu obstaja široko soglasje, da so standardi na splošno nizki, saj velik del objavljenih raziskav vsebuje statistične napake in pomanjkljivosti. Problem je resen, saj neustrezna uporaba

statistične analize lahko vodi do napačnih sklepov [6, 18, 20, 21, 30]. V članku so podrobnejše opisani nekateri pristopi, ki se uporabljajo za merjenje korelacije dveh kategoričnih spremenljivk in so pogosto uporabljeni v različnih raziskavah. Vzporedno bomo opozarjali tudi na pasti teh statističnih testov.

Kategorični (nominalni, opisni, atributivni) podatki se pojavljajo na različnih področjih in so zato metode za analizo le-teh potrebne in uporabne [1]. Pri spremenljivkah, ki imajo nominalno mersko lestvico, razvrščamo le-te v kategorije in jih razlikujemo med seboj (npr. nominalne spremenljivke so spol, smer študija, narodnost). Vrednosti nominalnih spremenljivk lahko rekodiramo v števila, vendar njihov vrstni red in izračun povprečja nima nobenega pomena. Zato je za nominalne spremenljivke najbolj primerno izračunati modus, ki nam pove, katera kategorija ima največjo frekvenco (lahko je modusov tudi več). Posebna vrsta nominalne merske skale je dihotomna ali binarna. Ima samo dve kategoriji (npr. spol (M, Ž), strinjanje (DA/NE) itd.).

Nominalni spremenljivki X in Y sta neodvisni, če ne vplivata ena na drugo. Sicer sta spremenljivki odvisni. Za dve odvisni spremenljivki X in Y bomo v tem prispevku uporabljali tudi izraz, da sta korelirani ali povezani. Nepovezanost oz. nekoreliranost pa nam bo pomenila neodvisnost.

2 ANALIZA KONTINGENČNIH TABEL

Pearsonov hi-kvadrat test

Na vzorčnih podatkih združeno opazujmo spremenljivki X in Y , ki imata v in s kategorij; kar prikažemo v obliki dvorazsežne tabele (tabela 1). Seveda je pomembno, da smo vzorčne podatke pridobili po naključni metodi, ker v nasprotnem so lahko sklepi zelo nezanesljivi. Ugotoviti želimo, ali sta spremenljivki korelirani (povezani). Zato zapišemo obe domnevi:

H_0 : spremenljivki sta nekorelirani (neodvisni),

H_1 : spremenljivki sta korelirani (odvisni).

Imena kategorij za spremenljivko X označimo z A_i , pri čemer je $i \in \{1, 2, \dots, v\}$ in podobno, imena kategorij za spremenljivko Y z B_j , pri čemer je $j \in \{1, 2, \dots, s\}$. Z oznako O_{ij} smo označili frekvenco enot, ki so hkrati v razredu A_i in razredu B_j . Frekvenčno porazdelitev, prikazano v tabeli 1, imenujemo dejanska ali opazovana frekvenčna porazdelitev. Če ničelna domneva velja, pričakujemo v celici, ki pripada razredoma A_i in B_j , $E_{ij} = \frac{L_i \cdot C_j}{n}$ enot. Ko izračunamo $v \cdot s$ pričakovanih frekvenc, lahko izračunamo testno statistiko po formuli, ki jo je razvil Pearson [23]

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^s \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}. \quad (1)$$

Izračunano vrednost primerjamo s tabelirano vrednostjo hi-kvadrat porazdelitve pri $PS = (v - 1) \cdot (s - 1)$ prostostnih stopnjah. Če je $\chi^2 \geq \chi^2_\alpha (PS = (v - 1) \cdot (s - 1))$, zavrnemo ničelno hipotezo in pri stopnji značilnosti α trdim, da sta spremenljivki korelirani. V primeru $\chi^2 < \chi^2_\alpha (PS = (v - 1) \cdot (s - 1))$ pa o ničelni hipotezi ne odločimo. Pogoj za uporabo tega testa je, da so vse pričakovane frekvence $E_{ij} \geq 5$, saj se testna statistika porazdeljuje po prej omenjeni porazdelitvi le za velike vzorce; celo več χ^2 statistika hitreje skonvergira k hi-kvadrat porazdelitvi kot v nadaljevanju omenjena G^2 statistika [1]. V veliko virih najdemo manj strogi kriterij, ki ga je predlagal Cochran [7], ki pravi, da nobena pričakovana frekvencia ne sme biti manjša kot ena in največ 20 % pričakovanih frekvenc je

lahko manjših kot 5. Kategorije posamezne spremenljivke se med seboj izključujejo, kar pomeni, da vsaka enota pripada samo eni kategoriji in je šteta samo enkrat. Prav tako so vzorčni podatki za obe spremenljivki med seboj neodvisni [29]. Ker je izračun enostaven in ni potrebno predhodno preverjati dodatnih predpostavk, je uporabnikom na voljo več spletnih kalkulatorjev, ki zahtevajo vnos opazovanih frekvenc in nato izračunajo testno statistiko ter pripadajočo p -vrednost [25].

X/Y	B₁	...	B_j	...	B_s	Skupaj
A₁	O ₁₁		O _{1j}	...	O _{1s}	L ₁
:	:		:		:	:
A_i	O _{i1}	...	O _{ij}	...	O _{is}	L _i
:	:		:		:	
A_v	O _{v1}	...	O _{vj}	...	O _{vs}	L _v
Skupaj	C ₁	...	C _j	...	C _s	n

Tabela 1: Kontingenčna tabela z opazovanimi frekvencami in vrstičnimi ter stolpčnimi vsotami.

Namesto hi-kvadrat testa lahko uporabimo test razmerja verjetij, ki je znan tudi kot G^2 -test in daje podobne rezultate kot hi-kvadrat test, če je ničelna hipoteza pravilna in so pričakovane frekvence dovolj velike. Testna statistika za ta test je

$$G^2 = 2 \sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^s O_{ij} \ln \left(\frac{O_{ij}}{E_{ij}} \right). \quad (2)$$

Izračunano vrednost primerjamo s tabelirano χ^2 vrednostjo pri $PS = (v - 1) \cdot (s - 1)$ prostostnih stopnjah. Test se uporablja tudi pod imenom Kulbackov preizkus. Raziskovalci ga veliko uporabljajo v primeru, ko imajo male vzorce in kadar predpostavka o pričakovanih frekvencah, ki jo zahteva hi-kvadrat test ni izpolnjena, kar pa je v nasprotju z ugotovitvami, da G^2 statistika počasneje skonvergira k hi-kvadrat porazdelitvi [1]. Tudi Guo in Thomson [13] navajata, da ta metoda ne deluje dobro za male vzorce. Lahko pa problem koreliranosti dveh nominalnih spremenljivk rešimo tudi z log-linearnimi modeli, ki so poslošitev hi-kvadrat testa. Vendar v primeru dvorazsežne tabele ta analiza pomeni samo drugo pot do istih rezultatov; po log-linearnih modelih pa bomo posegli, kadar bomo žeeli raziskati povezanost med več kategoričnimi spremenljivkami, saj v tem primeru hi-kvadrat test odpove. Gray in Kinnear [12] v pregledno zapisani publikaciji tudi manj izkušenemu bralcu nazorno predstavita, kako se naredi log-linearna analiza s statističnim programom SPSS. V primeru, da ima spremenljivka več možnih odgovorov, se lahko uporabi Rao-Scottov hi-kvadrat test z modificirano hi-kvadrat statistiko [28].

Obstajata dva tipa napak v povezavi s hi-kvadrat testom. Namreč, na voljo je več statističnih testov za katere se testna statistika porazdeljuje po hi-kvadrat porazdelitvi (preizkušanje domneve o porazdelitvi spremenljivke, povezanost dveh opisnih spremenljivk, Rao-Scottov hi-kvadrat test itd.). Če ne povemo, za kateri statistični test gre, je težko ugotoviti, ali je bil test pravilno uporabljen ali ne. Druga napaka je, če naredimo hi-kvadrat preizkus, pa bi bil bolj primeren kateri od drugih preizkusov; nekateri izmed njih so tudi omenjeni v tem članku. Narobe je tudi, če uporabimo hi-kvadrat preizkus, pa je pričakovana frekvenca majhna [16]. Za članke napisane v APA-stilu je bil narejen R-paket t. i. »statcheck«, ki na podlagi podane χ^2 testne statistike, prostostnih stopenj in p -vrednosti ugotovi, ali je v članku napaka.

Program deluje tudi za t , F , r in z statistiko [9]. Nuijten in sod. [21] so s pomočja tega statističnega paketa pregledali 250 000 p -vrednosti v osmih glavnih psiholoških revijah med leti 1985 in 2013 ter ugotovili, da v polovici člankov vsaj ena p -vrednost ni konsistentna s testno statistiko in stopnjo prostosti, 13 % člankov pa je vsebovalo napake, ki so vplivale na zaključke (neznačilni rezultati so bili npr. poročani kot statistično značilni).

