



Anton Ušaj

Razumevanje športne vadbe skozi vidik statičnega sistema

Izvleček

Na osnovi podatkov in rezultatov raziskave na tekačih na srednje in dolge proge (Šturm, J.; Ušaj A., 1985) in na osnovi podatkov iz tekmovalnih sezon nekaterih kvalitetnih slovenskih tekačev na 800 m sta bila izdelana in preizkušena dva modela: regresijski, ki je uporabil podatke 65 tekačev, in hitrostni, ki je uporabil rezultate nekaterih posameznikov. Namen naloge je bil ugotoviti, katere nove informacije lahko ponudita oba modela. Ugotovljeno je, da je regresijski model uporaben pri opazovanju jakosti povezav med posameznimi značilnostmi tekačev: $v_{\max}$, v_{400} in $v_{12\min}$ in njihovo tekmovalno zmogljivostjo, pa tudi pri opazovanju povezav med značilnostmi vadbe in posameznimi značilnostmi tekačev. Ugotovljeno je, da se pri doseganju vrhunskih rezultatov v teku na 800 m vloga vzdržljivosti ne zmanjšuje kljub skrajšanju trajanja teka. Hitrostni model je po drugi strani bolj primeren pri opazovanju vadbenih učinkov pri posameznem tekaču. Posebej je to učinkovito pri simulaciji doseganja svetovnih rekordov.

Ključne besede: tek na 800 m, statični modeli, regresijski model, hitrostni model, simulacije.



Foto: Arhiv Inštitut za šport

Using statical systems for the understanding of the sports training process

Abstract

Two models for prediction performance of 800 m running were constructed and verified by using data-base and results from the research experiment on 800 m runners (Šturm, J., Ušaj A., 1985) and by using data from follow-up study during selected competition season. The aim of the study was to simulate 800 m running performance by using different enhancements of performance characteristics: $v_{\max}$, v_{400} and $v_{12\min}$. The results have shown that the regression model successfully predicted performance of 800 m runners. Power of each of the performance characteristics have shown that all are important in prediction of 800 m running. This is particularly important during observation of shorter duration of running at highest running velocities when simulation of world record was the aim of analysis. Namely, the importance of endurance performance even enhanced in parallel to increased maximal velocity and anaerobic endurance. Differently, the velocity model have shown more sensitivity to individual adaptations on training. This model seems to be very useful in simulation of running performance by using enhancements in performance characteristics.

Key words: 800 m running, statical systems, regression model, velocity model, simulations.

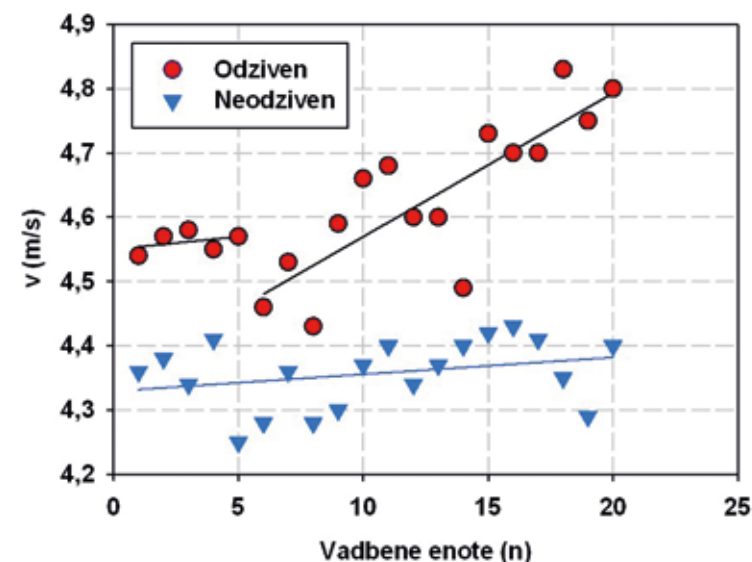
Pred uvodom

Poteka 35 let od do sedaj največje raziskave na tekačih na srednje in dolge prog v tem delu Evrope. S spoštovanjem prof. dr. Jožetom Šturmom sva zasnovala in s pomočjo ostalih sodelavcev izpeljala ta poskus v Novi Gorici, kjer sem tedaj imel laboratorij. Podatki tudi danes predstavljajo še neizčrpan vir možnosti za analize. V nekaterih delih so ti podatki uporabljeni tudi v tem prispevku. Zato to delo namenjam spominu na mojega profesorja.

Uvod

Prav gotovo bralcu ne bo težko ugotoviti, da sta v povezavi s športom najpogostejše omenjena športna vadba in športni dosežek. Športno vadbo si je mogoče predstavljati kot dolgotrajen proces, torej neko dogajanje, ki traja skozi celotno športnikovo kariero. Skozi to obdobje športniki vadijo in pri tem uporabljajo različne vadbene prostore, vadbena sredstva, metode in količine (Grafikon 1). Vadba športnikov je vedno bolj zahtevna, kar omogoča spremembe in napredek (izboljševanje tekmovalnih dosežkov).

Obstaja povezanost med športno vadbo in tekmovalnim dosežkom, ki pa se pogosto krat poenostavlja v mnenje, da je športna vadba edini vzrok za napredek, tekmovalni dosežek pa edina posledica vadbe. Ta zveza se je v največji meri »zlorabila« pri napačni razlagi rezultatov švedskega psihologa K. A. Ericssona, ki je ugotovil, da je bilo pri mnogih vrhunskih dosežkih potrebno prej opraviti več kot 10000 ur naporne vadbe (Ericsson, K.A., 2012). Ugotovitev se je poenostavila v pravilo, da je za vrhunski dosežek potrebno vaditi vsaj 10000 ur. To je več kot 10 let resne športne vadbe, če vadimo 2 uri dnevno, vse dni v letu (365 dni), kar se običajno ne zgodi, saj vadba ne



Grafikon 2. Prikazano je spreminjanje hitrosti teka pri ponavljanju 2000 m razdalje pri teku, 3–5-krat v tednu, z najvišjo možno intenzivnostjo, v intervalu okrog enega meseca. Opaziti je značilne prilagoditve pri odzivnem in njihova odsotnost pri neodzivnem posamezniku.

poteka vsak dan, vrhunski športniki pa pogosto vadijo dvakrat ali celo trikrat dnevno. To je grobo ocenjeno tudi blizu dejanskega trajanja kariere mnogih vrhunskih športnikov, toda ne vseh. Nikakor ni mogoče najti vzročno-posledične povezave med trajanjem kariere in vrhunskim športnim dosežkom saj je ta odvisen tudi od nivoja, s katerega športnik začne svojo kariero in dinamičnosti, s katero se mu povečujejo tekmovalni dosežki. To pa sta dejavnika, ki ju je mogoče povezati z nadarjenostjo. Zato je potrebno že na začetku ugotoviti, da mnenji: »če vadiš za moč kot gibalno sposobnost, potem se ti bo ta moč tudi izboljševala« ali »če vadiš za vzdržljivost, potem se ti bo vzdržljivost tudi izboljševala«, nikakor ne veljata tako zanesljivo, da bi lahko predstavljala neko resno strokovno mnenje. Najbolje to predstavlja znameniti

poskus Boucharda C. (1985), pa tudi naše izkušnje pri opazovanju vadbениh učinkov pri intervalni vadbi so podobne (Ušaj, neobjavljeno 2016–2018, grafikon 2). Posledice enake vadbe so po pravilu zelo različne prilagoditve: od izrazitih, pri tistih, ki so zelo dovzetni na vadbo, do tistih, ki se ne bodo prilagajali in bodo neodzivni kljub velike-mu trudu (Grafikon 2).

