

## STATISTIČNA ANALIZA POSKUSA S ČASOVNO KOMPONENTO

Katarina KOŠMELJ<sup>a)</sup>, Andrej BLEJEC<sup>b)</sup> in Drago KOMPAN<sup>c)</sup>

<sup>a)</sup> Univ. v Ljubljani, Biotehniška fak., Odd. za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, prof., dr.

<sup>b)</sup> Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, dr.

<sup>c)</sup> Univ. v Ljubljani, Biotehniška fak., Odd. za zootehniko, Groblje 3, SI-1230 Domžale, Slovenija, viš.pred., mag.

Delo je prispelo 06. novembra 2001, sprejeto 20. novembra 2001.

Received November 06, 2001, accepted November 20, 2001.

### IZVLEČEK

Predstavljamo statistično analizo, ki smo jo uporabili za vrednotenje poskusa, izvedenega na Odd. za zootehniko Biotehniške fak. Univ. v Ljubljani. Dobljeni podatki ne omogočajo uporabe standardnih statističnih metod. V tem prispevku predstavljamo ideje in pristope, ki smo jih uporabili pri statistični analizi in so nas pripeljali do odgovorov na zastavljena vprašanja. Namen tega članka je uporabljeno statistično analizo predstaviti širšemu krogu raziskovalcev, ki se ukvarjajo s podobno problematiko na drugih področjih, saj podobni poskusi v biotehniških vedah niso redki.

Ključne besede: statistika / statistična analiza / časovna vrsta / transformacija podatkov / standardizacija podatkov / analiza variance / Wilcoxonov test / koze / somatske celice

### STATISTICAL ANALYSIS OF AN EXPERIMENT WITH TIME COMPONENT

#### ABSTRACT

In this paper we present the statistical analysis which we used to assess an experiment undertaken at the Zootechnical Department, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana. Due to the type of data, standard statistical methods can not be used. We present our ideas and statistical approaches that give the required answers. The objective of this paper is to present the statistical analysis to the public since this type of experiment is quite common in biotechnical domain.

Key words: statistics / statistical analysis / time series / data transformation / data standardization / analysis of variance / Wilcoxon test / goats / somatic cells

#### UVOD

Rejci in porabniki želimo uživati čim bolj neoporečno in zdravo hrano, zato pred prirejo in proizvodnjo tudi nadzorujemo njeno kakovost. Pri prireji mleka je pomembno, da je njegova sestava čim bolj primerna in da vsebuje kar se da malo nezaželenih primesi. Med nezaželene sodijo mikroorganizmi in tako imenovane somatske celice. Pobuda za izvedbo poskusa izhaja iz dejstva, da je število somatskih celic v kozjem mleku večje kot v kravjem mleku in da je zelo spremenljivo med posameznimi živalmi in tudi pri isti živali med laktacijo. Nihanja povzročajo številni dejavniki, ki pa še niso vsi raziskani (Jenness, 1980; Haenlein, 1987; Contreras in sod., 1996; Maniak in sod., 2000). Prav zaradi tega standardi za število somatskih celic v mleku koz še niso sprejeti. Dejavnike, ki naj bi vplivali na zmanjšanje števila somatskih celic v kozjem mleku, še proučujejo.

Med somatske celice štejemo bele krvničke (levkocite) in epitelialne celice, ki se pri nastajanju mleka izločajo v vime (Zeng in Escobar, 1995; Zeng, 1996; Zeng in sod., 1997; McDougal in sod., 2001). Povečanje levkocitov v mleku je odraz ali odgovor na vnetni proces nekje v telesu, posebno v vimenu. Število levkocitov se poveča tudi pri bakterijskih infekcijah (Kalogridou-Vassiliadou in sod., 1992; Wilson in sod., 1995). Povečanje pa ni nujno samo zaradi bakterijske okužbe v vimenu, ampak ga lahko povzročijo tudi drugi dejavniki, kot so stadij laktacije, starost živali, stres, sezona, prehrana in poškodbe vimena. Na število prav tako vpliva količina namolženega mleka in tudi velikost gnezda. Ti dve lastnosti sta, kot je znano, v veliki pozitivni korelaciji (Zeng in sod., 1997).

Zaradi kar precejšnjega nihanja števila somatskih celic pri kozjem mleku še pravzaprav niso sprejeti standardi, kot to velja za kravje mleko. Zato je pomembno ugotoviti, ali lahko na kak način tudi s prehrano vplivamo na znižanje števila somatskih celic v njem.

Vemo, da na povečanje števila somatskih celic vplivajo tudi draženje vimena in poškodbe, kar povzroči inflamatorni učinek. Tako se aktivirajo mehanizmi, ki povzročijo migracijo levkocitov na mesto poškodbe ali mesto okužbe.

Na Odd. za zootehniko so izvedli s kozami krmilni poskus z različnimi dodatki. S poskusom so želeli ugotoviti:

- ali kateri od dodatkov zmanjšuje število somatskih celic in ali se po učinku med seboj razlikujejo in
- koliko časa traja vpliv na zmanjšanje števila somatskih celic v mleku?