Pearsonov hi-kvadrat test in njegovi popravki za analizo 2x2 kontingenčnih tabel

V statistiki je velika pozornost (predvsem v primerjalnih in presečnih raziskavah) namenjena 2x2 kontingenčnim tabelam (tabela 2). Večina avtorjev pri velikih vzorcih priporoča hi-kvadrat test in pri malih Fisherjev eksaktni test (znan tudi kot Fisher-Irwinov test), ki bo opisan v naslednjem razdelku. Obstajajo pa nesoglasja glede mej med malimi in velikimi vzorci in katera verzija omenjenih testov je najbolj primerna [29]. V originalni verziji hi-kvadrat testa za 2x2 tabele, ki sta ga vpeljala Pearson [23] in Fisher [10], izraz

$$\chi^2 = \frac{(ad-bc)^2 n}{c_1 c_2 l_1 l_2} \quad (3)$$

primerjamo s tabelirano vrednostjo hi-kvadrat distribucije pri eni prostostni stopnji ($PS = 1$). Yates [33] je predlagal popravek statistike (3) za zveznost

$$\chi^2 = \frac{(|ad-bc| - \frac{1}{2}n)^2 n}{c_1 c_2 l_1 l_2}. \quad (4)$$

V literaturi so razhajanja o tem, kdaj se ta popravek naredi, nekateri so mnenja, da vedno, drugi, kadar je pričakovana frekvence manjša kot 5, nekateri manjša kot 10 [29]. Zasledimo tudi » $n - 1$ « hi-kvadrat test, ki ima testno statistiko enako

$$\chi^2 = \frac{(ad-bc)^2 (n-1)}{c_1 c_2 l_1 l_2} \quad (5)$$

in se prav tako porazdeljuje po hi-kvadrat porazdelitvi z eno prostostno stopnjo. Vpeljal ga je sin Karla Pearsona E. S. Pearson [22]. Campbell [4] ga priporoča takrat, ko je minimalna pričakovana frekvencia vsaj 1. Na spletu najdemo tudi kalkulator za omenjeni test [5].

X/Y	B ₁	B ₂	Skupaj
A ₁	a	b	l ₁
A ₂	c	d	l ₂
Skupaj	c ₁	c ₂	n

Tabela 2: Dvakrat dva kontingenčna tabela z opazovanimi frekvencami in vrstičnimi ter stolpcnimi vsotami.

Fisherjev eksaktni test za analizo 2x2 kontingenčnih tabel

Ta test se v literaturi omenja pod različnimi imeni, verjetno najpogosteje kot Fisherjev eksaktni test. Test sta neodvisno odkrila Fisher in Irwin in je poseben zato, ker direktno izračuna signifikanco ali p -vrednost [4]. Prvi je ta test objavil Fisher v knjigi Statistical Methods for Research Workers, ki je prvič izšla leta 1925. Deset let kasneje je Irwin neodvisno objavil članek, v katerem je uporabil eksaktni test, zato ga nekateri viri imenujejo

tudi Fisher-Irwinov test [14]. Test temelji na hipergeometrijski porazdelitvi (tabela 3), ki ima verjetnostno funkcijo

$$p_k = \frac{\binom{M}{k} \binom{N-M}{n-k}}{\binom{N}{n}}, \quad (6)$$

kjer so $k \leq n \leq \min(M, N - M)$ dani parametri. Opisuje verjetnost dogodka, da je med n izbranimi kroglicami natanko k belih, če je v posodi M belih in $N - M$ črnih kroglic in izbiramo n -krat brez vračanja.

	Črna	Bela	Skupaj
DA	$n-k$	k	n
NE	$N-M-n+k$	$M-k$	$N-n$
Skupaj	$N-M$	M	N

Tabela 3: Hipergeometrijska porazdelitev.

Primer 2: Psihologi so ugotavljali, ali je fotografski spomin odvisen od spola (izmišljeni podatki).

Opazovana porazdelitev	Moški	Ženske	Skupaj
Fotografski spomin (DA)	3	2	5
Fotografski spomin (NE)	5	4	9
Skupaj	8	6	14
Porazdelitev 1			
Fotografski spomin (DA)	4	1	5
Fotografski spomin (NE)	4	5	9
Skupaj	8	6	14
Porazdelitev 2			
Fotografski spomin (DA)	5	0	5
Fotografski spomin (NE)	3	6	9
Skupaj	8	6	14
Porazdelitev 3			
Fotografski spomin (DA)	2	3	5
Fotografski spomin (NE)	6	3	9
Skupaj	8	6	14
Porazdelitev 4			
Fotografski spomin (DA)	1	4	5
Fotografski spomin (NE)	7	2	9
Skupaj	8	6	14
Porazdelitev 5			
Fotografski spomin (DA)	0	5	5
Fotografski spomin (NE)	8	1	9

Skupaj	8	6	14
--------	---	---	----

Tabela 4: Opazovana porazdelitev in preostale porazdelitve.

Oglejmo si, kako test deluje. Ničelna hipoteza trdi, da je fotografski spomin neodvisen od spola. Na osnovi tabele 4 izračunamo verjetnost za opazovano porazdelitev in vse porazdelitve, ki imajo enake vrstične in stolpčne vsote kot opazovana porazdelitev, pri čemer vse možne porazdelitve konstruiramo za tisto vrstico ali stolpec, ki ima najmanjšo obrobno vsoto (v našem primeru je to prva vrstica).

$$p_o = \frac{\binom{8}{3}\binom{6}{2}}{\binom{14}{5}} = 0,4196, p_1 = \frac{\binom{8}{4}\binom{6}{1}}{\binom{14}{5}} = 0,2098, p_2 = \frac{\binom{8}{5}\binom{6}{0}}{\binom{14}{5}} = 0,0280,$$

$$p_3 = \frac{\binom{8}{2}\binom{6}{3}}{\binom{14}{5}} = 0,2797, p_4 = \frac{\binom{8}{1}\binom{6}{4}}{\binom{14}{5}} = 0,0599, p_5 = \frac{\binom{8}{0}\binom{6}{5}}{\binom{14}{5}} = 0,0030.$$

Skupna vsota zgornjih vrednosti je enaka 1 in je v našem primeru enaka p-vrednosti pri dvostranskem testu, saj p-vrednost pri dvostranskem testu dobimo kot vsoto p-vrednosti, ki so manjše ali enake od p-vrednosti opazovane porazdelitve. Od tod lahko sklepamo, da pri stopnji tveganja 0,05 ničelne hipoteze o neodvisnosti ne moremo zavrniti. Izračun lahko naredimo tudi s spletnim kalkulatorjem [26].

V primeru 2×3 tabel se lahko naredi Freeman-Haltonova [11] razširitev Fisherjevega eksaktnega testa ali pa se združijo kategorije. Test lahko naredimo tudi na kontingenčnih tabelah večjih dimenzij. Vendar se hitro izkaže, da izračuni postanejo neobladljivi celo za računalnik (število porazdelitev zelo hitro narašča). Zato se uporablajo Monte Carlo simulacije, to pomeni, da računalnik naključno izbere na primer 10 000 porazdelitev, ki imajo enake vrstične in stolpične vsote kot opazovana porazdelitev. Potem računalnik prešteje, koliko porazdelitev ima ocenjeno hi-kvadrat statistiko večjo ali enako, kot jo ima opazovana porazdelitev. Če je npr. takih porazdelitev 40, je Monte Carlo ocena za p-vrednost pri dvostranskem testu enaka $40/10000 = 0,0040$. Poudarimo še, da se na ta način izračun p-statistike od primera do primera razlikuje.

3 ANALIZA KONTINGENČNIH TABEL ZA ODVISNE VZORCE

McNemarjev test

McNemarjev test je bil prvič objavljen v reviji Psychometrika, iznašel ga je Quinn McNemar, ki je bil profesor na oddelku za psihologijo in statistiko univerze v Standfordu [19]. Poleg predpostavke, da sta vzorca odvisna, mora biti zagotovljena naključna izbira iz populacije; enote so med seboj neodvisne, kategoriji se med seboj izključujeta in test ni uporaben za male vzorce (v tem primeru se izračuna eksaktna binomska porazdelitev). Viri niso enotni glede najmanjše velikosti vzorca, za katerega še lahko izračunamo McNemarjevo testno statistiko, ki se porazdeljuje po hi-kvadrat porazdelitvi z eno prostostno stopnjo. Nekateri viri v primeru malih vzorcev priporočajo izračun popravka za zveznost. Poslošitev McNemarjevega testa na več kot dva odvisna vzorca je Cochranov Q test, ki v primeru dveh odvisnih vzorcev da enake rezultate kot McNemarjev test [29]. Test je uporaben za raziskave v družboslovju, če želimo na primer ugotoviti, ali se je mnenje do določenega problema (trditve) spremenilo po preteku neka časa. Na začetku in po preteku nekega časa anketiramo isto skupino ljudi, torej imamo odvisna vzorca. Na podlagi večletnih izkušenj lahko trdimo, da nekateri študenti in raziskovalci ne ločijo med odvisnimi in neodvisnimi vzorci. Tudi Strasak in sod. to uvrščajo

med eno izmed pasti statistike [30]. Spomnimo se, da sta vzorca odvisna, če podatki izhajajo iz iste populacije. V primeru, ko pa podatki izhajajo iz različnih populacij, rečemo, da sta vzorca neodvisna.

Primer 3: Za motivacijo vzemimo naslednje izmišljene podatke. Predavatelj je želel ugotoviti, ali je bilo predavanje učinkovito oz. ali so študenti po predavanju spremenili mnenje (strinjanje) z določeno trditvijo. Za sto naključno izbranih študentov so frekvence odgovorov prikazane v tabeli 5.

Pred predavanjem	Po predavanju		
	Se strinjam	Se ne strinjam	Skupaj
Se strinjam	15 (a)	40 (b)	55 (a+b)
Se ne strinjam	25 (c)	20 (d)	45 (c+d)
Skupaj	40 (a+c)	60 (b+d)	100 (n)

Tabela 5: Podatki za primer 3.

