



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

RAST DOMAČIH ŽIVALI

Sesalci in perutnina

Dejan Škorjanc







Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede

Rast domačih živali

Sesalci in perutnina

Avtor

Dejan Škorjanc

Oktober 2021

Naslov <i>Title</i>	Rast domačih živali <i>Growth of Domestic Animals</i>
Podnaslov <i>Subtitle</i>	Sesalci in perutnina <i>Mammals and Poultry</i>
Avtor <i>Author</i>	Dejan Škorjanc (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)
Recenzija <i>Review</i>	Maja Prevolnik (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)
	Marjan Janžekovič (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)
	Marko Ocepek (Norwegian University of Life Sciences)
	Maksimiljan Brus (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)
Lektoriranje <i>Language editing</i>	Ksenija Škorjanc
Tehnični urednik <i>Technical editor</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
Oblikovanje ovitka <i>Cover designer</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
Grafika na ovitku <i>Cover graphics</i>	Živali s pixabay.com (CC0)
Grafične priloge <i>Graphics material</i>	Avtor; uporabljeni viri
Založnik <i>Published by</i>	Univerza v Mariboru Univerzitetna založba Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija https://press.um.si , zalozba@um.si
Izdajatelj <i>Issued by</i>	Univerza v Mariboru Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenija https://www.fkbv.um.si , fkbv@um.si
Izdaja <i>Edition</i>	Prva izdaja
Vrsta publikacija <i>Publication type</i>	E-knjiga
Dostopno na <i>Available at</i>	https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/547

Izdano
Published Maribor, april 2021



© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba
/ University of Maribor, University Press

Besedilo/ Text © Škorjanc, 2021
Grafične priloge / Images © Avtor in
imetniki avtorskih pravic, 2021

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva – Nekomercialno 4.0 Mednarodna. / This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Uporabnikom se s to licenco dovoli nekomercialno reproducirati, distribuirati, dajati v najem, priobčiti javnosti in predelovati avtorsko delo in njegove predelave, morajo pa navesti avtorja.

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno od imetnika avtorskih pravic.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

636.09(075.8)(0.034.2)

ŠKORJANC, Dejan

Rast domačih živali : sesalci in perutnina [Elektronski vir] /
avtor Dejan Škorjanc. - 1. izd. - E-učbenik. - Maribor : Univerza v
Mariboru, Univerzitetna založba, 2021

Način dostopa (URL): <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/547>

ISBN 978-961-286-440-8

doi: : 10.18690/978-961-286-440-8

COBISS.SI-ID 59058179

ISBN 978-961-286-440-8 (pdf)

DOI <https://doi.org/10.18690/978-961-286-440-8>

Cena
Price Brezplačni izvod

Odgovorna oseba založnika prof. dr. Zdravko Kačič,
For publisher rektor Univerze v Mariboru

Citiranje Škorjanc, D. (2021). *Rast domačih živali: sesalci in perutnina*.
Attribution Maribor: Univerzitetna založba. doi: 10.18690/978-961-
286-440-8



Kazalo

Uvod	1
1 Prenatalna in postnatalna rast pri sesalcih	3
1.1 Kako opisati rast živali	3
1.2 Rast v povezavi s časom oziroma starostjo	4
1.3 Rastne funkcije	6
1.3.1 Eksponentna funkcija	11
1.3.2 Gompertzova funkcija	12
1.3.3 Logistična funkcija	14
1.3.4 Von Bertalanffy funkcija	15
1.3.5 Richardsonova funkcija	17
1.4 Faze rasti	17
1.4.1 Prenatalna rast	17
1.4.2 Postnatalna rast	20
1.4.3 Kontroverznost: živa telesna masa kot determinirana variabla?	23
1.4.4 Kontraverznost: Ali so maščobe lahko neodvisna spremenljivka?	29
1.4.5 Dejavniki, ki vplivajo na rast živali	30
1.4.5.1 Genetski vpliv	30
1.4.5.2 Negenetski vplivi	31
1.4.6 Povezanost med rojstno maso in maso odrasle živali	35
1.4.6.1 Prašiči	35
1.4.6.2 Govedo	36
1.4.6.3 Perutnina	36
1.4.6.4 Konji	37
2 Rast perutnine	43
2 Ovulacija in tvorba jajca	44
2.2 Rast piščanca od izvalitve do telesne zrelosti	46
2.2.1 Modeli rasti celotnega telesa perutnine	47
2.2.2 Rast telesnih delov	49
3 Učinkovitost izkoriščanja hranljivih snovi in rast	55
3.1 Farmske živali - sesalci	55
3.1.1 Numerični koncepti učinkovitosti	55
3.1.2 Metabolna energija v rastoči živali	56
3.1.3 Vzdrževanje bazalnega metabolizma	58
3.1.4 Vpliv razpoložljive energije nad vzdrževalnimi potrebami	60
3.1.5 Povezanost učinkovitosti intenzivnosti rasti in konzumacija krme	63

3.1.6	Vpliv klavne mase na učinkovitost rabe energije.....	66
3.2	Učinkovitost izkoriščanja hranljivih snovi in rast pri perutnini	68
4	Kompenzacijska ali nadomestna rast	75
4.1	Dejavniki vezani na kompenzacijsko rast; razvrstitev	76
4.1.1	Vplivi vezani na žival	76
4.1.1.1	Stopnja zrelosti živali ob začetku restrikcije.....	76
4.1.1.2	Adipozne rezerve živali v začetku rastne restrikcije.....	76
4.1.1.3	Genotip	76
4.1.1.4	Spol.....	77
4.2	Spremembe v stopnji metabolizma, hormonalnega statusa, prehranskega vpliva in razgradnja mišičnih proteinov	77
4.3	Prehranski vplivi.....	78
4.3.1	Zauživanje krme v času obnavljanja telesnih rezerv in rasti.....	78
4.4	Dejavniki, ki vplivajo na kompenzacijsko rast.....	79
4.4.1	Sestavni deli kompenzacijske rasti	79
4.4.2	Spremembe v deležu telesnih tkiv: klavni trup	80
4.4.3	Tkiva, ki niso del klavnega trupa	80
4.4.4	Kompenzacijska rast in DNK	81
4.4.5	Kompenzacijska rast: problematika razumevanja	82
	Viri in literatura.....	87

Uvod

Učbenik zajema vsebine vezane na razumevanje kompleksnega procesa rasti domačih živali. Zaradi specifičnosti, v nadaljevanju, ločeno obravnavamo rast domačih živali sesalcev in perutnine.

Biološke lastnosti rasti domačih živali so predstavljene v prenatalnem in postnatalnem obdobju. V nadaljevanju poskušamo biološke lastnosti rasti opredeliti, opisati in oceniti z različnimi matematičnimi funkcijami. Razumevanje postnatalne rasti do dosega klavne zrelosti je pomembno za živinorejce, ki se ukvarjajo s pitanjem domačih živali. Na intenzivnost rasti vpliva tudi učinkovitost izkoriščanja hranljivih snovi, zato so le-te pojasnjene v posebnih poglavjih. Optimalna sestava klavnega trupa, njegovih telesnih tkiv in telesnih delov mora biti cilj v reji pitancev. V praksi se velikokrat sprejemajo odločitve, ki niso povezane s predstavljenimi biološkimi lastnostmi in zakonitostmi vezanimi na intenzivnosti rasti posameznih telesnih tkiv. Trg z odkupom živih živali in klavna industrija, še posebno v govedoreji, zahteva, da se pitanci odkupujejo pri »previsokih«[»] telesnih masah. Na potek rasti vplivajo številni dejavniki, ki jih v učbeniku delimo na genetske in negenetske. Z razumevanjem in poznavanjem le-teh lahko do neke mere reguliramo in predvidimo rast in njeno intenzivnost, sestavo klavnega trupa ter sestavo dnevnega prirasta.

Poseben poudarek je na pojavu v živinoreji pomembne kompenzacijske rasti, njenega razumevanja ter pojasnitvi, ali lahko v resnici z nadomestno rastjo nadomestimo zaostanek rasti v optimalnem obdobju rasti posameznih živalskih tkiv živali? Ob tem so predstavljeni določeni omejitveni dejavniki, ki vplivajo na zmožnost živali za kompenzacijsko rast.

Za lažje razumevanje vsebin podanih v učbeniku pričakujemo, da so bralci predhodno uspešno pridobili znanja s področja matematike in statistike, kemije, fiziologije z anatomijo, biološke osnove in biometrije s populacijsko genetiko.

S spoštovanjem.

Dejan Škorjanc

1 Prenatalna in postnatalna rast pri sesalcih

1.1 Kako opisati rast živali

Pri opisovanju rasti živali poskušamo najprej definirati, kaj pomeni termin »rast«. V biologiji rasti domačih živali le-to razumemo kot zelo dinamičen proces, ki je povezan s spreminjanjem velikosti živali, njenih delov in proporcev. Proces je kompleksen in ni vezan samo na spreminjane fenotipskih sprememb, temveč gre tudi za spreminjanje sestave trupa živali. Ta proces razumemo kot ustrezno katabolno: anabolno razmerje, torej razmerje med razgradnjo in izgradnjo, ki se odvija različno intenzivno v različnih tkivih, v različnih obdobjih rasti oziroma življenja domačih živali.

V živinoreji predstavlja rast pomembno gospodarsko lastnost rejnih živali. Razumevanje rasti nam omogoča proučevanje oziroma ocenjevanje poteka in intenzivnosti rasti predvsem tistih domačih živali, ki so namenjene pitanju. V rasti obstajajo razlike ne samo med vrstami domačih živali, temveč tudi znotraj vrst, med pasmami živali. Te razlike pripisujemo predvsem njihovem genotipu in vplivu okolja, v katerem se nahajajo.

1.2 Rast v povezavi s časom oziroma starostjo

Splošno je znano, da nobena domača žival ne raste v času življenja enako intenzivno. Zato hitrost rasti živali ni konstantna. Pri pitovnih živalih proučujemo rast v krajšem obdobju njihovega življenja in sicer od rojstva do klavne zrelosti, ali v omejenem faznem obdobju pitanja, ali pa v več obdobjih pitanja. Z zajemanjem predolgega ali prekratkega obdobja rasti v proučevanje naredimo napako pri oceni velikosti intenzivnosti rasti živali. Velikost intenzivnosti rasti domačih živalih razumemo kot spreminjane telesne mase in dnevnega prirasta. Domače živali različno hitro zaključijo svojo maksimalno rast. Končno velikost živali označujemo kot starost, pri kateri je žival dosegla maksimalno telesno velikost.

Divje živali dosežejo maksimalno odraslo velikost v veliko daljšem časovnem obdobju kot moderne pasme domačih živali. To lahko traja tudi nekaj desetletij, npr. sloni dosežejo končno velikost šele pri starosti okoli 50 let.

V času rasti se odvijajo v celicah, tkivih in telesu različni biokemični procesi. Zauživanje krme, njena prebava in presnova, transkripcija RNK, sinteza beljakovin, izgradnja različnih tkiv je časovno povezana celota. V celoti te kompleksnosti ne moremo proučevati, zato poenostavljeno proučujemo spreminjanje absolutne vrednosti, recimo telesne mase kot funkcije časa, oziroma starosti živali.

Pri projekciji podatkov telesne mase v povezavi s časom dobimo v dvodimenzionalnem prostoru značilno sigmoidno rastno krivuljo. V biologiji to razumemo kot dva procesa, ki se odvijata v času rasti živali. V enem delu krivulje oziroma obdobja proučevana lastnost narašča, v drugem delu pa pojenja. To predstavlja zelo poenostavljeno razlago poteka rasti neke lastnosti. Za večjo natančnost je potek krivulje boljše razdeliti na več delov ali faz; **fazi naraščanja** sledi obdobje skoraj **linearne rasti** in tej sledi tretje obdobje, ko se hitrost rasti lastnosti **upočasni**. Žival naj bi v tem zadnjem obdobju dosegla »telesno zrelost«. Zakaj opazamo takšne oblike poteka krivulje? Delno lahko poiščemo odgovor v tem, da proučujemo žival kot celoto, v njej pa se odvijajo v številnih tkivih različni procesi z različno intenzivnostjo v različnih obdobjih rasti. Rast skeletnega mišičevja, vezivnega tkiva, kosti in pa seveda maščob ima vsaka svojo lastno krivuljo rasti, rast živali pa predstavlja vsoto vseh teh skupaj.

Najenostavneje si lahko obdobje povečevanja intenzivnosti rasti ali prvo fazo krivulje razlagamo s hiperplazijo oziroma z nastajanjem novih celic v prenatalnem obdobju. V prvem nekaj ur trajajočem obdobju nastaneta iz ene dve celici, v naslednjem intervalu nastanejo iz dveh štiri celice in proces poteka naprej. Vendar je potrebno opozoriti, da je pri farmskih živalih hiperplazija ali nastajanje novih celic možno le v prenatalnem obdobju in je z rojstvom ali pa v prvih nekaj dneh po njem, večinoma zaključeno. Celice se delijo in tako podvojujejo s tem tudi svojo maso v vsakem ciklusu, vsakih 12 ur potem imamo primer izjemne rasti. V primeru, da bi bila izhodiščna masa recimo 1 g pri starosti 11 dni, in bi z vsakim celičnim ciklusom vsaka celica ohranjala sposobnost podvojevana, bi se masa povečevala in bi organizem hitro lahko presegel maso 3000 kg. Iz tega je jasno, da je tako hitro podvojevanje biomase možno samo določen krajši čas. Že pri enoceličnih organizmih lahko pričakujemo, da oskrba s hranljivimi snovmi ne bo uspela slediti hitremu povečevanju potreb po hrani recimo mikroorganizmov. Še bolj zapleteno situacijo srečamo pri multiceličnih organizmih. Hranljive snovi morajo biti prenešene v celico, produkti presnove odpravljeni iz nje, pri čemer se srečujemo še s transportnim sistemom preko celičnih membran. Ob tem se tvorijo zapleteni mehanizmi krvžilnega sistema v povezavi z različnimi organi in organskimi sistemi. Specializirani izločevalni organi tudi nekoliko upočasnijo procese in podvojevanje mase, čeprav opazamo dnevno povečevanje mase organizma. Večji kot je organizem, kompleksnejše je njegovo delovanje.

V zgodnjih obdobjih razvoja »in utero« je možno, da razvijajoči zarodek podvoji svojo velikost v 24 urah. Tako intenzivna rast ni prisotna preko celega obdobja brejosti, saj vemo, da je najbolj intenzivna rast plodu v zadnji tretjini brejosti svinje in zadnjem mesecu brejosti krave. Za primerjavo rasti posameznih tkiv znotraj iste živali ali pa za primerjavo med njimi, je primerna uporaba odstotka rasti. Če dve živali priraščata po 200 g na dan in ima ena telesno maso 100 kg, druga pa 200 kg, potem prva prirašča v postnatalnem obdobju hitreje kot druga glede na telesno maso in sicer 0,2 % in 0,1 % na dan. Odstotna rast posameznih tkiv (skeletalna muskulatura, kosti, vezivno tkivo, maščobe) je navadno specifična za vsako tkivo živali glede na njeno starost ali obdobje proučevanja v postnatalnem obdobju. Seveda pa obstajajo medpasemske razlike in okoljski vplivi. Ta pojav v živinoreji imenujemo diferencialna rast tkiv in je zelo pomembna pri določevanju klavne zrelosti živali. K diferencialni rasti in njenemu pomenu se bomo vrnili kasneje.

Nadaljnja rast v postnatalnem obdobju je spremljana z naraščajočo hitrostjo rasti, ki pa je v ravnotežju z anabolnimi procesi in zato je ta faza rasti spremljana s podaljšanim obdobjem linearne faze rasti.

Končni ali tretji del rasti opredeljujemo kot končno fazo rasti. Hitrost rasti proučevanih v tem obdobju proporcionalno pojenja. V tem obdobju postaja konzumacija krme v ravnotežju z vzdrževalnimi potrebami živali, rast je večinoma zaključena. Izjema je maščobno tkivo, ki ima še vedno sposobnost nalaganja. V tej fazi rasti označujemo, da je žival dosegla končno telesno maso. Končna telesna masa ni fiksna vrednost, ki se ne bi spreminjala. Vplivi okolja značilno vplivajo na končno telesno maso preko dejavnika sezone (kakovost krme, vročinski stres..). Končna telesna masa, na primer pri govedu, je dosežena pri starosti 6., 7. in celo 8. letih. »Zrela« telesna višina je npr. pri govedu, dosežena nekje pri starosti 12 mesecev, ko doseže govedo okoli 75 % do 90 % višine odrasle živali.

1.3 Rastne funkcije

Za opisovanje biološkega poteka rasti celotnega telesa živali uporabljamo različne matematične funkcije. Rast ali povečevanje velikosti telesne mase kot funkcije časa ima obliko sigmoidne krivulje. Na potek krivulje vplivajo številni dejavniki na primer spolni dimorfizem in genotip živali. To pomeni, da lahko živali iste vrste enako končno telesno maso dosežejo pri zelo različnih starostih, zaradi različnega poteka rasti.

Najpogosteje proučujemo rast živali v posameznem obdobju, recimo v času med rojstvom in doseženo klavno zrelostjo. To zapišemo kot *poprečni dnevni prirast (PDP)*:

$$PDP = \frac{TM_j - TM_i}{t_j - t_i}$$

, kjer je

TM_j = telesna masa živali ob njeni zadnji meritvi,

TM_i = telesna masa živali ob njeni predhodni meritvi,

t_j = starost ob zadnji meritvi,

t_i = starost ob predhodni meritvi.

Tako izračunan PDP imenujemo tudi *absolutni dnevni prirast*. Zaradi možnih napak, ki nastanejo, če je obdobje izračuna predolgo ali pa prekratko, je velikost dnevnega prirasta lahko podcenjena ali pa precenjena. Napako lahko popravimo, če izračunamo *relativni dnevni prirast* (RDP):

$$RDP = \frac{TM_j - TM_i}{(t_j - t_i) TM_r}$$

, kjer je TM_r predstavlja relativno rast v določenem obdobju:

$$TM_r = \frac{1}{2} (TM_i + TM_j)$$

Na ta način napravimo korekcijo glede na velikost dnevnega prirasta izmerjenega med dvema časovnima obdobjema. V biološkem pomenu razumevanja rasti pa je veliko bolj učinkovita *trenutna rast* ali k .

Brody (1945) je v svojem izvirnem delu naredil prvi korak pri matematičnem opisovanju poteka rasti. Za opis *naraščanja rasti* je uporabil naslednjo enačbo:

$$TM = \alpha e^{kt}$$

V literaturi pa je enačba pogosto zapisana v obliki

$$TM = \alpha (1 - \beta e^{-kt})$$

, kjer je TM = ocenjena telesna masa živali,

α = asimptotična telesna masa ali vrh/plateau telesne mase,

β = konstanta tipična za posamezno krivuljo (ali tip živali),

e = osnova naravnega logaritma, ki pojasnjuje delovanje (kt rast ali pa $-kt$ (upad intenzivnosti rasti v povezavi s starostjo živali)),

k = merilo ali indeks stopnje zrelosti živali (sprememba krivulje na enoto časa),

t = čas oz. starost pri kateri ocenjujemo telesno maso.

Brodyevo enačbo pretvorimo:

$$\ln TM_t = \ln \alpha + kt$$

, kjer k predstavlja *trenutno rast*:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t}) (\ln TM_i - \overline{\ln TM})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}$$

t_i = starost ob i -ti meritvi

\bar{t} = poprečna starost

$\ln TM_i$ = naravni logaritem TM ob i -ti meritvi

$\overline{\ln TM}$ = poprečni naravni logaritem TM

Dnevne priraste za živali pogosto računamo v skupini. Pri uniparnih živalih nam to včasih povzroča težave, pa tudi pri multiparnih, ko tvorimo skupine enako starih živali. Največkrat težko zberemo večje število živali, ki so rojene na isti dan ali pa vse ne tehtamo na isti dan starosti.

Če k vrednost pomnožimo s 100 dobimo K , ki predstavlja *trenutno relativno rast* izraženo v %:

$$K = k \times 100$$

Liu (1990) je opisoval rast živali kot spreminjanje TM v času t , vendar pa je pri tem uporabljal regresijski koeficient b :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t}) (TM_i - \overline{TM})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}$$

Poprečni dnevni prirast ali *PDP* je izračunan s pomočjo b :

$$b_{1n} = \frac{TM_j - TM_i}{t_j - t_i} = PDP$$

To velja pod pogojem, da poznamo TM na koncu (TM_j) in začetku testa (TM_i).

V primeru testiranja živali pa nimamo opravka samo z dvema tehtanjema, temveč z več zaporednimi tehtanji, ki se opravijo v enakih časovnih presledkih. Če imamo večje število tehtanj, je tudi zanesljivost v oceni DP večja:

$$b_{pooled} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (TM_j - TM_i)}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (t_j - t_i)}$$

b_{ij} je regresijski koeficient med dvema tehtanjema:

$$b_{ij} = \frac{TM_j - TM_i}{t_j - t_i}$$

Pri večjem številu meritev lahko tudi poenostavljeno zapišemo:

$$b_{pooled} = \frac{TM_n - TM_1}{t_n - t_1} = PDP$$

Trenutno relativno rast k lahko ob upoštevanju večjega števila meritev v testnih pogojih ob enakih časovnih razmakih lahko zapišemo kot:

$$k_{1n} = \frac{\ln TM_n - \ln TM_1}{t_n - t_1}$$

Z izračunom k vrednosti dosežemo bolj natančno oceno intenzivnosti rasti kot pa z uporabo regresijskega koeficienta b .

Za opis *padanja rasti* lahko iz Brodyeve enačbe izrazimo kot:

$$TM_2 - TM = a(1 - e^{-k(t-t^*)})$$

, kjer je

$TM_2 - TM$ = razlika v telesni masi živali,

a = asimptotična telesna masa (končna telesna masa ali plateau),

k = indeks padca krivulje s časom,

t = čas, izražen v dnevih,

e = osnova naravnega logaritma.