Iz navedenega, pa tudi iz že znanih značilnosti športne vadbe je mogoče potrditi zapletenost tega sistema. Tvori jo ga številni sestavni deli in povezave med njimi (Grafikon 1, Ušaj A., 2012). Razumevanje takšnega sistema se najprej začne pri izdelavi modela. Najprej se dejanski sistem razgradi na nekaj najpomembnejših sestavnih delov (Ušaj A., 2014). Nato sledi izgradnja modela iz teh sestavnih delov in preizkus njegovega delovanja. Model mora v kar največji meri posnemati delovanje resničnega sistema. Ena lažjih poti do omenjenega rezultata je obravnavanje sistema športne vadbe z uporabo statičnih modelov.

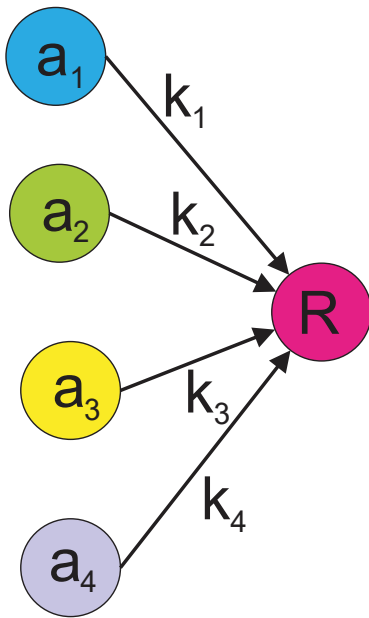


Grafikon 1. Prikaz sistema športne vadbe s treh vidikov, ki si zaporedno sledijo: športna vadba povzroča spremembe v organizmu, te pa učinkujejo na tekovalno zmogljivost.

Športni dosežek in športnikove značilnosti, opazovane s statičnimi modeli

športna vadba je usmerjena k izboljšavi tekmovalnega dosežka. Ta glavni cilj pa niti približno ni lahko uresničiti, če vemo, da se

to lahko zgodi le v trenutku tekme. Najprej je potrebno ugotoviti, kaj je v tekmovalnem dosežku tisto, kar lahko z vadbo spremenimo. V tistih športnih panogah, kjer je tekmovalni dosežek merljiv eksaktno (čas, razdalja, sila, pospešek, hitrost ...), na primer v atletiki in plavanju, je tekmovalni dosežek tisti rezultat, ki ga želimo z vadbo spremeniti. V tem primeru je športni dosežek tudi tisti, ki ga želimo vrednotiti in razumeti. Naše razumevanje takšnega športnega dosežka temelji na povezanosti med tekmovalno zmogljivostjo in nekaterimi značilnostmi športnika, ki jih ugotovimo pred tekmovaljem s testiranjem, meritvami in preiskavami. Značilnosti so vsaka zase s svojo tipično jakostjo povezane s tekmovalnim dosežkom (Grafikon 3).

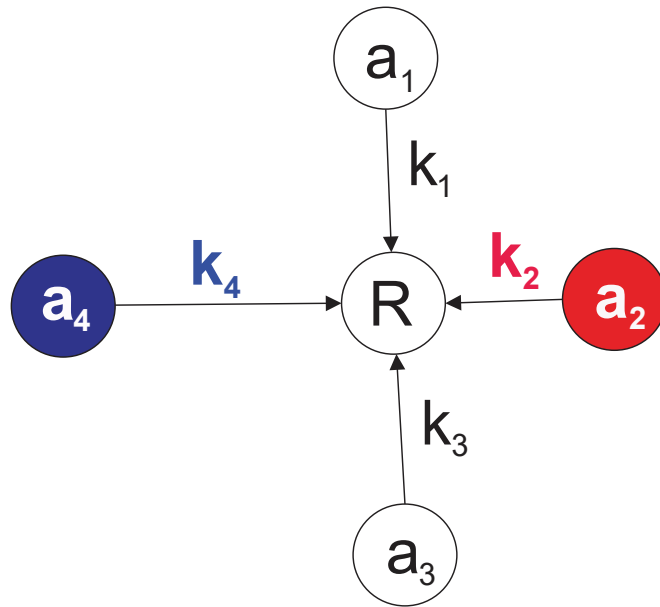


Grafikon 3. Prikazan je primer štirih značilnosti (a_1 , a_2 , a_3 in a_4), ki vsaka s svojo jakostjo (k_1 , k_2 , k_3 in k_4) učinkuje na tekmovalno zmogljivost (R).

Tekmovalna zmogljivost (R) je tako vsota posameznih učinkov, ki jo lahko tudi zapišemo:

$$R = K + a_1 \cdot k_1 + a_2 \cdot k_2 + a_3 \cdot k_3 + a_4 \cdot k_4 \quad (\text{Enačba 1}),$$

kjer so a_1 , a_2 , a_3 , in a_4 dosežene vrednosti na posameznih testih, k_1 , k_2 , k_3 in k_4 jakosti, s katerimi je udeležen posamezen kazalec v rezultatu R , K pa konstanta enačbe. Gre za regresijsko enačbo, ki jo lahko izračunamo s pomočjo raziskav, ki so posebej prilagojene uporabi metode multiple linearne regresije (Šturm J. in Ušaj A., 1985). V navedeni raziskavi je bilo leta 1985 udeleženo 85 tekačev na srednje in dolge proge iz Slovenije,



Grafikon 4. Prikazan je hkraten učinek štirih dejavnikov a_1 , a_2 , a_3 in a_4 na rezultat R . Smeri učinka so si nasprotujoče (vektorji k_1 , k_2 , k_3 in k_4), jakosti k_1 , k_2 in k_3 so enake, k_4 pa je večja od ostalih. Rezultanta sistema R torej poteka v smeri delovanja a_4 .

Hrvaške, Srbije, Mađarske in Italije. Eden od rezultatov, ki je uporabil 51 tekačev na 800 m, je pokazal, da je uporabljen model pojasnil 77 % variance tekmovalnih rezultatov v teku na 800 m, kar je za takšen tip raziskav kar precej. Toda še 23 % nepojasnjene variance zahteva izboljšave. Priloga 1 kaže poskus simulacije teka na 800 m. Enačba predstavlja model, ki ga lahko v praksi tudi uporabimo za predvidevanje posledic vadbe, ko se izračunava tekmovalno zmogljivost (Ušaj A., 2012). Pomembno je predhodno proučevanje smeri učinkov vektorjev različnih kazalcev. Tako Grafikon 4 kaže primer, ko izmed štirih kazalcev tekmovalne zmogljivosti dva (a_1 in a_3) ne moreta učinkovati na rezultat R (na primer hitrost gibanja), medtem ko a_2 in a_4 lahko.