Ničelna hipoteza za ta primer trdi, da se mnenje študentov ni spremenilo, tedaj je v splošnem

$$\frac{a+b}{a+b+c+d} = \frac{a+c}{a+b+c+d}, \quad (7)$$

kar je ekvivalentno $b = c$ oz. $\frac{b}{b+c} = \frac{c}{b+c} = 0,5$. Enako dobimo tudi, če izhajamo iz $\frac{b+d}{a+b+c+d} = \frac{c+d}{a+b+c+d}$. Testna statistika se izračuna po obrazcu

$$\chi^2 = \frac{(b - c)^2}{b + c}. \quad (8)$$

Za podatke iz tabele 5 znaša $\chi^2 = 3,46$. Kritična vrednost za dvostranski test je $\chi^2_{0,05}(1) = 3,84$, kar pomeni, da pri 5 % tveganju ne moremo trditi, da se je mnenje spremenilo. Izračun lahko naredimo s spletnim kalkulatorjem [17]. V literaturi lahko najdemo več razširitev in pospološitev tega testa [3, 8, 31, 32].

Bowkerjev test simetrije

Razširitev McNemarjevega testa na več kot dve kategoriji pri dveh odvisnih vzorcih je naredil Bowker [3]. S tem testom ocenjujemo, kdaj so podatki $n \times n$ razsežne tabele simetrični glede na glavno diagonalo. Test se veliko uporablja v socioloških in psiholoških raziskavah, kadar se meri spremembra mnenja, odnosa do določenega problema [27].

Predpostavimo, da ocenjevalca A in B razvrščata vzorec z n enotami v k različnih kategorij. Dobljeni podatki so dani v obliki $k \times k$ razsežne kontingenčne tabele. Polje n_{ij} predstavlja število enot, ki jih je ocenjevalec A razvrstil v razred i in ocenjevalec B v razred j , kjer $i, j \in \{1, 2, \dots, k\}$. Polje n_{ji} pa predstavlja število enot, ki jih je ocenjevalec A razvrstil v razred j in ocenjevalec B v razred i , kjer $i, j \in \{1, 2, \dots, k\}$. Ničelna hipoteza trdi, da je matrika simetrična, tedaj je $n_{ij} = n_{ji}$ za vsak $i > j$, pri čemer sta $i, j \in \{1, 2, \dots, k\}$ oziroma $\frac{n_{ij}}{n_{ij} + n_{ji}} = \frac{n_{ji}}{n_{ij} + n_{ji}} = 0,5$. Alternativna hipoteza pa trdi, da vsaj za en par vrednost ni enaka tj. $\frac{n_{ij}}{n_{ij} + n_{ji}} \neq \frac{n_{ji}}{n_{ij} + n_{ji}}$ za neka i in j , pri čemer je $i > j$. Testna statistika se podobno kot v primeru 2×2 razsežne tabele (glej McNemarjev test, enačba (8)) izračuna po formuli

$$\chi^2 = \sum_{j=i+1}^k \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(n_{ij} - n_{ji})^2}{n_{ij} + n_{ji}} \quad (9)$$

in se porazdeljuje po hi-kvadrat porazdelitvi s $\frac{k(k-1)}{2}$ prostostnimi stopnjami. V primeru, da je izračunana vrednost večja ali enaka tabelirani vrednosti, ničelno hipotezo zavrnemo pri izbrani stopnji tveganja.

Primer 4: V neki raziskavi so anketirance spraševali o mnenju glede neke določene trditve. Na voljo so bili trije odgovori (anketiranec je lahko izbral le enega). Po določenem času so iste osebe anketirali še enkrat in dobili podatke, prikazane v tabeli 6 (izmišljeni podatki).

Prej	Potem		
	Odgovor A	Odgovor B	Odgovor C
Odgovor A	10	9	1
Odgovor B	16	11	7
Odgovor C	9	11	16

Tabela 6: Podatki za primer 4.

Ničelna hipoteza trdi, da je matrika simetrična, kar pomeni, da se razmerje med odgovori ni spremenilo. Za te podatke je testna statistika $\chi^2 = 1,92 + 6,40 + 0,89 = 9,21$. Ker je $k = 3$, je $PS = \frac{k(k-1)}{2} = \frac{3 \cdot 2}{2} = 3$. Tabelirana vrednost pri stopnji tveganja 0,05 znaša 7,815. Ker je izračunana vrednost večja od tabelirane vrednosti, ničelno hipotezo zavrnemo, kar pomeni, da se vsaj en odgovor ne pojavlja z enako verjetnostjo po preteku nekega časa.

4 TESTI MNOGOTERIH PRIMERJAV

Kadar nam Bowkerjev test simetrije ali hi-kvadrat test za tabele, ki so večje dimenzije kot 2×2 , pokaže, da so razlike statistično značilne, je zaželeno, da se podatke razišče s parnimi primerjavami (število vseh parnih primerjav, bomo označili z m), posledično imamo hkrati opravka z večjim številom med seboj odvisnih primerjav, zato je verjetnost za napako prve vrste bistveno večja od naprej predpisane α . V literaturi se v tem primeru, ker je izračun enostaven, večkrat pojavlja Bonferronijev popravek [2], ki pa med statistiki ni najbolj zaželen [24]. Predlagal je izračun prilagojene stopnje tveganja $\frac{\alpha}{m}$, kar pomeni, da bodo razlike statistično značilne pri stopnji tveganja α , ko bo signifikanca manjša ali enaka od prilagojene stopnje tveganja. Ta popravek je strog, zato je primernejši na primer Holmov popravek [15], pri katerem p -vrednosti uredimo od najmanjše do največje (p_1, p_2, \dots, p_m). Poiščemo najmanjšo p -vrednost, ki zadošča pogoju

$$p_k > \frac{\alpha}{m+1-k}, \quad (10)$$

pri čemer je k indeks. Vse manjše p -vrednosti od p_k so statistično značilne. Če je prva vrednost p_1 večja od $\frac{\alpha}{m}$, potem nobena primerjava ni signifikantna, sicer postopek nadaljujemo in primerjamo p_2 z $\frac{\alpha}{m-1}$; če velja neenakost ($p_2 > \frac{\alpha}{m-1}$), potem je primerjava, ki ima pripadajočo signifikanco p_1 statistično značilna pri stopnji α , v nasprotnem postopek spet

ponovimo. Lang [18] opozarja, da nekateri raziskovalci v člankih ne poročajo, ali je bila upoštevana prilagojena stopnja tveganja ter kako se je izračunal popravek.

Primer 5: S pomočjo Bonferronijevega in Holmovega popravka bomo za primer 4 pogledali, med katerimi pari so razlike statistično značilne. Iz tabele 6 naredimo tri tabele dimenzijske 2×2 , ki so združene v tabeli 7. Za vsak odgovor naredimo McNemarjev test (tabela 8). Ker je prilagojena stopnja tveganja pri Bonferronijevemu popravku enaka 0,017, lahko pri 5 % tveganju sklepamo, da se odgovor A ne pojavlja z enako pogostostjo po preteklu nekega časa ($\text{sig.} = 0,011$). Medtem pa smo s Holmovim popravkom dobili statistično značilne razlike poleg odgovora A še za odgovor C ($\text{sig.} = 0,023$). Slednje ni težko videti; signifikanco 0,023 primerjamo z vrednostjo $\frac{\alpha}{2} = 0,025$. Ker je vrednost manjša, postopek nadaljujemo. Nazadnje signifikanco pri odgovoru B ($\text{sig.} = 0,647$) primerjamo z vrednostjo $\alpha = 0,05$. Ker je zadnja signifikanca večja, sta dve primerjavi statistično značilni [27].

Prej	Potem		
	Odgovor A (DA)	Odgovor A (NE)	Skupaj
Odgovor A (DA)	10	10	20
Odgovor A (NE)	25	45	70
Skupaj	35	55	90
	Odgovor B (DA)	Odgovor B (NE)	Skupaj
Odgovor B (DA)	11	23	34
Odgovor B (NE)	20	36	56
Skupaj	31	59	90
	Odgovor C (DA)	Odgovor C (NE)	Skupaj
Odgovor C (DA)	16	20	36
Odgovor C (NE)	8	46	54
Skupaj	24	66	90

Tabela 7: Preoblikovani podatki iz tabele 6 za parne primerjave.

Parne primerjave	McNemarjev test	Bonferronijev	Holmov
		popravek	popravek
		Statistična značilnost (0,05)	
Odgovor A	$\chi^2 = 6,43$ ($\text{sig.} = 0,011$)	DA	DA
Odgovor B	$\chi^2 = 0,21$ ($\text{sig.} = 0,647$)	NE	NE
Odgovor C	$\chi^2 = 5,14$ ($\text{sig.} = 0,023$)	NE	DA

Tabela 8: Bonferronijev in Holmov popravek.

5 KOEFICIENTI ZA MERJENJE MOČI POVEZAVE

Za merjenje moči povezave (tudi velikost učinka) se uporablajo različni koeficienti. Pri velikih vzorcih lahko dobimo statistično značilne razlike, vendar je učinek majhen (srednji ali pa velik). Bralcu je gotovo znan Pearsonov korelačijski koeficient, ki je mera za moč linearne povezave za dve številski spremenljivki. Za poljubno kontingenčno tabelo lahko izračunamo kontingenčni koeficient (Pearsonov kontingenčni koeficient), ki se računa

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + n}}, \quad (11)$$

kjer je χ^2 izračunana testna statistika za kontingenčno tabelo in je n število vseh opazovanih enot. Ker je n neničelno število, je $0 \leq C < 1$. Cohen je vpeljal w -indeks, ki se izračuna $w = \sqrt{\frac{C^2}{1-C^2}}$. Po Cohenu se uporablja za vrednosti indeksa w od 0,1 do 0,3 za majhen, nad 0,3 do 0,5 za zmerni in od 0,5 naprej za veliki učinek.