Spremembam oblik poteka rastnih krivulj lahko sledimo z vključevanjem različnih konstant. Slaba stran uporabe večjega števila različnih konstant pri iskanju najboljšega prilaganja poteka krivulje na naše podatke pa je ta, da s tem pogosto izgublamo možnost razlage bioloških lastnosti. Torej dobimo dobro matematično rešitev, za katero pa nimamo ustrezne biološke razlage. Pri proučevanju kratkega obdobja rasti lahko dobro prikažemo obliko poteka rasti kar z enostavno linearno enačbo, če pa se intenzivnost rasti spreminja, pa lahko tudi s kvadratno enačbo zelo dobro sledimo poteku naših podatkov.

Rastna funkcija mora izpolnjevati naslednje pogoje:

- odražati mora dejanske značilnosti biološke lastnosti,
- parametri enačbe morajo dovoljevati zadovoljivo biološko interpretacijo,
- funkcija se mora zelo dobro ujemati z empiričnimi vrednostmi naših meritev,
- funkcija mora biti z matematičnega vidika enostavna za uporabo.

Rastne funkcije največkrat niso zmožne v celoti izpolnjevati vseh navedenih pogojev. Izbira enačbe tako ostaja odvisna od cilja našega proučevanja. S polinomom n -te stopnje:

$$TM = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n = \sum_{i=1}^n a_i x^i$$

, ki se lahko zelo dobro prilega poteku naših empiričnih podatkov, vendar pa nimamo nobene biološke interpretacije rasti, ne za posamezno žival kot tudi ne za skupino živali. Pri iskanju rastne funkcije, s katero želimo opisati *tipičen potek rasti* (recimo pasme) se srečujemo še z negativnimi sistematičnimi vplivi okolja, kot je krma ali pa pogoji vzreje, ki lahko imajo negativne vplive na potek rasti. Rast živali je lahko v določenem obdobju celo zastala ali pa dobila negativen predznak. V primeru negativnih vplivov okolja na potek rasti privede do težave pri izbiri ustrezne rastne funkcije, s katero bomo najboljše ponazorili porazdelitev podatkov in dobili najmanjši ostanek variance. Zato nam pri izbiri ustrezne rastne funkcije lahko pomaga tudi določeno poznavanje biokemičnih in fizioloških procesov, ki se

odvijajo v rastočem organizmu. Včasih lahko na ta način razvijemo ustrezne funkcije, parametre pa preizkusimo na testnih setih podatkov.

Za ocenjevanje rasti so v uporabi številne funkcije, ki v osnovi zahtevajo poznavanje odrasle velikosti ali končno velikost telesne mase. Najpogosteje v literaturi zasledimo sledeče funkcije: *eksponentno*, *generalizirano logistično*, *logistično*, *Richardsovo*, *Von Bertalanffy*, *Brody*, *Gompertzovo*, *generalizirano Weibullovo*, *Weibull*, *monomolekularno* in *Mitscherlich*. V nadaljevanju vam bomo predstavili samo nekatere od zgoraj naštetih.

1.3.1 Eksponentna funkcija

Eksponentna funkcija je predstavljena v naslednji enačbi in grafikonu 1:

$$TM = \alpha + \beta e^{\gamma t}$$

, kjer je

TM = telesna masa ali lastnost rasti,

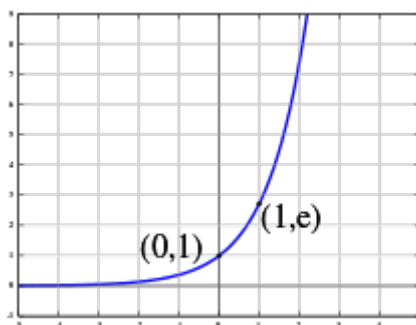
t = starost živali,

e = osnova naravnega logaritma,

a = odrasla telesna masa je rastna kapaciteta oziroma najvišja ali največja vrednost odrasle živali (npr. TM_R),

β = razlika v velikosti vrednosti proučevane lastnosti, ki jo doseže odrasla žival (α) in vrednosti za to lastnost, ki jo ima žival ob rojstvu ($t = 0$) (npr. TM_R),

γ = mera hitrosti rasti lastnosti, ki ustreza trenutni relativni rasti – k .



Grafikon 1: Grafični prikaz eksponentne funkcije.

Vir: Wikipedia, 2014 (CC BY SA)

Hitrost rasti opisuje prvi odvod funkcije:

$$\frac{dTM}{dt} = f(t, d)$$

Z njim opisujemo absolutno rast do časa t , d , pa predstavlja skupni parameter funkcije. Lastnost vedno proučujemo med dvema časovnima točkama, torej v nekem časovnem obdobju, zato lahko to napišemo tudi kot *diferencialni kvocient*:

$$\frac{dTM}{dt} = \frac{\Delta TM}{\Delta t} = \frac{TM_j - TM_i}{t_j - t_i}$$

Razlika v velikosti telesne mase, merjene med dvema časovnima točkama ali v nekem obdobju, predstavlja *poprečni dnevni prirast* v nekem času ali obdobju. Če želimo izračunati *trenutno relativno rast*, je le-ta po Raschu (1984):

$$\frac{dTM}{TMdt} = \frac{d\ln TM}{dt}$$

le to izračunamo iz odvoda logaritma rastne funkcije.

Ob upoštevanju diferencialnega kvocienta lahko zapišemo:

$$\frac{d\ln TM}{dt} \approx \frac{\Delta \ln TM}{\Delta t} = \frac{\ln TM_j - \ln TM_i}{t_j - t_i}$$

Za opisovanje rasti potrebujemo funkcije, ki imajo prevojno točko. V prenatalnem in postnatalnem obdobju poteka rasti živali imamo eksponentno rast, ki se kasneje tekom razvoja nekoliko upočasni. Zato mora imeti funkcija tudi *prevojno točko*, ki predstavlja mejo med dvema različno intenzivnima fazama rasti.

1.3.2 Gompertzova funkcija

Gompertzova funkcija spada med funkcije splošnega tipa in je poleg *von Bartalanffijeve* funkcije ena najpogosteje uporabljenih funkcij pri proučevanju rasti živali (sesalcev, ptic), rastlin, rib, bakterij, mikrobov in tumorjev, preživitvene sposobnost rakastih pacientov ipd. Gompertzova funkcija kot model rasti je ena najstarejših, starejša od

logistične, saj sega v leto 1825, ko jo je uporabil Benjamin Gompertz. Sprva je bila namenjena proučevanju izčrpanosti človeka in potrebne energije, da se izogne smrti/propadu. Kasneje okoli leta 1920 so jo začeli uporabljati za proučevanje človekovih potreb po dobrinah in storitvah, prodaji tobaka, rasti železniškega prometa in potreb po avtomobilih. Leta 1926 je bila prvič uporabljena v biologiji za proučevanje rasti telesne mase goveda. To je najpogostejša funkcija za proučevanje rasti farmskih živali, tako sesalcev kot tudi perutnine. Kasneje v sedemdesetih letih 20. stoletja je bil Gompertzov model izpopolnjen za opisovanje rasti mikrobov in tumorjev.

Gompertzova funkcija:

$$TM = e^{\alpha + \beta e^{\gamma t}}$$

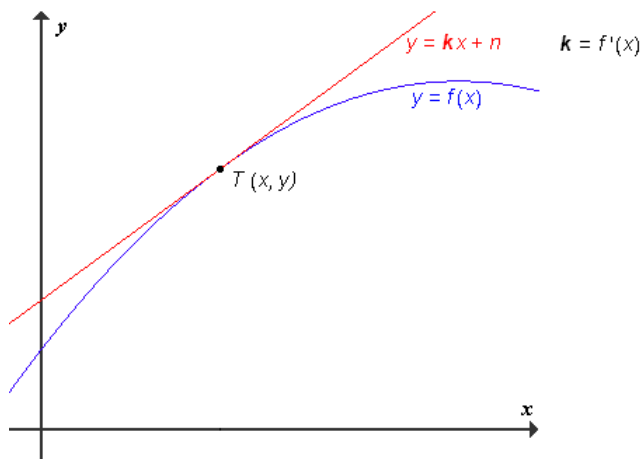
Parametri Gompertzove funkcije so razloženi pri eksponentni funkciji.

Hitrost rasti – ocenjujemo s pomočjo prvega odvoda:

$$\frac{dTM}{dt} = \beta \gamma T M e^{\gamma t}$$

Absolutna rast recimo dnevnega prirasta (DP) je proporcionalna TM, ki odraža jakost procesov sinteze. Enačba $e^{\gamma t}$ ima biološki pomen, saj opredeljuje dejstvo, da se intenzivnost rasti upočasni s staranjem živali, in da se s približevanjem končni telesni masi (TM_K) rast asimptotično zmanjšuje. To pojasnjuje $\alpha = \ln TM_K$ s pomočjo parametra $\beta = \ln \frac{TM_K}{TM_R}$, ki predstavlja togo *prevojno točko*, ki je v razmerju med končno telesno maso, ki jo žival doseže in njeno rojstno maso (TM_R). Navkljub možnosti opisovanja pospeševanja in upočasnitve intenzivnosti rasti s pomočjo prevojne točke pa ima ta funkcija tudi pomanjkljivost. Pri iskanju telesne mase na določeni točki rasti lahko privede do napačne ocene, še posebej, če je končna telesna masa ocenjena s prezgodnjimi meritvami, potem lahko močno podcenimo velikost ocenjene telesne mase.

Z Gompertzovo enačbo zelo dobro ocenjujemo tudi prenatalno rast drobnice in jelenjadi ter rast tumorjev (Grafikon 2).



Grafikon 2: Gompertzova funkcija in prevojna točka.

Vir: Pavletič, 2018 (©)

1.3.3 Logistična funkcija

Logistično funkcijo je prvič predstavil Verhulst (1938). Parametri izhajajo iz Gompertzove funkcije:

$$TM = \frac{\alpha}{1 + \beta e^{\gamma t}}$$

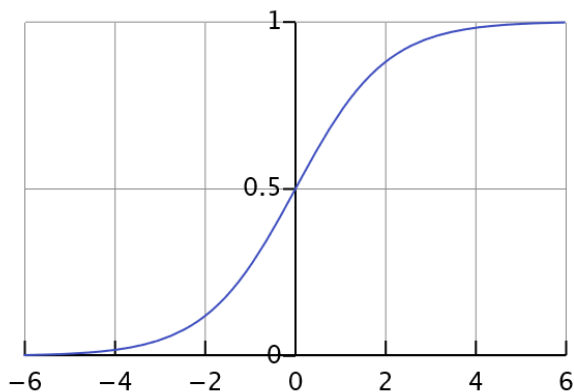
Pri *Gompertzovi* funkciji je bila prevojna točka odvisna od razmerja med TM_K in TM_R . Logistična krivulja to rešuje na nekoliko drugačen način. Prevojna točka je na polovici končne telesne mase:

$$PT = 0,5 TM_K$$

Hitrost rasti izračunamo s prvim odvodom

$$\frac{dTM}{dt} = \gamma TM (TM_K - TM)$$

Trenutna rast telesne mase se upočasni, ko se žival približuje končni telesni masi oziroma se niža s staranjem živali (Graf. 3).



Grafikon 3: Logistična krivulja in njen potek s prevojno točko.

Vir: Weisstein, 2021 (©)

1.3.4 Von Bertalanffy funkcija

Von Bertalanffijeva funkcija se razlikuje od prej omenjenih:

$$TM = \alpha (1 - \beta e^{-kt})^3$$

Njena značilnost je, da bolje opisuje proces povečevanja rasti in njene kasnejše upočasnitve.

S tem dobro sledi dejanski biološki značilnosti rasti. Prvi odvod:

$$\frac{dTM}{dt} = \delta TM^{2/3} - \rho TM$$

$TM^{2/3}$ = površina živali izražena pri 2/3 dosežene končne telesne mase

δ = parameter naraščanja rasti

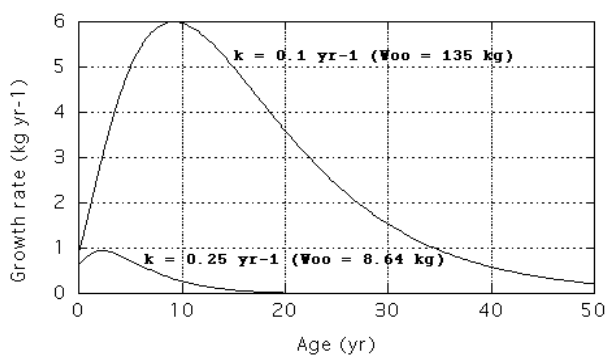
ρ = parameter redukcije rasti

Pri izraženosti površine živali na osnovi TM na potenco $2/3$ se kaže tudi šibkost te funkcije. Funkcija predvideva, da med dvema konstantama (δ , ρ) obstaja proporcionalno razmerje, oziroma proporcionalnost med naraščanjem in padanjem (redukcijo) rasti. Parametra δ in ρ predstavljata sintezne (anabolne) in razgradne (katabolne) procese, ki se odvijajo v telesu živali. Z vključenjem zgornje enačbe v diferencialno zasnovo dobimo:

$$TM = (TM_K^{\frac{1}{3}} - (TM_K^{\frac{1}{3}} - TM_Z^{\frac{1}{3}})e^{\rho t})^3$$

TM_Z = telesna masa začetna (npr. rojstna TM)

Pri rejnih živalih pogosto potek intenzivnosti rasti in njen upad nista v proporcionalnem odnosu.



Grafikon 4: Grafični prikaz von Bertalanffijeve funkcije.

Vir: Mollet, 1998 [2015] (©)

Von Bertalanffy (1938) je v grafikonu 4 in s svojo izpeljavo rastne funkcije predstavil povezanost dolžine morskih psov glede na njihovo starost. Na levi strani grafikona 4 imamo naraščanje intenzivnosti rasti, po prevojni točki na vrhu unimodalne porazdelitve, pa sledi na desni strani padec intenzivnosti rasti, ki pa nima enake intenzivnosti kot pred prevojno točko.

1.3.5 Richardsonova funkcija

Richardsonovo funkcijo zapišemo kot:

$$TM = \alpha (1 - \beta e^{-kt})^m$$

m = prevojna točka,

α , β , k , t = so bile predhodno že razložene.

Richardsonova funkcija je zelo prilagodljiva na potek podatkov:

$$TM = (TM_K n - TM_Z n) e^{-kt}$$

TM = telesna masa pri določeni starosti t ,

TM_K = zrela telesna masa

TM_Z = začetna telesna masa,

k = konstanta (stopnja rasti),

n = vrednost »uteži« za eksponentno rast

e = osnova naravnega logaritma.

Ta krivulja, ki opisuje rast ima možnost, da se lahko v odvisnosti od vrednosti n spreminja v različne funkcije; $n = 1$ prevzame Brodyevo rastno funkcijo, če je $n = 0$ prevzame Gompertzovo obliko, če ima vrednost $n = 1/3$ potem je Bertalanffyeva enačba in če ima vrednost $n = -1$ pa logistična funkcija.

1.4 Faze rasti

1.4.1 Prenatalna rast

Razvoj se začne v prenatalnem obdobju z oploditvijo jajčne celice, ki se pri sesalcih kasneje ugnezdi v steno maternice, nato pa sledi intrauterini razvoj. V prenatalnem obdobju ločimo tri glavne faze: *blastogenezo*, *embriogenezo* in *fetogenezo*. Stadiji razvoja se med seboj razlikujejo, vendar pa med njimi ni jasno ločljivih prehodov in jih je zato težko ločiti.

Po oploditvi jajčne celice nastane *zigota*, ki se začne mitotsko deliti in podvojevati število celic (2., 4., 8., ...) vsakih 24 ur. V tej zgodnji fazi, ko so vse celice enake in imajo potencial za tvorbo kopij, pravimo, da celice še niso diferencirane.

Blastogeneza se torej začne s celično delitvijo zigote in nadaljuje s premikom celic. V nadaljevanju se razvije stadij *morule*. Ko se celica začne deliti, težko natančno povezujemo čas in število deljenih celic, zato na primer pri govedu stanje *morule* odraža stanje med 4. do 7. ali 8. dnevom po oploditvi. V tem stadiju se celice delijo, njihovo število se povečuje in iz nje nastane *blastocista*. *Blastocista* ima v sredini votlino. Ta faza traja pri govedu med 7.-8. in 12. dnevom brejosti. *Blastocista* je osnova za razvoj poteka *gastrulacije*. V procesu *gastrulacije* nastaneta v *blastocisti* dve membrani - *ektoderm* in *endoderm*. Ob poteku diferenciacije celic se tvorijo različni tipi celic, ki tvorijo specifične organe, ti se povezujejo v organske sisteme, ki tvorijo kompleksno sestavljen organizem sesalcev. Iz notranjega kličnega lista ali *endoderma* se tvorijo: črevesni epitelij, epitelij dihalnih organov in sečevod. Iz zunanega kličnega lista ali *ektoderma* se tvorijo: koža, živčni sistem, čutila, horion in aminoepitelij. Med njima je vmesni klični list imenovan *mezoderm*. Iz njega se razvijejo vezivno tkivo, mišičje, skelet in izločevalni organi. Celice imajo sposobnost delitve in premika samo določen čas. Izjema so jetrne celice, ki do neke mere ohranjajo možnost regeneracije. Poleg njih ohranjajo to lastnost še bazalne celice v večplastnem epiteliju, medtem ko celice živčevja in na primer možganov, izgubijo sposobnost regeneracije. V preglednici 1, so prikazane razvojne faze v prenatalnem obdobju farmskih živali.

Preglednica 1: Časovni raspored posameznih faz razvoja v prenatalnem obdobju glede na species domačih živali.

Species	Kobila	Krava	Ovca	Koza	Svinja	Kunka
Morula	4 ^{ovul}	4 ^{opl}	4 ^{par}	5-6 ^{ovul}	3-4 ^{ovul}	2-3 ^{par}
Blastocista	6 ^{ovul}	7 ^{opl}	6-7 ^{par}	6 ^{ovul}	5-6	3-4
Vstop v uterus	4-5 ^{ovul}	3-4 ^{ovul}	2-4	4 ^{ovul}	2-4	3-4
Ugnezdenje	36-38 ^{ovul}	20 ^{ovul}	16-18	-	14	7-8
Živčna cev	18 ^{opl}	19 ^{opl}	15 ^{opl}	-	14 ^{opl}	5 ^{opl}
Pozni embrij	35	40	32	-	29	14
Mladi fetus	55	52	40	-	36	22
Brejost	336(340)	280(284)	150	150	114	30-32

Vse vrednosti so izražene v dnevih. ovul = ovulacija, par = parjenje; opl = oploditev.

Iz preglednice 1 je razvidno, da se procesi in njihove faze razvijajo različno hitro ter intenzivno in da obstajajo med vrstami domačih živali za te lastnosti velike razlike.

Za vse domače živali lahko zaključimo, da je *intrauterina* rast eksponentna. Nekoliko se razlikuje rast plodu goveda, kjer pridobi plod skoraj polovico rojstne mase v zadnjem mesecu gravidnosti (Preglednica 2). V tem obdobju se najbolj povečuje telesna masa plodu. Plod teleta pridobiva od 200 g/dan, pa vse tja do 700 g/dan. Pri tako hitrem povečevanju mase plodu je pomembno, da poteka porod tudi v predvidenem času. Zakasnitev poroda pomeni nevarno povečevanje rojstne mase in težavnejšo telitev.

Preglednica 2: Intrauterina rast goveda.

Starost fetusa (meseci)	Masa fetusa (g)	V % od rojstne mase	Dnevni prirast (g)
1	2	0,005	0,06
2	25	0,060	0,70
3	250	0,550	7,50
4	900	2,300	25,00
5	2.600	6,500	53,00
6	6.500	15,000	137,00
7	10.000	25,000	115,20
8	16.500	41,000	209,80
9	40.000	100,000	763,40

Sprememba mase plodu v času brejosti je prikazana v naslednji preglednici 3. Iz preglednice 3 je razvidno, da obstajajo razlike med pasmami goveda v intenzivnosti rasti že v zgodnjem obdobju brejosti, se kasneje nekoliko izenačijo v drugem trimesečju in postanejo izrazite v zadnjem trimesečju. Podoben trend spreminjanja imajo tudi jetra kot tkivo, ki so očitno v svojem presnovnem delovanju povezana na primer z intenzivnostjo rasti plodu.

Preglednica 3: Prikaz povečevanja mase plodu v času brejosti glede na pasmo govedi.

Pasma	3 mesece	6 mesecev Telesna masa (kg)	9 mesecev
Nemški Angus	0,22 ± 0,04	8,7 ± 1,41	34,17 ± 4,34
Galloway	0,11 ± 0,07	6,75 ± 2,15	29,60 ± 6,92
Holstein Frizijska	0,32 ± 0,03	8,81 ± 1,05	41,00 ± 6,84
Belgijsko plavo	0,24 ± 0,05	8,39 ± 1,55	46,34 ± 6,28
		Jetra (g)	
Nemški Angus	8,5 ± 2,4	251 ± 35	642 ± 76
Galloway	4,1 ± 2,6	176 ± 46	481 ± 86
Holstein Frizijska	11,6 ± 0,8	257 ± 43	833 ± 155
Belgijsko plavo	8,6 ± 2,0	251 ± 48	831 ± 133

Podatki so srednje vrednosti ± standardna napaka.

