

## MATEMATIČKI MODELI U PREDVIĐANJU RAZGRADLJIVOSTI SUHE TVARI I SUROVOG PROTEINA TRAVA

## MATHEMATICAL MODELS IN ESTIMATING DEGRADIBILITY OF DRY MATTER AND CRUDE PROTEIN IN SOME GRASSES

D. Grbeša, M. Kapš<sup>1</sup> i Vesna Pavić

Izvorni znanstveni rad  
UDK 636/636.085.33  
Primljeno: 20. 10. 1992.

### SAŽETAK

Uspoređivani su modeli kinetike prvog reda, logistički model i Gompertz model u procjeni parametara razgradljivosti (a, b i c) suhe tvari i surovog proteina na podacima in sacco razgradnje vlasulje crvene, livadne vlasulje i engleskog ljulja. Uzorci trave su inkubirani u buragu tri ovce. Vrijeme inkubacije je bilo 2, 6, 12, 18, 24, 48 ili 72 sata. Rezultati istraživanja pokazuju da su sve tri krivulje vrlo pogodne u opisivanju navedenih parametara ( $R^2 = .94$  do  $.97$ ).

### Uvod

Aminokiselinske potrebe preživaci podmiruju iz mase bjelančevina nerazgrađenog proteina hrane i mikrobnog proteina dospjelih u duodenum. Sinteza mikrobnog proteina zavisna je i od obujma razgradnje proteina hrane u buragu.

Određivanje količine (ne)razgrađenog proteina in vivo je složeno jer zahtjeva ugrađivanje duodenalnih kanula u životinju i odvajanje količine mikrobnog od nerazgrađenog proteina u duodenumu. Utvrđeno je da in sacco metodom određena razgradljivost surovog proteina (SP) i suhe tvari (ST) po periodima inkubacije, preračunata preko eksponencijalne jednadžbe daje slične vrijednosti stvarne razgradljivosti kao i in vivo ispitivanje (Mathers i Miller, 1981; Setala, 1983).

U izračunavanju stvarne – efektivne razgradljivosti najviše se koristi model kinetike prvog reda (Orskov i McDonald 1979; ARC 1984; NRC 1985). Pored njega, mogu se koristiti i drugi asimptotski modeli. Sauvant i sur. (1985) upotrebili su Gompertz model u predviđanju razgradnje ST dvadesetčetiri koncentratna krmiva i nusproizvoda. Robinson i sur. (1986) su koristili četiri grupe matematičkih modela u opisivanju razgradljivosti neutralnog detergenta netopive stanične stjenke sijena engleskog ljulja, sušenog pivskog tropa, suhih repinih rezanaca i babasa brašna.

Biološki gledano u opisivanju razgradljivosti mogu se koristiti eksponencijalne jednadžbe koje na adekvatan

način opisuju odnose između topive tvari, njene potencijalne razgradljivosti, brzine razgradnje i pasaže.

Cilj ovoga rada je usporediti tri modela u predviđanju razgradljivosti ST i SP engleskog ljulja, vlasulje livadne i vlasulje crvene, i to:

- Model kinetike prvog reda – Orskov i McDonald (1979)
- Logistički model (Neider, 1962) i
- Gompertz model (Winsor, 1932)

### MATERIJAL I METODE RADA

#### Životinje

U istraživanju su korištene tri odrasle ovce u tipu Kupreške pramenke s ugrađenim buražnim fistulama unutrašnjeg promjera 40 mm.

#### Krmiva

Pokusne trave su proizvedene u Botincu 1989. g. Engleski ljulj cv K-15, livadna vlasulja cv B-14 i Vlasulja crvena cv Korana ručno su posijane na dubinu sjetve 1.0-1.5 cm. Osnovna gnojidba 300 kg/ha NPK 10:30:30. Trave su ručno pokošene na visini 5-6 cm u drugom jesenskom porastu – faza vlatanja.

<sup>1</sup>Mr Darko Grbeša, mr Miroslav Kapš, Dr. Vesna Pavić, Agronomski fakultet – Zagreb, Svetošimunska 25.



Pokošene trave su sasjekane na dužinu 2.5-3.0 cm i osušene liofilizacijom na  $-20^{\circ}\text{C}$ .

#### Hranjenje i držanje

Životinje su držane u individualnim kavezima i hranjene sa 900 g ST livadnog sijena na dan. Sijeno im je davano u dvije jednake porcije u 8 i 20 sati. Vodu su pile po volji. Na početku i kraju pokusa životinje su vagane.