Cramerjev V -koeficient je prav tako mera korelacije za dve nominalni spremenljivki, zavzame vrednosti med 0 in 1 in se računa po formuli

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \cdot df}} \quad (12)$$

pri čemer je $df = \min(v - 1, s - 1)$ in v pomeni število vrstic in s število stolpcev. Izpeljava koeficiente temelji na dejstvu, da je maksimalna vrednost testne statistike enaka imenovalcu pod korenom formule. Cohen je podal obrazec, po katerem se iz Cramarjevega V -koeficiente izračuna w -indeks: $w = V\sqrt{k - 1}$ [29].

Literatura

- [1] Agresti, A. (2007). *An Introduction to Categorical Data Analysis (second edition)*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- [2] Bonferroni, C. E. (1935). Il calcolo delle assicurazioni su gruppi di teste. *Studi in Onore del Professore Salvatore Ortu Carboni* (Rome), 13–60.
- [3] Bowker, A. H. (1948). A Test for Symmetry in Contingency Tables. *Journal of the American Statistical Association*, 43 (244), 572–574.
- [4] Cambell, I. (2007). Chi-squared and Fisher-Irwin tests of two-by-two tables with small sample recommendations. *Statist. Med.*, 26, 3661–3675.
- [5] Campbell, I. (2006). Chi squared test calculator for two-by-two tables [Computer software].
Pridobljeno: 16. 10. 2018: <http://www.iancampbell.co.uk/twobytwo/calculator.htm>
- [6] Cañadas, C., Batanero, C., Díaz, C., in Roa, R. (2012). Psychology students' understanding of the chi-squared test. *Statistique et Enseignement*, 3(1), 3–18.
- [7] Cochran, W. G. (1952). The chi-square goodness-of-fit test. *Annals of Mathematical Statistics*, 23, 315–345.
- [8] Dayton C. M. (2017). A Reinterpretation and Extension of McNemar's Test. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 16(1), 20–33.
- [9] Epskamp, S., in Nuijten, M. B. (2015). statcheck: Extract statistics from articles and recompute p values. R package version 1.0.1. Dosegljivo na: <http://CRAN.R-project.org/package=statcheck>
- [10] Fisher, R. A. (1922). On the interpretation of χ^2 from contingency tables, and the calculation of P. *Journal of the Royal Statistical Society*, 85, 87–94.
- [11] Freeman, G. H., in Halton, J. H. (1951). Note on an exact treatment of contingency, goodness of fit and other problems of significance. *Biometrika*, 38, 141–149.
- [12] Gray, C. D., in Kinnear, P. R. (2012). *IBM SPSS statistics 19 made simple*. Hove: Psychology Press.
- [13] Guo, S. W., in Thomson, E. A. (1989). Analysis of sparse contingency tables: Monte Carlo estimation of exact p-values. Tech rep 187. Department of Statistics, University of Washington, Seattle, Washington. Pridobljeno: 16. 10. 2018:
<https://www.stat.washington.edu/research/reports/1989/tr187.pdf>

- [14] Hitchcock, D. B. (2009). Yates and Contingency Tables: 75 Years Later. *Electronic Journal for History of Probability and Statistics* 5, 14 page. Pridobljeno: 16. 10. 2018: <http://people.stat.sc.edu/Hitchcock/yates75tech.pdf>
- [15] Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6, 65–70.
- [16] Huxley, P. (1986). Statistical errors in the British Journal of Social Work, Volumes 1-14. *British Journal of Social Work* 16:645–58.
- [17] Kalkulator-McNemarjev test. Pridobljeno: 16. 10. 2018: <https://www.easycalculation.com/statistics/mcnemars-statistics-test.php>
- [18] Lang, T. (2004). Twenty Statistical Errors Even YOU Can Find in Biomedical Research Articles. *Croatian Med. J.* 45(4), 361–370.
- [19] McNemar, Q. (1947). Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages. *Psychometrika* 12 (2), 153–157.
- [20] Nuijten, M. B. (2016). Preventing statistical errors in scientific journals. *European Science Editing*, 42, 1, 8–10.
- [21] Nuijten, M. B., Hartgerink, C. H. J., van Assen, M. A. L. M., Epskamp, S., in Wicherts, J. M. (2016). The prevalence of statistical reporting errors in psychology (1985-2013). *Behavior Research Methods*, 48 (4), 1205–1226.
- [22] Pearson, E. S. (1947). The choice of statistical tests illustrated on the interpretation of data classed in a 2×2 table. *Biometrika*, 34, 139–167.
- [23] Pearson, K. (1900). On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *Philosophical Magazine Series 5*, 50, 157–172.
- [24] Perneger, T.V. (1998). What's wrong with Bonferroni adjustments. *Brit. Med. J.*, 316, 1236–1238.
- [25] Preacher, K. J. (2001). Calculation for the chi-square test: An interactive calculation tool for chi-square tests of goodness of fit and independence [Računalniški software]. Pridobljeno: 16. 10. 2018: <http://quantpsy.org/calc>
- [26] Preacher, K. J. in Briggs, N. E. (2001). Calculation for Fisher's Exact Test: An interactive calculation tool for Fisher's exact probability test for 2×2 tables [Računalniški software]. Pridobljeno: 16. 10. 2018: <http://quantpsy.org/calc>
- [27] Salkind, N. L. (2007). *Encyclopedia of Measurement and Statistics, Volume1*. Thousand Oaks, London, New Delhi, Sage Publications.
- [28] Scott A. (2007). *Rao-Scott Corrections and Their Impact*, Proceedings of the Survey Research Methods Section, ASA. Pridobljeno: 16. 10. 2018: <http://ww2.amstat.org/sections/srms/Proceedings/y2007/Files/JSM2007-000874.pdf>
- [29] Sheskin, D. J. (2000). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures*. 2nd ed. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC.
- [30] Strasak, A. M., Zaman, Q., Pfeiffer, K., Gobel, G., in Ulmer, H. (2007). Statistical Errors in Medical Research – A Review of Common Pitfalls. *Swiss Medical Weekly* 137(3/4): 44–49.
- [31] Stuart, A. (1955). A test for homogeneity of the marginal distributions in a two-way classification. *Biometrika*, 42(3/4), 412–416.
- [32] Sun, X., in Yang, Z. (2008). Generalized McNemar's Test for Homogeneity of the Marginal Distributions. In SAS Global Forum. Cary, NC: SAS Institute.
- [33] Yates, F. (1934). Contingency tables involving small numbers and the χ^2 test. *Journal of the Royal Statistical Society Supplement*, 1, 217–235.

Konstrukcija merilnega sistema za določanje prenosa toplotne s telesa na tekočino

Construction of the measuring system for determining the transmission of the heat from the body to the liquid

Gašper Zajc, Mitja Slavinec, Eva Klemenčič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor

Povzetek

V članku teoretično in eksperimentalno obravnavamo hlajenje modela človeške roke z vsiljeno konvekcijo. V ta namen konstruiramo merilno napravo in izpeljemo analitično rešljivo enačbo za izračun temperature vzdolž modela roke v odvisnosti od hitrosti tekočine. Teoretične napovedi se pri manjših hitrostih tekočine dobro ujemajo z eksperimentalnimi rezultati.

Ključne besede: vsiljena konvekcija, merilni sistem, hitrost tekočine, hlajenje telesa, model človeške roke

Abstract

In the article, we make a theoretical and experimental approach to cooling of a human arm model by forced convection. We build a measuring system and develop an analytical model connecting the cylinder surface temperature and fluid speed. At low fluid speeds and within the framework of measurement errors we obtain a good agreement of theoretical and experimental results.

Key words: forced convection, measuring system, fluid speed, body cooling, human arm model

1 UVOD

Aktivnosti v vodi so priljubljena prostočasna ali športna aktivnost. Pri tem se voda giblje glede na človeka v njej. Iz izkušenj vemo, da hiter vodni tok poveča toplotni tok s telesa na vodo, kar pospeši ohlajanje človeškega telesa. Zapisano ne velja le za vodo, temveč za vse tekočine. Razlog je vsiljena konvekcija, to je vrsta konvekcije, kjer tok tekočine povzroči neka zunanjega tlaka sila. Prenos toplotne z ravne plošče, pri čemer je ena stran plošče pri konstantni temperaturi, drugo stran pa hladi naravna ali vsiljena konvekcija, sta leta 2013 analitično in numerično obravnavala Lindstet in Karvinen [1]. Pri znanih dimenzijah plošče in snovnih konstantah, kot so toplotna prevodnost plošče in tekočine ter toplotna prestopnost tekočine, sta spremenjala hitrost tekočine ter izračunala temperaturo na obliki strani plošče pri različnih hitrostih tekočine.

V članku opisujemo razmere, ko namesto ravne plošče, z vsiljeno konvekcijo hladimo cilinder, ki predstavlja model dela človeškega telesa (roke, noge, trupa). V teoretičnem delu izpeljemo enačbe za analitični izračun temperature vzdolž plasti cilindra v odvisnosti od hitrosti vode in predstavimo rezultate teoretične napovedi. Nato sledi eksperimentalni del, v katerem opišemo merilno napravo, potek meritev in rezultate. Na koncu rezultate primerjamo in analiziramo.