1.4.2 Postnatalna rast

Postnatalna rast se pri domačih živalih začne s porodom. Novorojena žival je sedaj izpostavljena različnim zunanjim dejavnikom. Z materjo je prekinjena krvožilna povezava, po kateri je bil plod prehransko oskrbljen s hranljivimi snovmi. Sedaj se začne sam prehranjevati in v prvi fazi je v veliki meri odvisen od materine skrbi in oskrbe. Zaradi večplastne posteljice tekom brejosti v plod ne morejo prehajati velike molekule (imunoglobulini), zato mora žival po rojstvu takoj zaužiti *kolostrum*. Na ta način pridobi pasivno zaščito, ki je zelo pomembna v najzgodnejšem obdobju življenja. Žival se tako zaščiti pred potencialnimi obolenji. Po prenehanju tvorbe mlečnega mleka začne mlečna žleza tvoriti mleko, ki je v prvem obdobju življenja edini in najpomembnejši vir hrane. Ustrezna tvorba mleka pomembno vpliva na intenzivnost rasti v tem zgodnjem obdobju življenja živali. Temu sledi največji šok za mlado žival in sicer odstavitve od matere, takrat pogostokrat zaniha rast zaradi vpliva okolja (zaradi prenehanja sesanja in preusmeritev na drugi tip krme).

Beef Improvement Federation (BIF 2010) predlaga standardizacijo starosti teleta ob odstavitvi in starosti krave zaradi upoštevanja ne genetskih vplivov na odstavitveno maso telet. Starost teleta se lahko standardizira glede na naše zahteve na 180 dni, 200 dni, 205 dni ipd., prav tako pa tudi starost krave (Preglednica 4).

Pri tem lahko uporabimo enačbo:

$$\frac{(MODST - RM)}{ST} \times \check{Z}SS + RM$$

$MODST$ = telesna masa odstavljenega teleta,

RM = rojstna telesna masa,

ST = starost v dneh,

$\check{Z}SS$ = željena standardizirana starost teleta ob odstavitvi (dni).

Primer: predpostavimo, da je odstavitvena masa teleta 212 kg pri starosti 214 dni in da je rojstna telesna masa teleta bila 38 kg. Ob korekciji na 200 dni starosti ob odstavitvi bo korigirana odstavitvena masa teleta:

$$\frac{(212 - 38)}{214} \times 200 + 38 = 200,6 \text{ kg}$$

Torej korigirana odstavitvena masa teleta je 200,6 kg. Lahko pa uporabimo v izračunu še druge korekcijske faktorje iz preglednice 4.

Preglednica 4: Standardna starost krave s prilagoditvenimi ali korekcijskimi faktorji za rojstno maso teleta in njegovo odstavitveno maso.

Starost krave ob telitvi (leta)	Rojstna masa (kg)	Odstavitvena masa (kg)	
		Bik	Telica
2	+ 3,6	+ 27	+24,5
3	+ 2,3	+ 18	+ 16,3
4	+ 0,9	+ 9,1	+ 8,2
5 - 10	0	0	0
11 in več	+ 1,4	+ 9,1	+ 8,2

V primeru, da imamo tele moškega spola od 3 leta stare krave, lahko dodamo npr. še 18 kg k že skorigirani odstavitveni masi, glede na standardizirano starost krave. Če bi imeli telico od matere, ki je ob telitvi stara 4 leta, bi pripisali še 8,2 kg k masi odstavljenega teleta.

Pri uporabi tovrstnih korekcij in standardizacij moramo biti zelo pazljivi, saj so le-te prilagojene na posamezno pasmo živali, so pod vplivom tipičnih značilnosti geografskih regij in klimatskih razmer, različnih rejских tehnologij in širokega razpona starosti teleta ob odstavitvi.

V postnatalnem obdobju lahko rast živali dobi tudi negativni predznak. Njena nadaljnja rast do spolne zrelosti je specifična in navadno najbolj intenzivna, potem pa sledi upočasnitev rasti. Zato govorimo o večfazni postnatalni rasti domačih živali.

Prvo fazo opredeljujemo kot obdobje *mladosti*, to je čas, od rojstva do nastopa spolne zrelosti. Žival je že dosegla določeno *telesno velikost* in tudi določeno *telesno zrelost*. V tem obdobju še ni dosegla popolne zrelosti za reprodukcijsko rabo, zato ji sledi naslednja ali druga faza, ko žival doseže *plemensko zrelost*, žival je tudi telesno dozorela za nadaljnjo reprodukcijsko rabo (Preglednica 5).

Preglednica 5: Podatki o vstopu v spolno in plemensko zrelost domačih živali.

Species	Vstop v spolno zrelost (meseci)	Vstop v plemensko zrelost (meseci)
Konj	16-24	24-36
Govedo	8-11	♂12 ♀14-18
Ovca	♂3-6 ♀5-10	8-18
Koza	♂5-9 ♀8-10	8-18
Svinja	5-8	♂7-9 ♀8-9
Kunec	3-4	7-9

To je faza, ko so anabolni in katabolni procesi skoraj uravnoreženi. Zadnja faza je *starost*, ko se aktivnost sinteze proteinov močno upočasnijo. Za živinorejce je faza mladosti do doseganja plemenske zrelosti najpomembnejša faza, predvsem za vse tiste, ki se ukvarjajo s pitanjem živali.

V fazi mladosti potekata procesa, ki možno opredeljujejo to najbolj intenzivno fazo rasti v življenju vsake živali. V začetni fazi naj bi bila prisotna še *hiperplazija*, to je povečevanje števila celic, v naslednjem obdobju pa sledi povečevanje velikosti celic, to je *hipertrofija*.

Tudi *rast organov in delov* živali v postnatalnem obdobju ne poteka enako hitro oziroma enako intenzivno. Zato v razvoju pride do razlik v proporcionalnosti telesnih delov in telesnih tkiv.

1.4.3 Kontroverznost: živa telesna masa kot determinirana variabla?

Kvantitativno analizo proporcionalnih sprememb rastoče živali opisujemo z Huxleyevo (1932) *alometrično funkcijo*:

$$y = bx^a$$

, kjer je

y = velikost ali masa določenega telesnega dela,

x = relativna velikost telesne mase, ko primerjamo razvoj ali rast enega organa v razmerju s celotnim organizmom, ali pa proporcionalnost med dvema organoma,

b = konstanta v razmerju med y in x ,

a = parameter, ki pojasnjuje različno intenzivnost rasti.

Pri tem je lahko:

$a < 1$ določen del raste počasneje kot je relativna rast x (negativna alometrija)

$a > 1$ določen del se povečuje hitreje kot je relativna rast x (pozitivna alometrija)

$a = 1$ ni nobenih proporcionalnih sprememb v intenzivnosti rasti (izometrija)

Morda je bolj razumljivo, če vzamemo kar naslednji primer. Huxley je proučeval klešče rakovice moškega spola, ki postanejo disproporcionalno velike s staranjem rakovice. Naravni logaritem mase klešč je v razmerju z maso telesa rakovice minus masa klešč.

$$\text{Log } y = \text{Log } a + b \log x$$

y = masa klešč

a = vrednost y ko je $x = 0$,

x = masa telesa – masa klešč.

Ker klešče rastejo hitreje kot telo rakovice, je $b > 1$. Tako lahko primerjamo katerikoli del telesa s celotnim telesom in dobimo v primerih, ko je $b > 1$, da bo ta del telesa rasel hitreje in dosegel *končno velikost* ali *zrelost* kasneje. Če je $b < 1$, potem bo telesni del rasel počasneje kot celo telo in ga lahko označimo tudi kot »zgodaj zrel« del. V primeru, da je $b = 1$, bo telesni del imel enako intenzivnost rasti kot celo telo in bo njuna rast v konstantnem razmerju drug do drugega.

Pri rastočem govedu je Huth (1968) proučeval proporcionalna razmerja in ugotovil, da je rast v dolžino intenzivnejša kot rast v višino živali in tudi globina prs se povečuje hitreje kot višina vihra (Preglednica 6).

Preglednica 6: Relativne spremembe rasti govedu schwartzbunter pasme.

Starost	Višina vihra = 100	
	Dolžina trupa	Globina prs
Rojstvo	91	38
1. leto	112	49
2. leto	118	54
3. leto	120	55

V prvem letu starosti govedo povečuje predvsem višino in dolžino telesa, kasneje pa širino telesa in globino prsi. Na sestavo telesa živali, poleg prehrane in starosti, vpliva tudi pasma. V praktičnem smislu nas zanima, kdaj začne žival nalagati maščobo, koliko le-te in v katere telesne dele? Seveda obstajajo pri tem »ekstremne« mesnate pasme, kot je pri prašičih Pietrain in pri govedu pasma Belgijsko plavo. Pitanci teh dveh pasem imajo v trupu izredno ugodno razmerje med tkivi »meso:kosti« in »meso:maščobe«. Njihove rezultate pitanja in klavne kakovosti težko primerjamo z drugimi pasmami, saj nam v statističnem smislu močno odstopajo. V poskusu, kjer so uporabljali seme bikov različnih pasem za oploditev krav Frizijske pasme, so njihove potomce pitali na različne telesne mase (500 kg, 600 kg, 700 kg) in z disekcijo tkiv ugotavljali vsebnost mesa, kosti in loja v trupu (Preglednica 7). Maso klavnega trupa so korigirali na maksimalno 400 kg. Običajno smatramo, da pasma govedu po korekciji, nima več značilnega pomena pri razlagi ravnosti posameznih tkiv in doseganja končne telesne velikosti in končne telesne mase. Navkljub temu, da imamo opravka s potomci zelo različnih pasem, pa opazimo, da imajo križanci Frizijske pasme z Belgijskim plavim kar 65 % mesa v trupu, medtem ko imajo križanci s Herefordom okoli 53 % mesa v trupu.

Preglednica 7: Vsebnost mesa, loja in kosti izraženih v g tkiva na kg klavnega trupa potomcev Frizijskih krav glede na pasmo očeta.

Korigirana masa klavnega trupa		280 kg			340 kg			400 kg		
	Bik (oče)	Meso	Kosti	loj	Meso	Kosti	Loj	Meso	Kosti	loj
1	Hereford	607	188	205	570	175	355	531	164	305
2	Frizijska	620	199	181	592	183	225	564	168	268
3	Meuse-Rhine Issel	623	199	178	602	180	218	577	165	258
4	Lisasta	655	197	148	633	181	186	609	167	224
5	Limousin	657	188	155	636	169	195	615	150	235
6	Blonde d'Aquitaine	674	199	127	655	183	162	636	167	197
7	Charolais	674	191	135	657	173	170	640	155	205
8	Belgijsko plavo	682	189	129	668	170	162	653	152	195

Vsi križanci kot tudi potomci »čiste« pasme, se s trajanjem pitanja zamastijo, pri čemer je razvidno, da najmanj mesne pasme, najbolj pa biki mlečne Frizijske in Hereford pasme. Povsod izstopajo križanci Belgijske pasme, tako po najnižjem deležu kosti in loja kot tudi po najvišji vsebnosti mesa v trupu.

Preglednica 8. Odstotek klavnosti, mesa, loja in kosti glede na živo telesno maso volov.

Živa telesna masa (kg)	307	386	466	545
Masa klavnega trupa (kg)	167	217	268	322
Klavnost (%)	55	56	57	59
% kosti	18	16	15	14
% mesa	65	64	61	58
% loja	14	18	24	29

Biološke razlike med pasmami, njihove različne končne velikosti in zrelosti so genetsko določene, prav tako njihova sposobnost nalaganja maščob. Kastracija spremeni in zmanjša genetski potencial za prirejo mesa in poveča sposobnost nalaganja maščob pri govedu (Preglednica 8 in Preglednica 9).

Preglednica 9: Sestava trupa (%) bikov telic in volov pri 450 kg klavne mase.

	Biki	Voli	Telice
Klavnost	56	58	58
Prednja četrt	47	50	50
Zadnja četrt	53	50	50
Kosti	16	15	13
Meso	68	58	54
Večvredni telesni deli	53	54	56
Loj	13	25	31

Sestava telesa se v času postnatalne rasti spreminja tudi pri prašičih (Preglednica 10). Rast posameznih telesnih delov je specifična. Ob rojstvu je glava pujska velika v primerjavi z ostalim telesnimi deli in predstavlja kar 23 % telesne mase. Kasneje se rast glave upočasni in intenzivira se rast oprsja. V kasnejšem obdobju pa intenzivni rasti oprsja sledijo ledja in križ, za njima pa stegno. Poznavanje spreminjanja sestave trupa živali do dosega klavne mase je pomembna za rejčevo odločitev, pri kateri klavni masi bo dosegel maksimalni ekonomski učinek. Odločilen bo delež večvrednih telesnih delov (stegno, hrbet, ledja, križ) in pa sestava oziroma stopnja zamaščenosti trupa.

Tovrstno proučevanje postnatalne rasti prašičev nam pomaga spoznati tudi sestavo trupa glede na vsebnost (kg, %) glavnih telesnih tkiv, kot so meso, maščobe in kosti. Poznavanje sestave trupa je osredotočeno na to, v kateri fazi pitanja ali pa starosti prašiča se upočasni rast skeletne miškulature in začne intenzivnejša tvorba maščob, s tem pa povečevanje debeline hrbtna slanina in zamastitev trupa živali.

Na sestavo trupa lahko vplivamo tudi s spremembo obroka, kot tudi s poznavanjem bioloških lastnosti določenih pasem prašičev in izbiro ustrezne pasme za tvorbo križancev (pitancev).

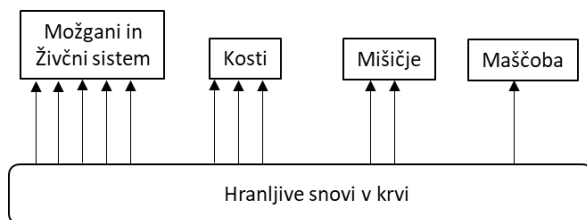
Preglednica 10: Spremembe telesnih delov prašičev v času postnatalne rasti.

Starost (tedni)	Živa masa (kg)	Klavna masa (kg)	Glava		Oprsje		Ledja		Križ		Šunka	
			Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Rojstvo	1,33	0,99	0,23	22,8	0,17	17,2	0,06	6,00	0,05	5,5	0,18	18,5
16	36,10	27,49	3,22	11,7	6,36	23,1	3,16	11,1	1,93	7,0	5,55	20,2
28	100,00	80,47	6,38	7,9	22,64	28,1	10,94	12,4	6,46	13,5	14,78	18,4
Relativna rast na rojstvo												
Rojstvo	1	1	1		1		1		1		1	
16	27,1	27,1	14,3		37,4		53,5		35,8		30,3	
29	74,8	81,4	28,4		133,2		185,4		119,6		80,8	

Ali lahko prenesemo Huxleyevo alometrično funkcijo enostavno na model domačih živali? Takšno poenostavljenje ni pravilno. V času življenja domače živali ima okolje in spremembe v njem močan vpliv na fenotipske izražene lastnosti. Razmerja med telesnimi deli in sestavo telesa s celotnim telesom živali so povezana z delovanjem okolja, predvsem temperature in prehranske oskrbe živali. Hammond je pri proučevanju goveda opazal, da so živali na paši v zimskem času velikokrat lačne, lahko celo podhranjene in zato bolj omišičene. Pred zakolom, pa je pitancem rejenim v hlevu pogosto pokladana energetsko bogata krma, zato da naložijo več inter- in intramuskularnih maščob. Vprašanje je, ali Huxleyeva enačba dejansko velja v različnih rejskih pogojih? Obstajajo tudi nasprotna mnenja, da Huxleyeva enačba, s svojim konceptom kompleksne alometrije, v ničemer ne podpira povezave med FMR (field metabolic rate), ki ga uporabljamo kot ključ za razumevanje energetskih zahtev in velikostjo telesa pri sesalcih. Enačba bi veljala samo v primeru, da je žival kontinuirano skozi obdobje pitanja pravilno oskrbljena s hranljivimi snovmi in da ni vpliva prehrane na spreminjanje njene telesne mase, delov telesa ali tkiv.

Hammond je naredil prehranske poskuse sestavljene iz dveh prehranskih nivojev v 2 x 2 faktorskem poskusu. Na osnovi serije prehranskih poskusov je hitro prišel do zaključka, da v primeru, ko so hranljive snovi limitirajoči faktor za tkiva in dele telesa, imajo le ti različno prioriteto do razpoložljivih hranljivih snovi.

Prioriteta je odvisna od faze razvoja in od tipa telesnih tkiv. Hammond je naredil shemo prioritete tkiv do hranljivih snovi, ki je v veljavi še danes (Shema 1).



Shema 1: Hammondov model porazdelitve hranljivi snovi glede na prioriteto tkiv.

Vir: Lawrence, Fowler, Novakofski, 2012, © CAB International, reproducirano z dovoljenjem lastnika licence prek PLSclear

Poskusi so pokazali, da se lahko oblikuje po Hammondu pet glavnih principov (Pállson 1955):

1. Huda podhranjenost matere nima vpliva na razvoj fetusa vse do njegove kasnejše faze fetalnega razvoja.
2. Restrikcija prehrane v poznem fetalnem obdobju razvoja povzroča povečano nazadovanje v razvoju različnih delov in tkiv, pri čemer so pozno razvijajoči se deli najbolj prizadeti.
3. Obrok, ki je pod nivojem vzdrževalnih potreb povzroči mobilizacijo rezerv hranil iz tkiv v obratni smeri kot je njihova dozorelost.
4. Tkiva, ki so bila najbolj prizadeta z restriktivnim krmljenjem imajo veliko moč obnovitve, ko imajo na voljo dovolj visok nivo prehranske oskrbe.
5. V času razvoja in rasti fetusa do zrelosti ima vsak del ali organ ali tkivo neko maksimalno intenzivnost rasti. Če je prišlo do restriktivnega krmljenja je v tej potencialno intenzivni fazi rasti takšen organ ali tkivo potem tudi najbolj prizadeto.

1.4.4 Kontraverznost: Ali so maščobe lahko neodvisna spremenljivka?

Prve štiri predispozicije največkrat ne predstavljajo problema pri razlagi, zadnja peta, pa se v resnici lahko »obnaša« zelo različno. V poskusih so dokazali, da ima na primer prašič sposobnost obnoviti svojo rast do 90 % končne telesne mase v primerjavi z normalno rastočim pitancem. Prašiči imajo sposobnost kasneje nadoknaditi zamujeno rast in dosegati podobne dnevne priraste, vendar pa se pri tem spremeni sestava prirasta. Prašič nalaga v telo maščobe, ko je glavno obdobje sinteze skeletne miškulature že zaključeno in se tega obdobja kasneje ne more več v popolnosti nadoknaditi. Posledično živali v rast skeletnega mišičja ne nalagajo več v maksimalni meri, pač pa tudi v maščobno tkivo in so zaradi tega bolj zamaščene.

Pri prehranjevanju domačih živali z obrokom, ki ne pokriva potreb za vzdrževanje in rast, so imeli prašičih na nivoju obeh faz nizka-nizka vsebnost energije, nesorazmerno veliko glavo v odnosu do celega telesa (Preglednica 11). Pri ostalih kombinacijah prehrane so opazili, da se skelet enako razvija.

Glavno vprašanje je, ali imamo lahko telesno maso žive živali za referenco klavne mase ob zakolu? Trup živali ima namreč eno zelo variabilno lastnost in to je adipozno ali maščobno tkivo. Prehrana in okolje imata na vsebnost tega tkiva v trupu prašiča značilen vpliv.

Preglednica 11: Deleži tkiv prašičev zaklanih pri 91 kg telesne mase glede na nivo intenzivnosti pitanja.

	Načrt prehrane			
	Visok-visok	Visok-nizek	Nizek-visok	Nizek-nizek
Maščobe (%)	38	33	44	28
Meso (%)	62	67	56	72
Masa mesa kot % od nizek-nizek	86	93	78	100

Iz preglednice 11 je razvidno, da nastane sprememba razmerij med mesom in maščobami v trupu prašičev kot posledica različnega načina oskrbe oziroma pitanja. Prašiči na nivoju nizek-nizek so bili ob zakolu manjši in v fiziološkem smislu mlajši in manj zreli. Prašiči, ki so bili pitani na nizkem nivoju oskrbe, razvijejo tudi krajši prebavni trakt. Po vrnitvi na »bogot« obrok so ga sposobni prilagoditi oziroma razviti normalno velikost prebavnega trakta. Za to pa seveda potrebujejo tudi določen čas. V poskusu na Univerzi v Cambridge so vzdrževali kronično podhranjenost pujska na nivoju juvenilne živali celo leto dni in žival je imela ob letu dni starosti samo 5 kg telesne mase. Potem pa so prešli na normalen obrok in prašič je uspel tvoriti normalen fenotip kot kontrolni prašič. Njegova rast je bila popolnoma normalna in tudi razvoj telesnih delov je dosegel 90 % kontrolnega prašiča.

Živali se poskušajo prilagoditi na okoljske in prehranske pogoje reje na način, da ohranjajo v delovanju vitalne življenjske funkcije. Sposobne so tudi modificirati svoje telesne dele in njihova razmerja v obliko, ki zagotavlja živalim največje možnosti preživetja in uspešne reprodukcije.

1.4.5 Dejavniki, ki vplivajo na rast živali

Pri opisovanju rasti živali izhajamo iz dejstva, da ne prihaja do motenj v oskrbi živali, ki bi lahko vplivale na njeno rast. Smatramo, da žival raste pod »normalnimi« rejskimi pogoji. Faktorji, ki lahko vplivajo na potek rasti živali so lahko pozitivni in negativni. S stališča rejca so pomembni *genetski* in *ne-genetski* vplivi na rast. Pomembno je, da jih znamo razlikovati. Za genetske smatramo na primer genotip živali. Genotip matere lahko posredno vpliva preko njenega fenotipa v *intrauterini* fazi razvoja in v obdobju laktacije na novorojene živali. Te pa uvrščamo med *ne-genetske* vplive. Ta ne-genetski vpliv matere na potomke/ca imenujemo *maternalni* vpliv. Pri multiparnih živalih upoštevamo še vpliv sester v gnezdu, ki ni odvisen od njihovega števila, pač pa od njihovega genotipa. Čeprav te vplive proučujemo pri recipročnem križanju in pri transplantaciji, jih ni tako enostavno ločiti.