Primer učinkovanja štirih značilnosti s svojimi jakostmi (dolžine vektorjev) in smermi učinka (usmerjenost puščic) k_1 , k_2 , k_3 in k_4 (Grafikon 4) na rezultat R kaže: učinek dejavnikov a_1 in a_3 se izniči, kazalec a_4 prispeva k povečanju zmogljivosti, a_2 pa k njenemu zmanjšanju. Za narisani primer lahko uporabimo naslednjo enačbo:

$$R = K - a_2 \cdot k_2 + a_4 \cdot k_4 \quad (\text{Enačba 2}),$$

saj kazalca a_2 in a_4 delujeta v nasprotni smeri in si njuna učinka nasprotujeta, a_1 in a_3 pa ni smiselno uporabljati v enačbi saj ne prispevata k rezultatu R . Enačba razkriva zelo pomembno značilnost tekmovalnega dosežka (R): nekateri kazalci lahko učinku-

jejo na rezultat v negativni smeri, torej je njihov učinek zmanjšanje in ne povečanje tekmovalne zmogljivosti, nekateri kazalci pa nimajo nobenega učinka na tekmovalno zmogljivost. Kako torej vaditi?

Podobno možnost uporabe omogoča hitrostni model (Priloga 2). Uporabo hitrostnega modela kaže primer pri simulaciji doseganja tekmovalnega dosežka v teku na 800 m in predvidevanja morebitnemu približevanju svetovnemu rekordu. Za izdelavo modela so uporabljeni rezultati treh testov: test sprinta z letečim štartom na 30 m, test teka na 400 m in test teka v trajanju 12 min (Cooperjev test). V tem primeru je kot model uporabljena hiperbola:

$$R = \frac{a \cdot s}{b + s} \quad (\text{Enačba 3}),$$

kjer sta oba člena a in b izračunana s pomočjo metode vsote najmanjših kvadratov, s pa je razdalja v metrih (Priloga 2). V tem primeru je bilo opazovano spreminjanje tekmovalne zmogljivosti ob nadzorovanem spreminjanju treh uporabljenih hitrosti. Prikazan je tekačev model ob doseganju osebnega rekorda (rezultat okrog 1:46 min:sek). Dodatno se je model uporabil za ugotavljanje morebitnih nadaljnjih prilagoditev v ciljni smeri svetovnega rekorda, okrog 1:41 min:sek (Priloga 2).

Eno možnost simulacije ponuja tudi uvrstitev na tekmovalju. Na uvrstitev pa ne moremo učinkovati samo z vadbo, saj je

odvisna od tekmovalne zmogljivosti vsakega izmed tekmecev, s katerimi nastopamo (tek, skoki, plavanje) ali se proti njim borimo v športnem tekmovalju. Zmogljivosti tekmecev ne poznamo, posebej na velikih tekmovaljih ne. Torej uvrstitve ne moremo dovolj zanesljivo predvidevati. Znani so sicer nekateri poskusi napovedovanja uvrstitve ekip na svetovnem pokalu v Rugby-ju, kjer sta v ospredju podjetji, ki izdelujeta najboljša matematična računalniška programa: Mathematica (Wolfram) in Matlab (MathWorks) (Teofle, M., 2015). Toda dovolj dobrih rešitev takšnih predvidevanj še ni.

Modeli, ki definirajo športno zmogljivost (en rezultat) s kombinacijo učinkov večih kazalcev (rezultatov testov), so enostavni. Ponujajo relativno enostavne razlage, zato je njihova razumljivost visoka. To je tudi njihova prednost. Njihova pomanjkljivost pa je, da izhajajo iz populacije, katero predstavljajo. Torej prikazujejo splošno značilnost, ki pa je v primeru športne vadbe preslikana na posameznika, ki ima posebne značilnosti in se na vadbo tudi odziva na poseben način. Tovrstni modeli torej »izgubijo« del posebnosti, ki je značilna za posameznike.

Hitrostni model – različno od regresijskega – uporablja vrednosti kazalcev, ki so izračunane pri vsakem posamezniku posebej. Verjetno je zato ta model bolj občutljiv za zaznavanje sprememb pri posamezniku. To je dobro, če so spremembe v največji možni meri posledica opravljene vadbe in ne drugih učinkov, ki povzročajo napako predvidevanja

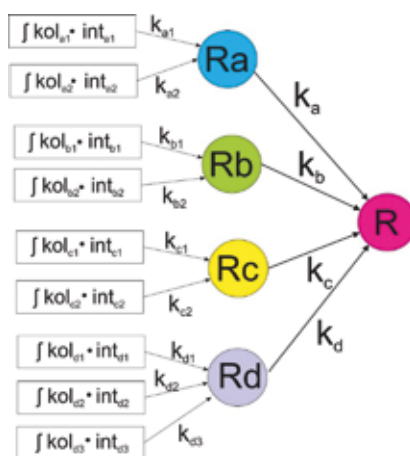
■ Športni dosežek in vadba, opazovana s statičnimi modeli

Podobno, kot je povezanost med športnikovimi značilnostmi in tekmovalno zmogljivostjo bilo mogoče opisati z modelom regresijske enačbe (Priloga 1), je uporabljena enaka metoda tudi za opazovanje povezanosti med značilnostmi vadbe in vsako posamično značilnostjo športnika. Vadba vsebuje različne metode, te pa različne vadbene količine. Takšna raznolikost vadbe ima dvoje pomembnih posledic:

- Učinkov vadbe ni mogoče dovolj natančno predvidevati, saj so različni, pri različnih ljudeh. Z izbiro različnih metod se ponuja možnost, da se naučimo uporabljati bolj primerno vadbo, prilagojeno posamezniku. To pa je težka naloga, zato se ji večina trenerjev raje izogiba.

• Raznolikost vadbe pa je tudi vir težav pri predvidevanju vadbenih učinkov. Uporaba različnih nalog, metod in vadbenih količin je največkrat posledica prepričanja trenerjev, da se bodo izrazili predvsem tisti vadbeni učinki, ki so posebni za vsako uporabljeno vadbeno značilnost. To pa ni res, saj se bodo bolj verjetno izrazili tisti učinki, ki so v večji meri skupni večjemu številu podobnih značilnosti opravljene vadbe. Pričakovati je namreč mogoče, da so podobne značilnosti vadbe ojačan dražljaj zaradi medsebojnega istosmerne učinkovanja. Torej je zato smiselno raznoliko izbrati urediti glede na pričakovano podobnost učinkov v manj številne vadbene tipe (Ušaj A., 2012). S tem zmanjšamo število različnih vadbenih dražljajev, saj je tiste z dovolj podobnimi učinki mogoče združevati. Tako se zmanjša tudi potrebno število analiz. Na primer: za vadbo, ki uporablja štiri različne vadbene tipe (a, b, c in d) velja, da se vse podobne vadbene značilnosti združujejo v istem vadbenem tipu, saj predvidoma učinkujejo na isto značilnost (Grafikon 5).

V našem primeru tekača na 800 m zgoraj predstavljeno pomeni, da ima vsak pretečen meter, ki sodi v vadbeni tip a (na primer vzdržljivostna vadba), prav gotovo drugačne učinke in zato tudi pomen kot pretečen meter nekega drugega vadbene tipa. Zato vsak vadbeni dražljaj vstopa v delne rezultate R_a , R_b , R_c in R_d s posebno jakostjo (k).



Grafikon 5. Prikazana je zgradba in povezanost med vadbo s svojima značilnostima: količino (kol) in intenzivnostjo (int) ter značilnostmi športnika: R_a , R_b , R_c in R_d . Te značilnosti so v nadaljevanju povezane s tekmovalno zmogljivostjo R preko svojih koeficientov k_a , k_b , k_c in k_d .

Zato so potrebne štiri analize:

$$R_a = \sum_{i=1}^n (f(kol_{ai} \cdot int_{ai})) k_{ai}$$

$$R_b = \sum_{i=1}^n (f(kol_{bi} \cdot int_{bi})) k_{bi} \quad (\text{Enačba 4})$$

$$R_c = \sum_{i=1}^n (f(kol_{ci} \cdot int_{ci})) k_{ci}$$

$$R_d = \sum_{i=1}^n (f(kol_{di} \cdot int_{di})) k_{di}$$

pri iskanju povezanosti med posameznim vadbenim tipom in vsako značilnostjo športnika. Pri tem pa nastane povsem nov problem. Če športna vadba učinkuje na vsakega posameznika specifično, potem moramo pri tej analizi uporabiti takšno metodo, ki bo najprej povezovala različne vadbene značilnosti s spremembami značilnosti športnika, nato pa le-te z njegovo tekmovalno zmogljivostjo:

$$R = R_a \cdot k_a + R_b \cdot k_b + R_c \cdot k_c + R_d \cdot k_d \quad (\text{Enačba 5}),$$

kjer so R_a , R_b , R_c in R_d učinki in hkrati tudi štiri značilnosti (R_a , R_b , R_c in R_d) športnika, kol_a , kol_b , kol_c in kol_d so štiri različne vadbene količine in int_a , int_b , int_c in int_d so štiri različne intenzivnosti vadbe v Enačbi 4 (Grafikon 5). V enačbi 5 pa k_a , k_b , k_c in k_d pomenijo regresijske koeficiente za vsako značilnost. Torej nek tip vadbe učinkuje na določeno značilnost posameznika s svojo količino in intenzivnostjo. Njun integral pomeni pravzaprav vsoto produktov intenzivnosti in količine na posamezni vadbeni enoti. Enačba 5 pa je pravzaprav Enačba 1, napisana za primer, ko opazujemo učinek vadbe na neko značilnost posameznega športnika. V drugi fazi posamezne značilnosti učinkujejo na tekmovalno zmogljivost tega športnika (R) (Grafikon 5). Takoj lahko opazimo razliko med primerom, ko je bil reševan problem povezanosti med športnikovimi značilnostmi in tekmovalnimi dosežki. Uporabljena je bila multipla regresija, ki predvideva uporabo velikega števila športnikov. Sedaj pa se išče odvisnost med opravljeno vadbo in spremembami značilnosti posameznega športnika. Tu ni mogoče več uporabiti regresijskih metod, saj gre za primerjavo podatkov pri vsakem posamezniku. Rešitev problema je v uporabi metod prilagojenih za opazovanje posameznikov. To pa so metode, ki jih šele nameravamo uporabiti.

Modeli, ki povezujejo vadbo s športnikovimi značilnostmi v prvem delu in nadalje s tekmovalno zmogljivostjo (R) v drugem, so bolj zapleteni in težje razumljivi. Tudi dejanski poskus izdelave takšnega modela (Ušaj A., neobjavljeno) še ni dal pričakovanih rezultatov. Delež pojasnjene variance se je v različnih variantah spreminjal 40–60 %.

To je z vidika potreb po čimvečji natančnosti še premalo, hkrati pa pokaže, da takšna analiza morebiti nekaj »izgubi« pri svoji napovedni moči. Trenutno raziskujemo, ali se morebiti drugačni pristopi in metode lahko temu izognejo.

■ Statični sistem v športni praksi

Iz dosedanje predstavitev statičnih modelov lahko povzamemo:

- statični modeli delujejo po načelu: več vhodov (značilnosti) – en izhod (R) ali več vhodov – več izhodov (R predstavlja več vrednosti),
- odvisno od sprememb vhoda se spreminjajo tudi izhodi iz sistema (Grafikon 6),
- model se ne spreminja.

Torej velja za športno vadbo, da se vrednosti kazalcev športnikove zmogljivosti (rezultatov testov) spreminjajo z vadbo in učinkujejo na zmogljivost (R). Uporabljena regresijska metoda, pa tudi hitrostni model, delujejo po tem principu. Vhod v sistem predstavljajo rezultati testov, model pa določa način pretvorbe. Izhod iz sistema je en, in sicer tekmovalni dosežek (R), ali pa je lahko več izhodov, kadar je potrebno zmogljivost športnika opisati z večimi rezultati. Tak način opazovanja športnikove tekmovalne zmogljivosti omogoča, da razložimo jakost, s katero so rezultati testov povezani

s tekmovalno zmogljivostjo. S tem lahko prilagajamo vadbene metode in količine. S tem tudi zmanjšujemo število napak pri načrtovanju. Lahko pa tudi poskušamo pojasniti, kje v uporabljenih testih (športnikovih značilnostih) se nahaja vzrok za različno zmogljivost športnikov. Opisano povezanost pa je mogoče uporabiti tudi za simulacijo tekmovalnih dosežkov (Priloga 1 in 2). Na tak način je mogoče predvidevati tiste spremembe v športnikovem organizmu, ki so potrebne za doseganje zastavljenega cilja, seveda le v primeru, če so tudi ti eksaktno zastavljeni.

V športni vadbi ves čas prevladuje opazovanje z vidika statičnega sistema. Trener v najboljšem primeru izdela vadbeni načrt in ga skupaj s športnikom tudi izvede »po najboljših močeh«. Nato opazuje vadbene učinke z namenom, da vadbo v nadaljevanju spremeni skladno z vadbenimi učinki in namenom, da bi te še povečal. Tiste vadbene učinke, ki pa se niso nič spremenili, pa skuša v nadaljevanju spremeniti tako, da izbere vadbo »po občutku«. Primer »statičnega« razmišljanja sta tudi metodi za določanje intenzivnosti vadbe za moč kot gibalno sposobnost in metode za določanje intenzivnosti pri vadbi za vzdržljivost. Prva uporablja za izhodišče največje breme, ki ga lahko premagamo le enkrat (1RM) v določeni nalogi. Iz tega je v preteklosti napačno izpeljano izhodišče za določanje števila ponovitev na izhodišču 1RM, vse do 75 % od največjega bremenja. Ta napaka je kasneje zmanjšana tako, da se je uvedlo dolo-

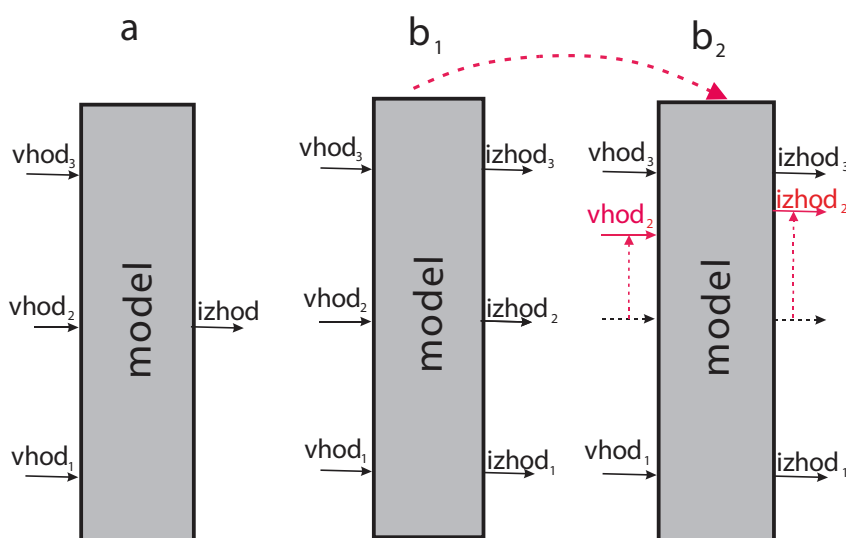
čanje števila ponovitev na osnovi poskusa: 10RM ali celo 20RM (Zatsiorsky, V.M., 1995) in ne le na osnovi 1RM. Pri vadbi za vzdržljivost obstaja podoben problem: ko se na testiranju določijo vrednosti kazalcev za intenzivnost vzdržljivostne vadbe (običajno Laktatni prag), se ta vrednost uporabi kot tista najprimernejša vadbena intenzivnost v vadbenem obdobju (to znaša najmanj 1 mezocikel – mesec) (Hofman, P., Tscharckert, G., 2017). Šele tedaj, ne glede na to, da so vadbeni učinki nastali lahko že prej, se prilagodi vadbena intenzivnost na novo izhodišče. Torej, kljub temu da je izhodišče za določanje intenzivnosti strokovno sporno, pa praksa športne vadbe sili uporabo takšnega metode v nenehna preverjanja in popravke zato, ker načeloma sploh ne gre za statičen sistem, ki bi morebiti takšne dejavnosti še opravičeval.

Regresijski in hitrostni model sta bila uporabljena za opazovanje hitrosti teka na 800 m z dvema namenoma: a) bolje razumeti vadbene učinke v tekačevem organizmu z vidika tekmovalne zmogljivosti, b) predvideti možne spremembe v kazalcih športnikove zmogljivosti, ko simuliramo doseganje svetovnega rekorda. Ugotoviti je mogoče, da so uporabljene simulacije potrdile pomembnost vseh treh energijskih virov in njim pripadajočim gibalnim sposobnostim pri teku na 800 m, predvsem ko se zmogljivost približuje svetovnemu rekordu.

Statični modeli kljub svoji prikazani uporabnosti temeljijo na eni pomankljivi domeni: tekmovalna zmogljivost je odvisna od vsote učinkov posameznih kazalcev zmogljivosti. Ker to ni res, saj so izmed vseh možnih učinkov izbrani samo tisti, ki so bili ugotovljeni kot pomembni, tudi ni mogoče pojasniti tistih 23 % nepojasnjene variance. Torej, morebiti pa se je potrebno ozreti nekoliko proč in pogledati, kakšne so sploh značilnosti bioloških sistemov in zgodbo začeti z drugega vidika.

■ Literatura

- Bouchard, C., Malina, R. M. in Perusse, L. (1997). *Genetics of fitness and physical performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ericsson, A. K. (2012). Training hystory, deliberate practice and elite sports performance: an analysis in response to Tucker and Collins review - What makes champions? *British Journal of Sports Medicine*.



Grafikon 6. Prikazana sta primera s tremi vhodi in enim izhodom (a) ter tremi vhodi in tremi izhodi (b1 in b2). V drugem primeru (b1) se vhod₂ zaradi učinka vadbe spremeni v vhod₂. Posledično se izhod₂ spremeni v izhod₂. S spremembo enega od kazalcev zmogljivosti se lahko spremeni tudi zmogljivost športnika.

3. Hofmann, P. in Tschakert, G. (2017). Intensity- and duration-based options to regulate endurance training. *Frontiers in physiology*, 1–9.
4. Macnamara, B., Moreau, D. in Hambrick, D. Z. (2016). The relationship between deliberate practice and performance in sports: a meta-analysis. *Psychological science*, 333–350.
5. Šturm, J. in Ušaj, A. (1985). Modelne značilnosti tekačev na srednje in dolge proge: I faza. *Fakulteta za telesno kultura, Inštitut za kineziologijo*.
6. Šturm, J. in Ušaj, A. (1985). Modelne značilnosti tekačev na srednje in dolge proge:

- sklepno poročilo. *Fakulteta za telesno kultura, Inštitut za kineziologijo*, 114.
7. Teorfle, M. (2015). *Swing low, sweet probability: guessing the results of every match in the 2015 Rugby World Cup*. Pridobljeno iz MathWorks: <http://blogs.mathworks.com/2015>
8. Usaj, A. (2014). Vzdržljivost pri teku. *Šport*, 153–166.
9. Ušaj, A. (2012). *Temelji športne vadbe*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani.

10. Zatsiorsky, V. M. (1995). *Science and practice of strength training*. Champaign IL: Human Kinetics.

prof. dr. Anton Ušaj
Laboratorij za biodinamiko
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
anton.usaj@fsp.uni-lj.si

Priloga 1

■ Simulacija tekmovalnega dosežka v teku na 800 m z uporabo regresijskega modela

Uporabimo regresijski model nekega tekača (Enačba 6). Lahko izračunamo njegov teoretični tekmovalni dosežek. Seveda je bilo potrebno pred tem izračunati regresijsko enačbo, za kar je bila uporabljena raziskava Šturm. J. in Ušaj A. (1985). Izračunan model še ni dal najboljšega možnega rezultata ob uporabi rezultatov testiranja tekačev M. R. in V. T., zato je bil dodatno prilagojen (Ušaj A. 2015, neobjavljeno). Obema tekačema je skozi tekmovalno sezono izračunavan modelni tekmovalni dosežek. Ta je bil primerjan z dejanskimi dosežki v tekmovalnem delu sezone.

Simulacija 1. Model (Enačba 6) je uporabljen tako, da so načrtno spreminjane hitrosti v_{max} , v_{400} in v_{12min} (Tabela 1). Najprej so bile uporabljene izmerjene vrednosti tega tekača iz obdobja doseganja osebnega rekorda (Tabela 1, prvi dve vrstici).

Uporabimo model:

$$v_{800} = 0.586 + 0.0252 \cdot v_{max} + 0.336 \cdot v_{400} + 0.270 \cdot v_{12min} \quad (\text{Enačba 6}),$$

kjer v_{max} , v_{400} in v_{12min} pomenijo vrednosti dosežene na testiranjih (stolpci 1, 2 in 3 v preglednici 1), koeficienti so izračunani z multiplo regresijsko analizo, v_{800} pa je izračunana hitrost v teku na 800 m (Tabela 1, stolpec 5). Čas ustrezen hitrosti v_{800} je zračunan v stolpcu 6 (Tabela 1).

Tabela 1
SPREMINJANJE VREDNOSTI TEKAČEVH ZNAČILNOSTI SKOZI ŠEST SIMULACIJ, KI KAŽEJO, KAKO SE SPREMINJA NJEGOVA TEKMOVALNA ZMOGLJIVOST

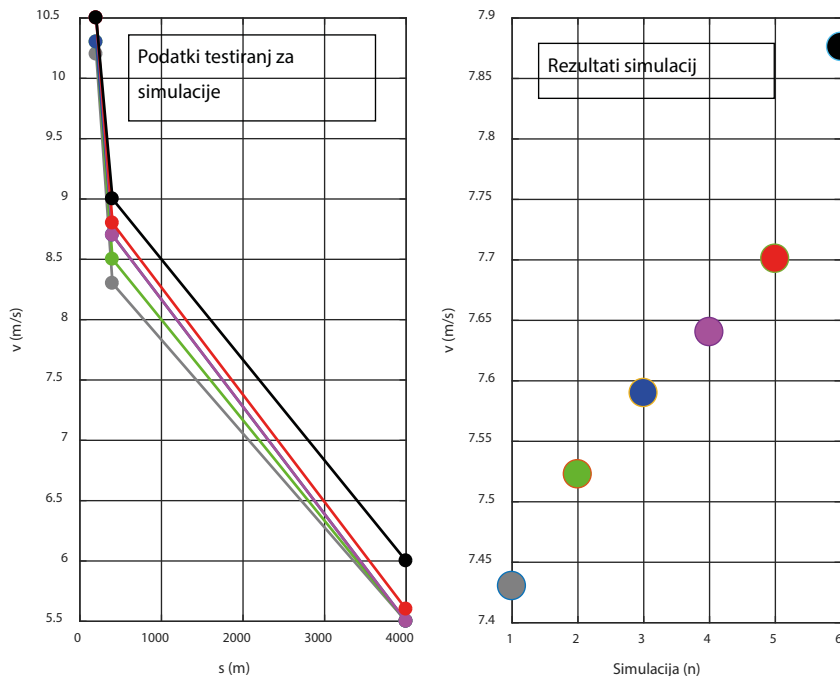
Simulacija (n)	v_{max} (m/s)	v_{400} (m/s)	v_{12min} (m/s)	v_{800} (m/s)	t_{800} (min:s)
1	10.2	8.3	5.5	7.43	1:47
2	10.3	8.5	5.5	7.52	1:46
3	10.3	8.7	5.5	7.59	1:45
4	10.5	8.7	5.5	7.64	1:44
5	10.5	8.8	5.6	7.7	1:43
6	10.5	9.0	6.0	7.88	1:41

V 3. in 4. vrstici sta narejeni simulaciji izboljšanja največje hitrosti (v_{max}) tekača. Vrednosti seveda veljajo za hitrost, doseženo v testu 30 m z letečim štarom. Recimo, da je hitrost 10.5 m/s tista hitrost, ki jo dosežejo najhitrejši tekači, ki zmorejo doseči svetovni rekord v teku na 800 m. Simulacija da rezultat 1:45 – 1:44 (min:sek). Seveda sta pogoja za doseganje te hitrosti tudi hitrosti v_{400} in v_{12min} (Tabela 1), ki se od prejšnjih simulacij nista spremenili. Razdaljo 400 m je potrebno preteči v 46 sekundah, v tej simulaciji pa je tekač dejansko pretekel to razdaljo v času okrog 49 s. V 12 min teku je potrebno v tej simulaciji preteči okrog 3960 m (Šturm J. in Ušaj A., 1985). Nekateri tekači na dolge proge so v tej raziskavi pretekli 12 min test do razdalje 4100 m. V uporabljenem modelu simulacije bi bilo potrebno za svetovni rekord preteči okrog 4300 m. Zahteve opravljene simulacije so takšne, da bi izbran tekač v našem primeru, kljub svoji kvaliteti (bivši državni rekorder v teku na 800 m) ne zmožal doseči tako visokega nivoja.

Ta simulacija je pokazala predsvem dvoje:

- Pogoji, v katerih je mogoče preteči razdaljo 800 m v času okrog svetovnega rekorda, kažejo, da je potrebna izjemno visoka zmogljivost vseh treh prevladujočih energijskih procesov, ki skozi primerne gibalne sposobnosti omogočajo takšno tekmovalno zmogljivost.
- Pomembnost vzdržljivosti, predvsem pa visoka aerobna moč se s skrajšanjem trajanja teka na 800 m ne zmanjšuje, kot bi pričakovali iz splošne odvisnosti med energijskimi procesi in trajanjem napa. Ravno nasprotno se ta pomembnost povečuje.

Simulacija 2. Najpomembnejši cilj uporabe simulacije pa je predvidevanje tekmovalne zmogljivosti skozi tekmovalno sezono. Model se uporablja zato, da ugotovimo: a) Spreminjanje tekmovalne zmogljivosti v pripravljalnih obdobjih, ko ni tekmovalj in ne moremo »na pamet« oceniti ali spre-



Grafikon 7. Simulacija tekmovalne zmogljivosti izbranega tekača v teku na 800 m. Na levem grafikonu so prikazani uporabljeni testni rezultati, na desnem grafikonu pa posledica te simulacije na hitrost teka na 800 m. Barve točk in črt se na obeh grafikonih ujemajo.

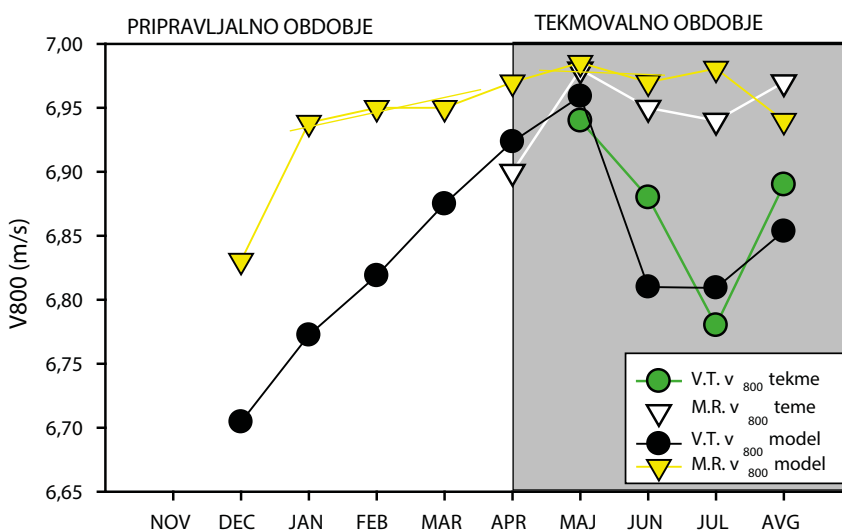
minjanje gibalnih sposobnosti in drugih kazalcev povzroča takšne učinke, ki povečujejo tekmovalno zmogljivost. b) Preverjamo, ali model dovolj dobro predvideva dejansko tekmovalno zmogljivost.

Primerjava med dejansko doseženimi in izračunanimi rezultati pokaže povprečno razliko 0.025 m/s za M. R. in 0.04 m/s za V. T. skozi interval 5 mesecev (4 tekme). To pomeni za M. R. povprečno 0.4 s (0.4 %)

in za V. T. 0.7 s (0.6 %) napake pri simulaciji tekmovalnega dosežka z regresijskim modelom za omenjena dva tekača in v izbrani tekmovalni sezoni.

Ta simulacija pokaže veliko razliko v teoretični tekmovalni zmogljivosti obeh tekačev v pripravljalnih obdobjih. M. R. doseže veliko zmogljivost že ob nespecifični vadbi v pripravljalnih obdobjih (januar in februar), medtem ko V. T. povečuje svojo zmogljivost počasneje (kljub nižjemu nivoju tekmovalne zmogljivosti). Zanimivo je, da sta njuni zmogljivosti zelo podobni ob začetku tekmovalnega obdobja (maj) nato se zmanjšata (V. T. v večji meri). Kljub naporni vadbi ne dosežeta več v maju doseženega nivoja.

Razlike med posamezniki kljub podobni vadbi v pripravljalnem in tekmovalnem obdobju so lahko velike tudi zaradi različne prilagodljivosti na uporabljeno vadbo. Tega v tem modelu ni mogoče upoštevati.



Grafikon 8. Grafikon prikazuje tekmovalno sezono dveh tekačev v teku na 800 m. Njune dejansko dosežene hitrosti v teku na 800 m (V. T. v₈₀₀ tekme (zeleni krogec) in M. R. v₈₀₀ tekme (beli navzdol obrnjeni trikotnik) so dosežene na štirih tekmah (V. T.) in petih tekmah (M. R.). Oba sta opravila devet testiranj skozi tekmovalno sezono od novembra do septembra v naslednjem letu, ki so bile uporabljene za simulacijo hitrosti teka na 800 m. V. T. (črni krogi) in M. R. (rumeni trikotniki obrnjeni navzdol) kažejo majhne razlike (napake ocenjevanja) v primerjavi z dejansko doseženimi hitrostmi na tekmah.

Priloga 2

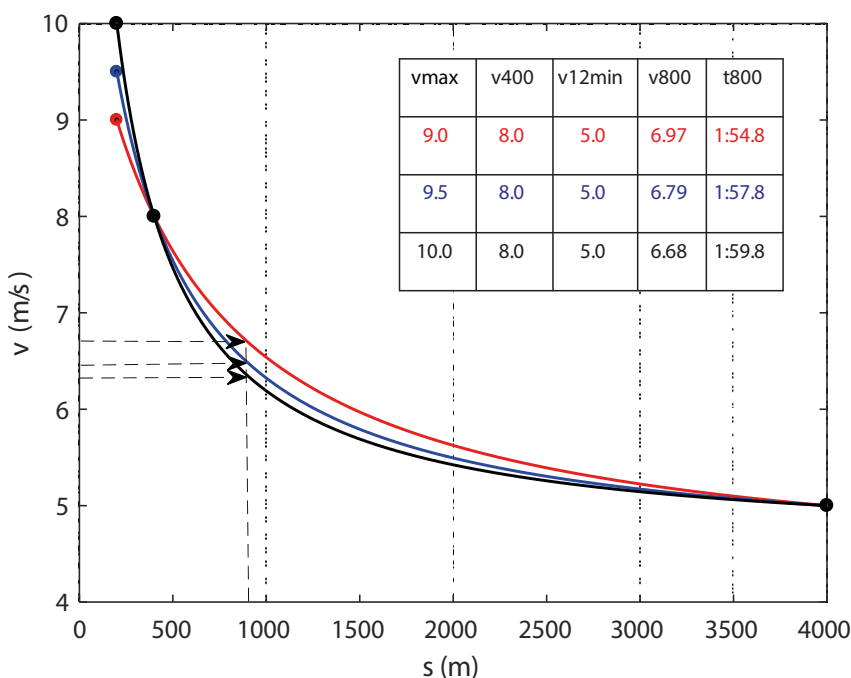
Simulacija tekmovalnega dosežka v teku na 800 m z uporabo hitrostnega modela

Vzemimo za primer tekača M. R., ki je v neki tekmovalni sezoni pred neko tekmo na 800 m dosegel naslednje rezultate na testiranju (Grafikon 9) in pretekel 800 m s hitrostjo 6.95 m/s (1:55 min). Njegov osebni rekord je znašal 7.54 m/s (1:46 min) in ga je dosegel čez nekaj let. Zanimalo nas je: a) Kako je moral spremeniti svoje rezultate v testiranju, da je dosegel tak rezultat in ali so izračunane vrednosti bile podobne dejansko doseženim. b) Želeli smo ugotoviti, ali bi se lahko nadalje tako spremenil, da bi dosegel tekmovalni dosežek podoben svetovnemu rekordu.

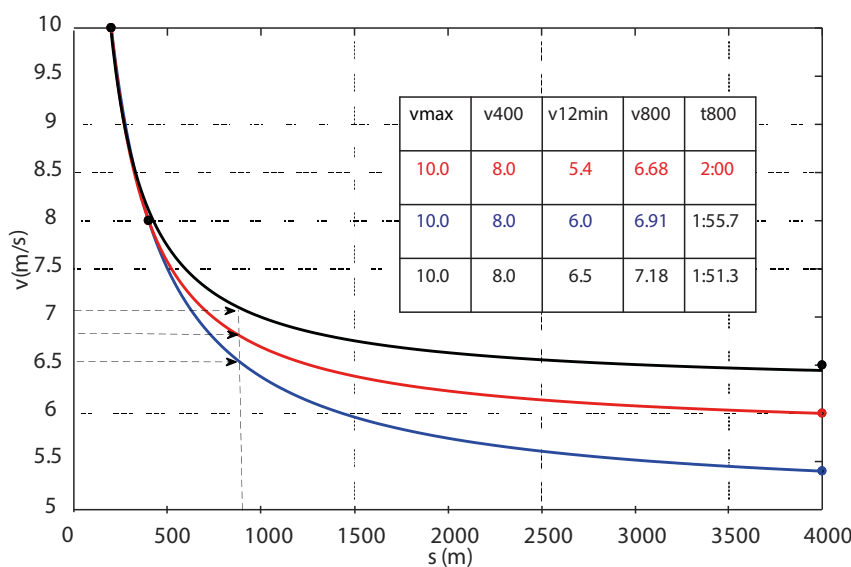
Tekač je opravil testiranja na atletskem stadionu: test 30 m z letečim štartom, test 400 m in test teka na 12 min (Cooperjev test). To testiranje je bilo sicer del rednih vsakomesečnih testiranj tega tekača. Vrednostim v diagramu odvisnosti hitrosti teka od razdalje je po metodi najmanjših kvadratov prilagojena hiperbola (Enačba 3) in izračunana hitrost v teku na 800 m. Od dejansko dosežene je odstopala za 0.04 m/s. Sicer je ta metoda preizkušana na rezultatih večjega vzorca tekačev na 800 m pridobljenih v raziskavi Šturm. J. in Ušaj A. (1985) za potrebe dela v Laboratoriju za biodinamiko, in sicer od leta 2015 dalje po korekciji modela (Ušaj A., neobjavljeno).

Simulacija 1. Če za simulacijo izberemo primer, ko se povečuje samo v_{max} (9 do 10 m/s), hitrosti v_{400} in v_{12min} pa ostaneta nespremenjeni (Grafikon 9), potem je mogoče opaziti, da je ta strategija izboljševanja tekmovalne zmogljivosti v teku na 800 m neuspešna. Hitrost teka na 800 m se celo zniža. Torej skrb za samo največjo hitrost in alaktatane energijske procese ne daje pričakovanih rezultatov (Grafikon 9).

Simulacija 2. Simulacija hitrosti teka na 800 m v primeru, če v_{max} in v_{400} ostaneta enaki, spremeni pa se v_{12min} (povečanje vzdržljivosti). Ob tej spremembi je mogoče opaziti pozitiven učinek na hitrost v teku na 800 m. Za izbrane primere se je hitrost povečala tako, da se je čas teka na 800 m skrajšal za okrog 9 s (Grafikon 10). Takšna sprememba pa tudi opozori na pomembnost vzdržljivosti, v tem primeru v večji



Grafikon 9. Simulacija hitrosti v teku na 800 m s pomočjo hitrostnega modela. Spreminjanje samo v_{max} ne zadošča, temveč celo poslabšuje željeno povečanje hitrosti teka (cilj simulacije).

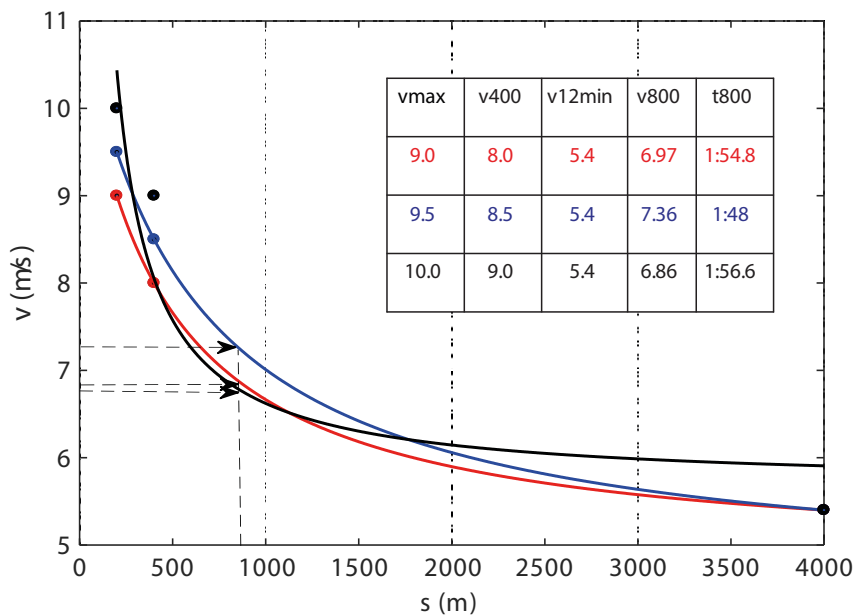


Grafikon 10. Simulacija spreminjanja hitrosti v teku na 800 m, če se spreminja samo vzdržljivost posameznika. Opaziti je, da se s to spremembo pomembno spreminja tudi hitrost teka na 800 m.

meri aerobne moči pri takšni spremembi. Tega brez te simulacije nebi mogli predvideti.

Simulacija 3. Simulacija hitrosti teka na 800 m, če se hkrati spreminjata oba kazalca anaerobnih energijskih procesov pri tekaču: v_{max} in v_{400} (Grafikon 11). Opaziti je mogoče, da je zelo pomembno, da se obe

hitrosti proporcionalno spreminjata. Ko se namreč v_{400} poveča nesorazmerno z v_{max} , potem hiperbola ne poteka več skozi točke (poveča se njena napaka). Hkrati pa tudi v_{800} postane nižja (črna barva črt in števil) v primerjavi z modrimi oznakami. Torej povečanje hitrostne vzdržljivosti mora biti usklajeno s povečanjem največje hitrosti, če želimo povečati tudi v_{800m} .

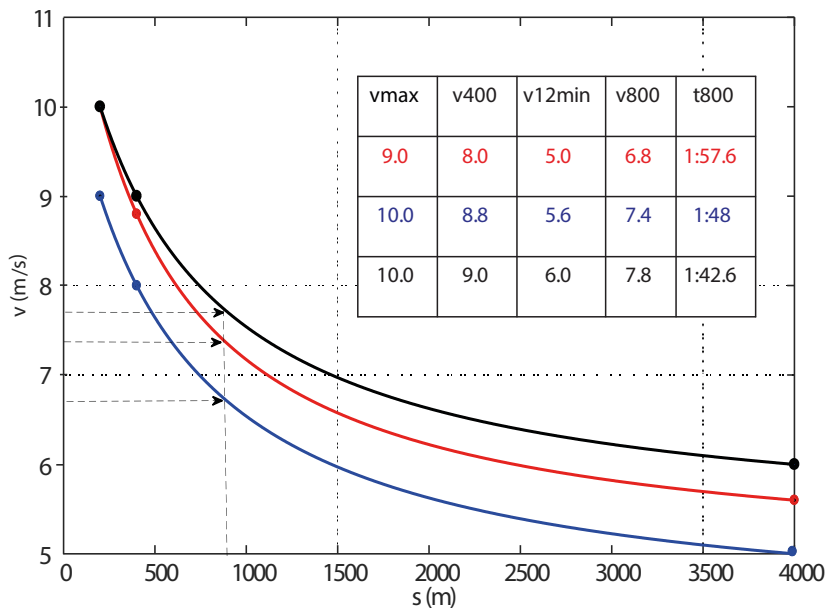


Grafikon 11. Simulacija spreminjanja hitrosti v800 m v teku, če spreminjamo največjo hitrost ($v_{\max}$) in hitrostno vzdržljivost (v_{400}) tekača. Simulacija prikazuje pomembnost usklajenega povečanja obeh kazalcev.

Simulacija 4. Če hitrosti vseh treh testov sedaj smiselno povečujemo do razumnih mej in poskusimo doseči vrednosti okrog svetovnega rekorda (Grafikon 12), potem vidimo pomembnost predvsem spreminjanja v_{400} in $v_{12\min}$. Kljub temu pa mora tekač v vseh treh testih doseči visoke hitrosti.

Ta simulacija je pokazala dvoje:

- za doseganje hitrosti okrog svetovnega rekorda je potrebno v vseh treh testih (energijskih procesih) doseči zelo visoke hitrosti, ki pa se morajo usklajeno povečati,
- doseganje svetovnih rekordov je mogoče le, če se skladno z anaerobnimi kazalci povečujejo tudi aerobni del (aerobna moč) vzdržljivosti, kljub temu da se tek skrajšuje, čeprav tega nebi pričakovali.



Grafikon 12. Simulacija spreminjanja hitrosti v teku na 800 m. Hitrost se poveča do vrednosti, ki omogočajo svetovni rekord, če se usklajeno povečajo $v_{\max}$, v_{400} in $v_{12\min}$. Povečanje $v_{12\min}$ spada med pomembnejše prilagoditve.