2 TEORETIČNI DEL

Za obravnavo in iskanje rešitve zadanega problema je ključno poznavanje toplotne prenosa toplotne.

2.1 Toplota in prenos toplotne

Toplota (Q), ki jo dovedemo ali odvedemo telesu z maso m in specifično toploto c , da se njegova temperatura spremeni za ΔT , je enaka:

$$Q = mc\Delta T. \quad (1)$$

Sistem, ki ima višjo temperaturo od okolice, okolici toploto oddaja, sistem z nižjo temperaturo od okolice pa od okolice toploto prejema. Če imata telo in okolica enako temperaturo, se toplota med njima sicer pretaka, a telo prejme toliko toplotne, kot je odda. Pravimo, da sta telo in okolica v termodinamičnem ravovesju [2].

Toplota se med telesoma, ki nista v termodinamičnem ravovesju, lahko prenaša s prevajanjem, konvekcijo in sevanjem. Fizikalno količino, ki podaja preneseno toploto (dQ) v enoti časa (dt), imenujemo toplotni tok P_Q :

$$P_Q = \frac{dQ}{dt}. \quad (2)$$

Znak d pišemo, ker toplota (Q) ni lastnost snovi (ni funkcija stanja). Osredotočimo se na dva mehanizma prenosa toplotne: prevajanje in konvekcijo.

Toplota se med telesoma prevaja, ko sta telesi v neposrednem stiku. Toplotni tok teče od telesa z višjo temperaturo do telesa z nižjo temperaturo, dokler ni doseženo termodinamično ravovesje. Toplotni tok zaradi prevajanja (P_P) je enak [3]:

$$P_P = -\lambda S \nabla T, \quad (3)$$

pri čemer je S površina, skozi katero teče toplotni tok, ∇T gradient temperature in λ toplotna prevodnost snovi. Negativni predznak v enačbi (3) pove, da toplotni tok teče z mesta z višjo temperaturo proti mestu z nižjo temperaturo.

Pri konvekciji toploto prenaša tekočina, ki teče ob telesu. Glede na vzrok gibanja tekočine ločimo naravno in vsiljeno konvekcijo. Pri naravnji konvekciji telo z višjo temperaturo od tekočine tekočini oddaja toploto. Del tekočine ob telesu se pri tem segreje, razširi in postane redkejši. Zaradi vzgona se segreti del tekočine dvigne, nadomesti pa ga hladnejši del. Pri naravnji konvekciji je gibanje tekočine torej rezultat toplotnega tok P_K s telesa na tekočino:

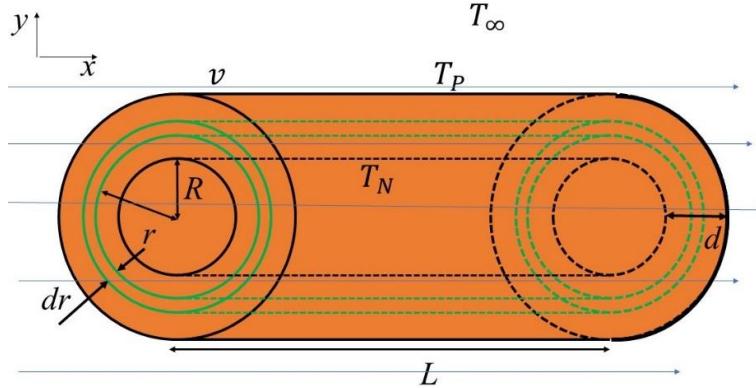
$$P_K = \Lambda S(T - T_T), \quad (4)$$

kjer je T temperatura površine telesa, ki ga obliva tekočina, T_T temperatura tekočine in Λ toplotna prestopnost tekočine [3].

Pri vsiljeni konvekciji gibanja tekočine ne povzroči toplotni tok s telesa na tekočino (enačba 4), temveč nek zunanjji dejavnik na primer črpalka, veter ali gibanje telesa skozi tekočino. Toplotni tok s telesa na tekočino je enak kot pri naravnji konvekciji (enačba 4), le da je koeficient toplotne prestopnosti ob geometriji telesa odvisen tudi od hitrosti tekočine.

2.2 Hlajenje cilindra s prisilno konvekcijo

Zanima nas, kako hitrost gibanja v vodi vpliva na toplotni tok s telesa na vodo. Kot model posameznega dela človeškega telesa (roke, noge ali trupa) izberemo cilinder. Cilinder grejemo tako, da ima na notranji strani ves čas konstantno temperaturo T_N . Temperatura vode daleč stran od cilindra je T_∞ , temperatura na površini cilindra je T_P , dolžina cilindra je L , notranji polmer cilindra je R , debelina stene cilindra je d , vzdolž njegove zunanjosti pa teče vodni tok s hitrostjo v (slika 1).



Slika 1. Cilinder kot model človeške roke z dolžino L . Temperatura znotraj cilindra je T_N , polmer cilindra je R , debelina cilindra je d . Hitrost vodnega toka je v , temperatura vode na površini cilindra je T_P , daleč stran od cilindra pa T_∞ . Tanka rezina debeline dr leži v steni cilindra in je od središča cilindra oddaljena za r . Koordinatni sistem postavimo tako, da os x kaže vzdolž osi cilindra, os y pa pravokotno nanjo.

Izhodišče koordinatnega sistema postavimo na začetek cilindra tako, da je izhodišče osi x na zunanjosti ploskvi cilindra. Toplotni tok P_P' , ki teče skozi steno cilindra zaradi prevajanja, je enak [4]:

$$P_P' = 2\pi L \lambda_C \frac{(T_N - T_P)}{\ln(1 + \frac{d}{R})}. \quad (5)$$

S površine cilindra na vodo teče toplotni tok P_K' :

$$P_K' = \Lambda_V 2\pi L R \left(1 + \frac{d}{R}\right) (T_P - T_\infty), \quad (6)$$

pri čemer je Λ_V toplotna prestopnost vode [1]. Če je debelina stene cilindra precej manjša od polmera ($d \ll R$), lahko enačbo (5) v linearinem približku zapišemo kot:

$$P_P' = 2\pi R L \lambda_C \frac{(T_N - T_P)}{d}. \quad (7)$$

Izraz je enak enačbi za toplotni tok skozi ravno ploščo dolžine L , debeline d in širine $2\pi R$. Ob upoštevanju istega približka ($d \ll R$) lahko v enačbi (6) zanemarimo debelino stene cilindra (d) in toplotni tok P_K' izrazimo kot:

$$P_K' = \Lambda_V 2\pi L R (T_P - T_\infty). \quad (8)$$

Ko je doseženo termodinamično ravovesje, je toplotni tok skozi steno cilindra zaradi prevajanja (P_P') enak toplotnemu toku s plašča cilindra na vodo (P_K'):

$$2\pi R L \lambda_C \frac{(T_N - T_P)}{d} = \Lambda_V 2\pi L R (T_P - T_\infty). \quad (9)$$

Iz enačbe (9) izrazimo temperaturo na plašču cilindra (T_P) in jo vstavimo v enačbo (7):

$$P_P' = \frac{T_N - T_\infty}{\frac{1}{2\pi RL\Lambda_V} + \frac{d}{2\pi RL\lambda_C}}. \quad (10)$$

Enak cilinder bi v limitnem primeru neskončne toplotne prestopnosti vode (Λ_V) imel temperaturo na zunanjji strani plašča enako T_∞ . Toplotni tok P_P^* , ki zaradi prevajanja teče skozi steno tega cilindra, je enak:

$$P_P^* = 2\pi RL\lambda_C \frac{(T_N - T_\infty)}{d}. \quad (11)$$

Toplotni tok P_P' (enačba 10) delimo s toplotnim tokom P_P^* (enačba 11). Tako definiramo brezdimenzijsko količino ζ [1]:

$$\zeta = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_C}{d\Lambda_V}}. \quad (12)$$

Če za toplotni tok P_P' uporabimo enačbo (7) in ga delimo z P_P^* (enačba 11), dobimo naslednji izraz za ζ :

$$\zeta = \frac{T_N - T_P}{T_N - T_\infty}. \quad (13)$$

Brezdimenzijsko količino ζ uvedemo zaradi kompaktnejšega pisanja pri nadaljnji izpeljavi temperaturne odvisnosti na plašču cilindra od hitrosti tekočine. Prenos toplote s telesa zaradi konvekcije lahko opišemo z Nusseltovim številom (Nu), ki je definirano kot razmerje med toploto, ki se skozi tekočino prenese zaradi konvekcije, in toploto, ki bi se v primeru mirujoče tekočine skozi tekočino prenesla zaradi prevajanja [5]:

$$Nu = \frac{\Lambda_V l}{\lambda_V}, \quad (14)$$

pri tem je l tipična dimenzija telesa, ki je v našem primeru dolžina valja L . Nusseltovo število nam torej pove, koliko je toplotni tok povečan zaradi gibanja tekočine. Za prisilno konvekcijo ima Nusseltovo število obliko [5]:

$$Nu = \frac{C}{m} Re^m Pr^n, \quad (15)$$

kjer za laminarni tok tekočine velja $C = 0,332$, $m = 1/2$ in $n = 1/3$, za turbulentni tok pa $C = 0,0287$, $m = 4/5$ in $n = 3/5$ [6]. Pr je Prandtlovo število:

$$Pr = \frac{c\eta}{\lambda_V}, \quad (16)$$

kjer je c specifična toplota, η viskoznost in ρ gostota tekočine [6]. Re je Reynoldsovo število:

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta}. \quad (17)$$

Pričakujemo, da temperatura na stiku plašča valja in vode ne bo enaka po vsem plašču, temveč bo odvisna od mesta na cilindrju:

$$T_P = T_P(x). \quad (18)$$

Predpostavimo, da se vzdolž plašča cilindra spreminja tudi Reynoldsovo in Nusseltovo število. V izrazu za Nusseltovo število (enačba 14) in Reynoldsovo število (enačba 17) zato za tipično dimenzijo vstavimo vrednost krajevne koordinate x :

$$Nu = \frac{\Lambda_V x}{\lambda_V}. \quad (19)$$

in

$$Re = \frac{\rho v x}{\eta}. \quad (20)$$

S tem približkom smo predpostavili, da lahko Reynoldsovo število (Re) in Nusseltovo število (Nu) pri koordinati x na cilindru dolžine L izračunamo, kot da bi cilinder imel dolžino x . Vpliv preostalega dela cilindra z dolžino $L-x$ smo s tem zanemarili. Iz enačbe (19) izrazimo toplotno prestopnost vode in jo vstavimo v enačbo (12):

$$\zeta = \frac{1}{1 + \frac{x}{Nu \frac{\lambda_V}{\lambda_C} d}}. \quad (21)$$

Vse enačbe, v katerih nastopa temperatura na površini cilindra T_P , lahko v primeru $T_P = T_P(x)$ še vedno uporabljamo. Namesto T_P moramo upoštevati povprečno temperaturo na plašču cilindra $\bar{T}_P(x)$, ki jo na plašču cilindra z dolžino x izračunamo kot:

$$\bar{T}_P(x) = \frac{1}{x} \int_0^x T_P(x') dx'. \quad (22)$$

Enačbo (22) pomnožimo z x in po x tudi odvajamo, da dobimo linearno aproksimacijo za krajevno odvisnost temperature na površini cilindra:

$$T_P(x) = \bar{T}_P(x) + x \frac{d\bar{T}_P(x)}{dx}. \quad (24)$$

Na levi in desni strani enačbe (23) najprej odštejemo T_N , nato delimo z $(T_N - T_\infty)$ in na koncu množimo z (-1). Z upoštevanjem izraza za ζ (enačba 13), dobimo naslednji izraz:

$$\frac{T_N - T_P(x)}{T_N - T_\infty} = \zeta + x \frac{d\zeta}{dx}. \quad (24)$$

V enačbo (24) vstavimo izraz za ζ (enačba 21) in izrazimo temperaturo na zunani strani plašča pri koordinati x :

$$T_P(x) = T_N - \frac{\frac{Nu d}{x \lambda_C} \left(m + \frac{Nu \lambda_V d}{x \lambda_C} \right)}{\left(1 + \frac{Nu \lambda_V d}{x \lambda_C} \right)^2} (T_N - T_\infty). \quad (25)$$

Enačba (25) podaja odvisnost temperature na površini cilindra pri določeni krajevni koordinati x od hitrosti tekočine v (hitrost je skrita v Nusseltovem številu, ki vsebuje Reynoldsovo število (enačba 17)).

3 EKSPERIMENTALNI DEL

Ustreznost teoretičnega modela, ki nas je pripeljal do enačbe (25), eksperimentalno preverimo tako, da skonstruiramo merilni sistem, ki nam omogoča spremicanje in merjenje hitrosti vode ter merjenje temperature na stiku plašča modela roke in tekočine.

3.1 Merilni sistem

Konstrukcijo merilnega sistema, s katerim želimo eksperimentalno preveriti analitično napoved (enačba 25) pričnemo z modelom človeške roke. Da bo model karseda realno predstavljal človeško roko, mora biti temperatura v njegovi notranjosti okoli 37 °C. Model roke v notranjosti grejemo z električnim grelnim kablom. Model roke je iz bakra, ki je toplotni prevodnik, s čimer zagotovimo čim bolj enakomerno temperaturno porazdelitev po celotnem modelu. Bakreni cilinder oblečemo z umetnim usnjem, s čimer simuliramo človeško kožo. Na notranjo stran plašča bakrenega cilindra namestimo še temperaturni senzor, s katerim spremljamo temperaturo znotraj modela. Meritev temperature bi bila natančnejša, če

bi senzor namestili pod usnjeno prevleko, kar pa bi motilo tok vode. Ker je baker dober prevodnik toplotne, predpostavimo, da je temperatura na zunanjji strani bakrenega cilindra praktično enaka temperaturi na njegovi notranji strani. Cilinder na obeh straneh zapremo z lesenima zamaškoma, ki ju oblikujemo tako, da je tok vode čim bolj laminaren. Za merjenje temperature vode na plašč modela namestimo temperaturne senzorje (slika 2).

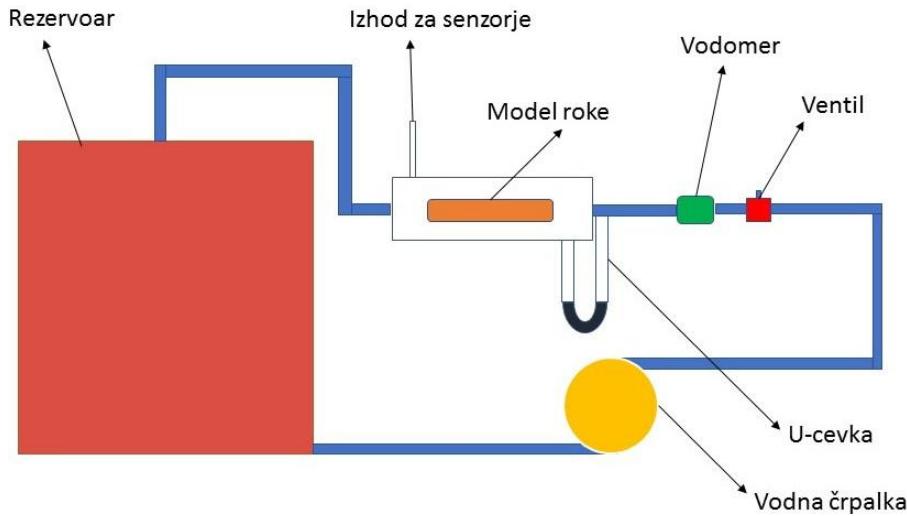


Slika 2. Model človeške roke z nameščenimi temperaturnimi senzorji.

Hitrost tekočine merimo sočasno na dva različna načina. Ker je voda nestisljiva, za merjenje hitrosti uporabimo Venturijevo cev. Ob predpostavki, da imamo stacionaren tok, lahko hitrost vode (v) posredno izmerimo preko vodomera. Hitrost tekočine (v) izračunamo tako, da volumen tekočine (V), ki se v času t pretoči skozi vodomer, delimo s časom t in presekom vodomera S_V :

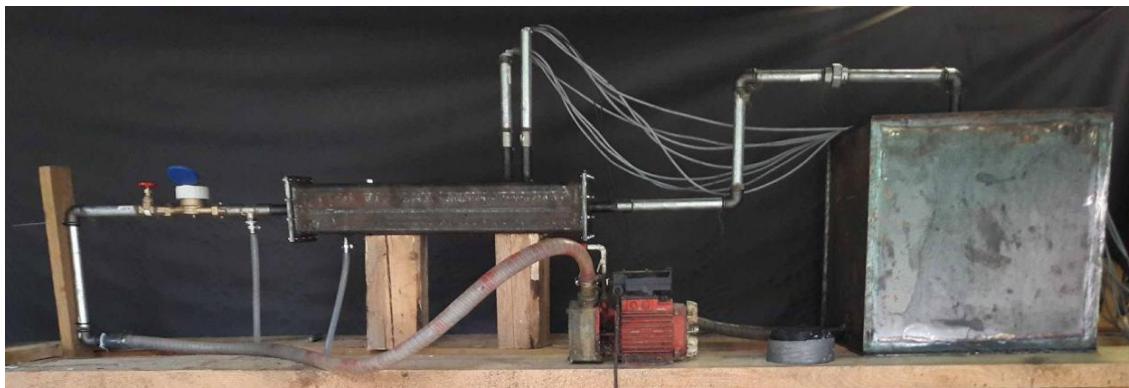
$$v = \frac{V}{t S_V}. \quad (26)$$

V merilni sistem sta vključena vodna črpalka in rezervoar, iz katerega črpalka črpa vodo in se nazaj vanj tudi steka. Ker se voda ob stiku z modelom segreje, mora biti rezervoar dovolj velik, da gretje ne vpliva bistveno na temperaturo vode v rezervoarju, tj. imeti mora čim večjo plototno kapaciteto. Na sliki 4 je shema merilnega sistema.



Slika 4. Shema merilnega sistema z označenimi vsemi potrebnimi komponentami.

Temperaturni senzor za merjenje temperature obtekajoče vode namestimo tako, da z njim izmerimo temperaturo vode daleč stran od modela roke (T_∞). Na sliki 5 je prikazan izdelan merilni sistem (slika 5).



Slika 5. Merilni sistem.

4 REZULTATI

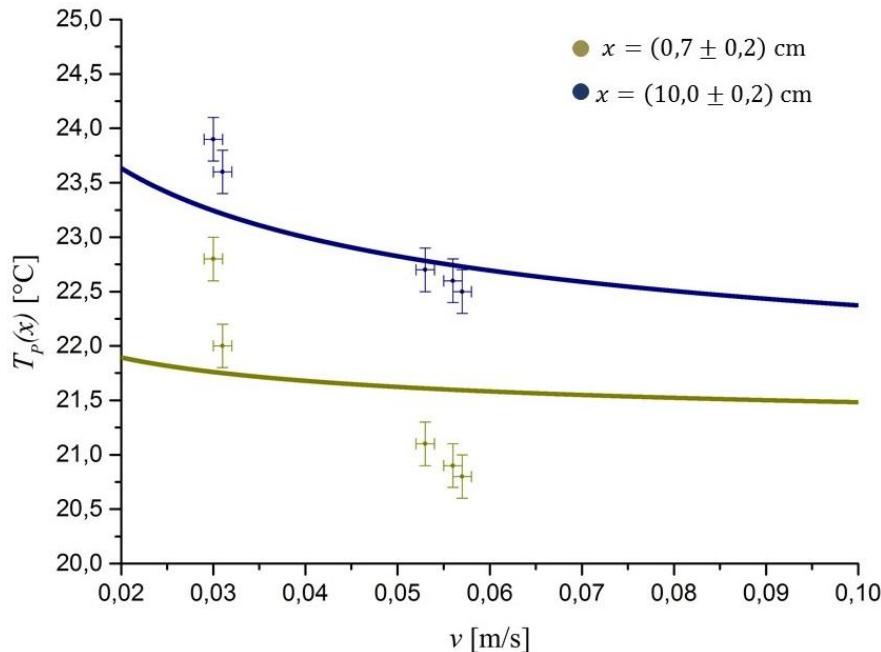
Toplotna prevodnost umetnega usnja (λ_C) je $0,15 \text{ W/mK}$, njegova debelina meri $2,0 \text{ mm}$, premer (R) je $3,1 \text{ cm}$, dolžina (L) pa $27,0 \text{ cm}$. Ker je Reynoldsovo število (Re) majhno, v enačbi (20) uporabimo vrednosti za laminarni tok [6]. Temperaturo vode daleč stran od modela roke (T_∞) izmerimo $(20,5 \pm 0,2)^\circ\text{C}$, temperaturo v notranjosti cilindra (T_N) pa $(35,0 \pm 0,2)^\circ\text{C}$. Vse snovne lastnosti vode za temperature med 25°C in 35°C so zbrane v tabeli 1 [7].

λ_V [W/m K]	η [Pa s]	c [J/kg K]	ρ_V [kg/m 3]
$0,61 \pm 0,01$	$(8,1 \pm 0,8) \cdot 10^{-4}$	$(417,9 \pm 0,1) \cdot 10^1$	$(99,8 \pm 0,2) \cdot 10^1$

Tabela 1. Vrednosti za topotno prevodnost (λ_V), viskoznost (η), specifično toploto (c) ter gostoto vode (ρ_V).

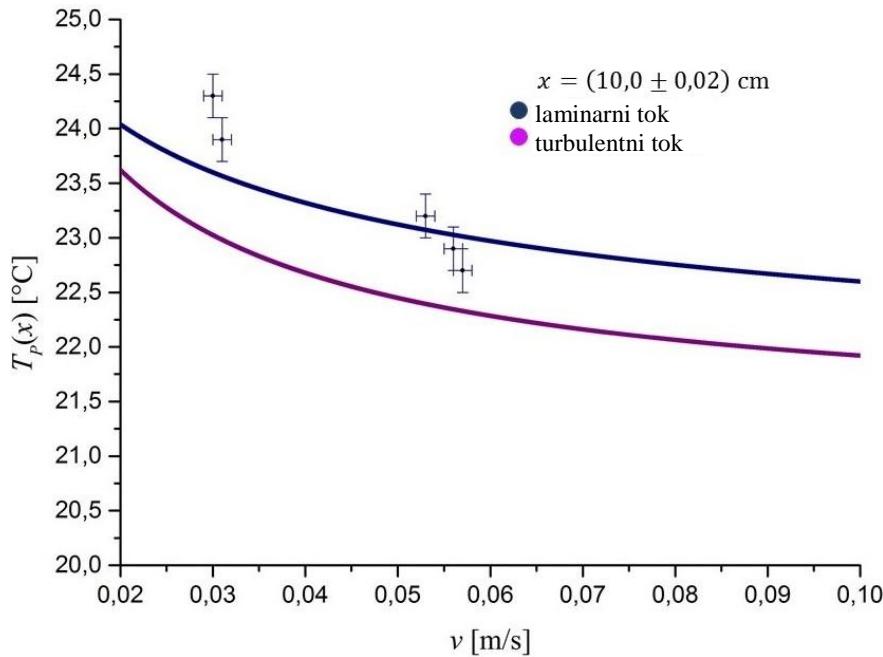
Vrednosti veljajo na temperaturnem intervalu med 25°C in 35°C .

Na isti graf nanesemo analitično izračunane ter eksperimentalno izmerjene vrednosti za temperaturo na površini cilindra v odvisnosti od hitrosti vode, ki cilinder obliva (slika 6). Izračunamo ter izmerimo temperature na mestu, ki je $(0,7 \pm 0,2) \text{ cm}$ in $(10,0 \pm 0,2) \text{ cm}$ oddaljeno od začetka modela.



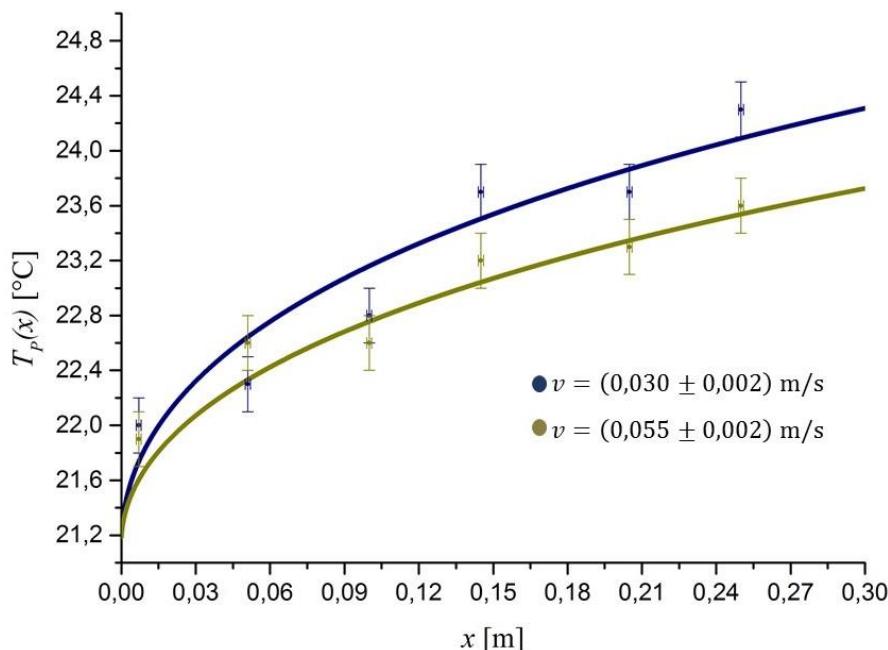
Slika 6. Temperatura na površini modela roke ($T_p(x)$) na oddaljenosti x od začetka modela v odvisnosti od hitrosti vode (v), ki obliva model roke. Točke so izmerjene vrednosti, krivulje pa analitično izračunane vrednosti. Rumene točke in krivulja ponazarjajo vrednosti pri $x = (0,7 \pm 0,2)$ cm, modre točke in krivulja pa vrednosti pri $x = (10,0 \pm 0,2)$ cm.

Izmerjene temperature na plašču cilindra so pri majhnih hitrostih višje od analitično izračunanih, pri večjih hitrostih pa nižje. Sklepamo, da je pri večjih hitrostih zaradi motenj temperaturnih senzorjev tok postal turbulenten. Primerjava izmerjenih vrednosti z napovedjo modela, v katerem uporabimo konstante za turbulentni tok, potrjuje, da pri večjih hitrostih tok vode prehaja v turbulentnega (slika 7). Tako izmerjene kot analitično izračunane temperature pa potrjujejo, da je pri večji hitrosti tekočine temperatura na površini oblitega telesa nižja.



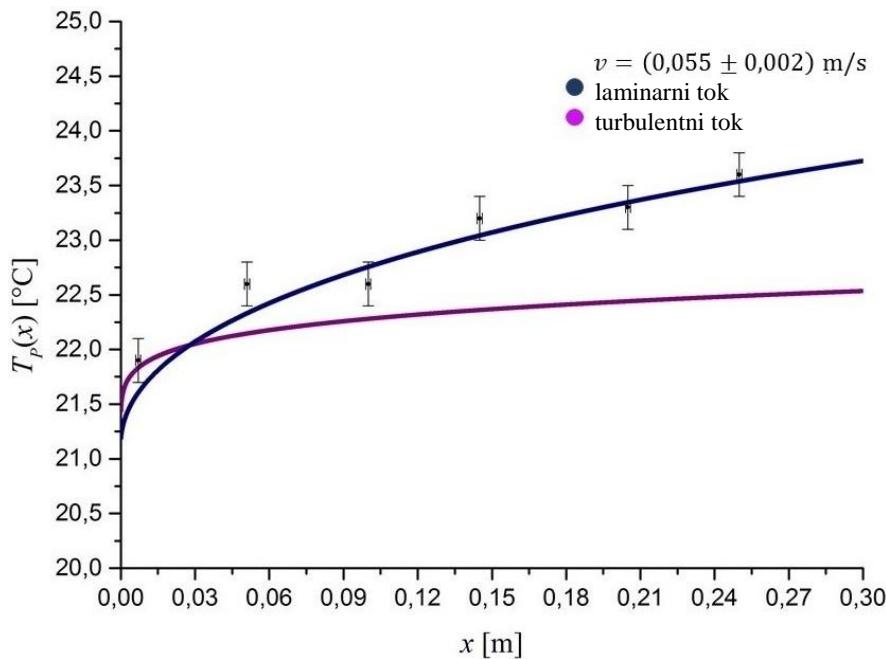
Slika 7. Temperatura na površini modela roke $T_p(x)$ na oddaljenosti $x = (10,0 \pm 0,2)$ cm od začetka modela v odvisnosti od hitrosti vode (v), ki obliva model roke. Točke predstavljajo izmerjene vrednosti, krivulje pa teoretično napovedane vrednosti. Modra krivulja ponazarja teoretično napovedane vrednosti za laminarni tok, vijolična krivulja pa teoretično napovedane vrednosti za turbulentni tok.

Pri določeni hitrosti vode primerjamo tudi analitično in eksperimentalno dobljene podatke za temperaturo na različnih mestih na površini modela (slika 8).



Slika 8. Temperatura na površini modela roke $T_p(x)$ v odvisnosti od oddaljenosti od začetka modela (x). Točke predstavljajo izmerjene vrednosti, krivulje pa analitično izračunane vrednosti. Rumene točke in krivulja ponazarjajo vrednosti za hitrost vode $v = (0,055 \pm 0,002)$ m/s, modre točke in krivulja pa za hitrost vode $v = (0,030 \pm 0,002)$ m/s.

Izmerjene in teoretično napovedane vrednosti se dobro ujemajo. Vidimo, da temperatura najbolj pade na začetku modela, proti koncu pa je znižanje temperature zaradi oblikovanja vode čedalje manjše. Voda od modela roke prejema toploto in se greje, zato proti koncu model manj hladi kot na začetku. Primerjava rezultatov meritev s teoretično napovedjo za oba tipa tokov ponovno potrdi, da je tok laminaren.



Slika 9. Temperatura na površini modela roke ($T_p(x)$) pri hitrosti vode $v = (0,055 \pm 0,002)$ m/s v odvisnosti od lege vzdolž plašča cilindra (x). Točke predstavljajo izmerjene vrednosti, krivulje pa teoretično napovedane vrednosti. Modra krivulja ponazarja teoretično napovedane vrednosti za laminarni tok, vijolična krivulja pa teoretično napovedane vrednosti za turbulentni tok.

5 ZAKLJUČEK

Obravnavali smo vpliv hitrosti oblikovanja tekočine na temperaturo plašča cilindra, katerega notranjost ima konstantno temperaturo. Izpeljali smo analitični izraz, ki povezuje temperaturo na površini plašča cilindra s hitrostjo vode (enačba (25)). Veljavnost analitičnega modela smo preverili s skonstruiranim merilnim sistemom.

Z izdelanim merilnim sistemom dobro opišemo ohlajanje dela telesa pri gibanju v vodi. Preučimo lahko vpliv različnih hitrosti vodnega toka in režimov toka na ohlajanje telesa ter ujemanje eksperimentalnih rezultatov s teoretično napovedjo.

Pri odvisnosti temperature na plašču cilindra od hitrosti vode smo ugotovili, da so izmerjene temperature na plašču cilindra pri majhnih hitrostih vode višje od analitično izračunanih, pri večjih hitrostih pa nižje (slika 6). Slednje odstopanje kaže, da pri večjih hitrostih tok postane turbulenten (slika 7). K temu vsaj delno prispevajo tudi temperaturni senzorji, ki jih v prihodnje kaže namestiti tako, da bodo vodni tok manj motili.

Iz grafa odvisnosti temperature na površini modela roke od lege vzdolž plašča valja (slika 8) lahko razberemo, da voda telo najbolj ohlaja na začetku modela roke, gledano v smeri toka, proti koncu, ko se voda od modela segreje, pa je ohlajenje vedno manjše. Del odstopanj

meritev od teoretičnih napovedi je tudi zaradi približka, da smo dolžino modela zmeraj vzeli le do obravnavane koordinate, vpliv preostanka pa zanemarili. S tem približkom smo zanemarili vpliv preostalega dela cilindra na vrednosti Reynoldsovega in Nusseltovega števila, od katerih je odvisna temperatura na plašču cilindra.

Literatura

- [1] M. Lindstedt in R. Karvinen, *Conjugate heat transfer in a plate – One surface at constant temperature and the other cooled by forced or natural convection*, Int J Heat Mass Transf **66**, 489-495 (2014).
- [2] R. Kladnik, *Osnove fizike 1. del* (Državna založba Slovenije, Ljubljana, 1979).
- [3] A. Alujevič in P. Škerget, *Prenos toplote* (Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru, Maribor, 1990).
- [4] J. Strnad, *Fizika 1. del* (DMFA, Ljubljana, 2014).
- [5] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman in A. S. Lavine, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer 6th Edition* (John Wiley & Sons, Chichester, 2010).
- [6] W. Kays, M. Crawford in B. Weigand, *Convective Heat and Mass Transfer* (McGraw-Hill, New York, 2005).
- [7] Researchgate, *Property tables and charts (SI units)*. Pridobljeno 10.6.2017 iz <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=54c8f917cf57d749248b4689&assetKey=AS%3A273740741447683%401442276287686>.

VABILO AVTORJEM

Dianoia (grško διάνοια) po Platonu označuje vedenje, razmišljanje o modelih stvarnosti, o naravoslovno-matematičnih in tehničnih temah. Uporabljajo ga matematiki (modeliranje) in znanstveniki (formuliranje problema), inženirji (načrtovanje sistema). Opredeljuje kompetenco, proces ali rezultat diskurzivnega razmišljanja, za razliko od neposrednega razumevanja obravnavane tematike. Aristotel to vedenje naprej razdeli na teoretično (episteme) in praktično (phronesis).

Dianoia po Platonu torej označuje vmesni nivo človeškega spoznanja, prehod od intuitivnih občutkov do najglobljega spoznanja dejanskosti. Tako je idealna oznaka za objave v pričujoči reviji, ki povezujejo teoretična, znanstvena izhodišča z njihovo uporabno namembnostjo. Študentje, avtorji teh člankov, ste na prehodu od učenja k delu, od teoretičnega h konkretnemu, ki vas bo pripeljalo do kruha, do dela, s katerim boste odigrali svojo vlogo v družbi. Na tem prehodu pa poleg znanja, ki ga ponuja redno izobraževanje, potrebujete tudi izkušnje s konkretnih izzivov in mehke kompetence sodelovanja v ekipah delodajalcev, k čemur vas spodbuja in vam pri tem pomaga revija Dianoia.

V reviji bomo objavljali poljudne in strokovne članke s področja naravoslovja, matematike ali znanosti, ki uporabljajo znanja teh področij. Ciljna publika bralcev so v prvi vrsti delodajalci, ki tovrstna znanja potrebujejo in želijo izvedeti, kaj je kdo zanimivega razmislit na njihovem področju. V drugi vrsti so ciljna publika študentje, ki iščejo zamisli za svojo poklicno pot in lahko v reviji najdejo navdih za lastna raziskovanja in iskanje stikov s trgom dela.

Za kakovost izdelkov bo skrbel uredniški odbor in uredniški svet, v katerih so vrhunski strokovnjaki, povezani s področji, ki jih revija obravnava. Članki bodo anonimno recenzirani, o objavi pa na podlagi recenzije odloča uredniški odbor. Priporočljivo je, da avtorji besedilo spremenijo v skladu s priporočili recenzentov in da popravljeni članek z utemeljitvijo sprejema ali zavrnitve sprememb ponovno pošljejo v pregled. Uredništvo lahko objavo članka zavrne, če vsebinsko ali po merilih kakovosti ne ustrez standardom revije, o čemer avtorje obvestimo v najkrajšem možnem času.

S prispevkom v reviji bodo avtorji spodbujali širjenje znanja s področja naravoslovja in matematike ter tehnike oziroma izobraževanja teh področij in svoje poglede prenašali na trg dela in na prihajajoče generacije.

NAVODILA AVTORJEM

Avtorje prosimo, da pri pripravi članka upoštevajo naslednja navodila.

Če je članek napisan v slovenščini, naj ima angleški prevod naslova, povzetka in ključnih besed. Veseli bomo tudi prispevkov v angleščini, ki pa morajo imeti naslov, razširjen povzetek v obsegu 300 – 400 besed in ključne besede v slovenščini. Ključnih besed naj bo do šest.

Prispevki naj bodo zanimivi za širši krog bralcev. Ključna je intuitivna predstavitev zamisli in rezultatov, podrobnosti pa lahko ostanejo prihranjene za morebitni znanstveni članek, ki bi bil nadgradnja članka, objavljenega v reviji Dianoia.

Članek naj vsebuje naslov, ime avtorja (avtorjev) in sedež ustanove, kjer avtor(ji) dela(jo). Sledi naj povzetek, z največ 150 besedami, seznam ključnih besed in besedilo, ki ne presega 3000 besed. Besedilo naj bo zapisano v urejevalniku besedil MS Word 2010 oz. kasnejši ali LaTeX in naj uporablja objavljeno predlogo. Slike in tabele morajo biti oštevilčene in imeti natančen opis, da jih lahko razumemo brez preostalega besedila. Slike v elektronski obliki naj bodo visoke kakovosti v formatu PNG ali JPEG.

Prispevek v PDF obliki pošljite na naslov dianoia@um.si z zadevo: »Za revijo Dianoia«. Če bo sprejet v objavo, vas bomo prosili za izvorno obliko prispevka.