1.4.5.1 Genetski vpliv

Genetske vplive, ki učinkujejo na potek rasti strukturiramo v vplive populacije, medpasemske razlike in individualne genetske razlike med živalmi znotraj pasme. Medpasemske razlike so navadno zelo očitne pri odraslih živalih in v njihovih razlikah v intenzivnosti rasti.

Preglednica 12: Koeficienti heritabilite in variance za rastne lastnosti glede na vrsto domačih živali.

Species	h^2	Razlike
Govedo		
Prenatalna rast	0,38	
Dnevni prirast od rojstva do 7. meseca starosti	0,29	0,27-0,30
Dnevni prirast bikov (test od 85. do 365. dne starosti)	0,45	0,33-0,47
Telesna masa		
6 mesecev	0,31	0,10-0,53
12 mesecev	0,37	0,30-0,49
21 mesecev	0,44	0,22-0,69
Prašiči		
Dnevni prirast (od 30 - 100 kg)	0,50	0,30-0,65
Konverzija krme (od 30 - 100 kg)	0,50	0,40-0,70
Življenjski dnevni prirast	0,15	0,10-0,20
Ovca		
Dnevni prirast v testu (60. – 120. dne)		0,26-0,56
Življenjski dnevni prirast (testna postaja)		0,14-0,63
Telesna masa na 100. dan starosti		0,48-0,51
Telesna masa pri starosti 1. leta		0,19-0,85
Dolžina	0,32	
Globina	0,42	

V reji lahko izkoriščamo med populacijske razlike preko programov križanj ali pa celo zamenjav posameznih pasem. Še najlažje to naredimo pri perutnini za tvorbo linij. Pri prašičih se tvorijo rejski programi za tvorbo *hibridov*. Seveda pa se na primer v govedoreji uporablja tudi *uporabno* križanje.

Del individualnih genetskih razlik v rastnih lastnostih je vezanih na fenotipsko varianco v populaciji in izračunane heritabilite za rastne lastnosti (Preglednica 13). Podatki o heritabilite za intrauterino rast so zelo redki. Za govedo so za to obdobje izračunali, da je $h^2 = 0,38$, ki pa je praktično v obsegu heritabilitet za lastnosti rasti goveda v postnatalnem obdobju. Razlike v intenzivnosti rasti med ženskimi in moškimi živalmi so posledice genetsko determiniranih lastnosti.

1.4.5.2 Negenetski vplivi

Negenetski vplivi na potek rasti so številčnejši kot genetski vplivi. Sem prištevamo številne vplive okolja v prenatalni in postanatalni fazi rasti. Pogosto jih je težko popolnoma ločiti med seboj.

V prenatalnem obdobju rasti je pri sesalcih pomembno materino okolje. Na prvem mestu je prehrana plodu. V *intrauterini* fazi rasti je plod zelo dobro oskrbljen v prehranskem smislu. Tudi v primeru nekoliko slabše prehranske oskrbe breje matere ima plod ali plodovi zagotovljen nespremenjen nivo oskrbe. Biološko gledano je plod zelo zaščiten pred nihanjem v prehranski oskrbi matere. Mati navadno v takšnem primeru preklopi presnovo na izkoriščanje rezervnih snovi. Po drugi strani, pa tudi prekomerna oskrba matere v prehranskem smislu ne vodi neposredno do povečane rojstne mase plodu ali plodov.

Velikost matere v prenatalnem obdobju razvoja in rasti plodov ima zelo pomembno vlogo. Materino okolje predstavlja omejitveni dejavnik pri razvoju rastne kapacitete plodu. To preverjamo z recipročnim križanjem ali pa z embrio transferjem. Zarodek z manjšo rastno kapaciteto ne doseže večje rojstne mase v okolju maternice, druge na primer večje svinje z večjo rastno kapaciteto. In obratno, plod z visoko rastno kapaciteto velike svinje bo v majhni materi razvil omejeno rast in s tem tudi manjšo rojstno maso (Preglednica 13). Iz preglednice je razvidno, da je *intrauterino* okolje tisto, ki omejuje rastni potencial plodu v prenatalnem obdobju. V postnatalnem obdobju je plod z večjo intenzivnostjo rasti, ki se v Vietnamski svinji ni mogel maksimalno razviti, dosegel enako velikost pri starosti 32. tednov kot plod, ki se je razvijal v Landrace svinji. Te situacije ne moremo popolnoma prenesti tudi na druge domače živali. Pri govedu vemo, da pri križanju z mesnimi pasmami, ki imajo velik telesni okvir, povečamo verjetnost pojava težkega poroda. Pri multiparnih živalih na velikost rojstne mase vpliva velikost gnezda. Številčno večja gnezda imajo pujske z nižjo in variabilno rojstno maso, ki je posledica tekmovanja za vire (hrana) že v prenatalni fazi. Pujski z višjo telesno maso ob rojstvu imajo hitrejšo rast in razvoj v postnatalni fazi rasti.

Maternalni učinek je pri *intrauterini* rasti plodov pripisan delovanju materinega okolja, ki vpliva na 45 % fenotipsko variance rojstne mase pujskov. Genetskemu vplivu očeta pripisujemo za to lastnost le 5 % pojasnjene variance.

Preglednica 13: Primerjava razvoja plodov in prašičev v primeru embrio transferja med dvema različnima svinjama plemenite landrace in vietnamske svinje.

	Intra uterino	Rojstna masa (kg)	Telesna masa pri 8. tednih (kg)	Telesna masa pri 32. tednih (kg)
Landrace	Landrace	1,49	11,1	106,3
Landrace	Vietnamska	0,84	15,0	104,5
Vietnamska	Landrace	0,74	7,7	56,5
Vietnamska	Vietnamska	0,72	7,7	58,6

Prehrana ni pomembna samo v preanatalnem, temveč tudi v postanatalnem obdobju. Po rojstvu morajo živali čim prej posesati *kolostrum* za pridobitev pasivne imunske zaščite. Pri domačih živalih opazamo, da v relativno kratkem obdobju po rojstvu podvojijo svojo rojstno maso. Očitno ima sestava mleka pomembno vlogo pri razlagi te tako intenzivne faze rasti v času laktacije. Intenzivnost rasti v zgodnjem postanatalnem obdobju povezujemo z vsebnostjo suhe snovi, beljakovin in mlečnih maščob v mleku matere (Preglednica 14).

Preglednica 14: Povezava med sestavo materinega mleka in intenzivnostjo rasti.

Mleko							
Species	Rojstna masa (kg)	Podvojitve rojstne mase (dni)	Suha snov (%)	Belj. (%)	Maščobe (%)	50% končne velikosti (dni)	Zaključek rasti (v letih)
Kunec	0,06	7	32,00	12,00	16,00	100	1 - 1 ½
Prašič	1,40	13	19,00	6,00	7,20	180	2 ½ - 3
Ovca	4,00	16	17,00	5,00	7,00	150	2 - 2½
Koza	4,00	22	12,50	3,30	3,80	170	2 - 2½
Govedo	40,00	48	12,90	3,50	4,00	360	4 - 5
Konj	50,00	55	9,90	2,10	1,30	360	5

V času laktacije so *maternalni* učinki povezani ne samo s sintezo mleka, temveč tudi s skrbjo za zarod. V kasnejšem obdobju laktacije vpliv zauživanja mleka pojenja, saj materino mleko ne more pokrivati vseh potreb hitro rastočih živali. Živali morajo s časoma preiti na drugi tip krme (trdo krmo).

1.4.6 Povezanost med rojstno maso in maso odrasle živali

Če izhajamo iz premise, da je odrasla velikost tista, ki opisuje rastnost oziroma potek ravnih krivulj, potem je za zanesljivost opisa rasti pomembno poznavanje oziroma ocena odrasle velikosti živali. Razmerje med obema, med rojstno in odraslo maso, kaže ne samo na intenzivnost rasti ob upoštevanju funkcije časa, ampak tudi razmislek ali ob rojstvu obstajajo razlike med genotipi, ki kažejo na fiziološko zrelost plodu ob rojstvu in s tem na končno odraslo velikost telesne mase. K temu dodajamo še podatke, da ob rojstvu obstaja možnost, da na rojstno maso vpliva tudi spol. Moške živali imajo nekoliko nižjo ali pa podobno rojstno maso kot ženske živali, vendar splošnega pravila ni. Povezanost med rojstno maso živali in njeno kasnejšo odraslo velikostjo (maso) ob upoštevanju spola pojasnjuje enačba:

$$DOVR_b = d_0 + d_1 RM + d_2 S$$

$DOVR_b$ = delež odrasle velikosti živali ob rojstvu (%),

d_0 = intercept,

d_1 = koeficient rojstne mase ali mase ob izvalitvi (g ali kg),

RM = rojstna masa (g ali kg),

d_2 = koeficient vpliva spola,

S = vpliv spola (1 = moški, 2 = ženska).

1.4.6.1 Prašiči

Prašiči pitanci pasme Large White dosežejo pod različnimi prehranskimi režimi relativno hitro v nekaj mesecih telesno maso okoli 91 kg. Ocenjujemo, da dosežejo svojo odraslo velikost pri telesni masi okoli 212 kg do 288 kg. Podatki so iz poskusa izpred štiridesetih let, čeprav sega članek v leto 2000 (Bridges in sod. 2000). Pomanjkljivost teh študij ni samo majhno število živali vključenih v proučevanje, temveč tudi majhno število meritev. Prašiči so posebni v primerjavi z drugimi živalmi v tem, da imajo ob rojstvu relativno majhno rojstno maso glede na možno končno odraslo telesno maso. Zato imajo ne glede na spol tudi nizek $DOVR_b$ (Preglednica 15).

Preglednica 15: Poprečna odrasla velikost izražena v g, poprečna rojstna masa in izračunani delež odrasle velikosti ob rojstvu prašičev DOVR_b.

	♂	♀
Masa odrasle živali (kg)	282,5	269,9
Rojstna masa (kg)	1,18	1,13
DOVR _b (%)	0,66	0,62

Pujski moškega spola so bolj sposobni črpati sredstva v času prenatalne rasti, vendar imajo zaradi večje tekmovalnosti in boja za seske tudi večji pogin, kot svinjke v postnatalni fazi rasti.

1.4.6.2 Govedo

Citirana študija (Bridges in sod. 2000) za govedo temelji na kravah in bikih pasem Jersey, Holstain in Guernsey. Podatki izhajajo iz stare Brodijeve študije iz leta 1930 (Preglednica 16).

Preglednica 16: Poprečna odrasla velikost izražena v g, poprečna rojstna masa in izračunani delež odrasle velikosti goveda DOVR_b.

	♂	♀
Masa odrasle živali (kg)	470,3	386,3
Rojstna masa (kg)	33,66	30,23
DOVR _b (%)	7,30	8,15

Biki so, ko dosežejo odraslo telesno maso težji od krav s podobno rojstno maso. Krave običajno dosegajo višjo starost kot biki in imajo zaradi tega lahko tudi več meritev. To je še posebej pomembno pri domačih živalih z velikim telesnim okvirjem, saj le tako dobimo natančnejši potek rasti. Determinacijski koeficient je 0,2447 in je nizek, tako da nam enačba ne pojasnjuje najbolj opazene variabilnosti v končni telesni masi opisani samo z rojstno maso in spolom.

1.4.6.3 Perutnina

Perutnino so proučevali na podatkih Grossman in Koops (1988, cit. po Bridges in sod. 2000) od izvalitve do 49. tedna starosti, s tedenskimi tehtanji so beležili telesno maso petelinčkov in jarkic pasem White Leghorn (WL) in Rhode Island Red (RIR) (Preglednica 17). Petelinčki obeh pasem so imeli nižji DOVR_b, v primerjavi z

jarkicami. Determinacijski koeficienti so bili visoki in so se gibali od 0,5373 za WL do 0,7198 za RIR, kar kaže na dobro deskriptivno moč. Razlaga za WL petelinčke je tudi ta, da so dosegali odraslo velikost hitreje v primerjavi z RIR in da pridobivajo na telesni masi tudi na račun intenzivnejše rasti perja.

Preglednica 17: Poprečna odrasla velikost izražena v g, poprečna rojstna masa in izračunani delež odrasle velikosti ob rojstvu piščancev DOVR_b.

	White Leghorn		Rhode Island red	
	♂	♀	♂	♀
Masa odrasle živali (kg)	2,14	1,74	3,21	3,28
Rojstna masa (g)	37,5	38,6	38,5	37,5
DOVR _b (%)	1,32	1,67	0,94	1,30

1.4.6.4 Konji

Analiza podatkov je bila narejena s konji pasme Percheron, ki spada med francoske pasme konj, ki so namenjeni za vleko in le redko tudi za jahanje na osnovi študije Brody in sod. (1930, cit. po Bridges in sod. 2000). Dosegajo velike odrasle telesne mase, tudi med 725 do 1000 kg. Če spremljamo intenzivnost rasti, lahko potek delimo na osem do devet segmentov krivulje. Determinacijski koeficient je visok in znaša okoli 0,99 in tudi DOVR_b je med najvišjimi med domačimi živalmi. Med spoloma ni velikih razlik ne pri rojstni masi kot tudi ne pri odrasli velikosti telesa živali. Za to sta si tudi DOVR_b vrednosti med spoloma zelo podobni (Preglednica 18).

Preglednica 18: Poprečna odrasla velikost izražena v g, poprečna rojstna masa in izračunani delež odrasle velikosti konj Percheron pasme DOVR_b.

	♂	♀
Masa odrasle živali (kg)	875,6	842,0
Rojstna masa (kg)	69,4	68,1
DOVR _b (%)	8,28	8,37

Pri tej pasmi konj nam dolgo obdobje rasti, omogoča natančnejše ocene odrasle zrelosti.

Povzetek

1. Rast razumemo kot kompleksen dinamičen proces, v katerem se odvijajo številni biološki procesi, ki pa ne potekajo istočasno kot tudi ne enako intenzivno. V procesu rasti se ves čas odvijajo anabolno : katabolni procesi, ki jih v primeru beljakovin imenujemo tudi »*turnover*«.
2. Rast in intenzivnost rasti poskušamo izraziti in opisati z matematičnimi funkcijami. Za njih je značilno, da morajo ponazarjati proučevano lastnost na način, da ima tudi relativno enostavno matematično razlago.
3. Intenzivnost rasti na primeru telesne mase označujemo v dvodimenzionalnem prostoru kot sigmoidno krivuljo, ki je funkcija starosti oziroma časa. Navadno proučujemo rast celotnega telesa, čeprav je to vsota rasti vseh tkiv.
4. Za opisovanje naraščanja rasti domačih živali najpogosteje uporabljamo Brodyevo, eksponentno, Gompertzovo, von Bertalanffijevo, logistično in Richardsonovo funkcijo.
5. Prenatalno rast označujemo s tremi glavnimi fazami *blastogenezo*, *embriogenezo* in *fetogenezo*. Rast tkiv, organov in sistemov, pa pripisujemo razvoju *ektoderma*, *endoderma* in *mezoderma*. Časovni razpored posameznih razvojnih faz je specifičen za posamezno vrsto domačih živali. Znotraj maternična rast plodu je eksponentna, kar pomeni, da v zadnji tretjini ali pa v zadnjem mesecu brejosti je rast plodu največja.
6. Postnatalna rast je v najzgodnejšem obdobju življenja živali povezana s pasivno zaščito živali preko zauživanja kolostruma in kasneje z zauživanjem mleka v času laktacije.
7. V postnatalnem obdobju ločimo obdobje mladosti, plemenske zrelosti in starosti.
8. Kvantitativno analizo proporcionalnih sprememb rastoče živali opisujemo z Huxleyevo (1932) alometrično funkcijo.
9. S stališča pitanja živali nas kot rejce zanima, kdaj žival doseže klavno zrelost telesa z optimalnim razmerjem tkiv meso:kosti in meso:maščobe.
10. Z omejeno razpoložljivostjo hranil telo naredi prioritete glede oskrbe posameznih telesnih tkiv, kar ponazarja Hammondov model.
11. Pri proučevanju rasti se srečujemo z nekaterimi nasprotujočimi si dejstvi, kot je npr., ali je lahko živa telesna masa determinirana variabla, in ali so lahko maščobe neodvisna spremenljivka?

12. Dejavnike, ki vplivajo na rast živali delimo na tiste, ki jih lahko pripišemo genetskimi in negenetskimi vplivom. Včasih jih je težko popolnoma ločiti. Med njimi še posebno izstopa *intra uterino* okolje.
13. Intenzivnost rasti živali v njenem zgodnjem postanatalnem obdobju življenja (laktacija) povezujemo z vsebnostjo suhe snovi, beljakovin in mlečnih maščob v mleku matere.
14. Pri številnih vrstah živali so poskušali poiskati povezanost med fiziološko zrelostjo plodu ob njegovem rojstvu in vplivom spola na kasnejše doseganje odrasle velikosti živali. Razen redkih izjem, so moške živali navadno ob rojstvu nekoliko lažje od ženskih, dosega pa kasneje višjo odraslo velikost oziroma telesno maso.

Pregledna splošna vprašanja

1. Kako poimenujemo obdobja ali pa faze rasti v prenatalnem in postnatalnem obdobju rasti?
2. Navedite starosti pri katerih moške in ženske živali različnih vrst domačih živali dosežejo telesno in plemensko zrelost?
3. Opišite faze v prenatalnem obdobju in pomen ključnega lista za razvoj posameznih tkiv, organov in organskih sistemov?
4. Ali lahko z matematičnimi funkcijami opišemo potek rasti celotnega telesa in posameznih telesnih tkiv?
5. Kakšni morajo biti kriteriji pri odločitvi za ustrezno matematično funkcijo?
6. Ali znate razložiti in opisati vse matematične funkcije, ki jih uporabljamo v živinoreji, njihove značilnosti in posebnosti?
7. Kaj nam omogoča opisovati Brodyeva funkcija in kaj Huxlyeva?
8. Katere genetske in negenetske vplive na rast domačih živali poznamo?
9. Opišite in razložite pomen Hammondovega modela prioritete v oskrbi posameznih telesnih tkiv.
10. Povežite izhodišča Hammondovega modela prioritete tkiv glede njihove oskrbe v primeru slabše prehranske oskrbe matere v času brejosti. Navedite možne scenarije?
11. Pri doseganju klavne zrelosti in specifične sestave telesa/trupa ob zakolu se pogosto osredotočimo na živo maso ob zakolu kot determinacijski faktor, od katerega je odvisna sestava trupa. Razložite, kakšni pomisleki obstajajo ob takšni predpostavki?

12. Podoben primer imamo tudi z dejstvom, ali so lahko maščobe v trupu živali neodvisna spremenljivka?
13. Razložite, kakšni pomisleki obstajajo ob tej predpostavki?

Izbrani novi izrazi in ključne besede

sigmoidna krivulja
diferencialna rast tkiv
hiperplazija
hipertrofija
relativni dnevni prirast
trenutna rast
trenutna relativna rast
diferencialni kvocient
morula
blastula
gastrula
blastogeneza
embriogeneza

fetogeneza
ektoderm
mezoderm
endoderm
Brodyeva funkcija
Huxleyeva funkcija
Logistična funkcija
Gompertzova funkcija
Eksponentna funkcija
Richardsonova funkcija
Von Bertalanfijeva funkcija
Hammondov model

2 Rast perutnine

Perutnina s svojima glavnima proizvodoma - to sta meso in jajca - predstavlja pomemben člen v prehrani ljudi. Perutnina je razširjena na vseh kontinentih, saj družba nima nobenih religioznih zadržkov pri zauživanju njenih proizvodov. Reja brojlerjev in nesnic je v živinoreji ena najbolj intenzivnih oblik tehnologij, vezana na zelo velike jate v intenzivnih sistemih in manjše reje, največkrat vezane na kmečka dvorišča. Slednja oblika reje je ekstenzivna in pogostokrat skrbi zgolj za samooskrbo kmetij s piščančjim mesom in jajci.

S selekcijo smo dobili visoko produktivne živali, omejene na zgolj nekaj komercialnih linij. Kljub temu pa obstaja okoli 1000 tradicionalnih pasem. Cilj selekcije je usmerjen na hitro doseganje odrasle velikosti živali, njenih posameznih ekonomsko pomembnih telesnih delov, dobro izkoriščanje krme in vode, kar se odraža v intenzivni rasti in visokem dnevnem prirastu.

V 20. stoletju so se posamezne družbe s področja perutnine usmerile na selekcijo ekonomsko pomembnih lastnosti tako močno, da so z vztrajnim selekcijskim delom te živali zelo spremenili. Nastali so hibridi, ki pa so navkljub genetskim spremembam in pa predhodni domestikaciji, ohranili nekatere funkcionalne lastnosti svojih prednikov. Z DNK analizo danes dokazujemo, da se je moderni piščanec razvil iz divjega predhodnika iz Tajlanda (*Gallus gallus*), raca iz mlakarice (*Anas platyrhynchos*),

gos iz sive gosi (*Anser anser*) in noj iz regionalnih sub-speciesov, kot sta rdeče vrati in modro vrati noj iz Afrike (*Struthio camelus camelus*).

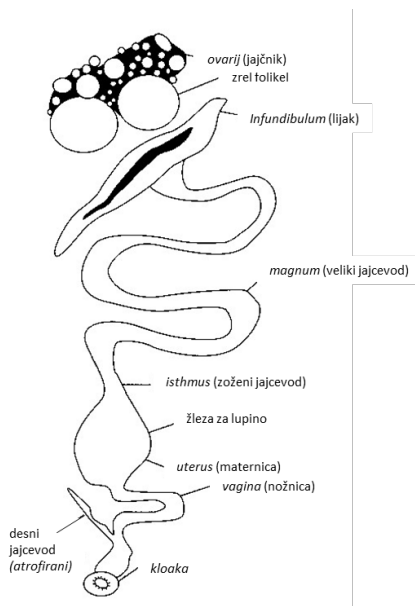
Seveda obstajajo tudi druge vrste, če naštejemo samo nekatere, ki se uporabljajo v reji v omejenem obsegu, to so: emu (*Dormaius novaehollandiae*), rhea, noju podobna žival (*Rhea americana*), skalni golob (*Columba livia*), fazan (*Phasianus colchicus*), prepelica (*Coturnic coturnix*) in jerebica (*Alectoris rufa*).