## MATERIAL IN METODE DELA

Koze so razporedili v štiri skupine, ki so jim med poskusom k obrokom dodajali tri različne dodatke:

- DHA, ribjega izvora,
- ALFA, rastlinskega izvora,
- EPA, ribjega izvora,
- kontrolna skupina, brez dodatka.

V vsaki skupini je bilo po 15 koz, vendar se je njihovo število zaradi objektivnih dejavnikov med poskusom zmanjšalo. Poskus je trajal 60 dni in je imel tri obdobja:

- Predposkus (prilagoditveno obdobje): koze so bile v istem hlevu. Za živali pomeni stres prihod tujih ljudi v hlev in prisotnost le teh ob molži. To obdobje je trajalo deset dni.
- Poskus (obdobje dodajanja): dodatek k obroku so posamezne skupine živali dobivale dnevno v obdobju od 11. do 15. dne, torej pet dni. Dodatek je dobivala vsaka žival posebej.
- Poposkus (obdobje po dodajanju): od 16. dne dalje živali dodatkov niso več dobivale, meritve in odvzem vzorcev pa so opravljali še do vključno 60. dne. Od 16. do 20. dne je bilo opazovanje dnevno, pri jutranji in pri večerni molži, od 21. dne dalje pa na vsakih 5 dni.

Med poskusom so spremljali vrednosti mnogih spremenljivk v mleku jutranje in večerne molže. Tu predstavljamo statistično analizo le za število somatskih celic. V prilagoditvenem obdobju in v obdobju dodajanja imamo tako po dve vrednosti na dan (zjutraj, zvečer), v obdobju po dodajanju od 21. dne dalje pa po dve vrednosti na dan v petdnevni intervalih.

## REZULTATI IN RAZPRAVA

Za izhodišče naše statistične analize smo si izbrali čim bolj enostaven in razumljiv pristop. Statistično analizo smo razdelili na tri zaporedne faze:

- grafični prikazi in transformacije podatkov

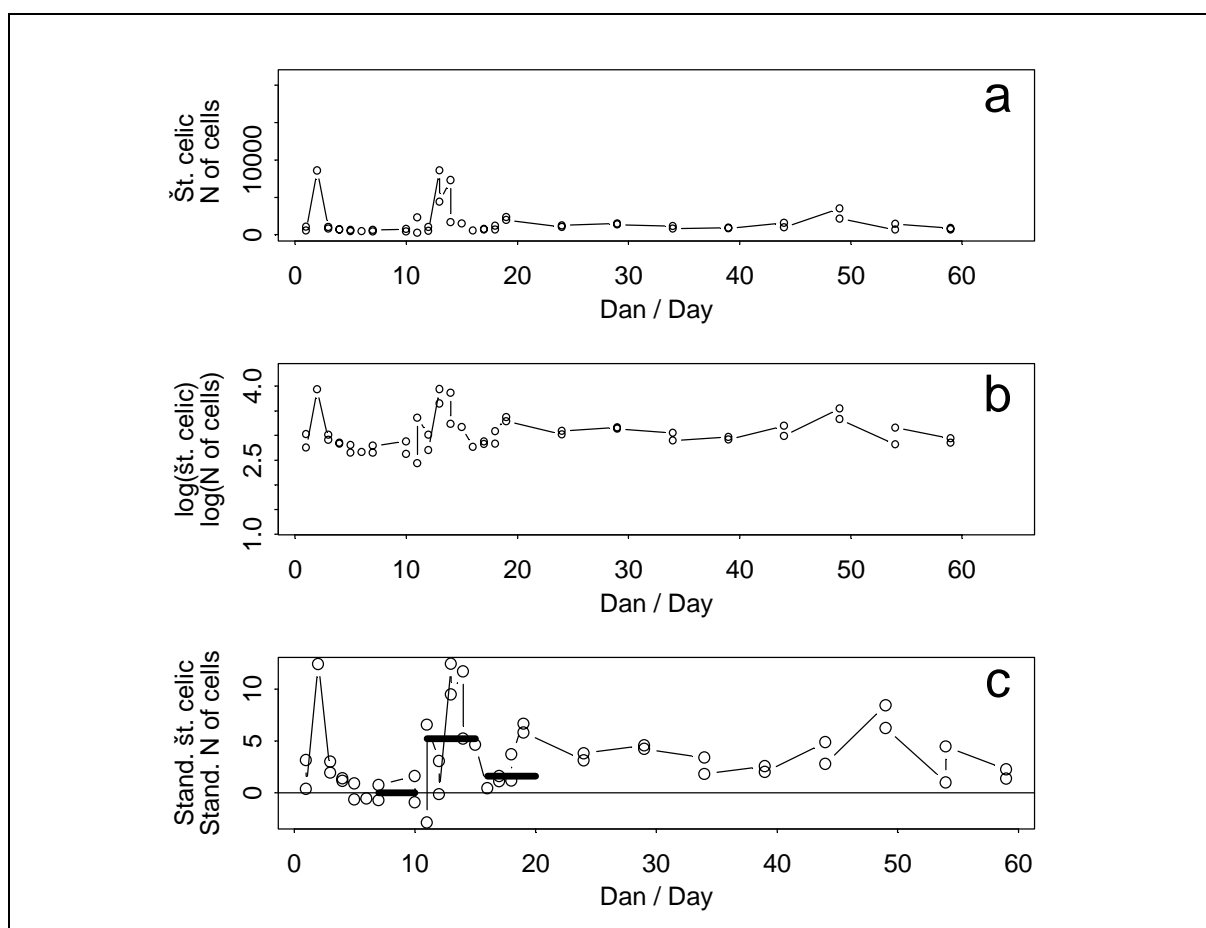
- preliminarni rezultati
- uporaba statističnih preizkusov.

Vse grafične prikaze in izračune smo izvedli s programom S-PLUS 2000 (1999).

### Grafični prikazi in transformacije podatkov

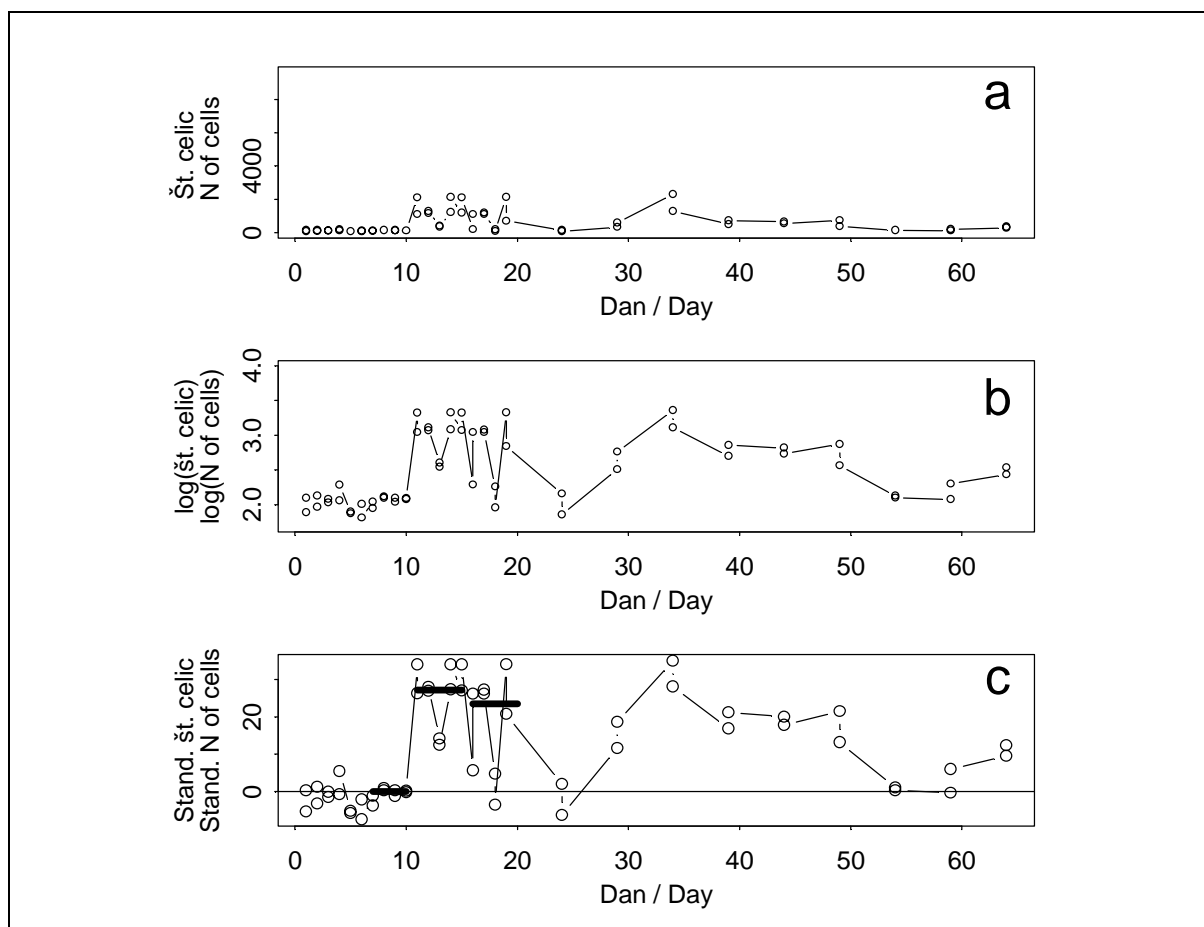
Vsako statistično analizo začnemo z ustrežno grafično predstavitvijo podatkov. V tem primeru smo izhajali iz dejstva, da je eksperimentalna enota posamezna žival in je zato najprej potrebno grafično predstaviti podatke za vsako žival posebej. Podatki za vsako posamezno žival sestavljajo časovno vrsto, ki ni ekvidistantna. V prilagoditvenem obdobju in v obdobju dodajanja imamo po dve vrednosti na dan (zjutraj, zvečer), prav tako v obdobju po dodajanju od 16. do 20. dne. V obdobju po dodajanju od 21. dne dalje pa imamo po dve vrednosti na dan v petdnevnih intervalih.

Na grafikonu 1 in 2 zgoraj so prikazani podatki za število somatskih celic za dve kozi, ena pripada obravnavanju 1 (DHA), druga pa obravnavanju 4 (kontrola).



Grafikon 1. Grafični prikazi za kozo 1616 iz prve skupine. a) Grafični prikaz osnovne časovne vrste. b) Grafični prikaz logaritmirane časovne vrste. c) Grafični prikaz standardizirane časovne vrste. Na grafikonu so tri daljice, ki predstavljajo vrednost za mediano v kontrolnem intervalu predposkusa (ta vrednost je vedno 0), vrednosti za mediano za obdobje poskusa (11.–15. dne) ter vrednost za mediano za obdobje po poskusu (16.–20. dne).

Graph 1. Displays for the goat No. 1616, group 1. a) Original time series. b) Logarithm of the original time series. c) Standardized time series. The thick lines represent the median for the periods under study (day: 7–10, 11–15 and 16–20).



Grafikon 2. Grafični prikazi za kozo 6464 iz kontrolne skupine. a) Grafični prikaz osnovne časovne vrste. b) Grafični prikaz logaritmirane časovne vrste. c) Grafični prikaz standardizirane časovne vrste. Na grafikonu so tri daljice, ki predstavljajo vrednost za mediano v kontrolnem intervalu predposkusa (ta vrednost je vedno 0), vrednosti za mediano za obdobje poskusa (11.–15. dne) ter vrednost za mediano za obdobje po poskusu (16.–20. dne).

Graph 2. Displays for the goat No. 6464, group 1. a) Original time series. b) Logarithm of the original time series. c) Standardized time series. The thick lines represent the median for the periods under study (day: 7–10, 11–15 and 16–20).

Vizualna analiza grafikonov časovnih vrst je pokazala mnoga zanimiva dejstva:

- določeni podatki pri posamezni kozi manjkajo;
- število somatskih celic pri različni živalih je zelo različno (koza 1616: od 0 do 10 000 somatskih celic; pri kozi 6464 od 0 do 2 000 somatskih celic). Te razlike se kažejo tudi v prilagoditvenem obdobju;
- znotraj posamezne časovne vrste zasledimo izjemno velika nihanja.

Povedano po statistično:

- časovna variabilnost pri posamezni kozi je zelo velika. Grafikoni kažejo osamelce, to so izjemno velike vrednosti;
- variabilnost med živalmi je zelo velika. Zdi se, da koze med seboj glede na število somatskih celic niso primerljive.

Naš namen je ugotoviti, ali uporabljeni dodatki vplivajo na zmanjševanje števila somatskih celic. Iz zgoraj povedanega sledi, da je pred statistično analizo potrebno časovne vrste ustrezno preoblikovati. Uporabili smo dve transformaciji, in sicer:

- da bi zmanjšali vpliv osamelcev v posamezni časovni vrsti, smo najprej časovno vrsto logaritmirali. Iz vsebinskih razlogov smo se odločili za desetiški logaritem, katerega

rezultat izraža velikostni red podatkov. Naj  $X(t)$  označuje izhodiščno časovno vrsto za posamezno žival, logaritmirano časovno vrsto označimo  $Y(t)$ :

$$Y(t) = \log_{10} X(t) \quad [1]$$

Grafični prikaz logaritmiranih časovnih vrst je na grafikonoma 1b in 2b.

- Da bi bile časovne vrste, ki opisujejo različne živali, med seboj primerljive, jih moramo na ustrezen način standardizirati. Običajno uporabljamo v statistiki standardizacijo, ki temelji na izreku o transformaciji poljubne normalne porazdelitve v standardizirano normalno porazdelitev (Košmelj, 2001). Pri analizi podatkov to izrazimo tako, da najprej izračunamo povprečje in standardni odklon vseh vrednosti. Vsako posamično vrednost standardiziramo tako, da od nje odštejemo povprečje in dobljeno razliko delimo s standardnim odklonom vseh vrednosti.

Za naš primer pa se izkaže taka standardizacija za neustrezno. Grafikoni logaritmiranih podatkov kažejo veliko variabilnost, porazdelitev vrednosti ni simetrična. Statistična teorija pove, da v takih primerih za mero sredine ni ustrezno uporabiti povprečja, prav tako za mero variabilnosti ni primerno uporabiti standardnega odklona, saj sta obe navedeni meri zelo občutljivi za osamelce (Košmelj, 2001). Zato smo namesto klasične standardizacije uporabili njeno modifikacijo, ki za srednjo vrednost upošteva mediano, za mero variabilnosti pa povprečni absolutni odklon od mediane.

Pri standardizaciji smo izhajali iz naslednje predpostavke. V prilagoditvenem obdobju smo zadnje štiri dni (od 7. do 10. dne) šteli za stabilno obdobje za posamezno žival, torej za obdobje, ko je koza dobila sebi običajne vrednosti za število somatskih celic. To obdobje štejejo kot kontrolno obdobje za posamezno kozo. Iz njenih podatkov v obdobju 7. do 10. dne smo izračunali mediano  $Me_{7-10}$  in povprečni absolutni odklon  $AD_{7-10}$  in s pomočjo teh dveh vrednosti izvedli standardizacijo. Standardizirano časovno vrsto označimo  $S(t)$  in jo iz časovne vrste  $Y(t)$  dobimo takole:

$$S(t) = (Y(t) - Me_{7-10}) / AD_{7-10} \quad [2]$$

Standardizirane časovne vrste so prikazane na grafikonoma 1c in 2c. Le-te so bile vhod v statistično analizo.

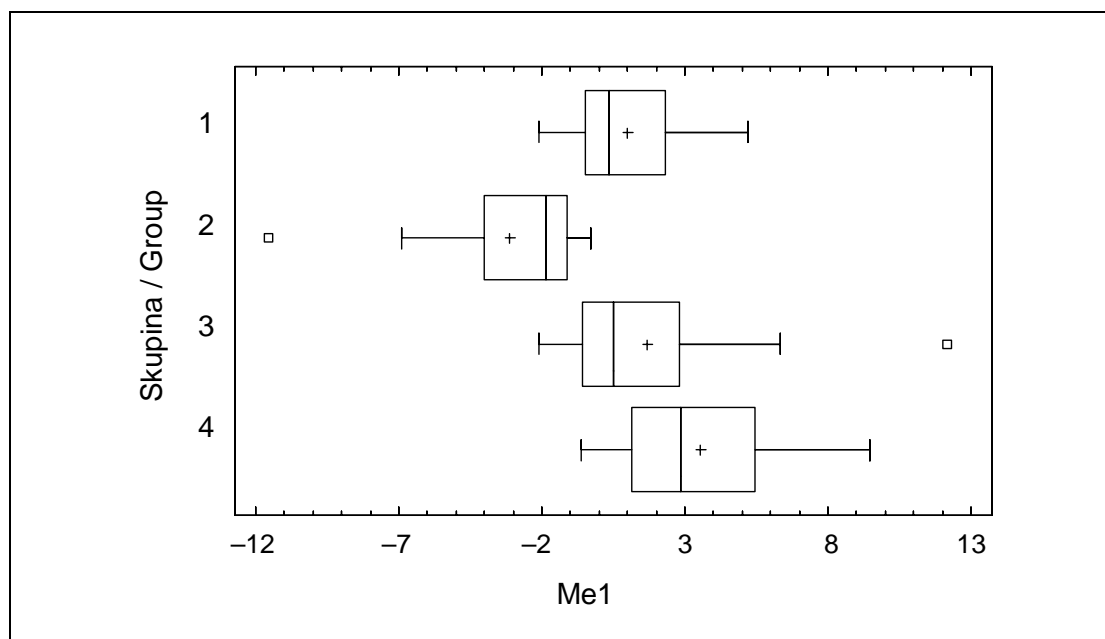
## Predhodni rezultati

Da bi odgovorili na vprašanje, kako obravnavanja vplivajo na število somatskih celic ter primerjali obravnavanja med seboj, smo izračunali vrednosti, ki označujejo posamezno žival v obdobju dodajanja (11. do 15. dan) in v petdnevnem obdobju po dodajanju (16. do 20. dan). Ker je vsako od teh dveh obdobji dolgo po 5 dni in imamo za vsako žival praviloma po dva podatka na dan, imamo za žival po 10 podatkov za posamezno obdobje.

Iz zgoraj navedenih razlogov smo za mero sredine uporabili mediano. Za vsako od teh dveh obdobji smo izračunali mediano.  $Me_1$  označuje mediano za obdobje dodajanja,  $Me_2$  mediano za obdobje po dodajanju od 16. do 20. dne. Za vsako žival je vrednost  $Me_1$  in vrednost  $Me_2$  grafično prikazana z daljico na grafikonoma 1c in 2c.

## Uporaba statističnih preizkusov

Prvi del statistične analize smo izvedli na vrednostih  $Me_1$ . Te vrednosti so bile vhod v statistični model. Najprej pa še pogledjmo porazdelitev teh vrednosti po skupinah. Za grafično predstavitev smo uporabili okvir z ročaji (angl. box-and-whiskers plot), ki je razložen drugje (Košmelj, 2001).



Grafikon 3. Okvir z ročaji za mediano za obdobje glavnega poskusa (Me<sub>1</sub>) po skupinah (1 = DHA, 2 = ALFA, 3 = EPA, 4 = kontrola).

Graph 3. Box-and-whiskers plot for the period of food additive application (1 = DHA, 2 = ALFA, 3 = EPA, 4 = Control).

Grafikon 3 kaže porazdelitev vrednosti Me<sub>1</sub> po skupinah. Jasno je razvidno, da ima skupina 2 porazdelitev z nižjimi vrednostmi kot ostale. Na grafikonu je z znakom +, ki je znotraj okvira, prikazana povprečna vrednost. Grafikon nakazuje, da je pri skupini 2 prišlo do večjega zmanjšanja števila somatskih celic kot pri ostalih treh skupinah. Kaže tudi, da sta porazdelitvi za prvo in tretjo skupino zelo podobni ter da je porazdelitev za kontrolno skupino malce bolj raztegnjena od njiju.

Za primerjavo obravnavanj smo uporabili enostavni model analize variance (Steel in sod., 1999). Skupno variabilnost, ki jo kvantificira vsota kvadriranih odklonov VKO, smo razdelili na variabilnost med skupinami (med obravnavanji) ter na variabilnosti znotraj skupin (znotraj obravnavanj). Tudi stopinje prostosti SP se razdelijo po istem načelu. Pri analizi variance uporabimo testno statistiko, F-statistiko, ki je razmerje srednjega kvadriranega odklona SKO med skupinami in med obravnavanji.

Ponovno opozarjamo, da se je začetno število živali po skupinah (15) zmanjšalo, saj so nekatere živali med poskusom izpadle. V analizo variance so bili vključeni podatki za 53 živali.

Preglednica 1. Analize variance za Me<sub>1</sub> (mediana za obdobje dodajanja)

Table 1. ANOVA for Me<sub>1</sub>(median for the days of food additive application)

Vir variabilnosti Source of variability	VKO SS	SP DF	SKO MS	F F	p P
Med skupinami Between groups	310,744	3	103,581	9,87	0,0000
Znotraj skupin Within groups	514,050	49	10,491		
Skupaj / Total	824,795	52			

Rezultati kažejo visoko statistično značilnost med povprečnimi vrednostmi za  $Me_1$  po skupinah. Zelo podobne rezultate smo dobili pri analizi vrednosti  $Me_2$ . Teh rezultatov tu ne navajamo. Poglejmo še povprečne vrednosti za  $Me_1$  in za  $Me_2$  po skupinah.

Preglednica 2. Povprečja po skupinah za  $Me_1$ , to je mediana v obdobju dodajanja (11.–15. dan) ter za  $Me_2$ , to je mediana v obdobju po dodajanju (16.–20. dan).

Table 2. Average for  $Me_1$  (median for the days 11–15) and average for  $Me_2$  (median for the days 16–20)

Skupina Group	Povprečje za $Me_1$ Average for $Me_1$	Povprečje za $Me_2$ Average for $Me_2$
2 (ALFA)	-3,11	-2,47
1 (DHA)	1,01	1,75
3 (EPA)	1,68	1,78
4 (kontrola / control)	3,52	3,20

Zanimivo je, da je povprečje median pri skupini 2 negativno, torej lahko trdimo, da ta dodatek zmanjšuje število somatskih celic v mleku.

Z uporabo Duncanovega preizkusa mnogoterih primerjav (Steel in sod., 1999) smo ugotovili, da se skupina 2 statistično značilno razlikuje od ostalih treh skupin ter da med skupinami 1, 3 in 4 ni statistično značilnih razlik. Rezultati za  $Me_1$  in za  $Me_2$  so enaki, vrednosti za  $Me_2$  so višje od vrednosti za  $Me_1$ .

Odgovor 1:

Analizo lahko sklenemo z odgovorom, da ima dodatek rastlinskega izvora ALFA od vseh v poskus vključenih obravnavanj največji vpliv na zmanjševanje števila somatskih celic v mleku. To velja za obdobje dodajanja in za petdnevno obdobje po dodajanju.

Ostane nam še odgovor na vprašanje, koliko časa traja vpliv dodajanja po končanem dodajanju ALFA. V skupini 2 je 12 živali. Za vsako molžo posebej smo z uporabo mediane izračunali srednjo vrednost kot predhodno. Če imamo na voljo vse podatke, je mediana izračunana iz 12 vrednosti, včasih pa podatka za posamezno žival pri določeni molži ni in je mediana izračunana iz ustrezno manjšega števila podatkov.

Analizo smo spet začeli z ustreznim grafičnim prikazom. Na grafikonu 4 so prikazani vsi podatki, podatek za jutranjo in večerno molžo za posamezni dan smo ločili za razmik 0,5 dneva. Izračunane mediane za vsako molžo so povezane v novo časovno vrsto median.

Grafikon kaže, da je časovna vrsta median v obdobju dodajanja negativna. Ta lastnost se nadaljuje po dodajanju, vendar število pozitivnih vrednosti pri posamezni molži s časom narašča.

Želeli smo ugotoviti, do kdaj je vrednost za mediano še negativna, zato smo uporabili Wilcoxonov neparametrični test (Armitage in Berry, 1988). Uporabili smo enostransko alternativno domnevo:

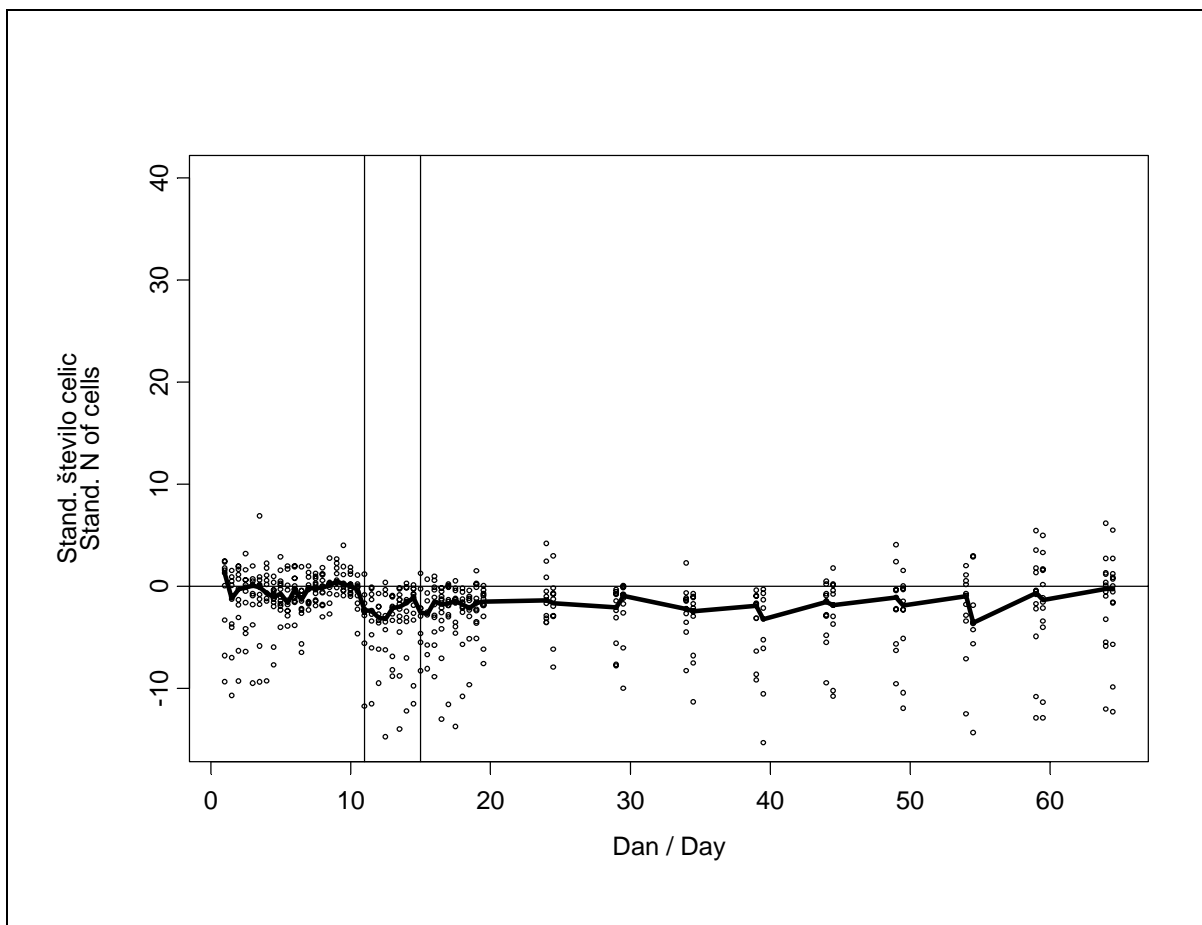
$$H_0: Me \geq 0$$

$$H_1: Me < 0$$

in 5 % stopnjo značilnosti. Ta test smo uporabili za podatke vsake molže posebej. Rezultati računalniške analize, ki jih tu ne navajamo, kažejo, da je p-vrednost statistično neznačilna (nad 0,05) od 45. dneva dalje, kar je 30 dni po koncu dodajanja.

Odgovor 2:

Vpliv dodajanja na zmanjševanje števila somatskih celic se kaže mesec dni po koncu dodajanja ( $p < 0,05$ ).



Grafikon 4. Grafični prikaz standardiziranega števila somatskih celic za vsako molžo za živali v skupini 2 (točke) ter časovna vrsta pripadajočih median (črta). Z navpičnima črtama je označeno obdobje dodajanja od 11. do 15. dne.

Graph 4. Display of standardized number of somatic cells (dots) for each milking for the animals in the group 2 and the time series of corresponding medians. The two vertical lines indicate the application time.

### SKLEPI

Do jasnih in enostavnih sklepov smo uspeli priti, ker smo pri statistični analizi upoštevali značilnosti analiziranih podatkov.

- Vsako žival je potrebno obravnavati posebej; podatke, ki jih imamo za posamezno žival, moramo najprej ustrezno grafično prikazati.
- Pred uporabo kakršnih koli statističnih metod je potrebno narediti ustrezne grafične prikaze. Potrdili smo znano dejstvo, da dober grafikon nadomesti veliko besed in števil ter nakazuje smiselno pot naprej.
- Razmisliti je potrebno, ali je pred uporabo statističnih metod potrebno (ali vsaj koristno) uporabiti preliminarne transformacije. V našem primeru smo z uporabo dveh transformacij (logaritemska ter standardizacija) omilili vpliv osamelcev ter naredili časovne vrste primerljive.
- Stremimo k uporabi čim bolj enostavnih statističnih metod. Kompleksno podatkovje smo analizirali z enostavno analizo variance ter z dvema testoma.



## SUMMARY

Milk should consist of as few micro-organisms such as somatic cells (SC) as possible. For cow milk, the standard for the permissible number of SC exists, for goat milk it is still under study. The factors that affect the number of SC in goat milk are: lactation status, stress, season of the year, food, udder infection, etc. The variability of SC in goat milk is very high, the variability exists among the animals and within the time span of individual animals.

At the Zootechnical Dept. of Biotechnical Fac. an experiment was undertaken to assess the effect of three different food additives on the quality of goat milk. Breeders were interested in the possible reduction effect of these additives on the number of SC. These additives were: DHA of fish origin; ALFA of plant origin; EPA of fish origin. There was the control group, also.

The experimenters were wondered, first, which of these treatments reduces the number of SC in goat milk and if there were more than one, they would ascertain the best one; and, recently, they wanted to assess the duration of its reduction effect for the best additive under study i.e. how long the food additive has some reduction effects on the number of SC.

Fifty-three goats were involved in the experiment. It lasted 60 days and was divided into three time periods: period of animal adaptation (1<sup>st</sup>–10<sup>th</sup> day), period of food additive application (11<sup>th</sup>–15<sup>th</sup> day), period after food additive application (16<sup>th</sup> – 60<sup>th</sup> day).

The number of somatic cells was assessed daily for the morning and evening milking. From the 21<sup>st</sup> day on the assessment took place in five-day interval only.

The database obtained by this experiment is rather complicated and standard statistical methods cannot be used. The objective of this paper is to present the statistical approach we followed to overcome this problem. It had three steps: Step 1: graphical displays and data transformations, Step 2: preliminary results, Step 3: statistical tests.

A brief description follows. Step 1: For each animal its time series was plotted (Graph 1a and Graph 2a). The great variability suggests the use of transformations. First we used logarithmic transformation, then we standardized the obtained time series (Eq. [1] and Eq. [2]). Step 2: To evaluate the effect of the treatments, we calculated two medians on the standardized series:  $Me_1$  for the period of food additive application (11<sup>th</sup>–15<sup>th</sup> day) and  $Me_2$  for the period after the application (16<sup>th</sup> – 20<sup>th</sup> day). For an individual animal these values are plotted on the Graph 1c and 2c. Graph 3 presents the distributions of  $Me_1$  for the four treatments. Step 3: One-way ANOVA and Duncan's test confirmed that treatment ALFA was the best (Table 1 and Table 2). The same results were obtained for  $Me_2$ . Further analysis was focused on ALFA treatment only. We started again with the graphical display (Graph 4) and calculated the time series of the medians. The display shows that this time series had negative values in the period of food additive application and afterward. Using Wilcoxon's test we proved that this effect was significantly negative up to 45<sup>th</sup> day of the experiment ( $P = 0.05$ ).

The study shows that the best treatment for reducing the number of SC in goat milk is ALFA and that this effect lasts up to one 30 days after the end of food additive application.

Our approach gave very simple and understandable conclusions due to the following facts:

- Each animal was considered as an experimental unit. We analyzed the corresponding time series.
- Adequate graphical displays suggested the succeeding steps.
- Preliminary transformations of the data simplified the statistical analysis.
- We used simple procedures and tests which are easily understandable to the experimenters.

## VIRI

- Contreras, A./ Sierra, D./ Corrales, J.C./ Sanchez, A./ Marco, J. Physiological threshold of somatic-cell count and California mastitis test for diagnosis of caprine subclinical mastitis. *Small Rumin. Res.*, (1996)21, 259–264.
- Haenlein, G.F.W. Cow and goat milk aren't the same – especially in somatic cell content. *Dairy Goat J.* (1987)65, 806.
- Jenness, R. Composition and characteristics of goat milk: Review 1968–1979. *J. Dairy Sc.*, (1980)63, 1605–1630.
- Kalogridou-Vassiliadou, D./ Manolkidis, K./ Tsigoida, A. Somatic cell counts in relation to infection status of the goat udder. *J. Dairy Res.*, (1992)59, 21–28.
- Košmelj, K. *Uporabna statistika*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Univerze v Ljubljani, 2001, 249 str.
- Maniak, D./ Singh, M. Variation in blood leukocytes, somatic cell count, yield and composition of milk of crossbred goats. *Small Rumin. Res.*, (2000)35, 169–174.
- McDougal, S./ Murdough, P./ Pankey, W./ Delaney, C./ Barlow, J./ Scruton, D. Relationships among somatic cell count, California mastitis test, impedance and bacteriological status of milk in goats and sheep in early lactation. *Small Rumin. Res.*, (2001)40, 245–254.
- S-PLUS 2000. User's Guide. MathSoft, Seattle, 1999, 555 str.
- Steel, R.G.D./ Torrie, J.H./ Dickey, D.A. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. New York, McGraw-Hill Series, 1997, 666 str.
- Wilson, D.J./ Stewart, K.N./ Sears, P.M. Effects of stage of lactation, production, parity and season on somatic-cell counts in infected and uninfected dairy goats. *Small Rumin. Res.*, (1995)16, 165–169.
- Zeng, S.S. Comparison of goat milk standards with cow milk standard in analyses of somatic cell count, fat and milk protein in goat milk. *Small Rumin. Res.*, (1996)21, 221–225.
- Zeng, S.S./ Escobar, E.N. Effect of parity and milk production on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Rumin. Res.*, (1995)17, 269–274.
- Zeng, S.S./ Escobar, E.N./ Pophan, T. Daily variation in somatic cell count, composition and production of Alpine goat milk. *Small Rumin. Res.*, (1997)26, 253–260.