#### In sacco metoda

Osušeni uzorci su samljeveni na veličinu od 2 mm Wiley mlinom. Precizno odvagana masa od 3.000  $\pm$  0.0001 g uzorka svake trave je stavljeno u dvostruko prošivene najlonske vrećice poroziteta 50  $\mu\text{m}$  i dimenzija 13 $\times$ 6 cm.

Vrećice su u duplikatu za svako krmivo stavljanje u burag svake ovce u vrijeme jutarnjeg hranjenja, a vađene su iz buraga nakon 2, 6, 12, 18, 24, 48 ili 72 sata. Odmah nakon vađenja vrećice su prane 20 min u stroju za pranje rublja i sušene 24 h na  $60^{\circ}\text{C}$ .

#### Topiva suha tvar i protein

Topiva suha tvar i protein su određeni po metodi Madson i Hvelplud (1991). Jedan gram uzorka svakog krmiva, u tri ponavljanja, pomješan je sa 40 ml destilirane vode ( $20^{\circ}\text{C}$ ). Nakon 1 sat ispere se sa 3 $\times$ 40 ml destilirane vode kroz bezdušični filter papir. Ostatak uzorka se osuši na  $105^{\circ}\text{C}$  kroz 6 h. Razlike u masi ST i SP prije i nakon postupka izražene u % predstavljaju topivu suhu tvar ili protein.

#### Kemijske analize

Suha tvar je određena sušenjem svakog uzorka prije i poslije inkubacije na  $65^{\circ}\text{C}$  do konstantne težine. Surovi protein je određen Kjeldahl metodom aparatom Tecator.

Razgradljivost suhe tvari – RST (%) po satima inkubacije je izračunata kako slijedi:

$$\text{RST (\%)} = \frac{\text{Inkubirana ST (g)} - \text{ST ostatka (g)}}{\text{Inkubirana ST (g)}} \times 100$$

Razgradljivost surovog proteina – RSP (%) po satima inkubacije je izračunata kako slijedi:

$$\text{RSP (\%)} = \frac{\text{Inkubirana SP (mg)} - \text{SP ostatka (mg)}}{\text{Inkubirana SP (mg)}} \times 100$$

#### Statistička obrada

Izračunate su srednje vrijednosti po inkubacijama za svaku travu korigirane na utjecaj pojedine ovce prema linearnom modelu (Harvey, 1975):

$$y_{ijk} = (\mu + Ti) + Oj + e_{ijk}$$

gdje su:

$y_{ijk}$  – razgradljivost suhe tvari i surovih proteina po periodima inkubacije

$(\mu + Ti)$  – srednja vrijednost korigirana na utjecaj pojedine ovce

$Oj$  – utjecaj pojedine ovce

$e_{ijk}$  – neprotumačeni utjecaj

Na taj način dobiven je niz korigiranih srednjih vrijednosti ( $\mu + Ti$ ) po pojedinom satu inkubacije (tablica 1), koje su korištene za procjenu parametara nelinearnih funkcija (Drapper i Smith, 1981).

#### Modeli

I. Krivulja kinetike prvog reda (Orskov & McDonald, 1979):  $r = a + b(1 - \exp(-c \cdot t))$

II. Logistička krivulja (Nelder, 1961)

$$r = a \cdot \frac{2^b}{1 + \exp(-c \cdot t)^b}$$

III. Gompertz krivulja (Winsor, 1932)

$$r = b \cdot \exp(-1n(b/a) \cdot \exp(-c \cdot t))$$

Gdje su:

$r$  – razgradljivost (%) ST ili SP u vremenu  $t$  (2-72 h)

$a$  – fiksna vrijednost

$b, c$  – parametri krivulje.

Biološki,  $a$  predstavlja ST ili SP topivi u vodi (%),  $b$  služi za procjenu potencijalne razgradljivosti netopive ST ili SP (%),  $a$  i  $c$  je brzina razgradnje netopive ST ili SP po satu.

Potencijalna razgradljivost ( $b'$ ) izračunata je za svaku krivulju iz izraza:

$$\text{I krivulja } b' = b$$

$$\text{II krivulja } b' = a/(1-b) - a$$

$$\text{III krivulja } b' = a \cdot 2^b - a$$

Za procjenu pogodnosti i usporedbe krivulja korištena su kvadrirana odstupanja točaka krivulja od izračunatih srednjih vrijednosti razgradljivosti in sacco pojedinih trava ( $\text{SSQ}_e$ ), te koeficijent determinacije ( $R^2$ ).

Efektivna razgradljivost izračunata je na temelju parametara dobivenih sa tri matematička modela:

$$\text{ERG} = a + b \cdot c / (c + k)$$

Parametar  $k$  govori o brzini pasaže, a uzete su tri vrijednosti .02, .06 i .08.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

In sacco metodom određena razgradljivost ST i SP po periodima inkubacija liofiliziranih trava (tablica 1.) pokazuje da je ona, u pravilu, veća u trava sa višim sadržajem SP odnosno sa nižim sadržajem surovih vlakana. Ovu pravilnost uočili su Webster i sur. (1982) koji iznose i formulu za izračunavanje razgradljivosti SP na temelju sadržaja SP i modificiranog kiselog detergenta SV. Također se vidi da se najveći dio ST i SP razgradi do 18-24 h, uz višu razgradljivost SP od ST. Slične rezultate su dobili Fritz i sur. (1989) koji iznose da se oko 60% SP zelene krmice razgradi unutar 24 sata. Isto tako može se zapaziti neznatan porast (1-3%) razgradljivosti obje tvari od 48 do 72 h, što upućuje na zaključak da se proces buražne probave približio svojoj maksimalnoj točki u tom periodu. Ovo je osobito značajno u biološkom opisivanju parametara razgradljivosti jer se točnije procjenjuju parametri  $b'$  i  $c$ .



**Kemijska analiza (% suhe tvari) i in sacco razgradljivost suhe tvari i surovih proteina pokusnih trava (%)**  
**Chemical analysis (% dry matter) and in sacco degradability of dry matter and crude protein of experimental grasses (%)**

Tablica 1./Table 1.

Trava Grass	Pepeo Ash	SP* CP	SM* EE	SV* CF	NET* NFE	Razgradljivost po satima inkubacije (%) Degradability per incubation hours (%)							
						2h	6h	12h	18h	24h	48h	72h	
Vlasulja crvena Red fescue	13.23	15.5	3.32	26.18	41.77	ST-DM SP-CP	21.178 34.412	27.049 41.404	34.54 47.272	39.1985 51.317	41.614 53.651	55.911 65.251	57.744 67.17
Livadna vlasulja Meadow fescue	9.79	14.79	3.99	22.82	48.61	ST-DM SP-CP	28.041 28.187	34.695 35.145	39.71 41.555	47.288 45.46	47.754 45.352	62.897 65.696	72.264 68.717
Engleski ljulj Perennial ryegrass	14.32	22.84	3.89	21.24	37.71	ST-DM SP-CP	27.338 42.846	37.575 50.28	40.07 51.865	47.173 60.846	54.493 66.378	71.749 79.078	72.678 80.024

\*SP-surovi protein, CP-crude protein, SM-surova mast, EE-ether extract, SV-surova vlakna, CF-crude fibre, NET-nedušične ekstraktivne tvari, NFE-nitrogen free extract, ST-suha tvar DM-dry matter

**Matematičkim modelima opisani parametri razgradnje suhe tvari trava**  
**Mathematical models description of degradation of dry matter grasses**

Tablica 2./Table 2.

Matematički model Mathematical model	Trava Grass	Parametri – Parameters					
		a	b	c	b'	R <sup>2</sup>	SSQ(e)
Krivulja kinetike prvog reda First order kinetic curve  (Orskov & McDonald 1979)	Vlasulja crvena Red fescue	28.67	37.79	0.019	37.79	0.90	145.01
	Livadna vlasulja Meadow fescue	32.24	55.55	0.015	55.55	0.92	174.65
	Engleski ljulj Perennial ryegrass	32.77	48.15	0.023	48.15	0.94	138.83
Logistička krivulja Logistic curve (Nelder, 1961)	Vlasulja crvena Ref fescue	28.67	1.09	0.039	32.43	0.91	123.88
	Livadna vlasulja Meadow fescue	32.24	1.26	0.035	45.06	0.93	154.89
	Engleski ljulj Perennial ryegrass	32.77	1.21	0.046	43.21	0.96	98.64
Gompertz krivulja Gompertz curve (Winsor, 1932)	Vlasulja crvena Red fescue	28.67	62.92	0.029	34.25	0.91	133.16
	Livadna vlasulja Meadow fescue	32.24	80.28	0.026	48.04	0.93	162.26
	Engleski ljulj Perennial ryegrass	32.77	77.58	0.035	44.81	0.95	114.98



**Matematičkim modelima opisani parametri razgradnje surovih proteina trava**  
**Mathematical models description of degradation of crude protein of grasses**

Tablica 3./Table 3.

Matematički model Mathematical model	Trava Grass	Parametri – Parameters					
		a	b	c	b'	R <sup>2</sup>	SSQ(e)
Krivulja kinetike prvog reda First order kinetic curve  (Orskov & McDonald 1979)	Vlasulja crvena Red fescue	28.38	37.99	0.056	37.99	0.97	30.74
	Livadna vlasulja Meadow fescue	32.97	47.34	0.018	47.34	0.94	107.50
	Engleski ljulj Perennial ryegrass	34.23	47.11	0.049	47.11	0.97	52.01
Logistička krivulja Logistic curve (Nelder, 1961)	Vlasulja crvena Red fescue	28.38	1.21	0.089	37.28	0.95	47.61
	Livadna vlasulja Meadow fescue	32.97	1.15	0.037	40.19	0.95	83.88
	Engleski ljulj Perennial ryegrass	34.23	1.23	0.080	45.95	0.96	69.86
Gompertz krivulja Gompertz curve (Winsor, 1932)	Vlasulja crvena Red fescue	28.38	65.89	0.073	37.51	0.96	38.69
	Livadna vlasulja Meadow fescue	32.97	75.47	0.028	42.50	0.95	93.99
	Engleski ljulj Perennial ryegrass	34.23	80.57	0.065	46.34	0.96	60.68

Parametar *a* je određen kemijskim putem i predstavlja fiksnu vrijednost za svaku travu u sva tri testirana modela (tablica 2.). Neznatno se razlikuje za ST između livadne vlasulje i engleskog ljulja i nešto je niži u vlasulje crvene. Topivost SP (parametar *a*) je najviši u engleskog ljulja i niži za oko 2% u livadne vlasulje odnosno crvene vlasulje (tablica 3). Topivost ST i SP pokusnih trava je u granicama koje za zelenu iznose 20-45% (Tamminga 1982).

Razgradljivost ST i SP po vremenima inkubacije je slična vrijednostima koje za svježu krmu navode Verite i Peyarad (1988), te Hvelplud (1985 i 1989).

Približavanje maksimalnoj razgradljivosti 48h slaže se sa navodima Jarrige (1989) za zelenu krmu.

Na temelju iznesenih uspoređi može se zaključiti da su eksperimentalnim načinom dobivene vrijednosti *r* i *a* pravovaljane za daljnje matematičko procjenjivanje parametara *b* odn. *b'* i *c*.

Iz tablice 2 i 3 je vidljivo da sve tri promatrane krivulje vrlo dobro opisuju razgradljivost ST i SP u vremenu, što pokazuju visoke vrijednosti koeficijenta determinacije ( $R^2 = .90$  do  $.97$ ), i niske vrijednosti sume kvadriranih odstupanja točaka krivulje od dobivenih razgradljivosti in sacco. Razgradljivost ST nešto bolje prikazuju logistička i Gompertz krivulja, što se slaže s navodima Sauvant i sur. (1985). Isto mišljenje iznose Tamminga i sur. (1990), uz napomenu da je biološka interpretacija njihovih parametara često teška, pa iz tih razloga većina autora preferira model Orskova i McDonalda. No treba napomenuti da se iz parametara logističke i Gompertz krivulje vrlo jednostavno mogu izračunati

analogne biološke vrijednosti za parametre krivulje Orskova i McDonalda. Rezultati istraživanja prikazani u tablici 2 i 3 pokazuju slične vrijednosti za potencijalno razgradljivu ST i SP. Logističkom i Gompertz krivuljom procijenjen je nešto viši parametar *c*, međutim odnos između pojedinih trava je uvijek isti.

Dobivene vrijednosti parametara *b'* i *c* slične su navodima SCTFC, (1990) za svježa krmiva čije ME iznosi 8-10 MJ/kg.

Brzina oticanja čestica iz buraga (*k*) nije određivana već su uzete iz literature, kako je to uobičajno. Ona je široko varijabilna 0.02-0.08 (ARC, 1984) i u najvećoj mjeri zavisi od razine hranidbe (Eliman i Orskov, 1984). Prema istim autorima ona ne prelazi vrijednost 0.038 u ovaca hranjenih ad libitum sijenom trava kao jedinim krmivom osnovnog obroka. Na uzdržnoj razini hranidbe iznosi 0.02.

Pokusna krmiva bila su drugi jesenski otkos sjemenkih trava te imaju nižu razgradljivost od prosječne za zelenu krmu, ali su u granicama za taj tip krmiva i primjenjenu brzinu pasaže – od 25 do 74% za ST pri  $k = 0.02-0.08$  i od 41 do 83% za SP pri istim iznosima *k* (SCTFC, 1990).

Straalen i Tamminga (1990) navode da razgradljivost zelene krme značajno ovisi od stadija zrelosti i datuma košenja.

Zbog iznesenih razloga kao približno točna efektivna razgradljivost SP i ST mogla bi se smatrati ona izračunata pri  $k = .02$ .





Tablica 4./Table 4.

**Efektivna razgradljivost suhe tvari i surovog proteina trava**  
**Dry matter and crude protein effective degradability of grasses**

Matematički model	Trava	Efektivna razgradljivost			Effective degradability		
		Suha tvar Dry matter			Surovi protein Crude protein		
Krivulja kinetike prvog reda First order kinetic curve (Orskov & McDonald 1979)	Vlasulja crvena Red fescue	47.01	37.70	35.88	56.36	46.70	44.01
	Livadna vlasulja Meadow fescue	56.26	43.49	41.13	55.18	43.74	41.53
	Engleski ljulj Perennial ryegrass	58.77	46.31	43.70	67.74	55.47	52.19
Logistička krivulja Logistic curve (Nelder, 1961)	Vlasulja crvena Red fescue	50.11	41.45	39.30	58.79	50.60	47.97
	Livadna vlasulja Meadow fescue	60.91	48.84	45.95	59.12	48.36	45.74
	Engleski ljulj Perennial ryegrass	62.92	51.57	48.59	71.00	60.51	57.22
Gompertz krivulja Gompertz curve (Winsor, 1932)	Vlasulja crvena Red fescue	48.94	39.83	37.78	57.81	48.95	46.26
	Livadna vlasulja Meadow fescue	59.39	46.76	44.02	57.69	46.43	43.93
	Engleski ljulj Perennial ryegrass	61.41	49.4	46.52	69.71	58.39	55.06

\*Brzina oticanja čestica iz buraga

Rumen particle outflow rate

### ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata istraživanja može se zaključiti da su model kinetike prvog reda, logistički i Gompertz model vrlo pogodni u opisivanju razgradljivosti suhe tvari i surovog proteina trava. U prikazivanju razgradljivosti suhe tvari logistički i Gompertz model su nešto bolji nego kinetički model, no zbog utjecaja velikog broja faktora na razgradljivost ne može se sa potpunom sigurnošću tvrditi da je neki model općenito pogodniji od drugog.

Korišteni matematički modeli zasnivaju se na četiri bitna faktora razgradljivosti hrane u buragu (topiva tvar, potencijalno razgradljiva tvar, brzina razgradnje i brzina otjecanja hrane iz buraga). Međutim, brojni faktori utječu na razgradljivost tvari (vrsta i fiziološko stanje životinje, struktura i razina osnovnog obroka, metoda određivanja razgradljivosti, uvjeti u buragu i dr.), a ti faktori nisu uključeni u tako jednostavan model. Nadalje, općenito je prihvaćeno da je razgrađena ona količina tvari koja je nestala iz vrećice tokom inkubacije. Međutim Chen i sur. (1987) su pronašli da iz inkubiranih vrećica izlaze i nerazgrađeni peptidi koji za 3 do 5% povećavaju efektivnu razgradljivost.

### Literatura

1. **ARC** (1984) The nutrient requirements of ruminant livestock. Suppl. No 1. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal.
2. **CHEN, G., J. B. RUSSEL i C. J. SNIFFEN** (1987). A procedure for measuring peptides in rumen fluid and evidence that peptide uptake can be a rate-limiting step in ruminal protein degradation. *J. Dairy Sci.*, 70: 983-992.
3. **DRAPPER, N. R. i H. SMITH.** (1981). Applied regression analysis (2nd Ed.). John Wiley & Sons, New York.
4. **ELIMAN, M. E. i E. R. ORSKOV** (1984) Factor affecting the outflow of protein supplements from rumen. 1. Feeding level. *Anim. Prod.* 38, 45-51.
5. **FRITZ, ZOFIA, J. LESZEK, A. SZYSZKOWSKA, J. PRES i E. LENCZUK** (1989). Rozklad suchej masy, bialka ogolnego i frakcij włókna roznych kiszzonek i zielonki pastwiskowej w zwaczu młodego bydla. *Rocz. Nauk. Zoot. F* 16:113-123.
6. **HARVEY, W. R.** (1975). Least-squares analysis of data with unequal subclass numbers. USDA ARS H-4, Beltsville, MD.
7. **HVELPLUD, T.** (1985). Digestibility of rumen microbial protein and undegraded dietary protein estimated in the small intestine of sheep and by in sacco procedure. *Acta Agric. Scand. Suppl.* 25:132-144.
8. **JARRIGE, R.** (1989). Ruminant Nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables. Libbey Eurotext, Paris.

9. **MADSEN, J. i T. HVELPLUND** (1985). Protein degradation in the rumen. – A comparison between in nylon bag, in vitro and puffer measurements. *Acta Agric. Scand. Suppl.* 25, 103-124.
10. **MATHERS, J. C. i E. L. MILLER** (1981). Quantative studies of food protein degradation and the energetic efficiency of microbial protein synthesis in the rumen of sheep given chopped lucerne and rolled barley. *Br. J. Nutr.*, 45, 587-602.
11. **NELDER, J. A.** (1961). The fitting of a generalization of the logistic curve. *Biometrics* 17:89-110.
12. **NRC** (1985). Ruminant nitrogen usage. str. 138. National Academy Press, Washington, DC20418.
13. **ORSKOV, E. R. i I. McDONALD** (1979). The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weight according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.*, 92, 499-503.
14. **ROBINSON, P. H., J. G. FADEL i S. TAMMINGA** (1986). Evaluation of mathematical models to describe neutral detergent residue in terms of its susceptibility to degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 15:249-271.
15. **SAUVANT, D., D. BERTRAND i SYLVIE GIGER.** (1985). Variations and prevision of the in sacco dry matter digestion of concentrates and by-products. *Anim. Feed Sci. Technol.* 13:7-23.
16. **SCTFC** (1990): UK Tables of Nutritive Value and Chemical Composition of Feedingstuffs. Publ. Rowett Research Sevices Ltd. Aberdeen, UK.
17. **SETÄLÄ, J.** (1983). The nylon bag technique in determination of ruminal feed protein degradation. *J. Sci. Agri. Soc. Finland* 55, 1-78.
18. **STRAALEN, VAN W. M. i S. TAMMINGA** (1990). Protein degradation of rumen diets. In; *Feedstuff Evaluation* (eds. J. Wiersman i D. J. A. Cole), Butterworths, London, 55-72.
19. **TAMMINGA, S.** (1982). Protein metabolism in ruminants with special reference to forage protein utilisation. In *Forage Protein Conservation and Utilisation: Seminar held in Dublin, 15-18 Sept. 1982*, (ed. N. F. Maguire) Luxemburg, EC. str. 83-97.
20. **TAMMINGA, S., A. M. VAN VUUREV, R. S. KOELEN, R. S. KETELAAR i P. L. VAN DER TOOT** (1990). Ruminal behaviour of structural carbohydrates, non-structural carbohydrates and crude protein from concentrate ingredient in dairy cows. *Neth. J. Agr. Sci.*, 38:513-526.
21. **VERITE, R i J. L. PEYARAND** (1988). Nutrition azote. In *Alimentation des bovins, ovins & caprins* (ed. R. Jarrige), INRA Publ. Paris. str. 75-93.
22. **WEBSTER, A. J. F., I. P. SIMMONS i M. A. KITCHERSIDE** (1982). Forage protein and the performance and health of the dairy cow. In *Forage Protein in Ruminant Animal Production* (eds. D. J. Thomson, D. E. Beever and R. G. Gunn). Occasional Publication No. 6, Thames Ditton: British Society of Animal Production. 89-98.
23. **WINSOR, C. P.** (1932). The Gompertz curve as a growth curve. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 18:1.

#### SUMMARY

Three models (First order kinetic curve, logistic and Gompertz curve) were chosen and compared to fit in sacco dry matter and crude protein degradability of three grasses – Red fescue, Meadow fescue and Perennial rye-grass. Samples of grasses were incubated in rumens of three sheep. Experimental bags were withdrawn after 2, 6, 12, 18, 24, 48 or 72 h of ruminal incubation. All the curves were suitable in describing parameters a, b i c ( $R^2 = .94 - .97$ ).