2 Ovulacija in tvorba jajca

Ko doseže kokoš spolno zrelost, prevzame njen levi jajčnik nalogo produkcije, medtem ko njen desni jajčnik zakrni. Na površini jajčnika nastanejo mehurčkastim, foliklom podobne tvorbe z različno stopnjo dozorelosti (primarni, sekundarni, terciarni in kvartarni folikel). Rumenjaki sestavljajo jajčnik in v rumenjaku se nahaja primarna *ooocita* ali zarodna jajčna celica. Rumenjak se s popkovino drži jajčnika. Jajčnik je zelo dobro prekravljen in prenaša hranljive snovi iz jeter, v razvijajoče se jajce (*ovum*).

Za zorenje foliklov ima pomembno vlogo svetloba. Z njeno pomočjo se regulira sproščanje folikel stimulirajočega hormona (FSH) iz prednjega režnja hipofize. Ovulacija se začne s tem, ko navadno največji folikel (kvartarni) na jajčniku počí. Ta proces je sprožen preko *luteinizirajočega* hormona (LH), ki se sprošča v krvnožilni sistem preko delovanja hipofize. Folikel se fizično loči od ovarija in se sprosti v abdominalni prostor. Folikel je prestrežen s pomočjo lijaka (*infundibulum*). Jajce je obdano s *plazma* membrano, ki pa je obdana še z eno plastjo *vitelinske* membrane. Proces traja okoli 15 min.

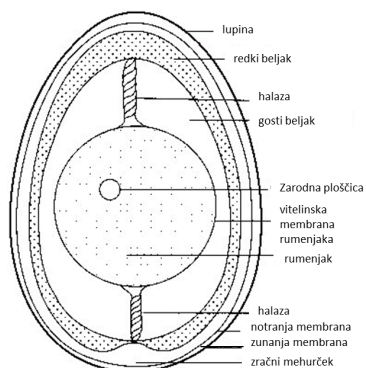
Pri potovanju po lijaku lahko pride do oploditve jajčne celice s spermatozoidom. Jajčna celica ali jajce vstopa v veliki jajcevod (*magnnum*), ki je bogat s sekretornimi žlezami in na tem mestu nastajajoče jajce dobi več plasti beljakov, ki obdajajo rumenjaka. Proces traja okoli 3 ure. V tem času poleg gostega in redkega beljaka obstajajo tu še halaze, ki pozneje držijo rumenjaka v sredini jajca. Veliki jajcevod je sestavljen iz gladkih krožnih mišic, ki pomagajo pri premiku jajca v zoženi del jajcevoda (*isthmus*). V isthmusu se tvorita zunanja in notranja membrana, ki obdajata beljak (Shema 2). To traja okoli 1 uro.



Shema 2: Prikaz reprodukcijskega trakta kokoši.

Vir: Lawrence, Fowler, Novakofski, 2012, © CAB International, reproducirano z dovoljenjem lastnika licence prek PLSclear

Od tu jajce vstopa v maternico (*uterus*), kjer ostane nekaj ur (okoli 20 ur pri kokoši). Jajčna lupina tvori ogrodje s pomočjo kristalov kalcijevega karbonata in majhnih količin organskih snovi, magnezija in natrija. Obarvanje jajčne lupine nastane v zadnjih petih urah, ko se še nalaga jajčna lupina (Shema 3).



Shema 3: Struktura jajca.

Vir: Lawrence, Fowler, Novakofski, 2012, © CAB International, reproducirano z dovoljenjem lastnika licence prek PLSclear

Jajca perutnine se zelo razlikujejo po svoji velikosti (Preglednica 20). Jajca bantam kokoši so manjša od jajc komercialnih pasem, vendar se tudi jajca po svoji velikosti razlikujejo znotraj vrst in jih povezuje z obdobjem nesnosti. Na začetku nesnosti ima mlada kokoš manjša jajca kot proti koncu nesnosti. Med vrstami obstajajo velike razlike v intenzivnosti rasti plodu do njegove dozorelosti (inkubacija) (Preglednica 19).

V naravi so ta razmerja pri divjih predstavnikih še bolj zanimiva. Mala ptica »New Zealand storm petrel« je težka okoli 35 g in znese samo eno jajce na sezono, ki ima kar 30 % mase matere.

Preglednica 19: Poprečna masa jajc v povezavi z telesno maso odrasle živali in trajanje inkubacije jajc.

Species	Masa jajca (g)	Masa odrasle živali (g)	Dolžina inkubacije (dni)
Kokoš	55	2.750	20
Raca	65	3.250	28
Emu	600	40.000	56
Goska	160	9.000	31
Noj	1.500	110.000	42
Golob	32	1.000	26
Prepelica	11	140	17
Rhea	600	20.000	40
Labod	340	10.000	35

2.2 Rast piščanca od izvalitve do telesne zrelosti

Tudi pri perutnini se srečujemo s sigmoidno rastno krivuljo pod pogojem, da okolje ni predstavlja omejitvenih dejavnikov. Komercialna reja je osredotočena na proizvodnjo dan starih piščancev, ki dosežejo zaradi svoje intenzivne rasti klavno zrelost pri starosti do 42 dni (Preglednica 20). Spol vpliva na intenzivnost rasti perutnine (*spolni dimorfizem*). Petelini rastejo hitreje in zaključijo rast pri isti starosti 42 dni z več kot 400 g razlike v telesni masi v primerjavi z jarkicami.

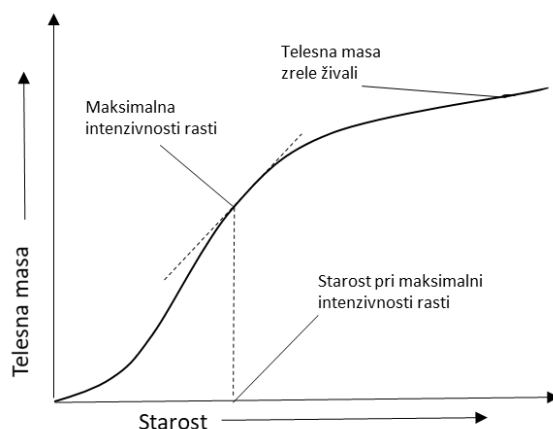
Preglednica 20: Telesne mase in dnevni prirasti spremljani v tedenskih intervalih modernega hibrida broilerjev Ross 308® v standardnih pogojih reje.

Dni od izvalitve	0	7	14	21	28	35	42
Petelini (P)	42	184	471	920	1505	2173	2867
Dnevni prirast (g/dan)		20,3	41	64	84	95	99
Jarkice (J)	42	180	439	828	1318	1869	2436
Dnevni prirast (g/dan)		19,7	37	56	70	79	81
P + J masa (g)	42	182	455	874	1412	2021	2652
P + J dnevni prirast (g/dan)		20	39	60	77	87	90

2.2.1 Modeli rasti celotnega telesa perutnine

Telesna masa rastoče perutnine se povečuje proti končni odrasli velikosti živali. Vsaka linija perutnine ima specifično rast od izvalitve do zrele telesne mase. *Spolni dimorfizem* je še posebno izražen pri puri in muškadni rasi.

Dve liniji piščancev imata lahko enako veliki »odrasli« telesni masi, vendar pa se razlikujeta v intenzivnosti rasti, saj sta »odrasli« telesni masi doseženi pri različnih starostih. Poleg lastnosti Intenzivnosti rasti, je druga lastnost čas, ki opisuje rast pri perutnini in je potreben za doseganje odrasle telesne mase. Maksimalna rast telesne mase piščancev je, ko dosežejo okoli četrtnino svoje odrasle telesne mase. Starost, pri kateri doseže svojo maksimalno rast, pa je druga lastnost za opis rasti, saj kaže tudi na obliko rastne krivulje (Grafikon 5).



Grafikon 5: Rastna krivulja pri perutnini.

Vir: Rose, 1997, © CAB International, reproducirano z dovoljenjem lastnika licence prek PLSclear

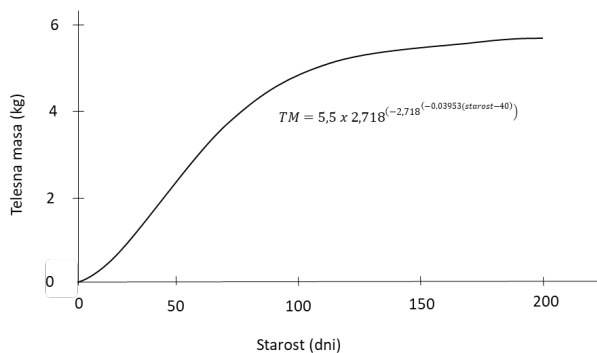
Tudi pri perutnini so uporabili različne rastne funkcije za opisovanje intenzivnosti rasti. Najpogosteje je uporabljena Gompertzova funkcija (Grafikon 6). Grafikon 6 izhaja iz predpostavke, da smo uporabili Gompertzovo funkcijo za oceno rasti petelinčkov:

$$TM = ZTM \times 2,718^{(-a(\text{starost} - \text{starost pri maksimalni rasti}))}$$

TM = telesna masa petelinčkov pri določeni starosti,

ZTM = zrela telesna masa,

$$a = \text{koeficient} = \frac{(\text{maksimalni dnevni prirast}) \times 2,718}{ZTM}$$



Grafikon 6: Ocenjena rastna krivulja petelinčkov s pomočjo Gompertzove funkcije.

Vir: Rose,1997, © CAB International, reproducirano z dovoljenjem lastnika licence prek PLSclear

Koeficienti a glede na vrsto perutnine za opis rastnih krivulj so prikazani v preglednici 21.

Preglednica 21: Koeficienti a rastnih krivulj glede na vrsto živali.

Vrsta	ZTM (zrela telesna masa (kg))	Maksimalni dnevni prirast (kg na dan)	Koeficient a	Starost (dni)
Petelin	5,5	0,080	0,03953	40
Jarkica	3,8	0,060	0,04290	35
Nesnica	1,9	0,017	0,02433	55
Puran	16,8	0,013	0,02103	85
Pura	10,8	0,099	0,02492	69
Muškatni racak	5,0	0,080	0,04349	37
Muškatna rasa	3,0	0,052	0,04711	32

2.2.2 Rast telesnih delov

S povečevanjem telesne mase perutnine se kot sestavni del le-te povečujejo tudi njeni telesni deli. Vsi telesni deli ne rastejo enako hitro. Jetra mesnega tipa perutnine predstavljajo 4 % telesne mase pri 7. dneh starosti, pri 7. tednih starosti pa le še 2 % telesne mase živali. Z rastjo živali, se znižuje masa prebavnega traku in visceralnih organov proporcionalno s celotno maso telesa. Obratno od njih, pa se tekom rasti perutnine povečuje v deležu masa skeletne miškulature in maščob v celotni masi telesa.

Vsak telesni del perutnine ima v času rasti svojo specifično rastno krivuljo, ki jo lahko opišemo z Gompertzovo krivuljo. Vsota vseh Gompertzovih krivulj daje povprečno rastno krivuljo rasti celotne živali.

Tudi tu proučujemo alometrično rast posameznih telesnih delov na način, da primerjamo intenzivnost rasti posameznega dela z rastjo celotnega telesa. Ta korelacija navadno ni linearna, zato zahteva logaritemsko transformacijo.

$$\log(y) = \log(a) + k \log(x)$$

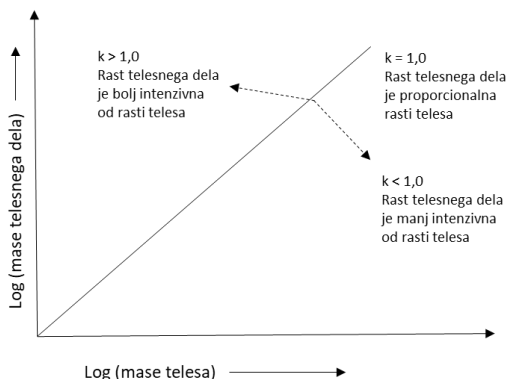
, kjer

x = masa telesnega dela (kg),

k = alometrična intenzivnost rasti (naklon linije),

a = konstanta (intercept).

Linearna regresija logaritma telesne mase (x os) proti logaritmu mase telesnega dela (y os) navadno daje visoko značilen korelacijski koeficient. Izražen naklon linije nam kaže relativno rast telesnega dela (Grafikon 7).



Grafikon 7: Alometrična rast telesnih delov.

Vir: Rose,1997, © CAB International, reproducirano z dovoljenjem lastnika licence prek PLSclear

V preglednici 22 so prikazane k vrednosti za domestificirano kokoš, puro in raco za posamezne telesne dele. Različne linije znotraj istega speciesa imajo različne alometrične koeficiente. Prav tako imamo znotraj iste linije podobne alometrične koeficiente za rast pri obeh spolih živali, razen v primeru za rast maščob. Ženske živali nalagajo pri višjih telesnih masah večje količine telesnih maščob kot pa moške živali. Stopnja nalaganja maščob v telesu pa je v veliki meri odvisna tudi od sestave obroka.

Preglednica 22: Ocene alometričnega koeficienta rasti k za posamezne telesne dele v primerjavi z rastjo celotne telesne mase moških živali mesne linije.

Telesni del	Petelin	Racman	Puran
Jetra	0,82	0,87	0,84
Prebavni trakt	0,59	0,90	0,76
Trup brez drobovja	1,10	1,11	1,09
Telesne maščobe	1,25	1,34	1,21
Telesni proteini	1,03	0,99	1,05
Meso prsa	1,21	1,37	1,18
Peruti	1,14	1,01	1,06
Noge (stegno in krača)	1,14	1,22	1,04

Prsa predstavljajo 50 % vsega mesa v trupu piščanca in so v ekonomskem pogledu pomembnejša od stegna in male krače nog (Preglednica 23). Eksotične živali kot so noj, emu in rhea imajo zaradi svoje specifične telesne zgradbe slabo razvite peruti in močno razvite noge. Vrednost peruti ima pri teh živalih nizko ekonomsko vrednost. Nojeve noge predstavljajo kar 34 % od celotne telesne mase.

Preglednica 23: Deleži različnih tkiv v trupu piščanca.

	Telesna masa v g (%)	Meso v g (%)	Koža v g (%)
Polovica prsi	310 (41)	199 (49)	28 (33)
Ena krača	125 (16)	72 (18)	10 (12)
Eno stegno	232 (31)	108 (26)	21 (25)
Ena perut	89 (12)	30 (7)	26 (3)
Polovica piščanca	756 (100)	409 (100)	85 (30)

Povzetek

1. Z doseganjem spolne zrelosti kokoši, prevzame njen levi jajčnik nalogo regeneracije, medtem ko njen desni jajčnik zakrni. Na površini jajčnika nastanejo mehurčkastim foliklom podobne tvorbe z različno stopnjo dozorelosti. Vsak vsebuje primarno *oočito*, ki se vključi v morebitno bodoče jajce.
2. Pri potovanju po *infundibulumu* se jajčna celica oplodi s spermatozoidom. Jajčna celica vstopa v *magnum*, ki je bogat s sekretornimi žlezami in na tem mestu jajce dobi večino albuminov, ki obdajajo rumenjaki. *Magnum* je sestavljen iz gladkih krožnih mišic, ki pomagajo pri premiku jajca v *isthmus*. V *isthmusu* se izločajo snovi, ki tvorijo zunanjo in notranjo membrano lupine. Od tu jajce vstopa v uterus, kjer ostane nekaj ur (okoli 20 ur pri kokoši). V tem času v jajce vstopijo še elektroliti in voda, ki se dodajo v albumin.
3. Jajčna lupina tvori ogrodje s pomočjo kristalov kalcijevega karbonata in majhnih količin organskih snovi, magnezija in natrija. Jajčna lupina se obarva v zadnjih petih urah, ko se jajčna lupina tudi še povečuje.
4. Tudi pri perutnini se srečujemo s sigmoidno rastno krivuljo pod predpostavko, da okolje ni predstavlja omejitvenih dejavnikov. V intenzivnosti rasti pri pitanju perutnine moramo biti pozorni na vpliv spola (*spolni dimorfizem*) na to lastnost.
5. Telesna masa rastoče perutnine se povečuje proti končni odrasli velikosti živali. Vsaka linija perutnine ima specifično rast od izvalitve do zrele telesne mase. Maksimalna rast telesne mase piščancev je, ko doseže okoli četrtno svoje zrele telesne mase. Starost, pri kateri doseže svojo maksimalno rast, pa je druga lastnost za opis rasti, saj kaže tudi na obliko rastne krivulje. Tudi pri perutnini so bile uporabljene različne rastne funkcije za opisovanje intenzivnosti rasti. Najpogostejša uporabljena je Gompertzova funkcija.
6. Vsak telesni del perutnine ima v času rasti svojo specifično rastno krivuljo, ki jo lahko opišemo z Gompertzovo krivuljo. Vsota vseh Gompertzovih krivulj daje poprečno rastno krivuljo rasti celotne živali.
7. Različne linije znotraj iste živalske vrste imajo različne alometrične koeficiente. Prav tako imamo znotraj iste linije podobne alometrične koeficiente za rast pri obeh spolih živali, razen v primeru za rast maščob. Ženske živali nalagajo večje količine telesnih maščob pri višjih telesnih masah kot pa moške živali. Stopnja nalaganja maščob v telesu pa je v veliki meri odvisna tudi od sestave obroka.

Pregledna splošna vprašanja

1. Razložite pomen perutnine v prehrani ljudi.
2. Opišite ovulacijo in tvorbo jajca.
3. Kakšne so glavne razlike med domačimi sesalci in perutnino glede oskrbe plodu s hranilnimi snovmi?
4. Kakšne so razlike v velikosti mase jajca, mase odrasle živali in trajanja inkubacije pri perutnini?
5. Katero rastno funkcijo najpogosteje uporabljamo pri opisu rasti pri perutnini in zakaj?
6. Razložite intenzivnost rasti s pomočjo rastne funkcije in posameznih telesnih delov perutnine?
7. Kakšna so razmerja v vsebnosti mesa in kože v posameznih telesnih delov piščancev?
8. Pri kateri starosti brojlerji modernih linij zaključijo intenzivnost rasti in dosežejo klavno zrelost?

Izbrani novi izrazi in ključne besede

primarna oocita

jajce

luteinizirajoči hormon

infundibulum

magnum

isthmus

alometrična rast

3 Učinkovitost izkoriščanja hranljivih snovi in rast

3.1 Farmske živali - sesalci

Ključna strategija v živinoreji je preko selekcije in poznavanja prehrane živali povečevati učinkovitost izkoriščanja hranljivih snovi. V grobem in najpogosteje se srečujemo z izrazom *konverzija* krme ali potrebna količina zaužite krme za en kg povečane telesne mase živali. Glavni strošek reje farmskih živali predstavlja strošek krme.

3.1.1 Numerični koncepti učinkovitosti

Učinkovitost navadno izražamo kot razmerje med npr. vhodno/izhodno energijo ali vsebnostjo proteinov. Če želimo izračunati koliko celokupne energije potrebujemo za enoto prirasta živali, moramo poznati tudi celotno energijo v enoti krme:

Celotna energija v telesnem prirastu

Celotna energija v krmi

To razmerje pogosto zapišemo tudi v odstotkih

$$\frac{(\text{Celotna energija v telesnem prirastu}) \times 100}{\text{Celotna energija v krmi}}$$

Recipročno učinkovitost poskušamo izračunati v relaciji med potrebno količino krme, zahtevano za eno enoto prirasta žive mase – *konverzija krme*:

$$\text{Konverzija krme} = \frac{\text{Količina zaužite krme (kg na enoto časa)}}{\text{Prirast žive telesne mase (kg na enoto časa)}}$$

Pogosto je izraz *konverzija krme* napačno uporabljen in sicer kot »učinkovitost krme«.

V literaturi poznamo kar nekaj različnih možnosti izraza učinkovitosti. Lahko je ekonomski pogled na učinkovitost reje ali pa se upošteva učinkovitost prehranskih beljakovin v tkivih cele živali:

$$\frac{\text{Prirast mase proteinov v telesnih tkivih (dTM)}}{\text{Masa proteinov v pokladani krmi (\Sigma\text{prot})}}$$

Lahko se upošteva tudi učinkovitost limitirajočih snovi, kot je na primer aminokislina lizin v krmi z lizinom v užitnih delih trupa živali (mišičje):

$$\frac{\text{Prirast lizina v mišičju}}{\text{Masa lizina v obroku}}$$

Torej poznamo različne pristope proučevanja učinkovitosti, zato jih lahko proučujemo tako na makroekonomskem nivoju kot tudi na živinorejskem področju, kjer pa jih lahko še razširimo bolj natančno, na ožji in še bolj specifičen nivo.

3.1.2 Metabolna energija v rastoči živali

Med številnimi hranilnimi snovmi potrebnimi za rast domačih živali, je energija v krmi pogosto izbrana kot ena od osnovnih snovi, pri čemer druge hranilne snovi izražamo v odnosu do nje. Ogljikovi hidrati, beljakovine in maščobe so glavni vir za odvijanje procesov v živali. Energija se sprošča v kompleksni presnovi zaužite krme.

Metabolna energija se učinkovito uporablja v organizmu živali za njeno lastno proizvodnjo toplote, delo in rast. V posameznih obdobjih življenja in glede na spol, se metabolna energija različno učinkovito izkorišča tudi za rast plodov, tvorbo dlake in volne, sintezo mleka v laktaciji in pri perutnini za tvorbo jajc.

V živinoreji se pogosto postavlja vprašanje, zakaj je neka žival, na primer v intenzivnosti rasti učinkovitejša od druge? Kakšna je povezava med intenzivnostjo rasti in učinkovitostjo izkoriščanja krme? Kako sta povezani optimalna klavna zrelost, sestava telesa in masa telesa za doseganje maksimalne učinkovitosti živali? Za določevanje optimalne starosti ob zakolu glede na telesno maso in sestavo trupa prašiča je za praktične namene uporabna logistična funkcija.

