



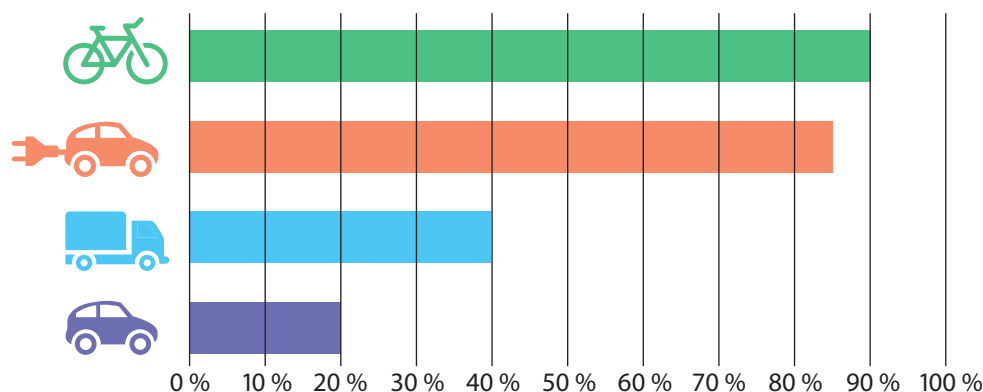
1. Pogačar 2. Roglič

Verjetno ni Slovenca, ki ne bi poznal končnega vrstnega reda Dirke po Franciji. Kakšen dan za slovensko kolesarstvo! Zaključni izid je presenetil tako Rogličeve kot Pogačarjeve oboževalce. Le malokdo je namreč verjel, da si lahko Pogačar na predzadnji etapi prikolesari zmago in osvoji slovito rumeno majico.

O Pogačarjevem kolesarskem spektaklu se bo govorilo še dolgo, zato si podrobneje pogledjmo, kako mu je uspel zgodovinski podvig. Pri tem si bomo pomagali z znanjem iz fizike.

Pri tritedenski dirki, kot je dirka po Franciji, o končnem uspehu odločajo številni dejavniki. Zagotovo so najpomembnejši kolesarsko znanje in izkušnje ter telesna in psihična priprava. Zelo pomembna sta tudi kolo in ekipa, ki ju ima na voljo kolesar, a vrstni red lahko krojijo tudi nepredvidljivi dejavniki, kot so padci, okvare, bolezni, vreme, slaba dnevna forma, napačna taktika ... Zato je napovedovanje skupnega zmagovalca zelo nevhvalno delo. Na drugi strani je vožnja na čas veliko bolj predvidljiva, saj imajo najpomembnejšo vlogo kolo, položaj kolesarja na kolesu in moč, s katero poganja pedala. Ker velikih razlik med kolesi in položajem kolesarjev na kolesu ni, je ključni dejavnik kolesar oziroma njegova moč.

Poglejmo si torej, kako je z močjo pri vožnji s kolesom. Začnimo na začetku. Kolo je zelo učinkovit stroj za pretvarjanje energije iz ene oblike v drugo. Dobro in pravilno nastavljeno kolo lahko pretvori približno 90 % energije, ki jo kolesar porablja za vrtenje pedal, v kinetično energijo kolesa in kolesarja. Za primerjavo naj povemo, da bencinski motor pretvori v kinetično energijo le okoli 20 % vse energije goriva, dizelski pa okoli 40 %. Z učinkovitostjo kolesa se lahko primerja le električni motor, ki ima podoben izkoristek.



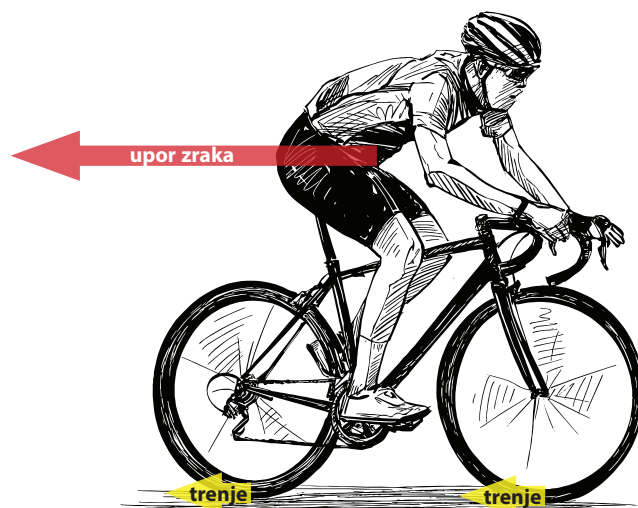
Kljub odličnemu izkoristku kolesa je s prenosov kolesarskih dirk lepo razvidno, kolesarjenje zahteva precej napora, zlasti pri vožnji po klanecu. Zakaj?

Kolesar mora med vožnjo po ravnem premagovati silo upora zraka in silo trenja gum s cestiščem. Upor zraka je odvisen od hitrosti kolesarja, od njegove drže na kolesu in oblačil, sila trenja pa predvsem od širine in profila gum. Pri kolesarjih na cestnih dirkah je pri velikih hitrostih upor zraka približno 4- do 5-krat večji od trenja (pri gorskem kolesarstvu je ravno nasprotno!).

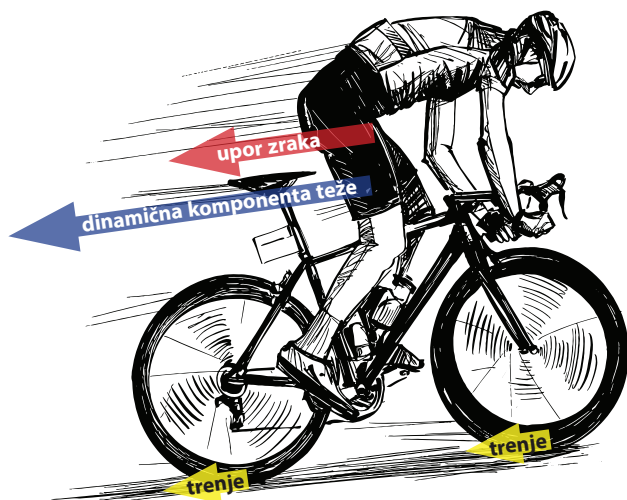
Pogačarjeve vrednosti pri vožnji po ravnem*

običajna vožnja: moč = 350 W hitrost = 50 km/h
ciljni šprint: moč = 900 W hitrost = 70 km/h

* podatki so z dirke po Španiji 2019



Kolesar med vožnjo v klanec poleg sile upora zraka (ta je pri vožnji v klanec zaradi nižjih hitrosti manjša) in sile trenja, premaguje tudi del teže nanj in na njegovo kolo. Ta del teže, ki ga imenujemo dinamična komponenta, kaže vzdolž klanca in je odvisen od naklona klanca. Na 5 % klanecu znaša omenjeni del približno 5 % celotne teže, na 10 % klanecu pa približno 10 % celotne teže ...



Pogačarjeve vrednosti pri vožnji v klanec*

3 % klanec: moč = 325 W hitrost = 26 km/h
7 % klanec: moč = 367 W hitrost = ni podatka
9 % klanec: moč = 365 W hitrost = 19 km/h
12 % klanec: moč = 390 W hitrost = 15 km/h

* podatki so z dirke po Španiji 2019

Sedaj, ko poznamo zaviralne sile na kolesarja, jih lahko povežemo z njegovo močjo. Moč kolesarja namreč pove, koliko dela opravi vsako sekundo pri premagovanju sil, ki nasprotujejo gibanju. Ali drugače: koliko energije pretvori v gibanje kolesa na sekundo. Moč kolesarja in zaviralne sile povezuje enačba:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$$

Še nekaj podatkov

Pogačar: telesna masa = 66 kg masa kolesa = 7 kg
Roglič: telesna masa = 65 kg masa kolesa = 7 kg

Z zapisano enačbo in podatki, ki jih imamo o Pogačarju, lahko izračunamo kar nekaj zanimivih stvari.

- a) Izračunajmo velikosti sil, ki zavirajo Pogačarjevo gibanje (upor in trenje) pri vožnji po ravnem s povprečno hitrostjo 50 km/h:

$$F = \frac{P}{v} = \frac{350 \text{ W}}{13,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{350 \text{ N} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{13,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 25 \text{ N}$$

To razdelimo na upor in trenje in dobimo za velikost upora vrednost 20 N in za trenje 5 N.

- b) Sam(a) izračunaj upor zraka pri šprintu.

R: trenje = 40 N, upor = 5 N

- c) Izračunajmo dinamično komponento sile teže na Pogačarja in njegovo kolo na 12 % klanecu:

$$F_d = F_g \cdot \sin(\alpha) = 73 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,12 = 88 \text{ N}$$

- č) Privzamimo, da upor in trenje znašata skupaj 10 N in izračunajmo Pogačarjevo povprečno moč:

$$P = F \cdot v = 98 \text{ N} \cdot 4,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 408 \text{ W}$$

- d) Sam(a) izračunaj povprečno hitrost Pogačarja, ko je z močjo 367 W vozil v 7 % klanec (za upor privzamim 10 N).

R: 21 km/h

Letošnja Dirka po Franciji je bila odločena v dramatičnem zaključku vožnje na čas, ki se je odvil na 5,9 km dolgem ciljnem klanecu z naklonom 8,5 %. Roglič je imel v primerjavi s Pogačarjem ob vmesnem času ob vznožju omenjenega klanca še 21 s prednosti, vendar je Pogačar zaključni klanec odpeljal kar minuto in 20 sekund hitreje kot Roglič. Roglič morda res ni imel najboljšega dne, vendar pravi razlog za zmago tiči v izjemni vožnji Pogačarja, ki se ji čudi ves kolesarski svet. Poglejmo dogajanje natančneje.



Rogličeva vožnja v klanec

- a) Izračunajmo povprečno hitrost, s katero je prevozil klanec, če je za to porabil 17 min in 31 s.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{5900 \text{ m}}{1051 \text{ s}} = 5,61 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 20,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Poganjati pedala več kot 15 minut s tolikšno močjo je več kot odlično, tako da težko zares govorimo o Rogličevem slabem dnevu.

- b) Izračunajmo še moč, s katero je poganjal v klanec (upor in trenje = 12 N).

$$F_d = F_g \cdot \text{naklon} = 72 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,085 = 61 \text{ N}$$

$$P = F \cdot v = 73 \text{ N} \cdot 5,61 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 410 \text{ W}$$



Pogačarjeva vožnja v klanec

- c) Izračunajmo povprečno hitrost, s katero je prevozil klanec, če je za to porabil 16 min in 11 s.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{5900 \text{ m}}{971 \text{ s}} = 6,08 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 21,9 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- č) Izračunajmo še moč, s katero je poganjal v klanec (upor in trenje = 12 N).

$$F_d = F_g \cdot \text{naklon} = 73 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,085 = 62 \text{ N}$$

$$P = F \cdot v = 75 \text{ N} \cdot 6,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 456 \text{ W}$$

Če je bila Rogličeva vožnja odlična, je bila Pogačarjeva naravnost neverjetna.

EKSPERIMENT 1

1. Namen: izmeriti, kolikšne so zaviralne sile na kolesarja pri hitrosti 30 km/h.
2. Potrebščine: kolo z merilnikom hitrosti, zaščitna čelada, pametni telefon ali štoparica, prijatelj.
3. Potek dela:
 - a) Izberi varen, raven del stranske ceste brez naklona (še bolje: prazno večje parkirišče, stezo ali ploščad).
 - b) Prijatelj naj pospeši do hitrosti 30 km/h in oznani (z roko, glasom), da je dosegel to hitrost.
 - c) Sproži štoparico, prijatelj pa naj neha poganjati in opazuje vrednost hitrosti.
 - č) Ko hitrost pade na 25 km/h, naj prijatelj to oznani, ti pa ustavi štoparico.
 - d) Celotno meritev ponovita še v drugo smer, da izniči vpliv morebitnega naklona ceste.
4. Izračun: najprej izračunaj pojemek z enačbo $a = \frac{\Delta v}{t}$ in nato še zaviralne sile z enačbo $F = m \cdot a$.



EKSPERIMENT 2

1. Namen: izmeriti največjo moč, s katero lahko poganjaš pedala.
2. Potrebščine: kolo z merilnikom hitrosti, zaščitna čelada.
3. Potek dela:
 - a) Izberi varen, raven del stranske ceste brez naklona (še bolje: prazno večje parkirišče, stezo ali ploščad).
 - b) Pospeši do največje možne hitrosti in si jo zapomni.
 - c) Celotno meritev ponovi še v drugo smer, da izniči vpliv morebitnega naklona ceste.
4. Izračun: s pomočjo podatka o zaviralnih silah izračunaj svojo moč z enačbo $P = F \cdot v$.