Z vidika učinkovitosti rasti živali je pomembna maksimalna razpoložljiva količina molekul snovi iz obroka, ki so na voljo živali za rast in se niso oksidirale do ogljikovega dioksida in vode.

To zapišemo z naslednjo enačbo:

$$ME = Z + CT$$

, kjer je

ME = vnešena metabolna ali presnovna energija,

Z = energija v tkivih telesa,

CT = celotna izguba toplote.

Metabolna energija iz obroka predstavlja v najboljšem primeru 40 %, preostala izguba energije je vezana na komponente toplotne izgube. Toplotna izguba kot biološka lastnost, ki jo opredeljujemo preko fizikalnih zakonov, pa je za tehnologijo reje živali prav tako zelo pomembna. Pomaga nam razumeti odnos *termoregulacije* telesne temperature živali in problematiko pomena ohranjanja telesne temperature v hladnem ali vročem okolju. Iz tega sledi načrtovanje toplotne bilance hleva, ob poznavanju optimalnih telesnih temperatur živali in relacij proizvodnje in oddajanja toplote. V hladnem okolju bo žival lahko porabljala vso razpoložljivo energijo iz krme, kot tudi iz lastnih telesnih rezerv za ohranjanje telesne temperature in nima razpoložljive energije za rast. Podobno se dogaja tudi v vročem okolju, kjer se živali

zmanjša apetit, spremeni *diurnalno* obnašanje za zagotavljanje ustreznega oddajanja odvečne toplote in ohranjanja delovanja organizma.

Glavni dejavniki učinkovitosti rasti so vezani na proizvodnjo toplote živali:

1. Proizvodnja toplote za vzdrževanje telesne temperature, ki ohranja žival živo.
2. Proizvodnja toplote, ki je spremljana z nalaganjem beljakovin ali maščob v primeru pozitivne energijske bilance.

3.1.3 Vzdrževanje bazalnega metabolizma

Minimalno oddajanje toplote živali je možno, če jo vzrejamo v *termoneutralnem* območju in je določen del dneva lačna ter se minimalno giblje. Prehranski koncept vzdrževanja telesnih funkcij ni vezan na lakoto, temveč na zauživanje krme. Metabolna energija je definirana kot stopnja proizvodnje toplote, če imamo žival v *termoneutralnih* pogojih reje in ko je količina zaužite energije v ravnotežju z izgubo toplote. Takšna žival ima stabilno telesno maso in je v kemičnem ter fiziološkem smislu v fazi vzdrževanja telesnih funkcij.

Vzdrževanje proizvodnje toplote (ME_m) je vedno večja od bazalnega metabolizma, saj se ob procesu zauživanja krme in njene prebave ter presnove izloča del energije v obliki toplote (Preglednica 24).

Preglednica 24: Nastajanje toplote pri živalih, ki so zaužile krmo za pokrivanje vzdrževalnih potreb z zaužito energijo iz obroka (ME_m).

1. Dejavniki v procesu zauživanja krme:

Delo potrebno za iskanje krme, grizenje in žvečenje krme

Delo potrebno pri premikanju delov krme v prebavnem traktu

Tvorba toplote pri razgradnji delov krme

Prirast tvorjene toplote zaradi presnovnih procesov pri razgradnji hranil

2. Spremljajoči dejavniki pri aktivnostih, ki niso povezane s prehranjevanjem:

Vzdrževanje telesne temperature

Delo, ki nastaja ob kroženju hranil, dihanju, vzdrževanju drže telesa, stoje in gibanja živali

Poraba energije pri vzdrževanju osnovnih presnovnih procesov vključno z obnavljanjem tkiv

Vzdrževanje telesne temperature poteka pri živalih preko proizvodnje toplote kot kombinacije dejavnikov 1 in 2. Samo v primeru lakote niso v celoti prisotni faktorji 1. Rubnerjev zakon pravi, da je stopnja metabolizma proporcionalna telesni masi $TM^{2/3}$ pri sesalcih. Nasprotno omenjenemu predlogu, pa je Kleiber predlagal, da je stopnja metabolizma pri rastlinah in živali $TM^{3/4}$. Slednja je v široki veljavi pri različnih organizmih.

Bazalni metabolizem in vzdrževalne potrebe živali običajno izražamo kot energijo v megajoulih metabolne energije na dan ali ME_m (MJ/dan). Seveda pa je vzdrževanje bazalnega metabolizma povezano s funkcijo telesne mase žive živali. Dejstvo, da proizvodnja toplote na enoto telesne mase pada, še ni popolnoma pojasnjeno. Najbolj preprosta razlaga je, da proizvodnja telesne toplote (Q_{Ti}) in njeno povečevanje ni proporcionalno povečevanju telesne mase žive živali in da je nadalje povezano tudi s površino živali. Iz tega razloga tudi tu uporabljamo logaritemsko pretvorbo, ki omogoča linearno povezavo med proizvodnjo toplote in telesno maso živali:

$$\log Q_{Ti} = \log a + b \log TM$$

, kjer je b konstanta 0,75,
 TM = telesna masa

ali

$$ME_m = a TM^{0,75}$$

Zakaj $TM^{0,75}$? Ena izmed možnih omenjenih razlag je, da je oddajanje telesne toplote odvisno od površine telesa živali, zaradi česar je moč oddajanja telesne toplote funkcija površine telesa živali, ki variira okoli 2/3 telesne mase ($TM^{0,67}$). Poleg te lastnosti pa obstaja linearna povezanost tudi z absolutno maso beljakovin v telesu in povezanostjo s telesno maso naraste na 3/4. Ta povezanost je značilna pri razlagi oddajanja toplote vseh živali, tudi izjemno velikih kopenskih živali kot je slon, pa vse do velikih morskih živali (kit).

Na splošno velja pri euterijskih (placentalnih) sesalcih, da je minimalni metabolizem H_{min} 70% do 80% ME_m .

$$H_{min} = 300 \text{ kJ TM}(\text{kg})^{0,75}$$

Prašiči so verjetno ena najbolj raziskovanih domačih živali pri proučevanju njihovih energijskih potreb. Zanje velja, da v razponu od 5 kg do 200 kg telesne mase:

$$H_{min} = 458 \text{ kJ TM}(\text{kg})^{0,75}$$

S pomočjo te enačbe lahko ocenimo, koliko krme je potrebno pokladati za vzdrževanje njihovih vzdrževalnih potreb (Preglednica 25).

Iz gledišča učinkovitosti rasti živali je poznavanje vzdrževalnih potreb glede krme pomembno, saj predstavljajo del nujnih stroškov. To je konstanta, ki je ne moremo spreminjati, lahko pa strošek razdelimo na g prirasta. Z večjo intenzivnostjo rasti se nam strošek pokrivanja vzdrževanih potreb živali zmanjša.

Preglednica 25: Vzdrževalne zahteve prašičev pri različnih telesnih masah.

Živa telesna masa (kg)	Metabolna masa (kg)	ME_m (MJ/dan)	kg standardne krme/dan*
5	3,44	1,58	0,13
10	5,62	2,57	0,21
20	9,45	4,33	0,36
40	15,91	7,29	0,56
80	26,75	12,25	1,02
160	44,99	20,61	1,72
320	75,66	34,65	2,89

*standardna poprečna krma vsebuje 12 MJ ME/kg.

3.1.4 Vpliv razpoložljive energije nad vzdrževalnimi potrebami

V primeru, ko žival zaužije več krme kot je potrebno za pokrivanje svojih vzdrževalnih potreb (ME_m), pride žival v *pozitivno* energijsko bilanco. To pomeni, da je razpoložljiva energija na voljo tudi za rast živali. Presežek energije, ki je nad energijskimi potrebami za pokrivanje vzdrževanja živali, se uporabi za rast tkiv. Žival je pri tem lahko različno učinkovita ali pa tudi neučinkovita.

Razumevanje pomena energije v rasti domačih živali poskušamo razložiti na dva načina:

1. Kot energijo shranjeno v tkivih in pa učinkovitost tega procesa k_R .
2. Z ločitvijo na dve kemično najpomembnejši komponenti rasti to so beljakovine in maščobe ter njihovega nalaganja oziroma stopnjo sinteze beljakovin k_P in maščob k_M .

Za prežvekovalce velja 1. način pri katerem so ugotovili, da je sestavljen iz več delov

$$ME_Z = L/k_M + R/k_R$$

, kjer je

ME_Z = metabolna energija zaužita s krmo ME (MJ/dan),

L = presnova v času ne zauživanja krme (MJ/dan),

k_M = učinkovitost izkoriščanja ME v času L ,

R = retenzija (zadrževanje) energije v tkivih (rast),

k_R = učinkovitost izkoriščanja ME za R .

V primeru, da živali rastejo v konstantnem razmerju med beljakovinami in maščobami, potem razlaga 1 ni problematična. Rast domačih živali nima konstantnega razmerja med sintezo beljakovin in sintezo maščob. Prav tako se le ta razlikuje med telesnimi deli, kjer se snovi različno nalagajo, v odvisnosti glede na prioritete po hranljivih snoveh (Hammondov model) in diferencialno rast tkiv. Sinteza beljakovin predstavlja kompleksen proces, saj se v telesu živali odvijata ves čas dva procesa *izgradnja* in *razgradnja* (turnover). Del energije se porabi v procesih nastajanja in razgradnje beljakovin, tako je njihova učinkovitost izkoriščanja ME ali k nižja (Preglednica 26).

Preglednica 26: Učinkovitost shranjevanja energije v tkivu prašičev in prežvekovalcev.

Tkivo	Simbol	Energija shranjena/ME nad vzdrževanjem	
		Prašiči	Prežvekovalci
Maščobe	k_L	0,74	-
Beljakovine	k_P	0,54	-
Rast (celotna)	k_C	0,70	0,32-0,55
Mleko	k_E	0,65	0,56-0,66

Poljski fiziolog Kielanowski (1966) je pripravil osnovo za proučevanje rasti preko prehranskih poskusov. Do teh podatkov so prišli z vrsto poskusov na prašičih, ki so jih sistematično krmili z različnimi količinami krme. Njihov cilj je bil zagotavljati različne rastne krivulje, različne sestave telesa in različnega števila dni pitanja do zakola. Telo brez prebavil so kemično analizirali. Na osnovi pridobljenih rezultatov analiz so tvorili več lastnostno enačbo:

$$ME_Z = (ME_m \times d) + \left(1/k_p\right)P + \left(1/k_M\right)M$$

, kjer je

ME_Z = skupna metabolna energija v krmi v času poskusa,

ME_M = povprečna dnevna potreba energije za vzdrževanje,

d = število dni poskusa,

P = energija v beljakovinah v času poskusa,

k_p = učinkovitost izkoriščanja ME za energijo shranjeno v beljakovinah,

M = energija v maščobah v času poskusa,

k_M = učinkovitost izkoriščanja ME za energijo shranjeno v maščobah.

Tovrstne enačbe, ki so jih kasneje dopolnili, se sedaj uporabljajo pri proučevanju vpliva genetskih sprememb na rast in učinkovitost rasti domačih živali.

Pri prašičih lahko na osnovi njihovega genotipa determiniramo tri različne Gompertzove funkcije za lastnosti P_{mat} , L_{mat} in B , ki označujejo retencijo beljakovin (proteinov) ($Prot$) in maščob (lipidov) (Lip) v telesni masi prašičev v optimalnih pogojih okolja:

$$d(Prot)/dt = Prot \times B \times \ln(P_{mat}/Prot)$$

$$d(Lip)/dt = Lip \times B \times \ln(L_{mat}/Lip)$$

, kjer se uporablja isti parameter B za retencijo beljakovin in maščob ob predpostavki, da obstaja popolna alometrija med beljakovinami in maščobami. Različni končni ali asimptotični vrednosti sta odvisni od vsebnosti beljakovin in maščob v zrelem telesu prašiča. Prašiči morajo imeti krmo »*ad libitum*«, da lahko pokažejo svoj polni rastni potencial in pokrivanje potreb po energiji in proteinih v času rasti od 16 kg do 110 kg telesne mase. Seveda pa moramo k temu prišteti še

pokrivanje vzdrževalnih potreb, ob upoštevanju volumenske kapacitete prašiča za konzumacijo krme. V primeru vključevanja vzdrževanja termoregulacijskih mehanizmov moramo vključiti še fizikalne zahteve okolja, v katerem se nahaja prašič. Klavni trup (brez vsebnosti prebavil) prašiča predstavlja 95 % njegove telesne mase in predstavlja vsoto proteinov, lipidov in vode, ki jih lahko uporabljamo v nadaljnjih kalkulacijah za izračun vsebnosti vode v trupu.

3.1.5 Povezanost učinkovitosti intenzivnosti rasti in konzumacija krme

Kleiber (1961, cit. po Lawrence in sod., 2012) je prvi spoznal, da obstaja povezava med konzumacijo krme in učinkovitostjo izkoriščanja hranljivih snovi. Kdo bolje izkorišča in »spreminja« 1. tono sena v meso, 591 kg težak vol ali 300 kuncev, ki skupaj tehtajo toliko kot vol? Pri izračunu je delil dnevni vnos metabolne energije vola ali kunca z dnevno izgubo toplote, če žival ne zauživa krme in to je poimenoval *relativna kapaciteta krme*. Izračuni so pokazali, da je relativna kapaciteta krme pri volu in kuncu praktično enaka in je blizu vrednosti 5. Izračun ni najbolj natančen, saj ne vključuje številnih pomembnih dejavnikov kot je obdobje rasti živali, koncentracijo energije v tkivih, ipd. (Preglednica 27). Kleiberjev pristop omogoča razumevanje odnosa med telesno maso in potencialno učinkovitostjo izkoriščanja snovi. Dokazuje, da masa živali nima nobenega značilnega učinka na potencialno izkoriščanje krme. Slaba stran je, da je pri izračunih izbral telesne mase, ki niso najbolj tipične, če bi upoštevali rastne krivulje ali obdobje, ko imamo pričakovano maksimalno rast živali, ki je ekonomsko tudi najbolj učinkovita. Zato je bolj primerno upoštevati omenjeno rastno obdobje, njegovo osrednjo točko, na polovici proizvodnega rastnega obdobja in to vključiti v izračun (Preglednica 28). Ta pristop omogoča primerjavo med neprežvekovalci in prežvekovalci ter njihovo učinkovitost izkoriščanja.

Preglednica 27: Izračuni relativne kapacitete krme za različne speciese.

1	2	3	4	5
Species	Masa žive živali (kg)	Dnevni vnos ME (MJ/kg TM ^{0,75})	Dnevna izguba toplote (ne zauživanje krme (MJ/kg TM ^{0,75}))	Relativna kapaciteta krme (stolpec 3/4)
Piščanec	2,50	1,50	0,33	4,4
Kunec	2,40	1,85	0,21	5,1
Ovca	50	1,28	0,29	4,4
Prašič	130	1,51	0,27	5,7
Govedo	435	1,72	0,35	4,9

Preglednica 28: Izračun relativne konzumacije prašiča, goveda in ovce ob upoštevanju sredine njihove produktivne rasti.

Species	Masa žive živali (kg)	Dnevni vnos suhe snovi (g/kg TM ^{0,75})	Dnevni vnos ME (MJ/kg TM ^{0,75})
Govedo	300	89	0,98
Ovca	40	87	0,96
Prašič	60	124	1,71

V zgornji preglednici lahko pojasnimo rezultate v razlikah prebavnega sistema med prežvekovalci in neprežvekovalci. Prežvekovalci imajo sposobnost zauživanja vlaknaste krme, ki vsebuje celulozo. Prašiči in piščanci, pa imajo običajno obrok sestavljen iz žit. Prašiči imajo zato večjo kapaciteto zauživanja metabolne energije na enoto metabolne telesne mase kot prežvekovalci. Vpliv povečane konzumacije krme na učinkovitost izkoriščanja hranljivih snovi je prikazan v naslednjih preglednicah (Preglednica 29, Preglednica 30).

Preglednica 29: Vpliv povečane konzumacije krme v obdobju pitanja od 20 kg do 90 kg prašičev.

% povečanega zauživanja krme nad 2x potrebami za vzdrževanje	ME zaužita (kJ/kg TM ^{0,75})	Krma (g/kg TM ^{0,75})	ME nad vzdrževalnimi potrebami (kJ/kg TM ^{0,75})	Dnevni prirast (g/kg TM ^{0,75})	Krma/dnevni prirast (stolpec 3/5)
+ 0	880	73	440	23,8	3,07
+ 20	1056	88	616	33,4	2,63
+ 40	1232	102	792	42,9	2,38
+ 60	1408	117	968	52,4	2,23
+ 80	1584	132	1144	62,0	2,12
+ 100	1760	147	1320	71,5	2,05

Potrebna energija prirasta je ocenjena 12 kJ/g. Učinkovitost shranjene energije v prirastu je $k = 0,65$.

Iz preglednice je razvidno, da ima dodatno zaužita krma značilen vpliv na učinkovitost izkoriščanja krme. V naslednji preglednici (Preglednica 30) pa so prikazane relacije v spremembi sestave dnevnega prirasta. Med povečevanjem vsebnosti maščobnega tkiva v sestavi dnevnega prirasta prašičev potrebuje žival veliko energije za nalaganje v maščobe, sinteza beljakovin pa pada in s tem tudi potrebna energija iz krme za tvorbo beljakovin.

Preglednica 30: Vpliv krme na prirast 1 kg telesne mase in vsebnost maščob ter beljakovin v sestavi prirasta.

		Energija nad vzdrževalnimi potrebami za sestavo dnevnega prirasta			
		Beljakovine			Ekvivalent krme v ME (g na kg prirasta)
g maščob v 1 kg prirasta	Maščobe (MJ ME)	g	MJ ME	Skupaj	
0	0,0	213,0	9,0	9,0	750
50	2,8	202,0	8,6	11,4	950
100	5,5	192,0	8,1	13,6	1133
200	11,0	170,0	7,2	18,2	1517
400	22,0	128,0	5,4	27,4	2283

3.1.6 Vpliv klavne mase na učinkovitost rabe energije

Učinkovitost nalaganja v beljakovine v rastočih tkivih se spreminja tekom rasti živali. Skeletna miškulatura rojene živali predstavlja visoke vložke matere na kg rojstne mase živali. Tekom brejosti matere le-ta vlaga v rast tkiv plodu in njeni morebitni presežki energije se začno zmanjševati tako na kg miškulature kot tudi na enoto trupa. Spremembe lahko nastopijo, ko ženska žival vstopa v telesno dozorelost in z naraščanjem le-te prihaja do sprememb:

1. Povečuje se delež maščob na kg mišičja.
2. Prirast mišičja se zmanjšuje.
3. Konzumacija krme se stabilizira s približevanjem in doseganjem telesne zrelosti.

Z naraščanjem deleža maščob v prirastu telesa se povečuje energijski vložek v prirast. Z doseganjem dozorelosti telesa se poslabša konverzija krme in poveča potrebna energija za vsak kg mišičja (Preglednica 31).

Preglednica 31: Potrebna skupna metabolna energija (ME) na 1 kg mišičja v trupu rastočega prašiča.

Živa masa (kg)	Kumulativna vnesena ME (MJ)	Masa mišičja (kg)	Potrebna ME na 1 kg mišičja (MJ)
Rojstvo	714	0,5	1428
10	832	4,3	193
20	1000	8,8	113
30	1240	12,9	96
40	1492	16,8	89
50	1756	20,5	86
60	2044	24,0	85
70	2356	28,0	84
80	2704	31,6	86
90	3100	34,2	91

Maternalni vložek izhaja iz predpostavke, da ima svinja na leto 21 pujskov in požre 1,25 tone standardne krme.

Na učinkovitost izkoriščanja krme za kg prirasta mišičja vplivajo tudi drugi dejavniki. Nekateri so neodvisni drug od drugega, vsi pa imajo učinek(e) na zmanjšanje »stroška« prirasta mišičja (Preglednica 32). Redukcija nalaganja maščob in beljakovin ima omejen učinek, in kot vidimo, ni največji. Pri multiparnih živalih dosežemo

največji učinek pri povečanju števila pujskov v gnezdu. Podobno se zgodi tudi pri drobnici, kjer povečano gnezdo, poveča učinkovitost porabljene energije. Podobno situacijo srečamo tudi pri govedu.

To je sicer redek pojav, vendar pojav dvojčkov prav tako pokaže skoraj enak učinek kot pri povečanem gnezdu svinje. Skrajšanje pitanja in pa zmanjšanje porabljene energije za vzdrževanje telesne temperature imata še večje učinke na izkoriščanje s krmo zaužite energije. Maksimiranje dnevnega prirasta in ustvarjanje mikroklimatskega termonevtralnega območja v hlevu močno vpliva na učinkovitost izkoriščanja energije.

Preglednica 32: Zmanjšanje potrebne ME za kg mišičja pri prašiču težkem 90 kg žive mase (32,4 kg mišičja v trupu) in nekateri vplivi na učinkovitost izkoriščanja energije.

Vpliv	Zmanjšanje MJ ME potrebne za prirast 1 kg mišičja
1. 10% zmanjšanje oddajanja toplote z nalaganjem maščob	0,81
2. 10% zmanjšanje proizvodnje telesne toplote z povečanjem nalaganja beljakovin	1,02
3. 10% večje število pujskov v gnezdu/svinjo (osnova je 21 pujskov na svinjo letno)	1,89
4. 10% skrajšanje pitanja do zakola	2,50
5. 10% zmanjšanje proizvodnje toplote povezane z vzdrževanjem	2,50
6. 10% zmanjšanje sinteze maščob	2,82
7. 10% zmanjšanje klavne mase	4,57

Pomen razumevanja rasti in poteka rastne krivulje smo poudarili že v prejšnjih poglavjih. Odločitev, pri kateri klavni masi bo žival šla v zakol, je izjemnega pomena. V času rasti prihaja do spremenjene sestave dnevnega prirasta, spremenjene sestave telesa in telesnih tkiv ter spremenjenih proporcev posameznih telesnih delov. Tehnolog mora odločiti, kdaj bo šla žival v zakol in sicer takrat, ko še ni začela prekomerno nalagati energijo v obliki telesnih rezerv. Pogosto so zahteve trga tiste, ki določajo živo klavno maso živali in to nima nobene povezave z izkoriščanjem maksimalne rasti ter učinkovitega izkoriščanja energije v prirastu skeletne miškulature. S tem se srečujemo v praksi npr. pri govejih pitancih.

V praksi imamo dva vpliva na idealno klavno maso:

1. V primeru prežvekovalcev se lahko v zadnji fazi pitanja uporablja koncentrat, tako da dobimo bolj zamaščene živali pri nižjih telesnih masah. Pokritost s podkožnim lojem pri govedu je bila zaželeno zaradi zmanjšanih izgub pri ohlajevanju toplih klavnih polovic.
2. Selekcija na velikost dnevnega prirasta in konverzijo krme je s svojim učinkovitim delom v preteklih desetletjih povečevala okvir živali. Posledično so lahko pitanci potencialno bolj mesnati in manj zamaščeni ter so zaklani pri nižjih telesnih masah kot bi lahko bile njihove optimalne klavne mase.

Optimizacija klavne mase je torej kompromis med biološkimi značilnostmi rasti tkiv vzrejnih živali in tržnimi zahtevami. Tu je potrebno vključevati znanje s področja prehrane živali, izbire primernih tehnologij reje, pasem in križanj, upoštevati poznavanje njihovih bioloških lastnosti rasti ter nenazadnje tudi ekonomike.

3.2 Učinkovitost izkoriščanja hranljivih snovi in rast pri perutnini

Tudi perutnina potrebuje hranljive snovi za pokrivanje vzdrževalnih potreb in za priraščanje telesne mase in nesnost jajc (Preglednica 33). Parametra a in b sta konstanti izolacije, ki ju je težko oceniti $a = 0,21$ in $b = 0,0082$ veljajo le, če so brojlerji in nesnice dobro operjeni. TM je telesna masa perutnine, ko dosežejo 0,75 končne velikosti oziroma zrelosti telesa. Okoliška ali ambietalna temperatura T je izražena v (°C). Kratica DP_{Meso} predstavlja dnevni prirast mesa brez maščob (kg) in $DP_{Maščob}$ je dnevni prirast maščob (kg). MR je masa rumenjaka (kg), kratica MB predstavlja maso beljaka (kg) in ML je masa lupine (kg).

Preglednica 33: Zahteve po metabolni energiji pri perutnini (MJ/dan).

Potreba po energiji	Primarni vpliv	Drugi vplivi	Ocena
Vzdrževanje	Telesna masa	Aktivnosti in telesna sestava perutnine	$0,35 TM^{0,75}$
	Izguba telesne toplote	Temperatura okolja, operjenost in količina podkožne maščobe	$(a - bT) TM^{0,75}$
Proizvodnja	Dnevni prirast ali izguba	Delež mesa in maščob ob spremembi telesne mase	$(10DP_{Meso} + 56DP_{Maščob})$
	Nesnost	Sestava rumenjaka, beljaka in lupine jajca	$(25MR) + (3,6MB) + (1,25ML)$

Ko govorimo o intenzivnosti rasti in zaužiti krmi pri domačih živalih, postavljamo na prvo mesto vnešeno metabolno energijo. Perutnina vnaša v telo energijo preko ogljikovih hidratov, beljakovin, olj in maščob. Metabolna energija je pri perutnini razpoložljiva energija za žival, seveda pa moramo poznati tudi potrebe perutnine po energiji. Energija se uporablja v različnih količinah za metabolne namene, vendar pa njeno pomanjkanje, tako kot pri drugih živaskih vrstah, tudi tu prizadene proizvodnje lastnosti.

S spremembo vsebnosti energije v krmi (MJ/kg krme) se perutnina odzove s spremenjeno konzumacijo krme. Perutnina poskuša vnesti v telo konstantno količino potrebne energije. Običajno količina energije v krmi perutnine nekoliko varira, vendar to ne predstavlja problema v oskrbi živali. V praksi je za doseganje ustrezne intenzivnosti rasti bolj pomemben dostop do krme kot pa koncentracija energije. Za doseganje maksimalne nesnosti pa je pomembna omejitev vnosa energije tudi do 50 % pri krmljenju po volji. Restrikcija krme vpliva tudi na oploditev jajc.

Povzetek

1. Ključna strategija v živinoreji je s pomočjo selekcije in poznavanja prehrane živali povečevati učinkovitost izkoriščanja hranljivih snovi. Najpogosteje se srečujemo z izrazom *konverzija* krme, ki pojasnjuje potrebno količino zaužite krme za 1 kg povečane telesne mase živali. Glavni strošek reje farmskih živali je navadno strošek krme.
2. Če želimo izračunati koliko celokupne energije potrebujemo za enoto prirasta, moramo poznati celokupno energijo v enoti krme.
3. Poznamo različne izraze za razlago učinkovitosti. Lahko je ekonomski pogled na učinkovitost reje ali pa se upoštevajo učinkovitost prehranskih beljakovin ali pa vsebnost lizina v tkivih cele živali.
4. Metabolna energija se učinkovito uporablja v organizmu živali za njeno lastno proizvodnjo toplote, delo in rast. V posameznih obdobjih življenja in glede na spol se metabolna energija uporablja tudi za rast plodov, tvorbo dlake in volne, sintezo mleka v laktaciji in pri perutnini za tvorbo jajc.
5. Toplotna izguba kot biološka lastnost, ki jo opredeljujemo preko fizikalnih zakonov je za tehnologijo reje živali zelo pomembna. Pomaga nam razumeti odnos telesne mase in površine telesa živali za proces *termoregulacije* telesne temperature živali in problematiko pomena ohranjanja telesne temperature v hladnem ali vročem okolju.
6. Bazalni metabolizem in vzdrževalne potrebe živali izražamo kot energijo v megajoulih metabolne energije na dan ali ME_m (MJ/dan). Seveda pa je vzdrževanje bazalnega metabolizma povezano s funkcijo telesne mase žive živali.
7. Kleiberjev pristop nam omogoča razumevanje odnosa med telesno maso in potencialno učinkovitostjo izkoriščanja snovi. Dokazuje nam, da masa živali nima značilnega učinka na potencialno izkoriščanje krme.
8. Učinkovitost nalaganja v beljakovine v rastočih tkivih se spreminja tekom rasti živali. Skeletna miškulatura rojene živali predstavlja visoke vložke matere na kg rojstne mase živali. Tekom brejosti matere le-ta vlaga v rast tkiv plodu in njeni morebitni presežki energije se začno zmanjševati tako na kg miškulature kot tudi na enoto trupa. Spremembe lahko nastopijo, ko ženska žival vstopa v telesno dozorelost: povečuje se delež maščob na kg mišičja, prirast mišičja se

zmanjšuje in konzumacija krme se stabilizira s približevanjem in doseganjem telesne zrelosti.

9. Z naraščanjem deleža maščob v prirastu telesa se povečuje energijski vložek v prirast. Z doseganjem dozorelosti telesa se poslabša konverzija krme in poveča potrebna energija za vsak kg mišičja.
10. Tehnolog mora odločiti kdaj bo šla žival v zakol. Načeloma takrat, ko še ni začela prekomerno nalagati energijo v obliko telesnih rezerv. Pogostokrat so zahteve trga tiste, ki določajo živo klavno maso živali in to nima nobene povezave z izkoriščanjem maksimalne rasti ter učinkovitega izkoriščanja energije v prirastu skeletne miškulature.
11. Optimizacija klavne mase je torej kompromis med biološkimi značilnostmi rasti tkiv vzrejnih živali in tržnimi zahtevami. Tu je potrebno vključevati znanje s področja prehrane živali, izbire primernih tehnologij reje, pasem in križanj in upoštevati je potrebno poznavanje njihovih bioloških lastnosti rasti ter nenazadnje tudi ekonomike.
12. Tako kot pri sesalcih tudi pri perutnini med zaužitimi hranljivimi snovmi postavljamo na prvo mesto metabolno energijo. Perutnina vnaša v telo energijo preko ogljikovih hidratov, beljakovin, olj in maščob.
13. V praksi je za doseganje ustrezne intenzivnosti rasti perutnine bolj pomemben dostop do krme kot pa koncentracija energije. Za doseganje maksimalne nesnosti pa je pomembna omejitev vnosa energije tudi do 50 % pri krmljenju po volji. Restrikcija krme vpliva tudi na oploditev jajc.

Pregledna splošna vprašanja

1. Razložite pojem konverzije krme.
2. Naštejte in obrazložite numerične koncepte učinkovitosti izkoriščanja krme (beljakovine, lizin).
3. Razložite pomen metabolne energije in njen vpliv na delovanje organizma in rast živali.
4. Razložite vzdrževanje bazalnega metabolizma in njegovo povezanost s termoregulacijo.
5. Katere dejavnike povezujemo z nastajanjem toplote pri živalih po zauživanju krme?
6. Na kakšen način lahko izrazimo povezanost med proizvodnjo toplote (Q_T) in telesno maso.

7. Razložite oddajanje toplote in njena povezanost s telesno maso preko $TM^{0,75}$.
8. Na katere načine si razlagamo pomen energije v rasti domačih živali?
9. Ali ima rast domačih živali ves čas konstantno razmerje med sintezo beljakovin in maščob?
10. S čim povezujemo delo in raziskave fiziologa Kielanowskega (1966)?
11. Kaj po Kleiberju (1961) pomeni relativna kapaciteta krme?
12. Na osnovi česa temelji izračun relativne kapacitete?
13. Na osnovi česa pojasnujemo različne izračune relativne konzumacije prašiča, goveda in ovce?
14. Razložite vpliv povečane konzumacije krme ($g/kg TM^{0,75}$) v obdobju pitanja na velikost intenzivnosti rasti ($g/kg TM^{0,75}$) in potrebne krme na enoto dnevnega prirasta.
15. Kakšne spremembe nastopijo na nivoju sestave telesa živali, ko vstopa žival v telesno dozorelost?
16. Naštete in razložite zmanjšane potrebne ME za kg mišičja pri prašiču glede na določene vplive, ki učinkujejo na učinkovitost izkoriščanja energije.
17. Katera vpliva delujeta na idealno klavno maso?
18. Kakšne so potrebe po energiji pri perutnini, v povezavi s primarnimi in drugimi vplivi?

Izbrani novi izrazi in ključne besede

konverzija krme

lizin

metabolna energija

termoregulacija

diurnalno obnašanje

proizvodnja toplote (Q_T)

turnover

4 Kompenzacijska ali nadomestna rast

V primeru, da obrok ne pokriva potreb živali, s pomočjo katerih bi lahko žival polno izrazila svoj genetski potencial za rast prihaja do sprememb v poteku rastne krivulje. Žival je lahko krajši ali daljši čas neprimerno oskrbljena s količino in/ali kakovostjo krme ali pa bila obolela kar se odraža v padcu intenzivnosti rasti. Ob vrnitvi na »bogato« krmo, živali uspejo nadomestiti oziroma nadoknaditi zamujeno rast. Pogosto jo lahko ne samo dosežejo, temveč celo presežejo rast živali, ki je bila vseskozi primerno krmljena. Ta pojav imenujemo *nadomestna ali kompenzacijska* rast.

S stališča biologije rasti je to izjemen pojav. V naravi so živali v položaju, ko so velikokrat lačne ali pa pomanjkljivo krmljene glede na razpoložljivo krmo in kratka obdobja, ko so ne samo sita, lahko tudi preobilno zauživajo krmo in si ustvarjajo zalogo. S stališča poteka intenzivnosti rasti je zanimivo, da so živali v naravi in tudi kasneje v času domestikacije in selekcije ohranile sposobnost, da lahko t. i. »izpad« rasti pod določenimi pogoji uspešno nadoknadijo. Tudi v živinoreji v našem klimatskem obdobju so lahko živali v zimskem ali pa v sušnem poletnem obdobju v situaciji prehranskega primanjkljaja. Ta problematika je morda še najbolj prisotna v primeru pašne reje govedí, vendar pa se pojavlja tudi pri neprežvekovalcih.

4.1 Dejavniki vezani na kompenzacijsko rast; razvrstitev

Na kompenzacijsko rast vplivajo številni dejavniki. V splošnem jih lahko razdelimo na vplive, ki so povezani s samo *živaljo* in njenim začetkom nastopa zmanjšanja intenzivnosti rasti ter *prebranske* vplive.

4.1.1 Vplivi vezani na žival

4.1.1.1 Stopnja zrelosti živali ob začetku restrikcije

Pri govedu je prisotna slabša sposobnost kompenzacijske rasti v primeru, da je do restrikcije prišlo v zgodnjem obdobju življenja. Nekatere raziskave kažejo na ta trend, da je kompenzacija slabše izražena pri prizadetih mlajših živalih (od rojstva do 25. meseca starosti), druge poudarjajo, da je problem v dolžini trajanja in resnosti prizadetosti rasti živali.

4.1.1.2 Adipozne rezerve živali v začetku rastne restrikcije

Žival z večjimi ustvarjenimi rezervami maščob se lažje in bolje zoperstavi prehranskim pomanjkanjem. Seveda je pomembno trajanje podvrženosti pomanjkljivi prehrani in stopnja prizadetosti oziroma zmanjšanja telesnih rezerv. Prav tako na izraženost kompenzacijske rasti vplivajo trajanje in velikost padca rasti živali, ki pa je lahko odvisen tudi od spola živali in genotipa živali. Kompleksnost številnih med seboj povezanih vplivov onemogoča enostavne interpretacije obsega izraženosti kompenzacijske rasti.

4.1.1.3 Genotip

Zelo redke so informacije o tem, ali imajo posamezni genotipi živali znotraj iste vrste različne sposobnosti kompenzacijske rasti. Pri govedu lahko postavimo hipotezo, da obstajajo razlike med njimi; pri isti telesni masi imata lahko živali različni stopnji telesne zrelosti, torej različno telesno sestavo ob predpostavki, da imata enako ali pa optimalno rast pred nastopom restrikcije rasti. Zgodaj zrele živali nalagajo in tvorijo zaloge maščobe hitreje, kot pa pozno zrele pasme govedi.

Linije brojlerjev, ki so selekcionirane na intenzivno rastnost, izražajo nižjo sposobnost kompenzacijske rasti kot tiste, ki so selekcionirane na počasnejšo rast. Tega pri prašičih niso odkrili.

4.1.1.4 Spol

V literaturi najdemo vire, da imajo moške živali večjo tendenco h kompenzacijski rasti, kot ženske živali, vendar je odvisno od živalske vrste. To so potrdili pri petelinih v primerjavi s kokošmi, niso pa tega potrdili tudi pri prašičih. Pri govedu se kaže, da obstajajo razlike v rasti med biki, voli in telicami, vendar najdemo v literaturi različne odgovore na kompenzacijsko rast in tega ne moremo zanesljivo potrditi. Pri živalih ženskega spola, ki že imajo estrični cikel, prihaja do hormonalnih sprememb in s tem posledično tudi do sprememb v obnašanju, kar vpliva na ravnost in njen potek rasti.

4.2 Spremembe v stopnji metabolizma, hormonalnega statusa, prehranskega vpliva in razgradnja mišičnih proteinov

Nastop prehranske restrikcije se kaže v spremenjeni intenzivnosti rasti živali. Rast živali se zniža ali pa celo zaustavi, le v najbolj ekstremnih primerih lahko dobi celo negativni predznak. Ob tem se nam postavlja vrsta vprašanj: Ali to vpliva na genetsko programirani rasti cikel? Če to drži, kako se v obdobju, ko je oskrba s hranljivimi snovmi zopet zadovoljiva ali bogata, ta cikel obnovi in ali sodeluje pri stopnji kompenzacijske rasti?

Srčni utrip je lahko pokazatelj metabolne stopnje delovanja organizma. Konji v času zime med 147 dni dolgo restrikcijo krme znižajo frekvenco srčnega utripa in izkazujejo negativni dnevni prirast -0,01 kg. Srčni utrip se je konjem v tem obdobju znižal iz 67 utripov/min na samo 38-40 utripov/min. Pri telicah so prav tako ugotovili, da v primeru redukcije krme, telice zmanjšajo intenzivnost metabolizma. Torej konji postanejo bolj učinkoviti v strategiji izkoriščanja razpoložljivih hranljivih snovi, s pomočjo zmanjšanja stopnje metabolizma.

Govedo v času med 60. do 90. dnevom kompenzacijske rasti zmanjša za 20 % potrebno energijo za vzdrževanje. Pri telicah, ki so imele restrikcijo krme so ugotovili, da imajo nižje vrednosti NEFA (ne-esterificirane maščobne kisline) in glukoze, kot tudi nižjo vsebnost dušika in sečne kisline, v krvi v primerjavi s telicami krmljenimi »*ad libitum*«. Omejevanje krme je bila spremljana s povečano koncentracijo ravnega hormona in nižjo koncentracijo IGF-1, tiroksina in triiodotironina. Pri teletih, ki so bila podvržena ravnemu omejevanju (restrikciji), so proučevali razgradnjo mišičnih proteinov v dolgi hrbtni mišici in njihov odgovor na

ustrezno prehransko oskrbo. Kompenzacijska rast je bila povezana s sintezo in povečano koncentracijo RNK in DNK, nato pa je sledila z zamikom povečana intenzivnost rasti. Povečana intenzivnost rasti je v zgodnji fazi kompenzacijske rasti povezana z odgovorom IGF-1 inzulina, ki pa jo spremlja še upočasnjena stopnja metabolizma. Rastni hormon potrebuje okoli 31 dni, da doseže nivo dobro krmljenih živali. Koncentracija tiroksidnega in tri-iodotironina hormona je prvih 10 dni nizka in potrebuje 31 dni, da se hormon tiroidne žleze dvigne na nivo dobro krmljenih živali.

Kompenzacijska rast vključuje premik v učinkovitosti uporabe metabolne energije in za to potrebuje okoli 3 tedne po ponovnem zauživanju ustreznega obroka. Zato so zaključili, da so nižje zahteve po neto energiji za rast in spremembe v ponovni napolnjenosti črevesja tiste, ki tvorijo odgovor na kompenzacijsko ponovno rast telesne mase.

4.3 Prehranski vplivi

Velikost kompenzacijske rasti je odvisna od resnosti prizadetosti živali zaradi slabe prehranske oskrbe. Pri govedu, ki je prehransko prizadeto pred starostjo 6. mesecev, je kompenzacijska rast obratno sorazmerna s prizadetostjo. Večja kot je bila prizadetost živali, večja je kompenzacijska rast, ko se prehranske razmere izboljšajo. V primeru večletne prehranske restrikcije pa je kompenzacijska rast inhibirana. Pri govedu se pogosto zgodi, da visoki intenzivnosti rasti v zimskem času, sledi zmanjšana rast na paši v sledeči pašni sezoni. To nima povezave z rastjo samo kot tako, temveč s pašo, ki je največkrat kvalitativno nižja od obroka v hlevu.

4.3.1 Zauživanje krme v času obnavljanja telesnih rezerv in rasti

Kompenzacijsko rast povezujemo s količino zaužite krme na enoto žive telesne mase in z velikostjo gastrointestinalnega trakta. S tem v zvezi je bilo največ raziskav narejenih pri govedu na paši. Tu ne gre samo za volumen prebavnega takta za zauživanje voluminozne krme, pač pa je tudi odvisno od pripravljenosti živali na to, koliko časa bo namenila paši in od velikosti ugriza. Želja po paši pa je povezana s stopnjo lakote, ki je signal za to, da se živali začno pasti. Kondicija telesa je povezana predvsem s tem, koliko časa je žival pripravljena nameniti paši. Na njo pa je posledično vplivalo, koliko časa je bila žival na restriktivnem oziroma omejenem nivoju obroka.

Pri konjih in govedu je bilo ugotovljeno, da je kompenzacijska rast povezana z velikostjo restrikcije krme v zimskem času. Povečana konzumacija krme je povezana z obsegom kapacitete prebavnega traku. Tako konji kot govedo imajo velik volumen prebavil.

4.4 Dejavniki, ki vplivajo na kompenzacijsko rast

1. Kompenzacijska rast je pod vplivom več lastnosti hkrati, zaradi tega ni možno delati zaključkov v zvezi z njo na osnovi samo ene lastnosti.
2. Prežvekovalci imajo sposobnost kompenzacijske rasti, ki pa ni v veliki meri pod vplivom genotipa in spola.
3. Pri prežvekovalcih pomeni prehod iz skromnega obroka preko zime na bogat obrok v času paše izjemno povečanje v telesni masi. Začetna rast je povezana s povečano stimulacijo apetita. Številni dejavniki kot so višina trave, velikost ugriza, gostota živali, čas porabljen na paši, telesna kondicija in razpoložljivost krme vplivajo na intenzivnost rasti živali, kot tudi možno velikost rasti živali v nadaljevanju pašne sezone.
4. Pri vseh živalskih vrstah opazamo, da je obnovitev intenzivnosti rasti po predhodni retardaciji povezana s stanjem visceralnih organov, ki so bili predhodno spraznjeni in zavrti v svojem delovanju.
5. Na izraženost kompenzacijske rasti vpliva tudi stopnja metabolizma, učinkovitost izkoriščanja zaužitih hranljivih snovi in stopnja razgradnje mišičnih beljakovin.
6. Obseg izraženosti kompenzacijske rasti je nedoločljiva, saj je odvisna od tega, kako hudo je bila žival prizadeta ob restrikciji krme. Ko govorimo o stopnji prizadetosti je zelo težko ločiti, ali je bila restrikcija krme kratkotrajna in zelo huda, ali pa mila, vendar dlje časa trajajoča.
7. Kompenzacijska rast je manj značilna pri govedu, ki je mlajše in manjše na začetku obdobja slabše prehranske oskrbe.

4.4.1 Sestavni deli kompenzacijske rasti

Kompenzacijska rast pogosto opredeljujemo kot sposobnost živali, da po obdobju prehranske neoskrbe sledi pravilna in bogatejša prehranska oskrba živali. V tem obdobju je živali sposobna nadoknaditi v predhodnem obdobju izgubljeno rast in razvoj.

4.4.2 Spremembe v deležu telesnih tkiv: klavni trup

V klavnem trupu obravnavamo tkiva kot so skeletno mišičje, maščobe, vezivno tkivo in kosti. Pogosto med njimi tvorimo tudi razmerja, s katerimi opisujemo sestavo klavnega trupa. Razmerje med tkivi meso: maščobe: kosti pa kaže tudi na pomembno vlogo kosti, ki jih pogostokrat zanemarjamo. Pri sestavi trupa je delež kosti s povečevanjem deleža mesa in maščob v relativno konstantnem razmerju z ostalimi tkivi. Kljub temu pa imajo kosti pomembno vlogo; nanje ne smemo gledati le kot zgolj na telesno tkivo v sestavi klavnega trupa, temveč je tudi potrebno upoštevati, da dajejo kosti živalim zmožnost gibanja, predstavljajo zalogo mineralov, kot tudi, da so ključni element pri delovanju imunskega sistema. Prav tako kosti ščitijo organe in mehka tkiva.

Čprav spremljamo kompenzacijsko rast živali kot spremembo telesne mase na enoto časa, pa je na tem mestu pomemben tudi razmislek o vlogi kosti pri kompenzacijski rasti. Kosti pri disekciji tehtamo in zanima nas predvsem njihova masa. Pomembna je njihova mineralizacija in s tem trdnost, prav tako tudi njihova velikost, to je dolžina in njihov premer. Pri proučevanju mineralizacije (vsebnosti pepela) je bilo ugotovljeno, da se s kompenzacijsko rastjo spreminja. Pomanjkljivost te trditve je v tem, da niso ločili prepela kosti od pepela mehkih tkiv. Pogosto so v literaturi podani podatki o merjenih telesnih delih okostja živali. Tudi ti podatki niso prinesli jasnejše slike o tem, kaj in do katere mere je v kompenzacijsko rast vključena povečana rast kosti v razmerju do drugih tkiv.

4.4.3 Tkiva, ki niso del klavnega trupa

V kompenzacijsko rast se vključujejo tudi tkiva in organi, ki jih ne uvrščamo v klavni trup. Tega dela običajno, v raziskavah vezanih na živinorejo, ne spremljamo. Visceralni organi imajo pomembno vlogo pri rasti živali. Prav tako se lahko vprašamo, kako ti organi odreagirajo v obdobju, ko je prehranska oskrba živali spremenjena, poslabšana ali pa ponovno izboljšana? Sklepamo lahko, da imajo visceralni organi pomembno vlogo, ker:

1. njihov delež v telesu živali ni majhen, saj predstavljajo okoli 7 % telesne mase konja, pri rovkah 17 %, 7 % telesne mase predstavljajo jetra pri ovcah in kar 10 % telesne mase predstavlja prazen gastrointestinalni trakt pri govedu,

2. glede na njihov delež v telesu imajo pa neproporcionalno velik delež v metabolizmu celega telesa (proizvodnja toplote, poraba kisika, sinteza beljakovin itd.), ki znaša 0,40 do 0,50.

Točki 1. in 2. nakazujeta velik pomen teh organov v metabolizmu živali. Torej lahko pričakujemo tudi njihov odziv na spremenjeno prehransko oskrbo živali. Organi, ki so neposrednejše povezani s presnovo (prebavni trakt in jetra), bi naj imeli večji vpliv preko stopnje metabolizma na rast živali. Jetra so organ, ki se močno odzove na prehranske spremembe; lahko se povečajo in povečajo tudi vsebnost glikogena, povečana je rast jeter preko daljšega obdobja in pri jetrih lahko govorimo o »*prekomerni kompenzaciji*«. Govedo, krmljeno s srednjim in nizkim nivojem, je imelo v primerjavi s skupino na visokem nivoju obroka preko zime večja jetra. Z manjšanjem nivoja prehrane preko zime, se poleg povečanja jeter, povečuje tudi količina pretoka krvi v jetrih.

Za neprežvekovalce lahko prav tako trdimo, da pri kompenzacijski rasti živali močno sodelujejo tkiva in organi, ki jih ne vključujemo v klavni trup živali. V poskusu s prašiči so proučevali retencijo ali zastajanje dušika. Kompenzacijska rast se je postopno zmanjševala s povečevanjem obnovitve zaloga dušika in je temeljila na obnovitvi labilnih zaloga dušika, medtem ko so skeletne mišice dobro zavarovane pred izgubo dušika. Do atrofije skeletnega mišičja prihaja pri dlje časa trajajoči podhranjenosti živali. Pri povečani konzumaciji krme se pri neprežvekovalcih sčasoma povečajo tudi nekateri notranji organi in prebavni trakt, kar pozitivno vpliva na kompenzacijsko rast.

4.4.4 Kompenzacijska rast in DNK

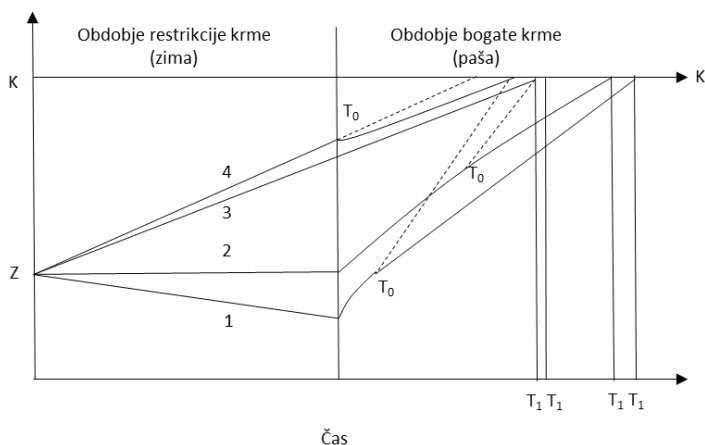
Homeostaza je stanje, ko poskuša organizem ohranjati stabilno, uravnoteženo delovanje vseh sistemov v telesu. Ločimo kratkotrajno in dolgotrajno homeostazo. S homeostazo poskuša organizem aktivirati različne mehanizme, tudi črpanje telesnih rezerv, spremeniti koncentracije hormonov, ponovno obnavljanje rezerv in stimulirati direktno ter indirektno povečano zauživanje krme.

Velikost telesa živali je kontrolirana s celotnim številom celic in DNK. Sprejeta je trditev, da je tudi zrelost telesa določena s številom in velikostjo DNK enot. Podhranjenost naj bi vplivala samo na velikost DNK enot, ne pa na njihovo število. Pomembno je, ali ima žival ob nastopu prehranske podhranjenosti že razvito

maksimalno število DNK enot. V primeru, da to že ima, potem ima verjetno potrebne mehanizme z ustreznimi zapisi. V primeru, da žival nima izgrajenih vseh DNK enot ob nastopu podhranjenosti, potem obstaja verjetnost, da žival nima razvite dovolj velike občutljivosti in mehanizmov s »spominom«, ki bodo lahko služili v času kompenzacijske rasti.

4.4.5 Kompenzacijska rast: problematika razumevanja

Za lažje razumevanje bomo vzeli primer goveda, ki je bilo od rojstva do 6. mesecev podhranjeno in v naslednjih 6. mesecih ima čas za obnovo z krmljenjem »*ad libitum*« z zeleno krmo ali pašo. (Grafikon 8). Primer je zgolj hipotetičen.



1, 2, 3 in 4 = govedo; Z = začetek proučevanja; K = konec proučevanega obdobja; T_0 = intenzivnost rasti začne padati;

T_1 = žival doseže 0,4 do 0,5 končne mase zrele živali, čas ali starost ko žival doseže K linijo.

Grafikon 8: Hipotetična rastna zaostalost in naknadna rast.

Vir: Lawrence, Fowler, Novakofski, 2012, © CAB International, reproducirano z dovoljenjem lastnika licence prek PLSclear

Hipotetično imamo štiri živali (govedo), ki se nahajajo v obdobju zime, ki mu sledi pomlad s pašno sezono. Vsako obdobje traja 6 mesecev. Žival številka 1 v obdobju zime izgublja telesno maso, žival številka 2 vzdržuje nespremenjeno telesno maso v času zime, živali 3 in 4 imata v tem času povečano rast, medtem ko ima žival št. 4

»ad libitum« krmljenje, vendar pa beležimo pri žival 3 nekoliko manjšo intenzivnost rasti. Kratica Z pomeni začetek proučevanja in K pomeni konec obdobja proučevanja. K predstavlja okoli 0,4 do 0,5 končne velikosti telesne zrelosti živali. Potek rasti pričakujemo, da sledi obliki S rastne krivulje.

Žival št. 4 po končanem zimskem obdobju in ob prehodu na pašo zaniha v intenzivnosti rasti. Rast se nekoliko zniža ob prehodu na drugo krmo. Žival začne izkoriščati rezerve maščob, ki obdajajo prebavni trakt, ledvice in telesne votline. Tudi črevesje ima zmanjšano vsebino. V ekstremnih primerih, ko pašna ne dosega nivoja obroka krmljenega v hlevu, žival dejansko začne izkoriščati rezervo iz tkiv trupa.

Žival št. 1, ki je bila v negativni rasti v času zime in je izgubljala telesno maso je ob prehodu na pašo izjemno hitro napolnila črevesja in prebavila ter nekoliko popravila stanje izčrpanosti telesnih tkiv. Žival št. 2 ki s krmo v hlevu preko zime vzdržuje nespremenjeno telesno maso, ob prehodu na pašo začne povečevati intenzivnost rasti.

Žival št. 3 intenzivno povečuje telesno maso že v času zime in to nadaljuje tudi na paši. Nima nihanj pri prehodu na pašo in ob menjavi krme. Njena intenzivnost rasti je vezana na rast tkiv trupa na enoto časa.

T_0 predstavljajo točke, ko začne intenzivnost rasti živali dejansko padati. Te točke lahko predstavljajo tudi trenutek, ko travna ruša ne raste več s takšno intenzivnostjo kot je rastle na začetku rastne sezone. Črtkane linije nakazujejo maksimalno potencialno rast, kjer žival izkorišča svoj maksimalni genetski rastni potencial.

T_1 so točke kjer posamezne živali dosežejo 0,4 do 0,5 končne mase zrele živali. Podhranjenost v zgodnjem obdobju življenja pomeni, da bo imela pomemben vpliv v kasnejšem pašnem obdobju na podaljšanje časa, potrebnega za doseganje končne mase zrelega telesa. Daljše pitanje je potrebno, da živali uspejo nadoknaditi prizadetost organov in tkiv ne-klavnega trupa kot tudi tkiv klavnega trupa. To pomeni tudi podaljšan čas rasti živali. S točko T_1 označujemo čas ali starost, ki jo živali dosežejo ali potrebujejo, da dosežejo K linijo.

Povzetek

1. V življenju živali, še posebno prežvekovalcev, se lahko zgodi, da v določenih pogojih in obdobjih leta razpoložljiva krma ne pokriva več presnovnih potreb živali. Žival je lahko krajši ali daljši čas slabše oskrbljena s količino in kakovostno krmo. V takšnem obdobju žival upočasni intenzivnost rasti, v skrajnem primeru lahko celo začne izgubljati telesno maso.
2. Živali so ohranile sposobnost, da lahko pod določenimi pogoji »izpad« rasti nadoknadijo, ko se prehranske razmere spremenijo na boljše.
3. Kompenzacijsko rast in sposobnost nadomestne rasti povezujemo s številnimi vplivi, eden izmed njih je povezan s starostjo in telesno maso živali, ko jo restrikcija krme prizadene. Stopnja prizadetosti je odvisna tudi od razpoložljivih telesnih rezerv, ki jih je žival v predhodnem obdobju uspela shraniti/naložiti.
4. Zelo pomanjkljive so informacije o pomenu genotipa v povezavi s sposobnostjo nadomestne rasti. Genotip povezujemo s stopnjo intenzivnosti rasti ob nastopu restrikcije, torej ali je tip pasme živali zgodaj ali pozno zreli, in ali je prizadetost nastopila pred začetkom najbolj intenzivne faze rasti, v času le-te ali pa po njej? Enako lahko trdimo, da ni popolnoma pojasnjen vpliv spola živali na sposobnost nadomestne rasti.
5. V času restrikcije so živali sposobne z različnimi mehanizmi spremeniti nivo metabolizma. Eden izmed načinov, ki jih žival uporabi, je zmanjšan srčni utrip, energetsko zmanjšani metabolizem in spremenjeno izločanje hormonov.
6. Čas in dolžina trajanja prizadetosti živali vpliva na izraženost kasnejše kompenzacijske rasti. Vendar, če traja prehranska restrikcija več let, je lahko v določenih primerih kompenzacijska rast inhibirana.
7. Dlje časa trajajoča slaba oskrba s hranljivimi snovmi in kasnejša nadomestna rast je le-ta odvisna tudi od prizadetosti visceralnih organov.
8. Pomanjkljiva prehrana (restriktivna) vpliva na kakovost klavnega trupa. Največkrat ima negativen vpliv na sestavo klavnega trupa. V raziskavah so preučevali tudi razumevanje pomena kosti, ki predstavljajo pomembno zalogo mineralnih snovi in so ključni element za delovanje imunskega sistema. Jasnih odgovorov glede vključenosti kosti v kompenzacijsko rast zaenkrat še nimamo.
9. Podhranjenost živali vpliva na velikost DNK, ki se zmanjša, ne pa na njihovo število. Ključnega pomena je, da ima žival ob nastopu kompenzacijske rasti že razvito maksimalno število DNK enot.

Viri in literatura

- Kräußlich H in sod. 1994. Tierzuchtungslehre. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, 464 str.
- Künzi N, G Stranzinger. 1993. Allgemeine Tierzucht. Stuttgart (Hohenheim), Ulmer GmbH & Co., 416 str.
- Lawrence T, V Fowler, J Novakofski. 2012. Growth of farm animals. Cabi, Wallingford, Gutenberg Press Limited, Tarxien, Malta, 352 str.
- Scanes CG. Sturkie' avian physiology. 2015. Waltham, Academic Press is an imprint of Elsevier, str. 635-667.
- Ločniškar F, D. Benčina, A Holcman, A Kmecl. 1991. Reja perutnine piščancev in kokoši. Ljubljana, Kmečki glas, str. 110-120.
- Šalehar A in sod. Prašičereja. Ljubljana, Kmečki glas, 1995, 278 str.

Rastni modeli in funkcije

- Bridges TC, LW Turner, RS Gates, EM Smith. Relatively of growth in laboratory and farm animals: I. Representation of physiological age and the growth rate time constant. Transaction of the ASAE, 43(2000)6, 1803-1810.
- Bridges TC, LW Turner, RS Gates, EM Smith. Relatively of growth in laboratory and farm animals: II. Birth weight as a predictor of animal maturity. Transaction of the ASAE, 43(2000)6, 1811-1819.
- Doeschl-Wilson AB, PW Knap, BP Kinghorn, HAM Van der Steen. Using mechanistic animal growth models to estimate genetic parameters of biological traits. Animal, 1(2007)4, 489-499.
- France J, J Dijkstra, MS Dhanoa. Growth functions and their application in animal science. Ann Zootech, (1996)45, 165-174.
- Glazier DS. Log-transformation is useful for examining proportional relationships in allometric scaling. Letter to Editor. J Theor Biol. 334(2013), 200-203.
- Hammond J. Measuring growth in farm animals. Proceed Royal Soc B, 1950, 452-461.
- Herring AD. 2014. Growth and development. V: Beef cattle production systems. Cabi, Wallingford, Gutenberg Press Limited, Tarxien, Malta, 119-137.
- Huth FW. 1968. Zur Frage des Wachstums beim Rind. Züchtungskunde 40(3):161-176

- Kielanowski, J. 1966. Conversion of energy and chemical composition of gain bacon pigs. *Anim. Prod.* 8:121-128.
- Koops WJ. Multiphasic analysis of growth. 1989. Doktorat, Wageningen agricultural university, Nizozemska, 121 str.
- Koya PR, AT Goshu. Solutions of rate-state equation describing biological growths. *Am J Math Stat*, 3(2013)6, 305-311.
- Kuhi HD, E Kebreab, E Owen, J France. Application of the law of diminishing returns to describing the relationship between metabolizable energy intake and growth rate in broilers. *J Anim Feed Sci*, 10(2001), 661-670.
- Lawrence T, V Fowler, J Novakofski. 2012. Growth of farm animals. 3rd Edition. Cabi, Wallingford, Gutenberg Press Limited, Tarxien, Malta, 352 pages
- Masoudi A, A Azarfar. Comparison of nonlinear models describing growth curves of broiler chickens fed on different levels of corn bran. *Int J Avian Wildlife Biol*, 2(2017)1, 34-39.
- Packard GC. Is complex allometry in field metabolic rates of mammals a statistical artefact? *Comp Biochem Physiol Part A*, 203(2017), 322-327.
- Philips CJC. Principles of cattle production. CABI, CSIRO Publishing, Clayton South, Avstralija, 2018, 32-54.
- Polsky L, MAG von Keyserlingk. Invited review: effects of heat stress on dairy cattle welfare. *J Dairy Sci*, 100(2017), 8645-8657.
- Rose, SP. Principles of poultry science. 1997. CAB International, Wallingsford, York House Typographic Ltd, Velika Britanija, 135 s.
- Takemoto K. Heterogeneity of cells may explain allometric scaling of metabolic rate. *BioSystems*, 130(2015), 11-16.
- Tjørve KMC, E Tjørve. 2017. The use of Gompertz models in growth analyses, and new Gompertz-model approach: An addition to the Unified-Richards family. *PLOS* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178691>, 17 str.
- Snee RD, SK Acuff. A useful method for analysis of growth studies. *Biometrics*, 35(1979), 835-848.
- Vincek D, K Sabo, G Kušec, G Kralik, I Đurkin, R Scitovski. Modeling pig growth by S function – least absolute deviation approach for parameter estimation. *Archiv Tierzucht*, 55(2012)4, 364-374.
- White CR. Allometric estimation of metabolic rates in animals. Review. *Comp Biochem Physiol Part A*, 158(2011), 346-357.

Elektronski viri

- Wikipedija (2014). *Eksponentna funkcija*. https://sl.wikipedia.org/wiki/Eksponentna_funkcija
- Pavletič, M. (2018). *Matematični priročnik za srednje šole. Odvod*. <http://www2.arnes.si/~mpavle1/mp/odvod.html>
- Weisstein, Eric W. "Sigmoid Function." *MathWorld--A Wolfram Web Resource*. <https://mathworld.wolfram.com/SigmoidFunction.html>
- Mollet, H.F. (1998; 2015). *Von Bertalanffy Growth Function (VBGF)*. <http://elasmollet.org/VBGF/VBGF.html>

RAST DOMAČIH ŽIVALI: SESALCI IN PERUTNINA

DEJAN ŠKORJANC

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Hoče, Slovenija.
E-pošta: dejan.skorjanc@um.si

Povzetek Učbenik zajema vsebine vezane na razumevanje kompleksnega procesa rasti domačih živali. Zaradi specifičnosti ločeno obravnavamo rast farmskih živali seslancev in perutnine. Biološke lastnosti rasti domačih živali so predstavljene v prenatalnem in postnatalnem obdobju ter jih poskušamo opredeliti, opisati in oceniti z različnimi matematičnimi funkcijami. Razumevanje postnatalne rasti do dosega klavne zrelosti je pomembno za živinorejce, ki se ukvarjajo s pitanjem domačih živali. Na intenzivnost rasti vpliva tudi učinkovitost izkoriščanja hranljivih snovi, zato so le-te posebej pojasnjene. Na potek rasti vplivajo številni dejavniki, ki jih v učbeniku delimo na genetske in ne genetske. Z razumevanjem in poznavanjem le-teh lahko do neke mere reguliramo in predvidimo rast ter njeno intenzivnost, sestavo klavnega trupa in sestavo dnevnega prirasta. Poseben poudarek je na pojavu kompenzacijske rasti, njenega razumevanja ter pojasnitvi, ali lahko v resnici z nadomestno rastjo nadomestimo zaostanek rasti v optimalnem obdobju rasti posameznih živalskih tkiv? Ob tem so predstavljeni določeni omejitveni dejavniki, ki vplivajo na zmožnost živali za kompenzacijsko rast.

Ključne besede:

domače živali, potek rasti, matematične funkcije, genetski in negenetski vplivi, kompenzacijska rast.

GROWTH OF DOMESTIC ANIMALS: MAMMALS AND POULTRY

DEJAN ŠKORJANC

University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Hoče, Slovenia.
E-mail: dejan.skorjanc@um.si

Abstract This university textbook provides content for understanding the complex growth process in domestic animals. Because of their special nature, the growth of farm animals, mammals and poultry, is described separately. The biological characteristics of domestic animal growth in the prenatal and postnatal periods are presented and an attempt is made to define, describe and evaluate them using various mathematical functions. Understanding postnatal growth to slaughter maturity is important for livestock producers involved in fattening domestic animals. Growth intensity is also influenced by the efficiency of nutrient utilization, so this will be specifically explained. Growth pattern is influenced by many factors which are divided into genetic and non-genetic. By understanding and knowing these, we can regulate and predict growth and its intensity, carcass composition and daily gain composition to some extent. Special emphasis is placed on the phenomenon of compensatory growth, its understanding and the explanation of whether we can really compensate for growth retardation in the optimal growth period of individual animal tissues by alternative growth? In addition, certain limiting factors affecting the ability of animals to undergo compensatory growth will be presented.

Keywords:

domestic animals, growth pattern, mathematical functions, genetic and non - genetic influences, compensatory growth.





Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede