

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Martina PLANINC

**GENETSKO OZADJE ROBUSTNOSTI ZA  
PREŽIVITVENO SPOSOBNOST IN RAST PRI  
KUNCIH IN PRAŠIČIH**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Martina PLANINC

**GENETSKO OZADJE ROBUSTNOSTI ZA PREŽIVITVENO  
SPOSOBNOST IN RAST PRI KUNCIH IN PRAŠIČIH**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**GENETIC BACKGROUND OF ROBUSTNESS FOR SURVIVAL  
RATE AND GROWTH FOR RABBITS AND PIGS**

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2016

Na podlagi Senata Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete in sklepa Komisije za doktorski študij Univerze v Ljubljani je bilo potrjeno, da kandidatka izpolnjuje pogoje za neposreden prehod na doktorski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje doktorata znanosti s področja zootehnikе. Za mentorico je bila imenovana prof. dr. Milena Kovač in za somentorico je bila imenovana doc. Špela Malovrh.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:      prof. dr. Janez SALOBIR  
                        Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Član:                doc. dr. Gregor GORJANC  
                        Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Član:                prof. dr. Ino ČURIK  
                        Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je disertacija rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačano, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranje ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Martina PLANINC

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	UDK 636.4:636.92(043.3)=163.6
KG	robustnost/preživitvena sposobnost/rast/genetika/prashiči/kunci
AV	PLANINC, Martina, univ. dipl. inž. zoot.
SA	KOVAČ, Milena (mentorica)/MALOVRH, Špela (somentorica)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje zootehnika
LI	2016
IN	GENETSKO OZADJE ROBUSTNOSTI ZA PREŽIVITVENO SPOSOBNOST IN RAST PRI KUNCIH IN PRAŠIČIH
TD	Doktorska disertacija
OP	XII, 126 str., 35 tab., 24 sl., 2 pril., 130 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Živali imajo možnost, da se na razlike v okolju odzivajo različno. To imenujemo fenotipska odzivnost ali okolska občutljivost. Robustne živali, ki kažejo majhno variabilnost med okolji, so manj občutljive. Z nalogo smo žeeli doprinesti k razvoju reakcijskih norm v Sloveniji ter posledično pričakujemo večji uspeh pri selekciji domačih živali, saj bodo ocene služile kot dodatni vir informacij pri selekciji. Pri kuncih smo ocenili genetske komponente za lastnosti preživitvene sposobnosti ter pri mladicah smo izračunali reakcijske norme za debelino hrbtnih slanine ter starost ob zaključku preizkusa. Preživitvena sposobnost kuncev v gnezdu je bila v veliki meri odvisna od mase mladičev ter velikosti gnezda. Lažji kot so bili kunci, večja je bila verjetnost pogina. Kot maternalni vpliv smo analizirali število seskov, ki pa na izgube niso imeli velik vpliv. Izgub je bilo največ v prvih štirih dneh, ko so izgube predstavljale 53 % vseh izgub do odstavitev. Pri mladicah je bila genetska korelacija med nivojem in nagibom reakcijske norme 0,64 za starost ob zaključku preizkusa ter 0,54 za debelino hrbtnih slanine. Dokazali smo, da obstajajo prerangiranja očetov med posameznimi okolji, ki so bila definirana na podlagi povprečnega dnevnega prirasta.

#### KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dd
DC	UDC 636.4:636.92(043.3)=163.6
CX	robustness/survival rate/growth/genetics/pigs/rabbits
AU	PLANINC, Martina
AA	KOVAČ, Milena (supervisor)/MALOVRH, Špela (co-supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Animal Production
PY	2016
TI	GENETIC BACKGROUND OF ROBUSTNESS FOR SURVIVAL RATE AND GROWTH FOR RABBITS AND PIGS
DT	Doctoral dissertation
NO	XII, 126 p., 35 tab., 24 fig., 2 ann., 130 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	Animals have an ability to react differently to differences in the environment. This is known as phenotypic plasticity or environmental sensitivity. Robust animals which show little variability between environments are less sensitive. With this task we wished to contribute to the development of reaction norms in Slovenia and consequentially expect bigger success in selection of domestic animals because the estimates will serve as additional information in selection process. With rabbits we estimated the genetic components for survival abilities. Reaction norms were calculated for the age and backfat thickness for gilts at the end of the test. Survival ability of rabbits in the nest was largely dependent of the kits weight and the size of the nest. The less they weighed higher was the probability of dying. As a maternal influence we also analyzed the number of teats but the number had no influence on the loss. The losses were highest in the first four days after the birth and presented 53 % of all losses until weaning. For gilts at the end of the test the genetic correlation between the level and the slope of reaction norm was 0,64 for age and 0,54 for backfat thickness. We proved the existence of over ranking of the boars between different environments which were defined on the average daily gain.

## KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO TABEL	VII
KAZALO SLIK	XI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XIV
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 RAZISKOVALNE HIPOTEZE	2
1.2 CILJI	3
<b>2 PREGLED OBJAV</b>	<b>4</b>
2.1 ROBUSTNOST	4
<b>2.1.1 Interakcija genotip okolje</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2 Reakcijske norme</b>	<b>13</b>
<b>2.1.3 Metode vrednotenja</b>	<b>16</b>
2.2 PREŽIVITVENA SPOSOBNOST	18
<b>2.2.1 Vpliv velikosti gnezda in rojstne mase</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2 Vpliv matere</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3 Vpliv menedžmenta reje</b>	<b>20</b>
<b>2.2.4 Vpliv sezone in zdravstvenega statusa</b>	<b>21</b>
2.3 RAST	22
<b>2.3.1 Vpliv genotipa</b>	<b>25</b>
<b>2.3.2 Vpliv spola</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3 Vpliv pogojev reje, zdravstvenega statusa in higiene</b>	<b>26</b>
<b>3 MATERIAL IN METODE</b>	<b>28</b>
3.1 PREŽIVITVENA SPOSOBNOST KUNCEV	28
<b>3.1.1 Izvedba poskusa za preživitveno sposobnost in rast kuncev</b>	<b>28</b>

<b>3.1.2</b>	<b>Struktura podatkov</b>	<b>31</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Statistični modeli za izgube in velikost gnezda</b>	<b>34</b>
3.2	RAST	37
<b>3.2.1</b>	<b>Rast kuncev v preizkusu</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Preizkus mladic</b>	<b>38</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Priprava in struktura podatkov</b>	<b>39</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Statistični model za interakcijo med genotipom in okoljem</b>	<b>42</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Statistični model za reakcijske norme</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>REZULTATI IN RAZPRAVA</b>	<b>48</b>
4.1	LASTNOSTI POVEZANE S PREŽIVITVENO SPOSOBNOSTJO	48
<b>4.1.1</b>	<b>Sistematski del modela za izgube in velikost gnezda</b>	<b>48</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Naključni del modela za izgube in velikost gnezda</b>	<b>69</b>
4.2	RAST	79
<b>4.2.1</b>	<b>Rast kuncev</b>	<b>79</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Sistematski del modela za rast mladic</b>	<b>87</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Interakcija genotip okolje</b>	<b>91</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Reakcijske norme</b>	<b>98</b>
<b>5</b>	<b>SKLEPI</b>	<b>104</b>
<b>6</b>	<b>POVZETEK (SUMMARY)</b>	<b>106</b>
6.1	POVZETEK	106
6.2	SUMMARY	109
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	<b>113</b>
<b>ZAHVALA</b>		
<b>PRILOGE</b>		

## KAZALO TABEL

	str.
Tabela 1: Struktura podatkov za kunce po liniji.....	32
Tabela 2: Struktura podatkov za vplive, vključene v model za lastnosti preživitvene sposobnost pri kuncih .....	32
Tabela 3: Struktura podatkov za sezono pri kuncih .....	34
Tabela 4: Struktura podatkov za mladice po genotipu .....	40
Tabela 5: Povprečje in standardni odklon za dnevni prirast (DP), starost ob zaključku preizkusa (ST) in debelina hrbtne slanine (DHS) pri mladicah v treh okoljih .....	42
Tabela 6: Izgube in povprečne telesne mase poginulih kuncev glede na starost .....	49
Tabela 7: Opisna statistika za velikost gnezda in telesno maso kuncev po liniji .....	50
Tabela 8: Opisna statistika za velikost gnezda in povprečno maso kuncev po zaporednih gnezdih .....	51
Tabela 9: Opisna statistika za velikost gnezda in povprečno maso kuncev po sezoni ...	52
Tabela 10: Opisna statistika za velikost gnezda in telesno maso kuncev glede na število seskov pri materi.....	53
Tabela 11: Opisna statistika za telesne mase kuncev ob posameznih tehtanjih .....	54
Tabela 12: Karakteristike sistematskega dela modela za izgube pri kuncih (p-vrednost) .....	55
Tabela 13: Karakteristike sistematskega dela modela za velikost gnezda pri kuncih (p-vrednost) .....	55
Tabela 14: Ocenjene srednje vrednosti za lastnosti preživitvene sposobnosti po linijah	56

Tabela 15: Ocenjene srednje vrednosti za lastnosti preživitvene sposobnosti pri kuncih glede na zaporedne kotitve .....	57
Tabela 16: Ocenjene srednje vrednosti za lastnosti preživitvene sposobnosti pri kuncih glede na število seskov .....	58
Tabela 17: Primerjava telesnih mas živih in piginulih mladičev po starosti .....	68
Tabela 18: Ocenjeni deleži varianc (na diagonalni) in korelacije (nad diagonalno) za ostanek s standardnimi napakami ocen za sedem lastnosti izgub pri kuncih .....	70
Tabela 19: Ocene heritabilitet (diagonala), genetske korelacije (nad diagonalno), fenotipske korelacije (pod diagonalno) s standardnimi napakami ocen za sedem lastnosti izgub pri kuncih.....	71
Delež mroj – delež mrtvorojenih; Ods – 65.dan – izgube od odstavitev do 65. dneva starosti.....	71
Tabela 20: Ocenjeni parametri disperzije, variance (na diagonalni) in korelacije (nad diagonalno) s standardnimi napakami ocen za trolastnostno analizo izgub pri kuncih .....	72
Delež mroj – delež mrtvorojenih; Ods – 65.dan – izgube od odstavitev do 65. dneva starosti.....	72
Heritabiliteta je bila ocenjena na 0,15 (tabela 21). Mati nekako več doprinese k samim izgubam v prvem tednu, v primerjavi z deležem mrtvorojenih. Genetske korelacije pa so negativne in visoke, ocnjene preko 0,90. Tudi zanesljivost te analize bi si žeeli boljšo. Struktura podatkov ne dopušča drugačnih analiz. K temu doprinese svoj delež doprinese tudi izenačevanje gnezd, saj se kunci med gnezdi prestavljal.	
.....	73
Tabela 21: Ocenjeni deleži varianc (na diagonalni) in korelacije (nad diagonalno) za naključni del modela s standardnimi napakami ocen za dvolastnostno in enolastnostno analizo izgube pri kuncih.....	73

Tabela 22: Korelacije (nad diagonalo), delež variance (na diagonali) s standardnimi napakami ocen in fenotipske korelacije (pod diagonalo) za skupno okolje v gnezdu in ostanek za velikost gnezda pri kuncih .....	74
Tabela 23: Karakteristike sistematskega dela modela za rast pri kuncih (p-vrednost) ..	79
Tabela 24: Ocene srednjih vrednosti za lastnosti rasti po liniji .....	79
Tabela 25: Ocene srednjih vrednosti za lastnosti rasti po zaporedni kotitvi matere .....	80
Tabela 26: Ocene srednjih vrednosti za lastnosti rasti po število seskov.....	80
Tabela 27: Ocene srednjih vrednosti za lastnosti rasti po sezoni .....	81
Tabela 28: Ocjenjeni deleži varianc (na diagonali) in korelacije (nad diagonalo) s standardnimi napakami ocen za skupno okolje v gnezdu in ostanek za rast pri kuncih .....	85
Tabela 29: Ocene heritabilitet (diagonala), genetske korelacije (nad diagonalo) s standardnimi napakami ocen in fenotipske korelacije (pod diagonalo) za rast pri kuncih .....	86
Tabela 30: Ocene srednjih vrednosti za starost ob zaključku preizkusa in za debelino hrbtne slanine po genotipu.....	87
Tabela 31: Genetske variance (na diagonali) in korelacije (nad diagonalo) s standardnimi napakami ocen za starost ob zaključku preizkusa (ST) in debelino hrbtne slanine (DHS) v slabem (S), povprečnem (P) in dobrem (D) okolju .....	94
Tabela 32: Fenotipske korelacije za starost ob zaključku preizkusa (ST) in za debelino hrbtne slanine (DHS) v slabem (S), povprečnem (P) in dobrem (D) okolju .....	95
Tabela 33: Genetska variance za nivo ( $\alpha_0$ ) in nagib ( $\alpha_1$ ) reakcijske norme, genetska korelacija med njima ( $r\alpha_0\alpha_1$ ) ter variance za ostanke po razredih za starost ob zaključku preizkusa (ST) in debelino hrbtne slanine (DHS).....	99

Tabela 34: Fenotipska varianca ( $\sigma_{P1}^2$ ) po razredih in variance za vpliv črede ( $\sigma_H^2$ ) in skupnega okolja v gnezdu ( $\sigma_G^2$ ) genetska za starost ob zaključku preizkusa (ST) in debelino hrbtne slanine (DHS) ..... 100

## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Interakcija GxE a) spremembe v rangu, brez sprememb v varianci; b) brez sprememb v rangu, spremembe v variacni, c) spremembe v rangu in varianci (Bowman, 1972) .....	10
Slika 2: Krivulja telesne mase in dnevnih prirastov v odvisnosti od starosti (Brody, 1945, cit. po Čepon 1994) .....	24
Slika 3: Rovašenje .....	29
Slika 4: Število seskov pri kunkah .....	33
Slika 5: Preizkus mladic v pogojih reje (Malovrh in Kovač, 2007) .....	39
Slika 6: Število peginulih kuncev po dnevih .....	49
Slika 7: Ocjenjene srednje vrednosti s standardnimi napakami za izgube pri kuncih po sezoni .....	59
Slika 8: Ocjenjene srednje vrednosti s standardnimi napakami za lastnosti velikost gnezda pri kuncih po sezoni .....	60
Slika 9: Vpliv velikosti gnezda na a) delež izgub v prvem tednu opazovanj, b) skupne izgube do odstavitev, c) delež izgub med odstavitevijo in 65. dnem starosti pri kuncih .....	62
Slika 10: Vpliv rojstne mase na delež izgub v prvem tednu in na izgube do odstavitev ter delež opazovanj pri kuncih .....	64
Slika 11: Vpliv rojstne mase na število mrtvorojenih in število živorojenih mladičev ter delež opazovanj pri kuncih .....	65
Slika 12: Vpliv starosti ob odstavitevi na število odstavljenih mladičev in porazdelitev za delež opazovanj pri kuncih .....	66

---

Slika 13: Primerjava rasti preživelih in poginulih kuncev .....	67
Slika 14: Povezava med živorojenimi in odstavljenimi mladiči v gnezdu ter porazdelitev za število opazovanj pri kuncih .....	77
Slika 15: Povezava med velikostjo gnezda in maso kuncev ter porazdelitev za delež opazovanj a) v prvih štirih tednih ter b) v petem in šestem tednu.....	83
Slika 16: Vpliv števila odstavljenih mladičev na maso na 65. dan starosti z regresijsko premico in delež opazovanj pri kuncih.....	84
Slika 17: Ocene srednjih vrednosti za starost mladic ob s zaključku preizkusa s standardnimi napakami po rejcih.....	88
Slika 18: Ocene srednjih vrednosti za debelino hrbtne slanine pri mladicah s standardnimi napakami po rejcih.....	89
Slika 19: Ocene srednjih vrednosti za debelino hrbtne slanine pri mladicah s standardnimi napakami po sezoni.....	91
Slika 20: Napoved plemenskih vrednosti za mladice za starost ob zaključku preizkusa	96
Slika 21: Razlike za napoved plemenskih vrednosti med okolji za lastnost starost ob zaključku preizkusa .....	98
Slika 22: Reakcijske norme za starost ob zaključku preizkusa za 60 izbranih očetov.	101
Slika 23: Reakcijske norme za debelino hrbtne slanine očetov.....	102
Slika 24: Korelacija med ocenjeno reakcijsko normo in povprečji v proizvodnih okoljih .....	103

## KAZALO PRILOG

Priloga A: Rezultati petlastnostne analize izgub pri kuncih

Priloga B: Rezultati štirilastnostne analize izgub pri kuncih

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Interakcija GxE – interakcija med genotipom in okoljem

POV – povprečje

SD – standardni odklon

ST – starost mladic ob zaključku preizkusa

DHS – povprečje za debelino hrbtne slanine pri mladicah ob zaključku preizkusa

ROJ – število rojenih mladičev

ZROJ – število živorojenih mladičev

ODS – število odstavljenih mladičev

NPV – napoved plemenske vrednosti

## 1 UVOD

V živinoreji se je, kot posledica ekonomskih sprememb, število rej zmanjšalo, medtem ko se je velikost črede povečala. Pri povečani produktivnosti živali se poveča tudi obremenjenost živali in posledično je ranljivost organizma večja. Pri tem moramo paziti, da razkorak med potrebami živali in ponujenim (ne)udobjem ne postaja vse večji. Odgovornost za to največkrat pripisujejo tehnologijam reje in selekciji. Sicer je res, da so selekcijski programi v preteklosti dajali poudarek zgolj na gospodarsko pomembne lastnosti, pri tem pa pozabljali na težje merljive lastnosti, kot so odpornost, neobčutljivost in tudi robustnost. Življenjska doba živali se krajša in produktivnost se zmanjšuje tako zaradi obolenosti kot tudi zaradi neugodne starostne strukture. Pri tem imajo velik vpliv tudi genotipi, ki so bili uvoženi iz drugačnih pogojev, katerih pa v naših razmerah ne moremo zagotoviti. Genotipi in posamezni osebki zaradi okoljske občutljivosti kažejo veliko sposobnost prilaganja na spremembe v okoljih (De Jong in Bijma, 2002). Okoljska občutljivost omogoča, da v različnih okoljih genotip razvije različen fenotip. Velikokrat rečemo, da se srečujemo s težavami občutljivih genotipov v neugodnih razmerah. Manj izražena je občutljivost v skupinah, ki so bile podvržene naravni selekciji v neugodnih razmerah. Kadar se genotipi odzivajo različno na spremembe v okolju, govorim o interakciji med genotipom in okoljem (GxE; Falconer, 1952). Interakcija GxE se kaže kot razlika med genotipi v posameznih okoljih brez sprememb v rangu ali kot prerangiranje genotipov med okolji. Kadar prihaja do prerangiranj med okolji se učinek selekcije zmanjša. Zaradi možnosti prerangiranja je potrebno pri premiku živali iz enega okolja v drugo okolje živali omogočiti vsaj čas za adaptacijo. V nekaterih primerih premika živali obstaja interakcija med značilnostmi okolja. V takšnih primerih lahko zaznamo slabšo prirejo, čemur rečemo depresija zaradi adaptacije. Slabšo prirejo lahko zaznamo predvsem pri živalih, ki so bile preseljene iz boljšega v slabše okolje. Kot posledica povečane občutljivosti se pojavlja heterogenost variance za ostanek. Pomanjkanje robustnosti se pri živalih pokaže pri nalezljivih boleznih, v preobremenjenosti in patološkem obnašanju. Živalim pa lahko pri obrambi pred stresom pomagamo s primerno krmo, urejeno klimo, higieno, zmanjšano gostoto naselitve itd.

Za preučevanje interakcije GxE lahko uporabimo kvantitativni genetski model in model z reakcijskimi normami (De Jong, 1995; De Jong in Bijma, 2002). Prednost pri uporabi reakcijskih norm je možnost obravnave okolja kot kvantitativne spremenljivke. Pri reakcijskih normah se uporablja naključna regresija, ki opiše, kako se genotip odziva na spremembe v okolju. Ker metoda omogoča razvrstitev živali v različnih okoljih, je primerna tudi za selekcijske programe v živinoreji (De Jong in Bijma, 2002).

Slovenija je majhna država, a razmere za rejo živali se spreminjajo po posameznih področjih. Uspešnost reje je odvisna tako od vrste rejenih živali kot tudi od naravnih danosti okolja, kjer je žival rejena, ter same tehnologije reje. To so razlogi, zaradi katerih prihaja do interakcije GxE. V raziskavo smo vključili eno redkih večjih rej kuncev. V enem okolju sta bili uhlevljeni dve liniji kuncev. Preučevali smo preživitveno sposobnost, ki je pri kuncih v določenih obdobjih zelo kočljiva. Od preživitvene sposobnosti mladičev je odvisna prireja mesa kot tudi uspešna odbira plemenskih živali za nadaljnjo rejo. Pri kuncih smo zraven lastnosti preživitvene sposobnosti gnezd spremljali tudi individualno rast mladičev. Prav tako smo prirast spremljali pri prašičih, bolj natančno, pri mladicah v testu. Vključili smo različne genotipe v različnih okoljih, okolja so predstavljale reje, v katerih so bile mladice testirane. Želeli smo preučiti, ali je smiselno plemenske živali določenih genotipov za pleme uporabljati tako v ugodnem kot tudi v manj ugodnem okolju. Za lastnosti rasti smo želeli oceniti morebitno prisotnost interakcije med genotipom in okoljem.

### 1.1 RAZISKOVALNE HIPOTEZE

V raziskavah bomo uporabili podatke, pridobljene s poskusom v nukleusu pri kuncih, ter podatke, pridobljene iz preizkusov prašičev. Naše hipoteze so:

- Pri lastnostih plodnosti imajo velik pomen maternalne lastnosti. Predvidevamo, da je preživitvena sposobnost mladičev pri materah z večjim številom seskov večja.
- Predvidevamo tudi, da imajo samice, odbrane iz manjših gnezd, boljše reprodukcijske rezultate.

- Preživitvena sposobnost mladičev je povezana s telesno maso mladičev oziroma z njihovo rastjo. Lažji mladiči imajo manjšo preživitveno sposobnost, kot jo imajo težji mladiči.
- Prav tako predvidevamo, da obstaja povezava med preživitveno sposobnostjo staršev in potomcev, kar nam pokažejo korelacije med lastnostmi.
- Pri mladicah v preizkusu pričakujemo, da je prisotna interakcija med genotipom in okoljem za lastnosti rasti in zamaščenosti. Za te lastnosti bomo izračunali reakcijske norme.

## 1.2 CILJI

Cilj naloge je doprinesti k razvoju znanosti tako, da preučimo in ovrednotimo genetsko ozadje za robustnost za lastnosti preživitvene sposobnosti pri kuncih ter rasti pri mladicah. Na podlagi okoljske spremenljivke bomo ovrednotili interakcijo med genotipom in okoljem. Za izračune bomo uporabili tudi reakcijske norme. S tem želimo prispevati k ohranjanju in trajnostni rabi genetskih virov. Prav tako bi radi nakazali možnosti, ki jih imamo za genetsko izboljšanje lastnosti ter genotipov.

V raziskavi bi radi pokazali, ali je smiselno različne genotipe živali uporabljati v različnih okoljih. Okolja bomo definirali na podlagi povprečne priteje. V primeru interakcije GxE so genotipi, ki so primerni samo za boljša okolja in jih v slabših okoljih ni smiselno uporabiti.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 ROBUSTNOST

Robustnost je pojem, ki se v živinoreji pojavlja vse pogosteje. Definicija robustnosti ni enostavna. Definicija vključuje tako sposobnost živali, da se prilagaja okolju, kot tudi zmožnost, da to sposobnost izrazi (Knap, 2005; Jorjani in sod., 2009). Sam pojem robustnosti se velikokrat omenja v povezavi z infekcijami, obolenjstvo, preobremenitvijo, kroničnim stresom in izgubami (Ellen in sod., 2009; ten Napel in sod., 2009). Žival lahko robustnost pridobi s selekcijo, z adaptacijo na okolje, z učenjem ter s pomočjo človeka, ki z živaljo primerno ravna ter ji nudi ustrezno pogoje namestitve. Prav tako ima robustna žival genetske zasnove (Knap, 2005; Knap in Wang, 2006), da se z izzivi spopade ter ostane v ravnotežju s svojim okoljem (ten Napel, 2005). Od robustne živali se pričakuje, da je manj občutljiva na bolezni in tako prej vzpostavi ravnotežje po stresnih situacijah v primerjavi z manj robustnimi živalmi (Ellen in sod., 2009).

V prašičereji je Knap (2005) robustne prašiče opredelil kot prašiče, ki združujejo visok proizvodni potencial pri odpornosti na zunanje stresorje v različnih okoljih. Med lastnosti, ki definirajo robustnost, je Knap (2005) vključil preživetje pujskov pred odstavljivijo, plodnost svinj ter pri pitancih izgube v času pitanja in pojav bolezni. Okolje pa je definirano na podlagi različnih faktorjev, vse od prieje do pojavnosti bolezni.

Jorjani in sod. (2009) so mnenja, da se pojem robustnosti uporablja na dva različna načina. Pojem robustnosti se za plemenske živali v literaturi uporablja v zvezi s statističnimi ocenjevanji in napovedjo plemenskih vrednosti. Med robustne živali se uvrščajo tiste, katerih ocena plemenske vrednosti za določeno lastnost ne odstopa od povprečja. Že nekaj časa pa se pojem robustne živali uporablja v povezavi s proizvodnjo, stresom in obolenjstvo. Robustne živali so torej tiste, ki so odporne na bolezni in imajo, v primeru bolezni ali stresa, konstantno priejo. Pri govedu se pojem robustnosti uporablja v obeh opisanih pomenih. Pri kravah molznicah so ten Napel in

sod. (2006) kot robustne opisali živali, ki ohranjajo ravnovesje pri dobri mlečnosti skozi čas tako, da prireja ob okoljskih spremembah ne pade.

Podobno definicijo robustnosti so za kokoši nesnice opisali Star in sod. (2008). Robustna žival je tista žival, ki lahko v različnih okoljih pokaže svoj genetski potencial. Ob tem so poudarili, da so ob tem pomembna tudi krajša obdobja nenesnosti.

Robustnost lahko proučujemo na različne načine (de Jong, 1995):

- kot interakcijo med genotipom in okoljem, ki jo prikazujemo z naključno regresijo
- kot genetsko komponento pri heterogenosti varianc za ostanek, ki opisuje občutljivost na okolje
- kot socialno komponento okolja med osebki, usmerjeno na tekmovalnost in izenačenost znotraj skupin
- kot odpornost na bolezni in druge oblike stresa.

Pri selekciji na robustnost je poudarjeno tako počutje živali, kot optimalna prireja v danem okolju, da bi s tem zagotovili trajnost ter učinkovitost prireje. Zelo pomemben cilj je povečanje produktivnosti s poudarkom na vitalnosti, zdravju, dolgoživosti in življenjski prireji. Selekcija na robustnost zahteva temeljito poznavanje izražanja genotipov v različnih okoljih, ki sta jih oblikovala narava ali človek (de Jong, 1995; de Jong in Bijma, 2002; Strandberg, 2009). V času prilagajanja na novo okolje žival potrebuje energijo in proteine, da se s težavami spoprime. Zaradi razkoraka med potrebami in danostmi v okolju pogosto prihaja do depresije zaradi adaptacije. Stabilno stanje ali homeostazo vzpostavijo živali, ki se odzovejo na neugodne izzive v okolju in se nanj prilagodijo. Na vzpostavitev homeostaze vpliva genotip živali, izkušnje in fiziološki status organizma.

Vsekakor je genotip predpogoj za prilagajanje živali okolju, vendar ne daje nobene garancije za uspešno prilagajanje živali okolju (Knap, 2005). Tiste živali, katere so genetsko odporne na stres in bolezni, imajo le nekoliko širši interval tolerantnosti. Rejec

lahko k temu pripomore s preprečevanjem ali omejevanjem okužb ter bolezni živali in nudenjem pomoči v primeru le-teh. Tehnologija reje vpliva na prilagajanje živali na štiri načine: preprečuje začasne motnje, dovoljuje živalim učenje z delom, dovoljuje živalim adaptacijo z zagotavljanjem pomoči in zaščiti pred nevarnostjo (Knap, 2005; de Jong in Bijma, 2002).

Pri robustnih genotipih je prireja v različnih okoljih konstantna. V različnih proizvodnih sistemih robustne živali niso najboljše (Kolmodin in sod., 2003). Za opis sprememb izražanja genotipov v različnih okoljih uporabljamo izraz plastičnost oziroma odzivnost (Standberg, 2005). Fenotipska odzivnost omogoča, da ima isti genotip v različnih okoljih drugačne fenotipske vrednosti. Odzivnost je genetsko pogojena, vendar jo opazujemo preko različnih lastnosti (obnašanja, fizioloških ali psiholoških faktorjev). Kot lastnost jo pojasnimo kot funkcijo lastnosti skozi okolja (de Jong, 1995). Razlike v odzivnosti pri posamezniku so posledica interakcije med genotipom in okoljem.

Boljše poznavanje proizvodnih sistemov ter njihovih učinkov na počutje živali, zdravstveni status in produktivnost nam pomagajo najti skladnost med pričakovano produktivnostjo in počutjem živali, kar lahko dosežemo z uravnavanjem reje. Selekcijo velikokrat vršimo v pogojih reje. V teh razmerah merimo smrtnost in obolenost, ki povzroča zmanjšanje prireje v prizadetih rejah. Pravimo, da so genotipi, ki kažejo veliko variabilnost v fenotipih v različnih okoljih, odzivni (de Jong in Bijma, 2002). Tisti, ki kažejo majhno variabilnost v različnih okoljih, so robustni. Pri robustnih genotipih je prireja konstantna in jo opisuje povprečna vrednost, medtem ko specializirani genotipi v zanje manj primernih sistemih kažejo poslabšano rejo. Vsekakor robustne živali niso najboljše v posameznih proizvodnih primerih.

Robustnost je težko meriti in ocenjevati. Merimo jo lahko posredno ali neposredno. Neposredna merjenja nam dajejo neposredne informacije o robustnosti živali. Takšna merjenja opravljamo direktno na živali. Tako lahko mednje uvrstimo preizkuse, s katerimi ugotavljamo stopnjo stresa, in direktne genske preizkuse, kjer zaznavamo na stres občutljive gene. Z metodo molekularne genetike je možno najti gen RyR1 (Fujii in sod., 1991). Pri nas so o metodi pisali Dovč (1992) in Šalehar in sod. (1994). Mutacija na genu RyR1 je ena od odgovornih za povečano občutljivost na stres oziroma za sindrom maligne hipertermije pri prašičih (Fujii in sod., 1991; Šalehar in sod., 1994;

Flisar in sod., 2004). V Sloveniji se genski preizkus na sindrom maligne hipertermije pri prašičih izvaja od leta 1994, ko je bil preizkus izveden na merjascih različnih genotipov: slovenski landrace linija 11, slovenski landrace linija 55, slovenski veliki beli prašič in pietrain (Flisar in sod., 2004). Najbolj občutljivi na stres so recesivni homozigoti PP (Fujii in sod., 1991). Mutirana alela P je najpogosteša pri pasmi pietrain, najodpornejši pa sta maternalni pasmi slovenska landrace linija 11 ter slovenski veliki beli prašič. Sicer se je frekvenca alela P z leti precej zmanjšala (Flisar in sod., 2004). V zadnjih letih se za posamezne genotipe alela pri preverjenih živalih sploh ni več pojavila.

Med neposredna merjenja robustnosti lahko uvrstimo tudi koncentracijo kortizola v krvni plazmi, slini ali urinu. Pri prašičih je kortizol eden od pokazateljev kroničnega stresa (Manser, 1992; Siard, 1998; Mormède in sod., 2011). Razlike v koncentracijah kortizola so med prašiči velike in nanje vplivajo spol, pasma in predhodne izkušnje (Manser, 1992). Koncentracija kortizola se lahko ob stresnem dejavniku poveča tudi do 50 % in ostane povisana tudi do nekaj tednov. Koncentracija kortizola bi lahko bila pokazatelj robustnosti (Mormède in sod., 2011).

Lahko pa robustnost izražamo tudi na posredna načina (Knap, 2005). Robustnost lahko izražamo kot: izgube oziroma smrtnost, kakovost nog, potek rasti, dolgoživost in življenjsko pritejo ter odpornost na bolezni in stres. S pomočjo reakcijskih norm pa lahko ovrednotimo proizvodne lastnosti v različnih okoljih (de Jong, 1995).

### 2.1.1 Interakcija genotip okolje

Genotipska vrednost (G) pa je vsota povprečnih učinkov alelov. Okolje (E) pa so vsi negenetski vplivi, ki doprinesejo k oblikovanju fenotipske vrednosti (P; Falconer in Mackay, 1996).

$$P=G+E \quad \dots(1)$$

Interakcija genotip okolje obstaja, kadar se fenotipi istega genotipa razlikujejo med okolji (Falconer 1952; Hohenboken, 1986). Kadar so razlike med genotipi v enem okolju večje kot v drugem okolju, prihaja do prerangiranja živali (Falconer, 1989). To je posledica različnega vpliva okolja na različne genotipe. Tako lahko trdimo, da na

lastnost vplivajo genotip, okolje ter interakcija med njima. Statistično lahko interakcijo med genotipom in okoljem vključimo v enačbo za fenotipsko varianco ( $\sigma_P^2$ ):

$$\sigma_P^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2 + 2\sigma_{GE} + \sigma_{GE}^2 \quad \dots(2)$$

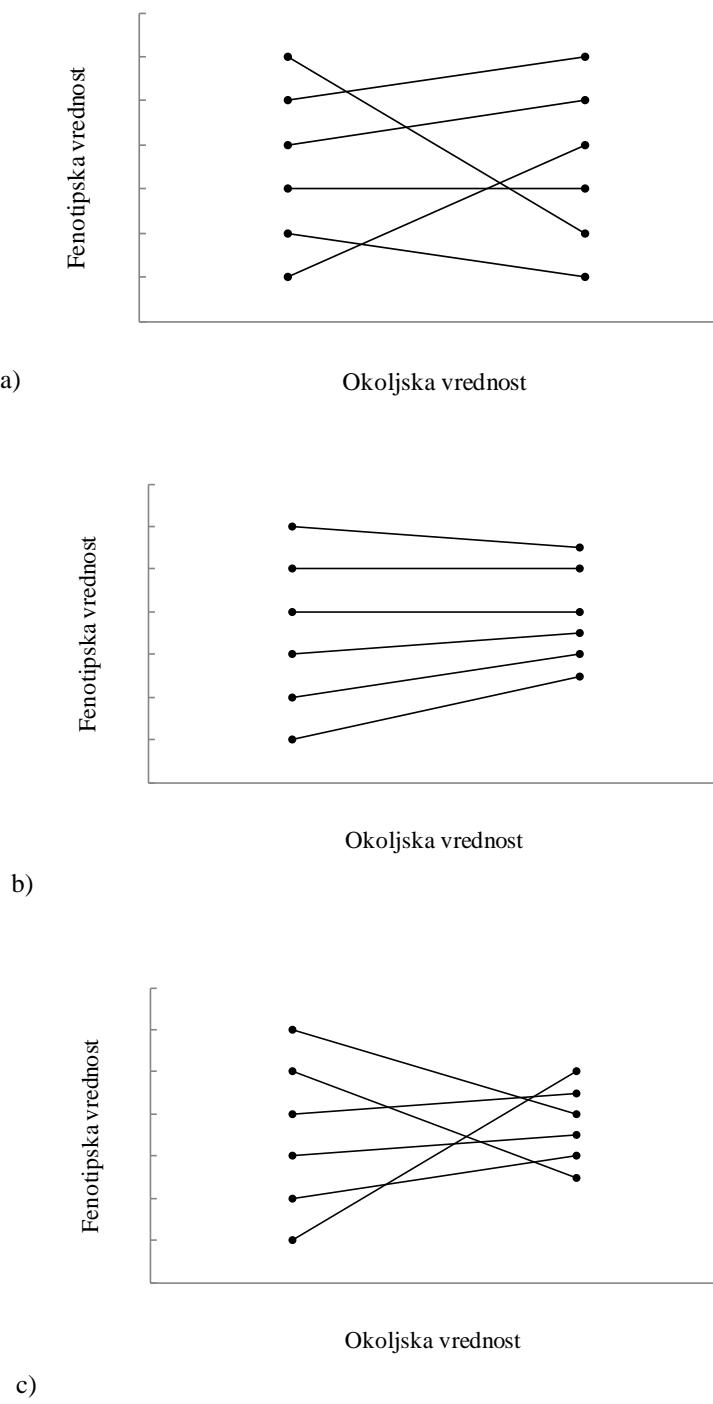
kjer  $\sigma_G^2$  predstavlja genetsko varianco,  $\sigma_E^2$  je varianca okolja,  $2\sigma_{GE}$  je kovarianca med genotipom in okoljem ter  $\sigma_{GE}^2$  predstavlja varianco za interakcijo med genotipom in okoljem (Falconer in Mackay, 1996). Varianca za interakcijo med genotipom in okoljem je pomembna, kadar ocenujemo dednostne deleže za posamezne lastnosti. Kadar je varianca za interakcijo med genotipom in okoljem visoka, se bo to izrazilo v nižji heritabiliteti za lastnost (Kang, 2002). Vpliv interakcije med genotipom in okoljem lahko preverimo tudi z genetsko korelacijo za lastnosti v različnih okoljih (Falconer in Mackay, 1996). Kadar je ta genetska korelacija majhna, ima lastnost različno genetsko osnovo v dveh okoljih. To pomeni, da je lastnost kontrolirana z drugimi geni (Falconer, 1952). Prisotnost interakcije GxE lahko pričakujemo pri genetski korelacji manjši od ena. Robertson (1959) prisotnost interakcije GxE kaže genetska korelacija, ki je manjša od 0,80. Nekoliko nižji prag so zagovarjali Mulder in sod. (2006), ki priporočajo, da je genetska korelacija nižja od 0,61, da so različna okolja enako pomembna. Genetska korelacija, ki je nižja od 0,80 (Robertson, 1959) oziroma 0,61 (Mulder in sod., 2006), bi naj predstavljala prag, pri katerem so potrebni ločeni rejski programi za posamezno okolje.

Pri interakciji med genotipom in okoljem ima velik pomen izbira okoljske spremenljivke (de Jong, 1995). Okolja, v katerih so živali, in ki se med seboj razlikujejo, lahko opišemo na podlagi dejavnikov, kot so temperatura, lokacija, čas, sistem reje, tehnologija reje itd. Eden pomembnejših faktorjev pri klasifikaciji okolja je obseg pritege v čredi (Haskell in sod., 2007). Med čredami lahko prihaja do velik razlik v priteji. Ti podatki so velikokrat dosegljivi v sklopu sistema izvajanja kontrole priteje. Prav tako je reja boljša izbira za opis okolja, kot je širši pojem države ali regije.

Interakcijo med genotipom in okoljem lahko klasificiramo na podlagi razlik med genotipi in na podlagi razlik med okolji (Hohenboken, 1986). Tako so lahko razlike med genotipi majhne ali velike. Enako velja za okolja. Pri majhnih razlikah med okolji

ter velikih ali majhnih razlikah med genotipi so interakcije možne in pa tudi verjetne. Do velikih razlik med okolji pa prihaja predvsem v poskusih, ki so pomembni predvsem iz vidika ekonomičnosti. Kadar so razlike med genotipi majhne, med okolji pa velike, napoved plemenske vrednosti za živali variira na podlagi okolja, v katerem je bil poskus izveden. Pri velikih razlikah med genotipi in okolji pa je napovedana plemenska vrednost odvisna od okolja, v katerem živali dejansko so. Pri tem ocenimo zmožnost prilagajanja živali na okolje. Moramo pa vedeti, da je pri napovedi plemenske vrednosti pomembno to, da so živali preizkušene v takšnih okoljih, v kakršnih bodo dejansko uporabljeni oziroma rejene.

V primerih, kjer so razlike med okolji velike, prihaja do prerangiranj (Falconer, 1952). Nihanje ali scaling se pojavlja, kadar so razlike v enem okolju večje kot v drugem, sama razvrstitev genotipov pa se ne spremeni. Do prerangiranja pride, ko je razvrstitev genotipa v različnih okoljih različna (slika 1). Za lažje razumevanje lahko primerjamo slike, kjer so za živali na sliki 1a prerangirana med okolji, vendar pri lastnosti med okolji ni varianc (Bowman, 1972). Na sliki 1b ni prerangiranja živali med okolji, a obstaja varianca za lastnost. V tem primeru je lepo vidno, da je najboljša žival v prvem okolju najboljša tudi v drugem. Enako velja za najslabšo žival. Velikokrat pa se srečamo s prerangiranjimi za živali med posameznimi okolji in hkrati prihaja do spremembe v varianci za lastnost, kot je prikazano na sliki 1c.



Slika 1: Interakcija GxE a) spremembe v rangu, brez sprememb v varianci; b) brez sprememb v rangu, spremembe v variacni, c) spremembe v rangu in varianci (Bowman, 1972)

Figure 1: GxE interaction a) change in rang order, no change in variance, b) no change in rang order, change in variance, c) change in rang order and variance (Bowman, 1972)

Interakcijo med genotipom in okoljem so ocenjevali že za različne lastnosti. Merks (1989) je interakcijo med genotipom in okoljem potrdil za debelino hrbtne slanine. Primerjali so živali, ki so bile preizkušene v različnih okoljih oziroma pogojih reje. Genetsko korelacijo za lastnost so računali med spoloma in zaključili, da tako pogoji reje kot tudi spol živali vpliva na interakcijo GxE. O interakciji med genotipom in okoljem za različne genotipe in spol sta poročala Bidanel in Ducos (1996). Avtorja sta ocenila genetske korelacije za lastnosti rasti pri prašičih na testnih postajah in kmetijah. Interakcija GxE se je pokazala za debelino hrbtne slanine. Podobno raziskavo so v Sloveniji naredili Malovrh in sod. (1999). Živali so bile uhlevljene v različnih okoljih. Interakcijo med genotipom in okoljem so ocenjevali za dva spola. Interakcija je bila pri slovenskih prašičih prisotna pri dnevnom prirastu za merjasce in mladice pasme slovenski veliki prašič (Malovrh in sod., 1999).

Prisotnost interakcije med genotipom in okoljem za klavne lastnosti in lastnosti rasti so ugotovili različni avtorji pri prašičih, uhlevljenih ali v konvencionalnih ali v ekoloških rejah (Wallenbeck in sod., 2009; Brandt in sod., 2010). Prašiči različnih genotipov so različno rastli v različnih okoljih. Avtorji so za ekološke reje priporočili nekoliko starejše genotipe in hibride. V poskusu na Švedskem so avtorji navedli tudi prerangiranja nekaterih očetov med konvencionalnim in ekološkim okoljem, kar kaže na interakcijo med genotipom in okoljem (Wallenbeck in sod., 2009).

Pri govedu je za preučevanje interakcije GxE nekaj avtor kot okoljsko spremenljivko vzelo temperaturo okolja. Pri govedu mesnih pasem so Azzam in sod. (1989), Sprott in sod. (2001) ter Amundson in sod. (2006) pri raziskavah ugotovili prisotnost interakcije GxE. Pri kravah v toplejšem okolju je bil delež brejih krav nižji. V okolju, kjer je bil za živali temperaturni stres, je bila temperatura v povprečju  $32,2^{\circ}\text{C}$ . Prav tako je bilo dokazano, da na brejost vplivajo reja (Montana, Florida), linija ter interakcija med krajem in linijo (Koger in sod., 1979). Prav tako je bila interakcija GxE prisotna v raziskavah, kjer je avtorje zanimal vpliv letnega časa na plodnost krav. Prišlo je do razlik med pomladjo in jesenjo (Bolton in sod., 1987), kar lahko prav tako povežemo s temperaturno razliko. V tej raziskavi so krave, rojene jeseni, spolno zrelost dosegle pri telesni masi  $256 \pm 6$  kg v primerjavi s kravami, rojenimi pomladni, ki so spolno zrelost dosegle pri telesni masi  $296 \pm 5$  kg.

Podobno so interakcijo GxE za reprodukcijske lastnosti preučevali tudi pri kravah molznicah. Preučevali so predvsem razlike v sistemih reje. Živali, ki so imele v sistemu reje ventilator, ki je temperaturo v prostoru znižal, so imele višji delež brejosti, kot živali, ki so bile v neohlajenih pogojih (Wolfenson in sod., 1988). Obratni poskus so opravili Chebel in sod. (2007), kjer so živali izpostavili nižjim temperaturam, kot je to za njih optimalno. Rezultat je bil isti, kot pri izpostavitvi živali visokim temperaturam. Tako so molznice, izpostavljeni nizkim temperaturam, imele za 16 % nižji delež brejosti.

Pri govedu so interakcijo GxE preučevali tako pri mesnih kot tudi pri mlečnih pasmah. Tako so razliko med različnimi genotipi in križanci, ki so bili v različnih okoljih, ocenjevali že Burns in sod. (1979) in Northcutt in sod. (1990). Teleta križancev so bila ob telitvi težja v primerjavi s čistopasemskimi teleti (Northcutt in sod., 1990). Pri odstavitevni masi so isti avtorji poročali o vplivu interakcije med genotipom očeta in okoljem. So pa čistopasemske živali tudi ob odstavitev bile lažje od križancev. Za razliko od že omenjenih študij avtorji Tess in sod. (1984) niso dokazali vpliva interakcije med očetom in okoljem na rojstno in odstavitevno maso ter dnevni prirast.

Pri kravah molznicah je velik pomen na lastnostih mlečnosti. Zato ni nič presenetljivega, da je bilo narejenih kar nekaj raziskav o vplivu interakcije GxE na lastnosti mlečnosti. Zwald in sod. (2003) so primerjali očete holštajn pasme med okolji, ki so kot posledica osemenjevanja, predstavljali kar različne države iz vsega Sveta. Pri analizi je bila glavna razlika med posameznimi državami povprečna temperatura. Tako je ločil hladne in tople klimate. Različni avtorji (Ceron-Munoz in sod., 2004a; Cienfuegos-Rivas in sod., 2006) so izračunali tako pozitivne kot tudi negativne genetske korelacije med živalmi v posameznih državah.

Za lastnosti mlečnosti je bila interakcija GxE prisotna tudi pri populaciji črno-bele, rjave in lisaste pasme v Sloveniji (Logar in sod., 2007; Logar, 2016). V raziskavi so preučevali razlike v lastnostih mlečnosti med slabim in dobrim okoljem, ki so ga definirali kot letna povprečja v čredi. Kljub majhnosti populacije so ugotovili, da prihaja so prerangiranja živali med okolji.

Pri perutnina so interakcija GxE preučevali Leenstra in Cahaner (1991) ter Deeb in Cahaner (2001). Okolje so definirali na podlagi temperature, normalno okolje z optimalnimi pogoji ter okolje z znižano oziroma povišano temperaturo. Živali v hladnejšem okolju so počasneje rasle, a imele so večji delež proteinov v mesu (Leenstra in Cahaner, 1991). Prav tako so, zaradi manjšega zauživanja krme, počasneje rasli brojlerji, ki so bili v toplejšem okolju in ob koncu posledično dosegli tudi manjšo telesno maso (Deeb in Cahaner, 2001). Podobna raziskava je bila narejena za različne genotipe piščancev v dveh načinih reje v tropskem podnebju. Živali vseh genotipov so v ekstenzivnih pogojih reje rasle počasneje in bile ob koncu poskusa tudi lažje. Živali iz intenzivnih rej so imele boljšo klavnost, težji klavni trup, manjši delež črevesja in vsebine želodca ter trebušne maščobe (Ali in sod., 2000).

Pri ovkah so interakcijo med genotipom in okoljem proučevali za dva genotipa v dveh okoljih (Carte in sod., 1971). Interakcija je bila v primeru deleža jagnjitev ovc, masi jagnjet tako od jagnjitvi kot ob odstavitevi ter v dolžini brejosti. Interakcijo med genotipom in okoljem so za maso jagnjet ob odstavitevi zaznali tudi Steinheim in sod. (2008). Pri jagnjetih, pri katerih so spremljali rast, je bila interakcija GxE prisotna za telesno maso ter tudi za delež izmerjene maščobe (Bishop in sod., 1996).

### 2.1.2 Reakcijske norme

Izraz 'Reaktionsnorm' je leta 1909 uporabil Richard Woltereck, ki je preučeval vodne rakce (cit. po Sarkar, 1999). Woltereck je preučeval morfološke lastnosti klonov vodnih rakcev v različnih nemških jezerih. Na podlagi meritev fenotipskih vrednosti je narisal krivulje, poimenovane 'Reaktionsnorm'. Krivulje so se med okolji razlikovale.

Sposobnost posameznika, da se spremembam v okolju prilagodi, imenujemo odzivnost ali okolska občutljivost (Strandberg, 2009). Občutljivost je lahko v živinoreji pozitivna ali negativna. Visoka stopnja okolske občutljivosti je dobrdošla predvsem kadar pričakujemo izboljšanje okolja (Bytyqi in sod., 2007). Na podlagi odzivnosti pa lahko organizme ločimo na specialiste in generaliste. Reakcijske norme so način, s katerim merimo okoljsko občutljivost (de Jong, 1995; Falconer and Mackay, 1996). Reakcijske norme so zanimive predvsem z vidika, da lahko interakcijo med genotipom in okoljem računamo za veliko število različnih okolij z majhnim številom opazovanj (Falconer in

Mackay, 1996). Model za reakcijske norme je primeren za lastnosti, pri katerih pričakujemo, da se med okolji razlikujejo (Kolmodin in sod., 2003; Su in sod., 2006). Reakcijske norme opišejo fenotip posameznika kot funkcijo odziva na okolje (Kolmodin, 2003). Kakovost okolja, v katerem žival biva, pa opišemo z okoljsko spremenljivko. Tako je reakcijska norma način, s katerim prikažemo interakcijo med organizmom in okoljem. Pri linearnih reakcijskih normah so spremembe fenotipa skozi različna okolja premosorazmerne s spremembam v okolju (Gibert in sod., 1998). Pri kvadratnih reakcijskih normah je sprememba fenotipa v ekstremih okoljih (pri minimumu in maksimumu) majhna ali skoraj nič. Giber in sod. (1998) so navedli še tretjo obliko reakcijske norme, sigmoidalno ali poimenovano tudi logično, kjer je odzivnost največja v prevojni točki krivulje. Model reakcijske norme je primeren za lastnosti (npr. lastnosti preživitvene sposobnosti, dolgoživosti, življenske prieje in rasti), ki se skozi različna okolja spreminja (Kolmodin, 2003; Su in sod., 2006). Ker je ena izmed definicij za robustnost tudi okoljska občutljivost (Strandberg, 2009), lahko z reakcijskimi normami ocenimo interakcijo GxE.

Reakcijske norme računamo s tako imenovano naključno regresijo. Metodo je za opis rastne krivulje pri človeku uporabil že Henderson (1982). Na področju evolucijske biologije pa so jo kasneje uporabili Kirkpatrick in Heckman (1989) ter Kirkpatrick in sod. (1990). Modeli z naključno regresijo so postali aktualni ob razvoju računalnikov z večjo zmogljivostjo, saj ta model vključuje dva niza regresijskih koeficientov (sistemske in naključne). Naključni vplivi opisujejo naključne okoljske in genetske komponente. Za metodo reakcijske norme, kjer nas zanima, ali obstaja interakcija GxE, moramo ovrednotiti okolje, v katerem živali so (Kolmodin in sod., 2003; Schaeffer, 2004). Okolje je potrebno ovrednotiti na kontinuirani skali, saj je metoda primerna tudi za analizo ponavljajočih meritev na živalih, ki so v prostorskem ali časovnem sosledju. V analize, kjer uporabljam model reakcijskih norm z naključno regresijo, je možno vključiti heterogene variance ostankov. Le-to pa je nujno pri reakcijskih normah, ki jih uporabljam za model očetov (Lillehammer in sod., 2009). Kadar v model z reakcijsko normo vključimo homogene variance za ostanek, je varianca ostanaka ocenjena le za povprečno okolje (Shariati in sod., 2007). Interakcijo med genotipom in okoljem za lastnosti mlečnosti krav so z reakcijskimi normami ocenili Kolmodin in sod. (2003), za

ovce Pollott in Greeff (2004), za svinje Hermesch in sod. (2006) ter Knap in Su (2008) in za perutnino Star in sod. (2008).

Spreminjanje rasti glede na okolje, ki je bilo definirano s količino zaužite krme živali, so preučevali Hermesch in sod. (2006). Uporabili so model z reakcijskimi normami in za debelino hrbtne slanine niso ugotovili interakcije z okoljem. Z reakcijskimi normami sta Knap in Su (2008) ocenila interakcijo med genotipom in okoljem za velikost gnezda pri prašičih. V tej raziskavi so bile vključene svinje dveh genotipov, ki so bile uhlevljene na različnih celinah (Evropa, Azija, Avstralija in Latinska Amerika). Pojavljala so se prerangiranja živali med okolji. Prerangiranj je bilo manj, ko se je količina podatkov povečevala.

Za različne pasme prašičev in različnih čred so reakcijske norme za lastnosti rasti ocenjevali tudi v Avstraliji (Li in Hermesch, 2012). Avtorja sta okolje dejavnirali na podlagi povprečne prireje v čredi. V analizo so zajeli očete, za katere so imeli podatke za vsaj 50 oziroma 100 potomcev. Potrdili so interakcijo GxE s pomočjo modelov z naključno regresijo za rast. Za lastnost rasti je prihajalo do prerangiranja očetov med okolji. Manj izrazito je bilo prerangiranje za debelino hrbtne slanine.

Reakcijske norme so uporabljali tudi za izražanje interakcije med genotipom in okoljem pri govedu, predvsem za lastnosti mlečnosti. Tako so Kolmodin in sod. (2003) v študijo zajeli skoraj milijon zapisov za mlade bike pasme skandinavska rdeča. Okolje je bilo definirano kot interakcija med državo, čredo in letom. Rezultati so pokazali, da obstajajo razlike za lastnosti med okolji ter da prihaja do prerangiranj bikov med posameznimi okolji. Shariati in sod. (2007) so ocenili interakcijo genotip okolje za lastnosti mlečnosti pri holštanjski pasmi krav. Vpliv interakcije je bil večji za količino maščobe v mleku kot za količino beljakovin v mleku. Podobna študija je bila narejena tudi na holštanjskih molznicah v Sloveniji (Logar in sod., 2007). Reakcijske norme so računali za lastnosti vsebnosti beljakovin in maščob v mleku. Avtorji so opazili prerangiranja očetov, predvsem v revnem okolju. Prav tako so za vsebnost beljakovin in maščob v mleku pri holštanjskih kravah z reakcijskimi normami razlike med okolji računali Mendez-Buxadera in sod. (2013). Za lastnosti rasti je reakcijske norme pri angus bikih v Ameriki ocenil Maricle (2008). Reakcijske norme je ocenjeval za rojstno

in odstavitevno maso ter telesno maso pri starosti eno leto. S pomočjo reakcijskih norm so tudi v tej študiji ugotovili, da prihaja do razlik pri bikih v različnih okoljih.

Pri vinski mušici so v različnih okoljih, ki so se razlikovala po temperaturi, preučevali velikost ovarijev (Delpuech in sod., 1995), rast (Karan in sod., 1998) in pigmentacijo (Gibert in sod., 1998). Gibert in sod. (1998) so pigmentacijo telesa preučevali z linearimi, kvadratnimi in sigmoidalnimi reakcijskimi normami. Za lastnost velikost ovarija v različnih okoljih je bila najboljša kvadratna reakcijska norma. Karan in sod. (1998) so za rast narisali reakcijske krivulje, ki so lepo kazale, da je rast odvisna od temperature. Največjo telesno maso so imele vinske mušice, ki so bile v okolju s temperaturo 14 do 17 °C. Najlažje pa so bile živali, ki so bile v okolju s temperaturo, višjo od 30 °C.

### **2.1.3 Metode vrednotenja**

Najbolj enostavno vrednotenje interakcije GxE je po modelu, ki ga je zapisal Falconer (1966), kjer vsota genotipske vrednosti (G) in vrednosti okolja (E) predstavlja fenotipsko vrednost (P). Razširjen model vsebuje še interakcijo med genotipom in okoljem (GxE). Interakcijo v model vključimo, kadar predpostavljamo, da so okolja različna ter da jih lahko med seboj enostavno ločimo. V takšnih primerih interakcije največkrat predstavljajo sistem reje, čreda ali lokacija, ki je geografsko pogojena.

Eno izmed metod je opisal tudi Westcott (1986). Linearno regresijo in parametre stabilnosti (stability parameters) je opisal kot enostavno metodo, ki so jo kot prvo uporabili pri analizi interakcije med genotipom in okoljem. To metodo so različni avtorji uporabljali za ocenjevanje razlike med rezultati genotipa in pričakovanimi rezultati v določenem okolju. Z enostavno linearno regresijo so pojasnili odziv genotipa na določeno okolje. Analiza z razvrščanjem v skupine (cluster analysis) že sama pove, da se združujejo enote v čim bolj homogene skupine. Pri razvrščanju v te skupine pa se največkrat uporabi kar povprečje vseh meritev. To analizo uporablja različno, saj sama statistika omogoča različne pristope. Analizo glavnih komponent (principal components analysis) so različni avtorji uporabili pri modelih, kjer so imeli enak pristop kot pri analizi z linearno regresijo. Pri tej metodi je vsota kvadratov za regresijski koeficient enaka prvi glavni komponenti odziva posameznega genotipa. Med metodami

je Westcott (1986) opisal tudi analizo okoljskih spremenljivk. Pri tej metodi je težava v tem, da so okoljske spremenljivke zelo redko ocenljive. Kadar vključujemo veliko vplivov, avtorji predlagajo analizo multiple regresije. Geometrične metode so se avtorji posluževali, kadar so genotipe ali okolja želeli grafično prikazati. Pri tem so bili podobni genotipi ali podobna okolja na sliki prikazana skupaj, medtem ko so bili različni genotipi ali različna okolja na grafu eden od drugega oddaljeni. Tako kot grafične metode so se raziskovalci pri interakciji med genotipom in okoljem redko posluževali stohastične metode, kjer so uporabljali statistične programe, ki so bili v tistem času v razvoju.

Za enostavno oceno interakcije med genotipom in okoljem avtorji priporočajo primerjavo komponent varianc. Poudarjajo tudi, da so primernejši večlastnostni modeli, s katerimi pridobimo informacije o genetskih korelacijah. Vsekakor pa so naklonjeni modelom z naključno regresijo, saj je vpliv okolja naključen (Schaeffer, 2004; de Jong in Bijma, 2002). Modeli z naključno regresijo so primerni, kadar se podatki beležijo večkrat v določeni dobi. Enostavna enačba za naključno regresijo za eno lastnost je:

$$y_{ijknt} = F_i + g(t)_j + r(a, x, m1)_k + r(pe, x, m2)_k + e_{ijknt} \quad \dots(3)$$

kjer  $y_{ijknt}$  predstavlja opazovanje oziroma lastnost,  $F_i$  je sistematski vpliv,  $g(t)_j$  je funkcija, ki predstavlja fenotipsko vrednost za povprečje lastnosti v določeni skupini  $j$ ,  $r(a, x, m1)_k$  je funkcija za naključno regresijo, kjer je  $a$  aditivni genetski vpliv,  $x$  vektor kovarianc za čas ter  $m1$  smer za regresijsko funkcijo. Regresija za skupno okolje v gnezdu je označena z  $r(pe, x, m2)_k$  ter ostanek z  $e_{ijknt}$ .

Model z naključno regresijo so raziskovalci uporabili že pri analizah mlečnosti pri kravah, kot tudi za lastnosti rasti, preživitvene sposobnosti, lastnosti plodnosti in za oceno interakcije med genotipom in okoljem (Schaeffer, 2004). Modeli z naključno regresijo so pomembni za prikazovanje interakcije med genotipom in okoljem zaradi prikaza odzivnosti genotipa na različna okolja v obliki funkcij (Su in sod., 2009). Pri tej metodi z naključno regresijo oziroma reakcijskimi normami je okoljska spremenljivka ocenljiva in kvantitativna. Prav tako lahko s to metodo zajamemo veliko število okolji z nekoliko manj podatki znotraj njih. Pri tem moramo paziti, da okolje definiramo z

drugimi spremenljivkami in ne tistimi, ki jih uporabljamо kot spremenljivke v modelu. Naključno regresijo sta pri modeliranju genetskih vplivov v različnih okoljih uporabila Kirkpatrick in Heckman (1989). Avtorja sta z reakcijsko normo prikazala interakcijo med organizmom in okoljem in pri tem poudarila, da šele ko se okolje spremeni, pride do izraza okoljska občutljivost. Kadar se dela z večlastnostnimi modeli, pa se moramo zavedati, da smo omejeni na določeno število okolij, saj rezultati selekcije niso uporabni v več kot treh okoljih (De Jong in Bijma, 2002).

Kot indikator interakcije GxE lahko uporabimo tudi genetsko korelacijo (Robertson, 1959). Kadar je le-ta ocenjena na ena, interakcije ni. Je pa interakcija GxE prisotna, kadar je genetska korelacija nižja od ena (Falconer, 1952). Nekoliko točnejšo mejo, 0,8, je postavil Robertson (1959). Paziti pa moramo, da ob uporabi neustrezne metode korelacij ne podcenimo. Vsekakor je okoljska spremenljivka tista, ki v največji meri vpliva na izbor metode za analizo.

## 2.2 PREŽIVITVENA SPOSOBNOST

Preživitvena sposobnost je pomembna tako z vidika počutja živali kot iz ekonomike gospodarstva. Preživitvena sposobnost po rojstvu je definirana kot preživetje popolnoma razvitih mladičev, optimistični cilj pa je 100 % preživetje vseh živorojenih mladičev (Knol in sod., 2002). Preživetje lahko ocenujemo na podlagi verjetnosti preživetja posameznika, na podlagi števila preživelih ali na podlagi izgub.

O izgubah pri kuncih so pisali že Whitney in sod. (1976). Vzroke za izgube v času po odstavitevi so klasificirali in razdelili v skupine: mrtvorjeni, zanemarjeni in izčrpani, pogin zaradi neustreznih pogojev ali prestavljanja, pljučnica, ostali vzroki ter neopredeljeno. Največ je bilo mrtvorjenih, sledili so pogini, katerih vzroka niso mogli določiti ter pogini zaradi prestavljanja oziroma neustreznih pogojev. Že v tistem času so predlagali odbiro samic z dobrimi maternalnimi lastnostmi. Pri prašičih so med prvimi o preživitveni sposobnosti pisali Bereskin in sod. (1973), ki so v analizo zajeli podatke farm, kjer so izvajali preizkus živali. Vključili so vsa gnezda, kjer je bil vsaj en živorjeni pujsek v gnezdu. Dolžina laktacije in starost pujskov ob kastraciji sta bili v povprečju 56 dni.

Opravljene so tudi raziskave na področju selekcije, dolgoživosti ter preživitvene sposobnosti kuncev (Piles in sod., 2009). V študijo so vključili 130 kmetij v Španiji. Piles in sod. (2009) so komponente varianc ocenili trem linijam kuncev, ki so bile selekcionirane na velikost gnezda ob odstavitvi. Povprečno je bilo izločenih 9,3 %. Poginilo je 3,4 % kunk, ostale so bile izločene na podlagi slabih rezultatov, nebrejosti ali bolezni.

Ocene heritabilitet za preživitveno sposobnost so ocnjene nizko, v povprečju okoli 0,04. Selekcija pa je mogoča predvsem zaradi genetske variance in korelacije med preživitveno sposobnostjo in drugimi lastnostmi (Knol in sod., 2002). Povezava obstaja med velikostjo gnezda, dolžino laktacije, rastjo ter pri prašičih tudi debelino hrbtnne slanine. Prav tako preživitveno sposobnost povezujejo z variabilnostmi v telesni masi mladičev. Selekcija na preživitveno sposobnost vodi do zmanjšane variabilnosti v rojstni masi mladičev.

### **2.2.1 Vpliv velikosti gnezda in rojstne mase**

Preživitvena sposobnost je povezana z več faktorji. Zaradi selekcije, ki je povečala velikost gnezd tako pri prašičih kot pri kuncih, se je posledično povečala tudi mortaliteta ali smrtnost (Bereskin in sod. 1973; Johnson in sod., 1999; Knol in sod., 2002; Garreau in sod., 2008). Večje kot je gnezdo, manjše so rojstne mase mladičev in smrtnost manjših živali je večja. Knol (2001) je objavil rezultate raziskave, kjer je bila genetska korelacija med rojstno maso in smrtnostjo ocnjena na 0,34. Grandison in sod. (2000) so genetsko korelacijsko za povprečno rojstno maso gnezda in povprečne izgube ocenili na 0,25. Avtorji so poudarili, da so razlike v smrtnosti med živalmi, ki se gentsko ločijo po telesni masi (Knol in sod. 2002). Težje živali imajo večjo preživitveno sposobnost kot drugi, lažji sovrstniki v istem gnezdu. Knol in sod. (2002) so opozorili, da bi bilo za zmanjšanje izgub potrebno zmanjšati variabilnost v telesni masi živali. Z zmanjšanjem variabilnosti v telesni masi mladičev pa ni pričakovati, da bodo v gnezdu sami težki oziroma sami lahki, temveč povprečni mladiči. Manjše, šibke živali so obolenjem bolj podvržene in lahko okužijo tudi preostale živali v gnezdu (Poigner in sod. 2000; Garreau in sod., 2008).

### 2.2.2 Vpliv matere

Na preživitveno sposobnost v veliki meri vpliva tudi biološka mati in mačeha, v kolikor so živali po rojstvu prestavili (Rashwan in Marai, 2000; Knol in sod., 2002). Pri maternalnih lastnostih je potrebno poudariti tako fiziološke lastnosti mater (količino in kakovost mleka) kot tudi obnašanje matere ter njeno agresijo in poleganje.

Maternalne vplive pri divjih kuncih, uhlevljenih v kletkah, je preučeval González-Redondo (2010), ki je potrdil, da imajo kunke v prvi laktaciji večje izgube kot kunke v višjih laktacijah. Rashwan in Marai (2000) sta navedla, da se je mortaliteta večala vse do tretje zaporedne kotitve in nato padala do osme. Pri čistopasemskih pujskih in pri križancih je bilo najmanj izgub v drugi zaporedni prasitvi (Cecchinato in sod., 2010). Najmanjšo verjetnost preživetja so imeli pujski v šesti in višji zaporedni kotitvi matere.

Število mrtvorojenih je najpogostejsa lastnost, ki jo povezujemo z izgubami do kotitve (Knol in sod., 2002). V tem primeru imajo velik vpliv fiziološke lastnosti matere, kot je na primer dolžina popkovine ali velikost maternice. Mati ima velik vpliv tudi na izgube pred odstavljivijo (Knol in sod., 2002). Na izgube močno vpliva starost matere ob kotitvi. Tako so pri kuncih minimalne izgube, kadar so kunke ob pripustu stare med 15 in 20 tednov, čeprav jih pripuščati pričnejo že pri starosti med 10 in 12 tednov (Lebas in Coudert, 1986). Na splošno pa imajo najboljše reprodukcijske lastnosti v povprečju pri 4. zaporedni kotitvi.

Mlečnost matere je zelo pomembna predvsem zaradi post-natalne rasti mladičev. Količina in kakovost mleka je za mladiče takoj po rojstvu zelo pomembna zaradi njihove rasti in odpornosti (Lebas in Coudert, 1986; Rashwan in Marai, 2000). V različnih raziskavah so potrdili, da je za smrt mladiča velikokrat kriva nezadostna količina mleka (Schlolaut, 1980; Khalil, 1993).

### 2.2.3 Vpliv menedžmenta reje

Pred odstavljivijo prestavljanje mladičev tik pred ali takoj po kotitvi povzroči, da mati svoje mladiče zavrže ali jih celo požre (Lebas in Coudert, 1986). Tako je potrebno imeti živali pravilno uhlevljene, imeti pa morajo tudi možnost izražanja vrsti specifičnega obnašanja. To pomeni, da je potrebno kunkam omogočiti gnezditve. Isto velja za svinje.

Gnezdenje naj bo omogočeno v mirnejšem okolju, kjer se živali ne bodo vznemirjale. Sama klima in predvsem temperatura pa je eden izmed dejavnikov, za katerega moramo dobro poskrbeti. Mladiči katere koli vrste živali potrebujejo okolje z nekoliko višjo temperaturo zaradi nekoliko slabše sposobnosti reguliranja telesne temperature. Prehladno okolje je lahko vzrok visokega deleža izgub mladičev, predvsem hitro po rojstvu.

Velik pomen ima tudi način reje živali. Pri prašičih so lahko svinje ukleščene, kar zmanjšuje izgube zaradi poležavanja (Alonso-Spilsbury in sod., 2007; Andersen in sod., 2007; Weber in sod., 2009). Andersen in sod. (2007) so ugotovili tudi, da je v primerih, kjer so breje svinje pred porodom na nastilu, manj izgub. Prav tako so izgube manjše, kjer rejci pomagajo pujskom, da pridejo do kolostruma. Pri kuncih pa so v raziskavi pri kuncih pasme beli novozelandec ugotovili, da je po odstavitevi manj izgub pri uhlevitvi v kletkah kot pri kuncih, ki so v talni rejji (Rashwan in Marai, 2000).

V menedžment reje vključujemo tudi krmljenje živali. Uravnotežena in čista krma mater ter stalen dostop do čiste pitne vode vplivata na preživitveno sposobnost mladičev (Rashwan in Marai, 2000). Po odstavitevi in tudi že prej je pomembna sestava krme, ki jo odstavljenici zauživajo. Rejci morajo paziti, da krma zadosti vsem potrebam hitro rastočih živali.

Tudi dolžino laktacije je smiselno uvrstiti v menedžment reje, saj je v večjih rejah le-ta odvisna od sistema reje in dela rejca, ki opravila izvaja sinhronizirano. Tako je pri kuncih dolžina laktacije 35 dni, nato se mladiči odstavijo. Podobno je pri prašičih. V raziskavi (Planinc in sod., 2012) so bile izgube po 40 dneh laktacije večje. Pri laktaciji dolgi dobrih 32 dni so bile izgube 7,7 %. V povprečju pa so se z vsakim dodatnim dnevom laktacije izgube povečale za 0,06 %, kar pomeni v desetih dneh 0,6 % več izgub (Planinc in sod., 2012). Izgube pri laktaciji, dolgi 2 dni, so na Češkem ocenili na 4,4 % (Wolf in sod., 2008).

#### **2.2.4 Vpliv sezone in zdravstvenega statusa**

Že v preteklosti so poročali o vplivu sezone rojstva mladičev na njihovo preživitveno sposobnost. Največkrat je na preživitveno sposobnost vplival mesec rojstva (Rashwan

in Marai, 2000). Mesec pa lahko povežemo z letnimi časi, od katerih je odvisna temperatura v okolju. Smrtnost mladičev je večja v toplejših mesecih, ko prihaja do vročinskega stresa.

Na preživitveno sposobnost živali v veliki meri vpliva zdravstveni status celotne črede. Pri večji gostoti naselitve živali je tudi bolezni več. Pri kuncih največ smrti povzročijo prehranske motnje, ki so lahko posledica patogenih mikrobov, virusov ali parazitov (Rashwan in Marai, 2000). Zraven prehranskih motenj se kot dejavniki, ki vplivajo na smrtnost, pri kuncih velikokrat pojavljajo tudi mastitisi pri materah, bolezni in težave s kožo, toksoplazmoza in kanibalizem.

### 2.3 RAST

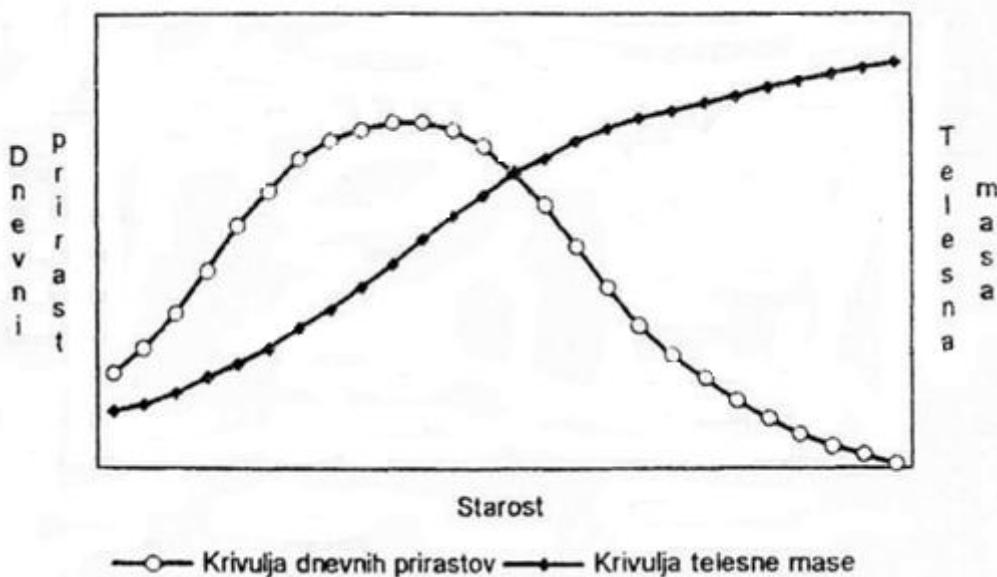
Rast si v živinorejskem pomenu najlažje predstavljamo kot povečanje velikosti živali in povečevanje telesne mase (Whittemore, 1993; Lawrence in Fowler, 2001). Telesna masa živali se ne povečuje samo zaradi rasti mišičnega tkiva, temveč tudi zaradi povečevanja kostnega in maščobnega tkiva ter tudi zaradi povečevanja organov. Oblike telesa pa se, zaradi neuskajene rasti organov, pri rastočih živalih spreminja. Rast je proces delitve, povečevanja in diferenciacije celic (Whittemore, 1993). Vzporedno z rastjo pa se spreminja tudi kemijska sestava telesa. Vse to poteka z določeno hitrostjo, ki je značilna za vsako posamezno vrsto. Začetek rasti je tvorba zigote, zaključek rasti pa je odrasla žival.

V prenatalnem razvoju je absolutna rast eksponentialna. Rast mase poteka z delitvijo celic in s povečevanjem le-teh (Lawrence in Fowler, 2001). V nadalnjem embrionalnem razvoju se začne diferenciacija celic. Specifična delitev celic teče v prenatalnem obdobju ter v začetku postnatalnega obdobja. Prenatalna ali embrionalna rast je odvisna predvsem od velikosti in starosti matere ter njene prehrane. Odvisna je tudi od dedne zasnove ter od števila in spola potomcev. Rezultat prenatalne rasti je rojstna masa novorojenčev. Postnatalno rast pogosto delimo na rast pred odstavljivo in čas po njej. V postnatalni rasti prihaja predvsem do rasti mišičja in nalaganja lipidov. V tem obdobju absolutno rast prikazujemo z rastnimi krivuljami, ki so običajno nelinearne ter opisujejo rast od rojstva do odrasle velikosti. Postnatalna rast pred odstavljivo je odvisna predvsem od rojstne mase, genotipa, starosti matere in njene količine mleka.

Prav tako je odvisna od starosti ob odstavitev. Po odstavitev pa je rast v večji meri odvisna od genotipa, spola, prehrane, klime ter od sposobnosti prilagoditve.

Masa in dnevni prirast se povečujeta s časom (Brody, 1945, cit. po Čepon, 1994; Colin in Kyriazakis, 2005). Po rojstvu, v primeru ugodnih pogojev, sledi pospešenje rasti (slika 2). Temu sledi prevojna točka, kjer se rast, običajno zaradi spolne dozorelosti, nekoliko upočasni. Nato se rast živali sčasoma zmanjšuje. Moderne pasme prašičev rastejo hitreje in imajo večjo zmogljivost rasti v primerjavi s pasmami, ki so manj selekcionirane. Živali teh genotipov imajo večje priraste in prej dosežejo odraslo velikost. Živali, ki rastejo bolje, dosežejo tudi večjo končno maso. Posledično so plemenske živali večje in potrebujejo več prostora ter krme.

Govedo svojo rojstno maso običajno podvoji v 48 dneh (Brody, 1945, cit. po Čepon, 1994). V slabem letu pa doseže že 50 % odrasle velikosti, ki jo sicer doseže med 4. in 5. letom starosti. Zaradi intenzivne postnatalne rasti pa svojo rojstno maso pujski podvojijo v približno sedmih dneh (Šalehar in Zelenko, 2001) ter v prvih štirih tednih za kar več kot petkrat (Christiansen, 2010).



Slika 2: Krivulja telesne mase in dnevnih prirastov v odvisnosti od starosti (Brody, 1945, cit. po Čepon 1994)

Figure 2: Body weight and daily gain by the age (Brody, 1945, cit. po Čepon 1994)

Spreminjanje telesne mase živali s starostjo imenujemo absolutna rast. Relativno rast izražamo s povprečnim dnevnim prirastom v časovni enoti, ki je običajno dan. Prirast telesne mase kot delež od začetne mase na določenem intervalu pa je specifična rast (English in sod., 1996). Kadar živali v določenem obdobju nimajo dovolj krme ali le-te zaradi stresnih situacij ne zaužijejo dovolj, se ob zadostnemu krmljenju pojavi nadomestna rast (Lawrence in Fowler, 2001). Nadomestna rast je odvisna od stopnje in dolžine obdobja pomanjkanj ter stopnje zrelosti živali. Živali z nadomestno rastjo rastejo hitreje kot genetsko sorodne živali pri normalni rasti. Vendar pri nadomestni rasti prihaja do večjega nalaganja maščob, zato je kakovost prirasta slabša. Kadar pa žival porablja maščobo za nalaganje beljakovin, pa se srečujemo z negativno rastjo. V takšnem primeru se povečuje delež beljakovin in vode v telesu, zmanjšuje pa se delež maščob. Z negativno rastjo se srečujemo pri svinjah v laktaciji in pri odstavljenih pujskih.

Žival raste, dokler ne doseže svoje odrasle velikosti. To je velikost, ki je značilna velikost osebkov pri odraslosti. Taylor (1985) jo je opisal kot genetsko velikost. Sicer pa je odrasla velikost definirana v smislu dinamičnega ravnotežja, ki se ohranja pod

standardnimi specifičnimi pogoji, potem ko je zaključena normalna rast. Pri prašičih je odrasla velikost med 150 in 400 kg, odvisno od pasme, spola, starosti, zdravstvenega statusa in oskrbe živali.

Pomembno vlogo ima tudi diferencialna rast. Različna tkiva rastejo različno v posameznih obdobjih rasti (Colin in Kyriazakis, 2005). Vrstnega reda dozorevanja tkiv ni moč spremenjati (Hammondov model). Najprej se razvije živčevje, sledijo kosti in mišičje, na koncu pa še maščobno tkivo (Whittemore, 1993). Tako v mladosti živalim najbolj intenzivno raste skelet, vendar istočasno, a manj intenzivno, raste tudi mišičje, naloži pa se tudi nekaj maščob. Rast kosti se zaključi, ko živali dosežejo odraslo velikost. Ob zaključku rasti skeleta mišičje raste dalje. Tako z vidika telesne mase kot tudi glede tržne vrednosti so mišice najpomembnejše telesno tkivo. Pri rasti mišic gre za povečevanje mišičnih celic in ne za povečevanje števila le-teh. Ko je razvoj mišičja končan, se nalaga zgolj maščoba. Biološka vloga maščob je shramba energije, ki ob pomanjkanju hrane zagotavlja preživetje. Podkožno maščobno tkivo raste hitreje v primerjavi z medmišično maščobo ter maščobnim tkivom v telesnih votlinah.

Rast je med lastnostmi, ki so primerne za izvajanje selekcije na robustnost (Kovač in Malovrh, 2012). Rast vpliva tudi na plodnost svinj. Mladice in prvesnice skupaj predstavljajo največji del plemenske črede, zato je gospodarnost črede v veliki meri odvisna od njihove uspešnosti. Telesna masa, debelina hrbtne slanine in starost ob uspešnem pripustu so glavni dejavniki, ki vplivajo na uspešnost pripusta in velikost gnezda (Whittemore, 1993).

### 2.3.1 Vpliv genotipa

Razlike med genotipi opažamo tako med populacijami kot tudi med pasmami in znotraj pasem. Do razlik prihaja tudi med živalmi znotraj pasme. O razlikah v rasti med genotipi so poročali različni avtorji. V tujini so o razlikah med genotipi prašičev pisali English in sod. (1996) ter Lawrence in Fowler (2001). Genotipi z večjo zmogljivostjo rasti dosežejo višje telesne mase. Ti genotipi imajo tudi višje dnevne priraste. Prašiče, ki imajo večjo zmogljivost rasti, lahko pitamo na višje telesne mase. Šalehar in Zelenko (2001) sta pisala o razlikah v rasti med posameznimi genotipi v Sloveniji. Razlike v sposobnosti za rast je mogoče izkoristiti za izboljšanje rasti in za genetski napredek.

Berg in Butterfield (1976) sta poročala o razlikah v rasti med dvema pasmama govedi. Na začetku ni bilo bistvenih razlik med mlečno in mesno pasmo. Starejše kot so bile živali, večja je bila razlika med pasmama. Mesna pasma govedi nalaga večje količine maščobnega tkiva, medtem ko ima mlečna pasma govedi nekoliko večji delež mesa in kosti.

Dednost določene lastnosti je odvisna tudi od vrste živali. Ugotovljeno je, da so heritabilitete za daljše analizirano obdobje višje, medtem ko so heritabilitete za lastnosti, spremljane v krajsih časovnih obdobjih, nižje. Pri prašičih so heritabilitete za prirast ocenili od 0,25 do 0,43 (Malovrh, 2003). Heritabiliteta za rojstno maso je bila, za populacijo prašičev pri nas, ocenjena na 0,45, pri pasmi pietrain celo na 0,65 (Ule, 2014).

### **2.3.2 Vpliv spola**

Razlike v rasti med spoloma so največkrat posledica vpliva androgenih moških spolnih hormonov, ki pospešijo rast in pri merjascih izboljšujejo konverzijo krme (English in sod., 1996). Testosteron je tisti hormon, ki je odgovoren za pospešeno nastajanje mišične mase. So pa ti spolni hormoni odgovorni tudi za vonj, ki se pojavlja pri pitanih merjascih. Moški spolni hormoni vplivajo predvsem na razvoj mišic. Na splošno samci rastejo hitreje v primerjavi s samicami ter razvijejo več mišic. Ženske živali imajo manj izrazite mišice in s tem večjo možnost zamastitve. Ob zaključku pitanja imajo ženske živali za 15 do 20 % nižjo telesno maso.

### **2.3.3 Vpliv pogojev reje, zdravstvenega statusa in higiene**

Če pogoji reje niso optimalni ali so najmanj ugodni, žival nikoli ne doseže tistega, kar bi lahko. Na rast vplivajo okoljski dejavniki. Boljša rast je pričakovana v boljših pogojih reje, kjer je tudi višji zdravstveni status. Rast obolelih živali je upočasnjena. Pogoje v rejah prilagajamo tako, da v čim večji meri zadostimo potrebam živali. Najlažje je uravnavati temperaturo in svetlobo (Wiedmann, 2009). Naravna svetloba in možnost gibanja živali vplivata na ugodno počutje rastočih živali ter njihovo rast. Minimalna talna površina, ki jo posamezna žival v hlevu potrebuje, je v Evropski uniji zakonsko določena (Pravilnik o zaščiti rejnih živali, 2010). V zakonodaji so določeni minimalne

površine, ki jih moramo zagotoviti za posamezno žival v rejci. Znano pa je, da je pri višjih standardih, kjer je površina na žival večja, tudi rast živali boljša in hitrejša.

Prehrana je tisti vpliv, nad katerim imajo rejci največ nadzora in največkrat predstavlja največji strošek v rejci. S prehrano zagotovimo normalen razvoj in delovanje organskih sistemov. Slaba prehrana vpliva na pojav bolezni, povečano občutljivosti živali in reprodukcijsko sposobnost živali (Whittemore, 1993). Pomanjkanje hrani ima različne posledice, ki so odvisne od starosti živali v obdobju pomanjkanja, od dolžine obdobja s pomanjkanjem in od vrste pomanjkljivih hrani. Pomanjkanje hrani ima dolgoročne posledice. Tudi vsaka bolezen negativno vpliva na rast in razvoj živali. Bolezni običajno povzročijo zmanjšanje vnosa hrani. Nekatere bolezni lahko imajo dolgoročne posledice, ki negativno vplivajo na sposobnost živali za žretje, prebavo ali absorpcijo hrani.

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 PREŽIVITVENA SPOSOBNOST KUNCEV

Pri reji živali, predvsem kuncev in prašičev, ki imajo več mladičev v gnezdu, so izgube le-teh bolj verjetne. Cilj vsakega rejca pa je, da je delež izgub čim manjši. Vsak rejec si želi velika gnezda in preživetje vseh mladičev v gnezdu. Selekcija na vse večja gnezda pa vpliva tudi na večanje izgub. Več kot je mladičev, manjši so in verjetnost izgub je večja. Posredno lahko na podlagi izgub oziroma preživitvene sposobnosti ocenujemo robustnost živali.

##### 3.1.1 Izvedba poskusa za preživitveno sposobnost in rast kuncev

Podatke za preživitveno sposobnost smo pridobili z izvedbo poskusa pri kuncih na Centru za kunčerejo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Za izvajanje poskusa smo dobili tudi potrdilo »Priglasitev s strani Ministrstva za kmetijstvo in okolje«, Veterinarske uprave Republike Slovenije.

Poskus je trajal od decembra 2010 do vključno decembra 2012. V tem času smo spremeljali 571 gnezd od 199 mater. Živali so bile uhlevljene v žičnatih kletkah. Tri dni pred predvideno kotitvijo smo gnezda nastlali s senom, da so se samice pripravile na kotitev. Ob vsakem pregledu gnezda smo lahko gnezdo mladičev fizično ločili od samice, tako je bilo rokovanje z mladiči lažje. V drugi polovici laktacije smo pregledali tudi samice ter jim prešteli aktivne seske. Pregrado in gnezdo smo iz kletke vzeli, ko so bili mladiči stari okoli 28 dni. Dnevno smo spremeljali temperaturo in vlogo v hlevu, kjer pa večjih odstopanj ni bilo. Hlev je bil osvetljen 16 ur na dan. Samice so imele krmo vedno na voljo, kar pomeni, da so imeli na voljo krmo do odstavitev tudi mladiči. Prav tako so živali imele neomejen dostop do vode, ki je bila speljana v kapljicne napajalnike. Ko so bili mladiči še premajhni, da bi napajalnik dosegli, smo jim v kletke dali podstavek, ki jim je omogočal dostop do vode.

Živali smo individualno označevali znotraj gnezda prvi oziroma najkasneje drugi dan, kadar so bile kotitve v pozinem popoldanskem času. Mladiče smo sprva označevali z različnimi barvami in markerji, ki se uporabljajo pri označevanju drugih vrst živali. Na hrbet smo kuncem narisali različne znake oziroma različno število znakov. Ker so barve

v nekaj dneh pobledele ali se popolnoma izbrisale, takšnega označevanje nismo mogli uporabiti, zato smo iskali trajne oznake. Trajno bi lahko kunce označevali s tetoviranjem, ki pa ga uporabljam pri individualnem označevanju na 65. dan starosti. Pri tej starosti tetoviramo vse živali, ki so vključene v preizkus lastne proizvodnosti. Za individualno označevanje mladičev smo se tako poslužili rovašenja. Rovašili smo levi oziroma desni uhelj mladičev (slika 3).



Slika 3: Rovašenje

Figure 3: Tallying

Živorojene kunce smo individualno spremljali od rojstva dalje. Pri prvem pregledu gnezda smo stehtali tudi mrtvorojene mladiče. Stehtanih je bilo 4594 rojenih kuncev. Pri prvem pregledu gnezda smo mladiče po potrebi prestavili. Po prestavitev mladičev smo dobili število mladičev v gnezdu, lastnost, ki smo jo kasneje tudi statistično obdelovali. Kadar so se individualne oznake zaradi prestavitev podvojile, smo po potrebi naredili dodatno oznako, da smo mladiče med seboj ločili. Mladiče smo odvezeli pri 33 gnezdih. V nekaj primerih je bila to tudi posledica pogina matere. Odvezete mladiče smo dodali v 52 drugih gnezd. V analizah smo upoštevali velikost gnezda, ki je bila korigirana s prestavljanjem mladičev. Število živorojenih kuncev v gnezdu so predstavljali živorojeni v gnezdu skupaj z dodanimi oziroma odvzetimi mladiči.

Enkrat tedensko smo mladiče individualno tehtali, tako smo jih ob odstavitev stehtali že šestič. Vsa tehtanja smo opravili z isto tehnicco. Do odstavitev smo dnevno beležili tudi izgube oziroma pogine. Vsako poginulo žival smo stehtali. Kot velikost gnezda, ki smo ga uporabljali pri računanju deleža izgub, smo upoštevali prestavljene mladiče, pri

čemer smo za velikost gnezda živorojenim mladičem prišteli dodane oziroma smo odšteli odvzete mladiče. Do odstavitev so bili za vsakega kunca zbrani naslednji podatki:

- Identifikacija kunca
- Linija kunca
- Identifikacija matere in očeta
- Identifikacija mačeha, v primerih prestavljanja
- Datum kotitve
- Velikost gnezda (rojeni, živorojeni, odstavljeni), v katerem je bil mladič skoten, ter nato še korigirana velikost gnezda (v nadaljevanju število mladičev v gnezdu)
- Masa mrtvorojenih, rojstna masa živorojenih, masa na 7., 14., 21., 28. in 35. dan
- Masa na 65. dan starosti
- V primeru pogina, masa ob poginu ter datum pogina.

Po odstavitevi so bili kunci naseljeni v skupinske kletke. Kunci so bili vseljeni po skupinah, a ločeno po gnezdih, ter vključeni v preizkus lastne proizvodnosti (Kermauner in sod., 2010). Kunci so bili stehtani ob zaključku preizkusa, na 65. dan starosti. V analizo smo vključili tudi izgube ob koncu preizkusa, na 65. dan starosti. Tako smo beležili vse pogine do starosti 65 dni ter izračunali izgube do 65. dneva. Po koncu preizkusa se je odpravila odbira, kjer se upoštevajo tudi ocene zunanjosti ter agregatne genotipske vrednosti.

Kot lastnosti smo spremljali tako lastnosti gnezda kot tudi individualno maso. Pri lastnostih gnezda so bili analizirani:

- Delež izgub v prvem tednu, delež izgub v drugem tednu, tretjem tednu, četrtem tednu, petem tednu ter delež izgub od odstavitev do starosti 65. dni
- Velikost gnezda: število mrtvorojenih, število mladičev v gnezdu, število odstavljenih kuncev ter število kuncev, ki so zaključili preizkus pri starosti 65. dni.

Za potrebe analiz smo izgube v posameznih tednih združili. Tako smo analizirali tudi izgube v tretjem, četrtem in petem tednu skupaj ter izgube v četrtem in petem tednu skupaj.

Individualno pa smo v času poskusa spremljali rast kuncev. Zabeležili smo maso ob rojstvu, ter maso kunca na 7. dan, 21. dan, 28. dan, 35. dan ter maso kunca na 65. dan starosti.

### 3.1.2 Struktura podatkov

Mladiči so bili potomci 199 mater in 67 očetov. Od 199 mater jih je 93 bilo terminalne (C) ter 106 maternalne (B) linije. Tudi očetov je bilo več maternalne linije in sicer 37. Pri kuncih, ki smo jih vključili v poskus, je poreklo znano za vsaj osem generacij nazaj. V poskusu je bilo skupaj rojenih 4594 kuncev. V maternalni liniji je bilo 2321 (50,52 %) ter v očetovski liniji 2273 (49,48 %) živali (tabela 1). Skupaj je bilo 368 kuncev mrtvorojenih. Individualno smo spremljali rast 4226 živali. V času do odstavite je pri liniji 2 poginilo 17,81 % mladičev, pri B liniji pa je bilo za 0,35 % več pogina. Odstavili smo 3466 kuncev. Od tega je bilo 1744 kuncev očetovske linije. Na 65. dan, ob zaključku preizkusa, je bilo stehtanih dobrih 75 % oziroma 77 % živali, kar pomeni, da jih je do te starosti preživilo 3244. Od tega je 225 živali dobilo rodovniško številko, kar pomeni, da so bile odbrane za razplod. Pri očetovski liniji je bilo odbranih 5,23 % ter pri maternalni liniji 5,42 %. Preostale živali so bile namenjene za zakol. Pri pregledu podatkov smo ugotovili tudi, da se pojavlja 119 mater, ki smo jih spremljali vse od rojstva oziroma imamo podatke o rasti mladičev vse od njihovega prvega dne naprej.

Tabela 1: Struktura podatkov za kunce po liniji

Table 1: Data structure for rabbits bx genotype

Linija	C		B	
	Število živali	Delež (%)	Število živali	Delež (%)
Rojeni	2273	100,00	2321	100,00
Mrtvorjeni	151	6,64	217	9,35
Živorjeni	2122	95,16	2104	90,65
Poginuli	378	17,81	382	18,16
Odstavljeni	1744	82,19	1722	81,84
Na 65. dan	1612	75,97	1632	77,57
Odbojni	111	5,23	114	5,42

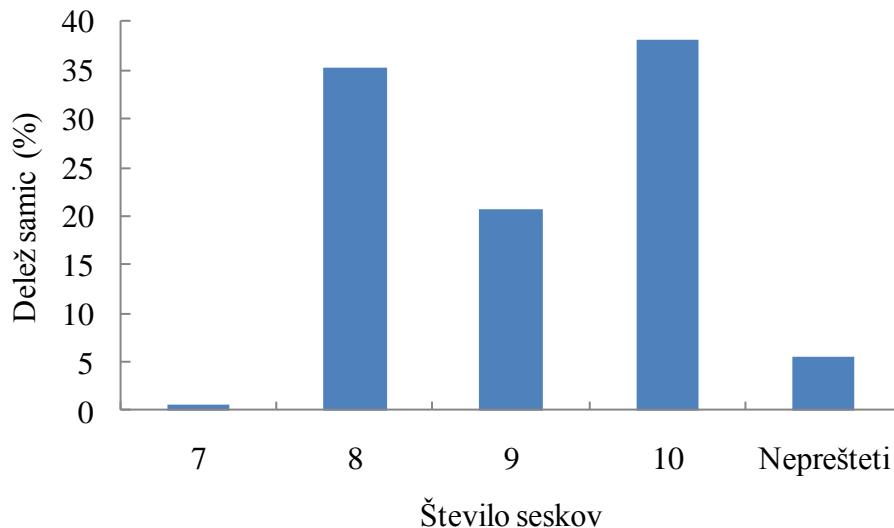
Kunci, ki so bili vključeni v analizo, so bili dveh linij in matere so imele po šest zaporednih kotitev. Matere so imele sicer tudi več kot osem, vendar smo zaradi obdelave združili zaporedne laktacije, ki so bile višje od šeste, v šesto zaporedno laktacijo. Materam smo v času laktacije prešteli aktivne seske. Za obdelavo smo kreirali osem sezont (tabela 2). Sezono je predstavljal mesec, v katerem je mati kotila.

Tabela 2: Struktura podatkov za vplive, vključene v model za lastnosti preživitvene sposobnost pri kuncih

Table 2: Data structure for effects which are included in the model for survival rate at rabbits

Vpliv	Število nivojev
Linija	2
Zaporedna kotitev	6
Seski	3
Sezona	31

Kunkam, ki so kotile v času poskusa, smo prešteli tudi seske. Od 199 kunk jih 11 oziroma 5,5 % ni imelo preštetih seskov (slika 4). Te živali so za število seskov imele manjkajočo vrednost. Pri eni kunki smo našteli 7 seskov, pri ostalih pa 8, 9 ali 10. Največ samic je imelo parno število seskov: devet seskov smo našteli pri 34 % ter 10 seskov pri 38 % kunkah.



Slika 4: Število seskov pri kunkah

Figure 4: Teats number at rabbit does

Sezona predstavlja začetek testa, kar lahko v večini primerov enačimo z datumom kotitve. Skupaj je bilo 31 sezon (tabela 3). Manj kot 100 individualno spremljenih mladičev je bilo le v sezонаh 7 in 19. Prav tako je bilo v teh dveh sezонаh najmanj opazovanih gnezd. Preko 4 % tako individualnih opazovanj kot opazovanih gnezd je bilo v sezонаh 5, 9, 17 in 23. V povprečju je bilo na sezono individualno spremljenih živali 148 oziroma v vsaki sezoni 3,23 %. Te živali so bile v povprečju skotene v 18 gnezdih na sezono.

Tabela 3: Struktura podatkov za sezono pri kuncih

Table 3: Data structure for season at rabbits

Sezona	Mladiči		Gnezda	
	Število opazovanj	Delež opazovanj	Število opazovanj	Delež opazovanj
1	149	3,24	19	3,37
2	159	3,46	22	3,90
3	140	3,05	21	3,72
4	138	3,00	14	2,48
5	220	4,79	26	4,61
6	173	3,77	21	3,72
7	95	2,07	12	2,13
8	138	3,00	18	3,19
9	171	3,72	23	4,08
10	105	2,29	13	2,30
11	106	2,31	14	2,48
12	161	3,50	19	3,37
13	141	3,07	15	2,66
14	137	2,98	17	3,01
15	145	3,16	16	2,84
16	190	4,14	19	3,37
17	174	3,79	26	4,61
18	140	3,05	18	3,19
19	92	2,00	11	1,95
20	153	3,33	17	3,01
21	189	4,11	22	3,90
22	152	3,31	19	3,37
23	192	4,18	23	4,08
24	130	2,83	15	2,66
25	146	3,18	20	3,55
26	121	2,63	15	2,66
27	139	3,03	17	3,01
28	150	3,27	19	3,37
29	162	3,53	19	3,37
30	155	3,37	21	3,72
31	131	2,85	13	2,30

### 3.1.3 Statistični modeli za izgube in velikost gnezda

Razvoj sistematskega dela modela smo opravili po metodi najmanjših kvadratov s proceduro GLM v statističnem paketu SAS (SAS Inst. Inc, 2008). Vpliv linije, zaporedne kotitve matere, števila seskov pri materi in sezone kotitve smo vključili kot sistematske vplive z nivoji. Velikost gnezda, starost ob odstavitevi ter maso gnezda pa kot kvantitativne vplive, ki smo jih pojasnili z linearno regresijo. Za lastnosti, ki se navezujejo na gnezdo, smo razvili dva seta lastnosti, za katere smo uporabili večlastnostni model. En set podatkov so bili deleži izgub in drugi set velikost gnezda. Kot vpliv živali v modelu smo vzeli povprečni genotip živali iz posameznega gnezda. Naključni del mešanega modela smo analizirali z metodo omejene zanesljivosti

(REML) v programu VCE (Groeneveld in sod., 2010). Podatke smo predhodno pripravili s programom PEST (Groeneveld in sod., 1990).

Pri izboru modela smo upoštevali statistično značilnost vplivov (p-vrednost) in koeficient determinacije ( $R^2$ ). Prav tako smo upoštevali stopinje prostosti tako za posamezne vplive kot tudi za model v celoti. Skalarna oblika modela:

$$y_{tijklmn} = \mu_t + L_{ti} + P_{tj} + Z_{tk} + S_{tl} + b_{tx} \begin{pmatrix} x_{tijklm} - \bar{x} \\ 0 \end{pmatrix} + \left\{ b_{tv} \begin{pmatrix} 0 \\ v_{tijklm} - \bar{v} \end{pmatrix} \right\} + b_{tw} (w_{tijklm} - \bar{w}) + m_{tijklm} + a_{tijklmn} + e_{tijklmn} \quad \dots(4)$$

$\mu_t$	-	srednja vrednost
$L_{ti}$	-	linija živali ( $i = 1, 2$ )
$P_{tj}$	-	zaporedna kotitev matere ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ )
$Z_{tk}$	-	število seskov pri materi ( $k = 1, 2, 3$ )
$S_{tl}$		Sezona ( $l = 1, 2, \dots, 31$ )
$b_{tx}, b_{tv}, b_{tw}$	-	linearni regresijski koeficienti
$x_{tijklm}$	-	število živorjenih kuncev v gnezdu / število odstavljenih kuncev v gnezdu za lastnost izgube od odstaviteve do 65. dneva starosti
$\bar{x}$	-	povprečje za velikost gnezda
$v_{tijklm}$	-	starost ob odstavitevi za lastnosti izgube od odstaviteve do 65. dneva starosti in število odstavljenih kuncev v gnezdu
$\bar{v}$	-	povprečje za starost ob odstavitevi
$w_{tijklm}$	-	rojstna masa gnezda / masa ob odstavitevi za lastnost izgube od odstaviteve do 65. dneva starosti
$\bar{w}$	-	povprečje za maso gnezda
$m_{tijklm}$	-	maternalni vpliv
$a_{tijklmn}$	-	aditivni genetski vpliv
$e_{tijklmn}$	-	ostanek.

Enačbo v matrični obliki zapišemo:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\beta + \mathbf{Z}_m \mathbf{m} + \mathbf{Z}_a \mathbf{a} + \mathbf{e} \quad \dots(5)$$

<b>y</b>	-	vektor opazovanj za lastnosti
<b>X</b>	-	matrika dogodkov za sistematske vplive
$\beta$	-	vektor neznanih parametrov za sistematske vplive
<b>Z<sub>m</sub></b>	-	matrika dogodkov za naključni vpliv matere
<b>m</b>	-	vektor neznanih parametrov za naključni maternalni genetski vpliv
<b>Z<sub>a</sub></b>	-	matrika dogodkov za naključni aditivni genetski vpliv.
<b>a</b>	-	vektor neznanih parametrov za naključni direktni aditivni genetski vpliv
<b>e</b>	-	vektor ostankov

Pričakovane vrednosti, struktura varianc in kovarianc za večlastnostni model:

$$\mathbf{E} \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{a} \\ \mathbf{m} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}\beta \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

$$\text{var}(\mathbf{y}) = \mathbf{Z}_m \mathbf{G}_m \mathbf{Z}_m^T + \mathbf{Z}_a \mathbf{G}_a \mathbf{Z}_a^T + \mathbf{R} \quad \dots (7)$$

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{m} \\ \mathbf{a} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}_m & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{G}_a & \mathbf{0} \\ sim & \mathbf{R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}\sigma_m^2 & \mathbf{A}\sigma_{ma} & \mathbf{0} \\ \mathbf{A}\sigma_a^2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{I}_e\sigma_e^2 \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

Matrika varianc in in kovarianc za aditivni genetski vpliv je predstavljena z oznako **G**, za ostanek **R**. Matrika **A** predstavlja matriko sorodstva, **I** predstavlja predstavlja identično matriko za ostanek.

### 3.2 RAST

#### 3.2.1 Rast kuncev v preizkusu

V izvedenem preizkusu s kunci smo zraven izgub spremljali tudi rast. Rast smo spremljali individualno. Tudi razvoj sistematskega dela modela za rast smo opravili po metodi najmanjših kvadratov s proceduro GLM v statističnem paketu SAS (SAS Inst. Inc, 2008). Kot sistematske vplive z nivoji smo tudi v modele za telesno maso v tedenskih intervalih vključili vpliv linije, zaporedne kotitve matere, števila seskov pri materi in sezone kotitve. Velikost gnezda pa smo vključili kot kvantitativni vpliv, ki smo ga pojasnili z linearno regresijo.

$$y_{tijklmn} = \mu_t + L_{ti} + P_{tj} + Z_{tk} + S_{tl} + b_{tx} (x_{tijklm} - \bar{x}) + g_{tijklm} + m_{tijklm} + a_{tijklmn} + e_{tijklmn} \quad \dots(9)$$

$y_{tijklmn}$	-	analizirane lastnosti: rojstna masa in masa kunca konec vsakega tedna ter masa kunca na 65. dan starosti ( $t = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ )
$\mu_t$	-	srednja vrednost
$L_{ti}$	-	linija živali ( $i = 1, 2$ )
$P_{tj}$	-	zaporedna kotitev matere ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ )
$Z_{tk}$	-	število seskov pri materi ( $k = 1, 2, 3$ )
$S_{tl}$	-	sezona, kot interakcija med mesecem in letom ob kotitvi ( $l = 1, 2, \dots, 31$ )
$b_{tx}$	-	linearni regresijski koeficient
$x_{tijklm}$	-	število živorojenih kuncev v gnezdu / število odstavljenih kuncev v gnezdu za lastnost masa kunca na 65. dan
$\bar{x}$	-	povprečje za velikost gnezda
$m_{tijklm}$	-	vpliv matere
$a_{tijklmn}$	-	aditivni genetski vpliv
$g_{tijklmn}$	-	skupno okolje v gnezdu
$e_{tijklmn}$	-	ostanek

Enačbo v matrični obliki zapišemo:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\beta + \mathbf{Z}_a\mathbf{a} + \mathbf{Z}_m\mathbf{m} + \mathbf{Z}_g\mathbf{g} + \mathbf{e} \quad \dots(10)$$

<b>y</b>	-	vektor opazovanj za lastnosti
<b>X</b>	-	matrika dogodkov za sistematske vplive
$\beta$	-	vektor neznanih parametrov za sistematske vplive
$Z_a$	-	matrika dogodkov za naključni aditivni genetski vpliv
<b>a</b>	-	vektor neznanih parametrov za naključni direktni aditivni genetski vpliv
$Z_m$	-	matrika dogodkov za naključni vpliv matere
<b>m</b>	-	vektor neznanih parametrov za naključni maternalni genetski vpliv
$Z_g$	-	matrika dogodkov za naključni maternalni vpliv
<b>g</b>	-	vektor neznanih parametrov za maternalni vpliv
<b>e</b>	-	vektor ostankov

Struktura varianc in kovarianc za večlastnostni model:

$$\mathbf{E} \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{m} \\ \mathbf{a} \\ \mathbf{g} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}\beta \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad \dots(11)$$

$$\text{var}(\mathbf{y}) = \mathbf{Z}_m \mathbf{G}_m \mathbf{Z}_m + \mathbf{Z}_a \mathbf{G}_a \mathbf{Z}_a + \mathbf{Z}_g \mathbf{G}_g \mathbf{Z}_g + \mathbf{R} \quad \dots(12)$$

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{m} \\ \mathbf{a} \\ \mathbf{g} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}_m & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ & \mathbf{G}_a & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ & & \mathbf{G}_g & \mathbf{0} \\ sim & & R & \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}\sigma_m^2 & \mathbf{A}\sigma_{ma} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ & \mathbf{A}\sigma_a^2 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ & & I_g\sigma_g^2 & \mathbf{0} \\ sim & & & I_e\sigma_e^2 \end{bmatrix} \quad \dots(13)$$

Matrika varianc in in kovarianc za aditivni genetski vpliv je predstavljena z oznako **G**, za ostanek **R**. Matrika **A** predstavlja matriko sorodstva, **I** predstavlja predstavlja identično matriko za ostanek.

### 3.2.2 Preizkus mladic

Podatke smo pridobili iz centralne podatkovne zbirke PiggyBank (Ule in sod., 2015), druge priznane organizacije za prašičerejo, kjer se zbirajo podatki mladic v preizkusu. Preizkus mladic se izvaja v pogojih reje in poteka od rojstva do odbire okrog 100 kg (slika 5). Masa mladic ob zaključku preizkusa je omejena navzdol na 85 kg ter navzgor na 135 kg (Kovač in Malovrh, 2012). V preizkusu se mladicam na podlagi meritev debelin hrbtne slanine posredno oceni mesnatost.

Mladice so v preizkusu uhlevljene skupinsko in zagotoviti jim moramo 20 % več prostora kot pitancem (Kovač in Malovrh, 2012). Za merjenje mora biti najmanj 10 mladic v primerjalni skupini, kjer so živali istega rejca, istega genotipa ter izmerjene na isti dan. Ne glede na vrsto preizkusa je pomembno, da vse živali v preizkusu obravnavamo enako. Živalim v preizkusu moramo nuditi dobre klimatske pogoje, omogočiti jim moramo gibanje ter zagotoviti svežo krmo v zadostni količini. Na mladico predvidimo več talne površine kot zahtevajo veljavni minimalni normativi za pitance. Krma mora biti enotna za vse živali, ki so istočasno v preizkusu, ter omogočati mora 600 do 700 g/dan prirasta od rojstva do odbire. Živalim se oceni tudi zunanjost. Groba odbira mladic se opravi na osnovi fenotipskih, izmerjenih vrednosti za dnevni prirast in debelino hrbtne slanine. Upošteva se tudi zunanjost. Po merjenju pa se izločijo tudi najslabše mladice in mladice s pomanjkljivo zunanjostjo.



Slika 5: Preizkus mladic v pogojih reje (Malovrh in Kovač, 2007)

Figure 5: Field test for gilts (Malovrh in Kovač, 2007)

### 3.2.2 Priprava in struktura podatkov

Uporabili smo podatke maternalnih genotipov od leta 2000 do leta 2013. Podatke smo s programskim jezikom SQL uredili in pripravili datoteko z meritvami ter datoteko s poreklom. V datoteko s podatki smo vključili osnovne podatke o živalih in meritve, ki so bile opravljene na teh živalih. Živali so imele izmerjeno telesno maso od zaključku preizkusa in tri meritve debeline hrbtne slanine. Prav tako je bil ob koncu preizkusa

izračunan povprečni dnevni prirast v času preizkusa za vsako žival. Znana pa je bila tudi starost živali ob zaključku preizkusa. Debelina hrbtne slanine in starost ob zaključku preizkusa sta predstavljeni naši lastnosti. Podatkom smo dodali še povprečni dnevni prirast za vse živali v posamezni čredi. Ta spremenljivka je predstavljala okolje, v katerem je žival bila. Kot vpliv črde smo vključili rejca v določeni sezoni. Tako je lahko bil povprečni dnevni prirast pri določenem rejcu različen med sezonomi. Sezona pa je bila interakcija med letom in mesecem. Kriterij za opis okolja je povprečni dnevni prirast živali za živali pri posameznem rejcu v določeni sezoni. Na ta način se lahko okolje živali iz sezone v sezono spreminja ne glede na rejca.

V centralni podatkovni zbirki so bili zbrani podatki 19837 mladic, ki so preizkus zaključile pri 46 rejcih med letoma 2000 in 2013. Živali, vključene v analizo, so bile štirih maternalnih genotipov. Največ mladic je bilo genotipa 12 (13.628 ali 70,4%). Analiza za vse genotipe je bila skupna, saj so si lastnosti, ki smo jih analizirali, pri maternalnih genotipih podobne.

Določili smo minimalno mejo 80 kg za telesno maso ob koncu preizkusa ter maksimalno starost 300 dni. Prav tako smo izbrisali živali, ki niso imele izmerjene telesne mase ali debeline hrbtne slanine. Po določitvi kriterijev za obdelavo podatkov smo iz analize izključili 482 mladic, v analizo pa smo jih vključili 19355 (tabela 4).

Tabela 4: Struktura podatkov za mladice po genotipu

Table 4: Data structure for gilts by genotype

Genotip	Število živali	Delež (%)
11	4201	21,7
12	13628	70,4
21	695	3,6
22	831	4,3
Skupaj	19355	100,0

Za vrednotenje interakcije med genotipom in okoljem smo okolje definirali na podlagi povprečnega dnevnega prirasta v čredi. Dnevni prirast smo izbrali, saj smo mnenja, da le-tega odraža sliko okolja, kjer živali so. Na podlagi mase ob začetku preizkusa in na koncu le-tega smo dnevne priraste izračunali za vse živali. Opazovanja smo tako

razdelili v tri okolja, poimenovana: slabo okolje (S), povprečno (P) in dobro okolje (D). Zgornja meja za povprečno okolje je bila 580 g/dan ter spodnja meja prirast vsaj 530 g/dan. Dnevni prirast, manjši od 530 g, nam je tako definiral slabo okolje (S), dnevni prirast, večji od 580 g, pa dobro okolje (D). Meje smo postavili na podlagi priporočil Rejskega programa za prašiče (Kovač in Malovrh, 2012) ter na podlagi strukture dobljenih podatkov.

Kot prvo lastnost smo obdelali spremenljivko starost ob zaključku preizkusa, ki smo jo korigirali na telesno maso 100 kg. Kot drugo lastnost smo obdelali debelino hrbtne slanine. V našem primeru je debelino hrbtne slanine predstavljalo povprečje treh meritov: dveh debelin hrbtne slanine ter ena debelina stranske slanine.

Največ živali (41,6 %) je bilo izmerjenih v povprečnem okolju, najmanj živali (24,9 %) pa v dobrem okolju (tabela 5). V povprečnem okolju je bil povprečni dnevni prirast 556 g, medtem ko je bil v slabem okolju za 57 g/dan manjši kot v povprečnem okolju in za 107 g/dan manjši kot v dobrem okolju. Živali so bile ob zaključku preizkusa v slabem okolju v povprečju stare 223 dni. Živali iz povprečnega okolja so bile ob zaključku preizkusa 3 dni mlajše. Najmlajše pa so bile živali iz dobrega okolja, ki so bile za 40 dni mlajše kot živali v slabem okolju. Ker bi naj mladice preizkus zaključile pri starosti 200 dni, smo zgornjo mejo za starost postavili na 300 dni. Na ta način smo v analizo zajeli mladice, ki so preizkus zaključile pred 10. mesecem starosti. Debelina hrbtne slanine pri živalih, ki so bile v dobrem okolju, je bila za 0,6 mm tanjša v primerjavi s hrbtno slanino, ki smo jo izmerili živalim v slabem okolju. Nekoliko manjša je razlika v primerjavi z meritvami v povprečnem okolju, kjer le-ta znaša 0,4 mm.

Tabela 5: Povprečje in standardni odklon za dnevni prirast (DP), starost ob zaključku preizkusa (ST) in debelina hrbtne slanine (DHS) pri mladicah v treh okoljih

Table 5: Mean and standard deviation for daily gain (DP), age at the end of test (ST), and backfat thickness (DHS) for gilts in three environments

Okolje	Slabo (N=6489)		Povprečno (N=8046)		Dobro (N=4820)	
	Pov.	SD	Pov.	SD	Pov.	SD
DP (g/dan)	500	25	556	15	607	22
ST (dni)	223,0	27,0	220,0	22,7	183,2	20,2
DHS (mm)	10,7	2,3	10,5	2,2	10,1	2,0

Zajete mladice so potomke 239 očetov in 2495 mater. V povprečju tako nastopa merjasec v vlogi očeta pri 81 mladicah, matere pa pri 8. Merjasec z največ potomci nastopa kot oče kar 745–krat, medtem ko ima svinja največ 52 potomk. Merjasec z največ potomci je bil uhlevljen na osemenjevalnem središču.

Pri metodi za reakcijske norme smo uporabili model za očete in ti predstavljajo našo prvo generacijo. V vse naslednje generacije so uvrščeni njihovi predniki. Poreklo je bilo sestavljeno iz štirih generacij, kjer je bilo skupaj 1706 živali. Od teh je bilo 146 živali brez znanega očeta ter 90 živali brez znane matere. Vsaj enega znanega starša ima 1034 oziroma preko 61 % živali. Osnovno, izhodiščno populacijo predstavlja 672 živali, ki imajo neznane starše.

### 3.2.3 Statistični model za interakcijo med genotipom in okoljem

Za interakcijo med genotipom in okoljem za starost ob zaključku preizkusa ter za debelino slanine smo uporabili sledeč model z vključenim direktnim aditivnim vplivom živali:

$$y_{tijklmn} = \mu_t + G_{ti} + S_{tj} + R_{tk} + \left[ b_t \begin{pmatrix} 0 \\ x_{ijklmn} - \bar{x} \end{pmatrix} \right] + h_{tikl} + g_{tijklm} + a_{tijklmn} + e_{tijklmn} \quad \dots(14)$$

- $y_{ijklmn}$  - analizirana lastnost ( $t = \text{starost ob zaključku preizkusa (1, 3, 5)}$ , debelina hrbtne slanine (2,4, 6))
- $\mu_t$  - srednja vrednost
- $G_{ti}$  - genotip živali ( $i = 1, 2, 3, 4$ )
- $S_{tj}$  - sezona, ki predstavlja interakcijo med letom in mesecem ob zaključku preizkusa ( $j = 1, 2, \dots, 160$ )
- $R_{tk}$  - rejec ( $k = 1, 2, \dots, 46$ )
- $b_t$  - linearni regresijski koeficient za lastnosti debelina hrbtne slanine ( $t = 2, 4, 6$ )
- $x_{ijklmn}$  - masa živali ob koncu preizkusa
- $\bar{x}$  - povprečje za telesno maso ob koncu preizkusa
- $h_{tikl}$  - skupno okolje v čredi, kot interakcija med rejcem in sezono ob zaključku preizkusa
- $g_{tiklm}$  - skupno okolje v gnezdu
- $a_{tiklmn}$  - direktni aditivni genetski vpliv
- $e_{tiklmn}$  - ostanek.

Matrični zapis enačbe je sledeč:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\beta + \mathbf{Z}_h\mathbf{h} + \mathbf{Z}_g\mathbf{g} + \mathbf{Z}_a\mathbf{a} + \mathbf{e} \quad \dots(15)$$

- $\mathbf{y}$  - vektor opazovanj za lastnosti
- $\mathbf{X}$  - matrika dogodkov za sistematske vplive
- $\beta$  - vektor neznanih parametrov za sistematske vplive
- $\mathbf{Z}_g$  - matrika dogodkov za naključni vpliv skupnega okolja v gnezdu
- $\mathbf{g}$  - vektor neznanih parametrov za naključni vpliv skupnega okolja v gnezdu
- $\mathbf{Z}_h$  - matrika dogodkov za naključni vpliv črede
- $\mathbf{h}$  - vektor neznanih parametrov za naključni vpliv črede
- $\mathbf{Z}_a$  - matrika dogodkov za naključni aditivni genetski vpliv
- $\mathbf{a}$  - vektor neznanih parametrov za naključni aditivni genetski vpliv
- $\mathbf{e}$  - vektor ostankov.

V enačbah 16 in 17  $\sigma_h^2$  predstavlja varianco za skupno okolje v čredi,  $\sigma_l^2$  pa varianco za skupno okolje v gnezdu. Pripadajoči identični matriki sta  $\mathbf{I}_h$  in  $\mathbf{I}_g$ .

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{h}_1 \\ \mathbf{h}_2 \\ \mathbf{h}_3 \\ \mathbf{h}_4 \\ \mathbf{h}_5 \\ \mathbf{h}_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{h1}^2 \mathbf{I}_{hL} & \sigma_{h12} \mathbf{I}_{hL} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \sigma_{h12} \mathbf{I}_{hL} & \sigma_{h2}^2 \mathbf{I}_{hL} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{h3}^2 \mathbf{I}_{hM} & \sigma_{h34} \mathbf{I}_{hM} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{h34} \mathbf{I}_{hM} & \sigma_{h4}^2 \mathbf{I}_{hM} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{h5}^2 \mathbf{I}_{hH} & \sigma_{h56} \mathbf{I}_{hH} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{h56} \mathbf{I}_{hH} & \sigma_{h6}^2 \mathbf{I}_{hH} \end{bmatrix} = \sum_{S=L, M, H} {}^\oplus (\mathbf{G}_{hS} \otimes \mathbf{I}_S),$$

S=L, M, H ... (16)

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{g}_1 \\ \mathbf{g}_2 \\ \mathbf{g}_3 \\ \mathbf{g}_4 \\ \mathbf{g}_5 \\ \mathbf{g}_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{g1}^2 \mathbf{I}_{gL} & \sigma_{g12} \mathbf{I}_{gL} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \sigma_{g12} \mathbf{I}_{gL} & \sigma_{g2}^2 \mathbf{I}_{gL} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{g3}^2 \mathbf{I}_{gM} & \sigma_{g34} \mathbf{I}_{gM} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{g34} \mathbf{I}_{gM} & \sigma_{g4}^2 \mathbf{I}_{gM} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{g5}^2 \mathbf{I}_{gH} & \sigma_{g56} \mathbf{I}_{gH} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{g56} \mathbf{I}_{gH} & \sigma_{g6}^2 \mathbf{I}_{gH} \end{bmatrix} = \sum_{S=L, M, H} {}^\oplus (\mathbf{G}_{gS} \otimes \mathbf{I}_S),$$

S=L, M, H ... (17)

Za aditivni genetski vpliv predpostavljamo normalno porazdelitev in sledečo strukturo kovarianc:

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1 \\ \mathbf{a}_2 \\ \mathbf{a}_3 \\ \mathbf{a}_4 \\ \mathbf{a}_5 \\ \mathbf{a}_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{a1}^2 & \sigma_{a12} & \sigma_{a13} & \sigma_{a14} & \sigma_{a15} & \sigma_{a16} \\ \sigma_{a12} & \sigma_{a2}^2 & \sigma_{a23} & \sigma_{a24} & \sigma_{a25} & \sigma_{a26} \\ \sigma_{a13} & \sigma_{a23} & \sigma_{a3}^2 & \sigma_{a34} & \sigma_{a35} & \sigma_{a36} \\ \sigma_{a14} & \sigma_{a24} & \sigma_{a34} & \sigma_{a4}^2 & \sigma_{a45} & \sigma_{a46} \\ \sigma_{a15} & \sigma_{a25} & \sigma_{a35} & \sigma_{a45} & \sigma_{a5}^2 & \sigma_{a56} \\ \sigma_{a16} & \sigma_{a26} & \sigma_{a36} & \sigma_{a46} & \sigma_{a56} & \sigma_{a6}^2 \end{bmatrix} \otimes \mathbf{A} \quad ... (18)$$

kjer je  $\sigma_{at}^2$  varianca za aditivni genetski vpliv,  $\sigma_{att}$  kovariance med lastnostima t in t' ter  $\mathbf{A}$  matrika sorodstva. Ker je bila vsaka žival izmerjena zgolj v enem okolju, so negenetske kovariance za lastnosti, ki so izmerjene v različnih okoljih, enake nič. Ostanki so normalno porazdeljeni. Njihova struktura je zapisana v enačbi x.

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{e}_2 \\ \mathbf{e}_3 \\ \mathbf{e}_4 \\ \mathbf{e}_5 \\ \mathbf{e}_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{e1}^2 \mathbf{I}_{eL} & \sigma_{e12} \mathbf{I}_{eL} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \sigma_{e12} \mathbf{I}_{eL} & \sigma_{e2}^2 \mathbf{I}_{eL} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{e3}^2 \mathbf{I}_{eM} & \sigma_{e34} \mathbf{I}_{eM} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{e34} \mathbf{I}_{eM} & \sigma_{e4}^2 \mathbf{I}_{eM} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{e5}^2 \mathbf{I}_{eH} & \sigma_{e56} \mathbf{I}_{eH} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \sigma_{e56} \mathbf{I}_{eH} & \sigma_{e6}^2 \mathbf{I}_{eH} \end{bmatrix} = \sum_{S=L, M, H} {}^\oplus (\mathbf{R}_{0S} \otimes \mathbf{I}_{eS}),$$

S=L, M, H ... (19)

### 3.2.4 Statistični model za reakcijske norme

Tudi za reakcijske norme smo razvili model, s katerim smo naredili enolastnostno analizo. V model smo dodatno vključili vpliv očeta:

$$y_{ijklmn} = \mu + G_i + S_j + R_k + \begin{bmatrix} 0 \\ b(x_{ijklmn} - \bar{x}) \end{bmatrix} + h_{jkl} + s_{0im} + s_{1im}w_{jkl} + g_{ijklm} + e_{ijklmn} \quad \dots(20)$$

$y_{ijklmn}$	-	analizirana lastnost (starost ob zaključku preizkusa, debelina hrbtne slanine)
$\mu$	-	srednja vrednost
$G_i$	-	genotip živali ( $i = 1, 2, 3, 4$ )
$S_j$	-	sezona, kot interakcija med letom in mesecem ob zaključku preizkusa ( $j = 1, 2, \dots, 160$ )
$R_k$	-	rejec ( $k = 1, 2, \dots, 46$ )
$b$	-	linearni regresijski koeficient
$x_{ijklmn}$	-	masa živali ob koncu preizkusa
$\bar{x}$	-	povprečje za telesno maso ob koncu preizkusa
$h_{jkl}$	-	Čreda
$g_{ijklm}$	-	skupno okolje v gnezdu
$s_{0im}$	-	srednja vrednost za reakcijske norme očetov (nivo)
$s_{1im}$	-	linearni koeficient za naključno regresijo za očete (nagib)
$w_{ijklmn}$	-	okoljska spremenljivka
$e_{ijklmn}$	-	Ostanek

Kot okoljska spremenljivka je definirano okolje, ki je izraženo kot odmik od povprečja v dnevnu prirastu. Spremenljivka se od povprečja razlikuje za tri standardne odklone tako v pozitivno kot tudi v negativno smer.

Za obe lastnosti lahko napišemo matrično obliko modela (enčba 15), kjer  $\mathbf{y}$  predstavlja vektor opazovanj,  $\mathbf{X}$  matriko dogodkov za sistematske vplive,  $\boldsymbol{\beta}$  vektor neznanih parametrov za sistematske vplive,  $\mathbf{h}$ ,  $\mathbf{g}$  in  $\mathbf{s}$  so vektorji neznanih parametrov za naključne vplive, pripadajoče matrike dogodkov za naključne vplive so  $\mathbf{Z}_h$ ,  $\mathbf{Z}_g$ ,  $\mathbf{Z}_s$  ter  $\mathbf{e}$  je vektor ostankov.

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_h\mathbf{h} + \mathbf{Z}_g\mathbf{g} + \mathbf{Z}_s\mathbf{s} + \mathbf{e} \quad \dots(21)$$

Predpostavljamo, da so pričakovane vrednosti za naključne vplive in ostanek enake **0** (enačba 18). V enačbi 19 in 20 so predstavljene strukture varianc in kovarianc. Varianca za nivo ( $\sigma_{s0}^2$ ), varianca za nagib ( $\sigma_{s1}^2$ ) in kovarianca med nivojem in nagibom ( $\sigma_{s01}$ ) predstavljajo direktno aditivno genetsko varianco. **A** je matrika sorodstva med očeti mladic z meritvami. Varianca očetov predstavlja  $\frac{1}{4}$  genetske variance.

$$\mathbf{E} \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{h} \\ \mathbf{g} \\ \mathbf{s} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}\beta \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad \dots(22)$$

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{h} \\ \mathbf{g} \\ \mathbf{s} \\ \mathbf{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}_h & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{G}_g & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{G}_s & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{sim} & \mathbf{R} & \mathbf{sim} & \mathbf{sim} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{diag}\{\sigma_{h0}^2\} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \text{diag}\{\sigma_{g0}^2\} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{A} \otimes \mathbf{S}_0 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \text{diag}\{\sigma_{e0}^2\} \end{bmatrix} \quad \dots(23)$$

$$\mathbf{S}_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{s0}^2 & \sigma_{s01} \\ \sigma_{s01} & \sigma_{s1}^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} \sigma_{a0}^2 & \sigma_{a01} \\ \sigma_{a01} & \sigma_{a1}^2 \end{bmatrix} \quad \dots(24)$$

Povprečje za okolje, v katerem je žival bila, smo razvrstili v šest razredov, katerim smo izračunali variance. Opazovanja so bila razvrščena v razrede glede na njihovo okolje. Najnižje vrednosti oziroma slaba okolja so oblikovala prvi razred, najvišje vrednosti ali dobra okolja pa so oblikovala najvišji, šesti razred. Za ostanek smo predpostavili, da je normalno, neodvisno in identično porazdeljen.

Pri reakcijskih normah je standardna plemenska vrednost razdeljena na dva dela: nivo in nagib. Napovedane plemenske vrednosti v modelih reakcija norme oziroma napovedana plemenska vrednost očeta (POP) je odvisna od okolja, v katerem bodo potomci. Napoved za hči očeta  $n$  v določenem okolju  $x$  je izračunana kot:

$$POP_{im|w_t} = s_{0im} + s_{1im} w_t \quad \dots(25)$$

Tako kot se skozi okolje spreminja napoved plemenske vrednosti za žival, se spreminja tudi heritabiliteta:

$$\sigma_{s|x}^2 = \sigma_{s_0}^2 + x^2 \sigma_{s_1}^2 + 2x\sigma_{s_01} \quad \dots(26)$$

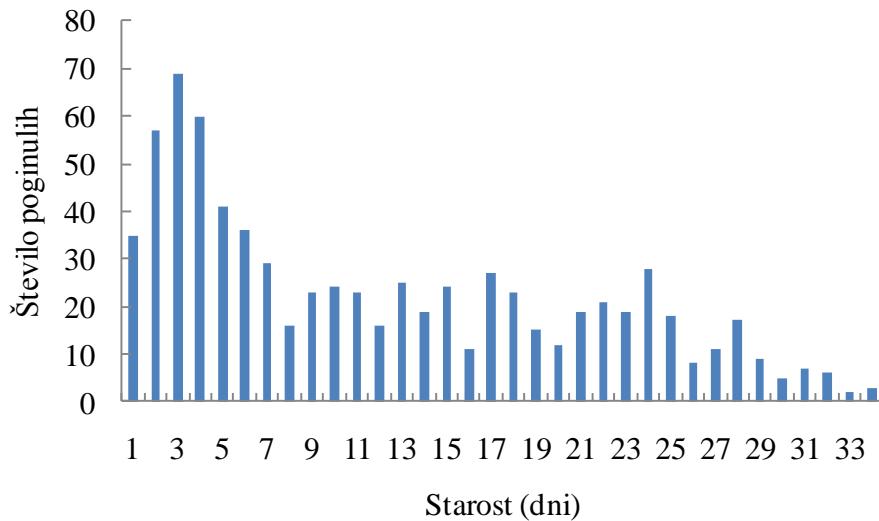
Podatke smo statistično obdelali v programskem paketu SAS (SAS Inst. Inc, 2008). Z metodo omejene največje zanesljivosti smo ocenili parametre disperzije v programu VCE (Groeneveld in sod., 2010). Podatke smo predhodno pripravili s programom PEST (Groeneveld in sod., 1990).

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 4.1 LASTNOSTI POVEZANE S PREŽIVITVENO SPOSOBNOSTJO

#### 4.1.1 Sistematski del modela za izgube in velikost gnezda

Preživitveno sposobnost pri kuncih smo spremajali kot delež izgub in velikost gnezda po posameznih tednih. Spremenljivke smo pripravili na podlagi dobljenih podatkov v poskusu. Izgube smo beležili vsak dan in lahko vidimo, da je največ mladičev poginilo pri starosti 3 dni (slika 6). Pri tej starosti je poginilo 69 kuncev, kar prestavlja skoraj 10 % vseh poginov v času do odstavitev. Preko 50 mladičev je poginilo še pri starosti 2 dni in 4 dni. Pogini so se s starostjo zmanjševali. Dan pred odstavtvijo so poginili trije kunci. Podobno sliko je predstavil tudi Rosell (2005), ki je preučeval preživitveno sposobnost kuncev v Španiji in na Portugalskem. Kot glavne dejavnike, ki vplivajo na izgube, je izpostavil zdravje kunk, velikost gnezda in rojstno maso mladičev. V njegovi študiji je največ kuncev poginilo na četrti dan starosti, ko je poginilo 41 kuncev. V prvih štirih dneh je poginilo 7 % vseh živorojenih oziroma je to predstavljajo 53 % vseh izgub do odstavitev. Do odstavitev, ki je bila med 30 in 35 dnevom starosti mladičev, je poginilo 13 % oziroma 13,8 % mladičev.



Slika 6: Število poginulih kuncev po dnevih

Figure 6: Number of dead kits by age

V povprečju so izgube do odstavitev znašale 18,53 %. V posameznih gnezdih pa so le-te bile med 0 in 100 %. V prvem tednu je pogin predstavljal kar 43,14 % celotnih izgub mladičev do odstavitev (tabela 6), medtem ko so pogini v 14 dneh po kotitvi predstavljeni preko 60 % celotnega pogina do odstavitev. V zadnjem tednu pred odstavitevijo, torej med 28 in 35 dnevom starosti, je poginilo le 32 mladičev, kar ni predstavlja niti 5 % celotnih izgub. Povprečna masa poginulih v prvem tednu je bila 51,3 g.

Tabela 6: Izgube in povprečne telesne mase poginulih kuncev glede na starost

Table 6: Losses, and average body weights of dead rabbits by age

	Število poginov	Delež poginov (%)	Kumulativne izgube (%)	Povprečna masa poginulih (g)
1. teden	327	43,14	43,14	51,30
2. teden	146	19,26	62,40	118,23
3. teden	131	17,28	79,68	173,10
4. teden	132	16,10	95,78	192,36
5. teden	32	4,22	100,00	271,69

Velikost gnezda, tako ob rojstvu kot ob odstavitevi, je bila večja pri terminalni liniji (tabela 7). Največja razlika med linijama je pri povprečnem številu odstavljenih kuncev,

katerih je bilo pri terminalni liniji na gnezdo 0,43 več. Pri terminalni liniji so bili mladiči ob rojstvu lažji v primerjavi z mladiči pri terminalni liniji. Razlika je bila v povprečju 3 g. Ob odstavitev pa so bili mladiči terminalne linije za 27 g težji.

Tabela 7: Opisna statistika za velikost gnezda in telesno maso kuncev po liniji

Table 7: Descriptive statistics for litter size and weight for rabbits by genotype

Linija	Št.	Pov.	Pov.	Pov. zroj	Pov.	Pov. ods.	Pov.
	gnezd	rojenih	masa (g)		masa (g)		masa (g)
C	274	8,29	67	7,87	69	6,37	953
		± 1,71	± 16	± 2,09	± 13	± 2,20	± 153
B	290	8,00	70	7,27	72	5,94	929
		± 2,00	± 16	± 2,53	± 12	± 2,21	± 155

Kunci so bili skoteni v različnih laktacijah. Najvišja laktacija v podatkih je bila 10. Ker je bilo malo kunk, ki so imele zaporedno kotitev sedmo ali več, smo jih združili. Tako smo imeli zaporedne kotitve od 1 do 6. Skupaj smo imeli 564 gnezd (tabela 8). Največ podatkov imamo za kunke ob prvi kotitvi, nato se število kotitev zmanjšuje. Peto zaporedno kotitev je tako imelo še samo 60 kunk. Največ rojenih in živorojenih mladičev je bilo v peti zaporedni kotitvi, medtem ko je bilo v povprečju največ odstavljenih v četrti zaporedni kotitvi. Ob rojstvu so bili najtežji mladiči, ki so bili skoteni v četrti in peti zaporedni kotitvi matere. Živorojeni mladiči so bili najtežji v peti zaporedni laktaciji ter ob odstavitev v tretji zaporedni laktaciji. Najlažji mladiči so bili v prvi laktaciji. Od rojstvu so v povprečju tehtali 63 g ter ob odstavitev manj kot 900 g.

Tabela 8: Opisna statistika za velikost gnezda in povprečno maso kuncev po zaporednih gnezdih

Table 8: Descriptive statistics for litter size and weight of rabbits by parity

Zap. kotitev	Število gnezd	Pov. rojenih	Pov. masa (g)	Pov. živorojenih	Pov. masa (g)	Pov. odstavljenih	Pov. masa (g)
1	142	7,12 ± 2,00	63 ± 17	6,82 ± 2,49	64 ± 15	5,75 ± 2,32	890 ± 176
2	114	7,64 ± 1,89	69 ± 16	7,34 ± 2,50	71 ± 15	6,22 ± 2,40	915 ± 184
3	104	7,68 ± 1,95	69 ± 16	7,73 ± 2,17	71 ± 15	6,29 ± 2,29	963 ± 162
4	86	7,66 ± 1,67	72 ± 19	7,60 ± 2,10	73 ± 17	6,34 ± 2,10	957 ± 179
5	60	7,78 ± 1,80	71 ± 13	7,87 ± 2,22	72 ± 14	6,13 ± 2,50	916 ± 158
6	58	7,47 ± 1,84	68 ± 15	7,40 ± 2,19	70 ± 15	6,22 ± 1,97	946 ± 173

V povprečju je bilo v vsaki sezoni 20 gnezd (tabela 9). Najmanj, le 12, jih je bilo v sedmi sezoni. V sezoni 5 pa jih je bilo največ, 26. Največ rojenih kuncev v gnezdu je bilo v jesenskih sezona. Manj kot 7 kuncev v gnezdu je bilo samo v eni sezoni. Rečemo lahko, da je v poletnih mesecih bilo najmanj živorojenih kuncev v gnezdih. Podobno lahko trdimo za odstavljenne mladiče. Najmanj odstavljenih mladičev je v gnezdih, ki so bila skotena poleti. Največ odstavljenih v povprečju je bilo v gnezdih, ki so bila skotena jeseni. Prav tako lahko rečemo, da so bili kunci, skoteni v jesenskem času, odstavljeni kot najtežji. Tisti, ki so bili skoteni pomlad, pa so bili v povprečju odstavljeni kot najlažji. Opisna statistika za velikost gnezda in telesno maso kuncev po sezoni

Tabela 9: Opisna statistika za velikost gnezda in povprečno maso kuncev po sezoni

Table 9: Descriptive statistics for litter size and weight of rabbits by season

Sezona	Št.	Pov. rojenih	Pov.	Pov.	Pov.	Pov.	Pov. masa
		gnezd	masa (g)	živorojenih	masa (g)	odstavljenih	(g)
1	19	8,32 ± 2,33	72 ± 10	7,73 ± 2,64	76 ± 9	7,10 ± 2,01	1119 ± 120
2	22	7,04 ± 2,40	69 ± 9	6,95 ± 2,31	75 ± 18	5,86 ± 2,33	1057 ± 204
3	21	7,71 ± 3,00	66 ± 15	6,81 ± 3,26	82 ± 16	4,99 ± 2,80	1019 ± 202
4	14	9,36 ± 2,13	65 ± 11	8,50 ± 1,56	75 ± 16	6,92 ± 2,01	959 ± 179
5	26	8,42 ± 2,83	71 ± 14	7,92 ± 2,66	66 ± 11	6,92 ± 2,01	880 ± 117
6	21	8,23 ± 1,79	64 ± 15	7,92 ± 2,66	66 ± 11	6,66 ± 1,77	895 ± 103
7	12	8,00 ± 2,78	65 ± 14	7,42 ± 3,53	78 ± 12	6,66 ± 3,02	971 ± 138
8	18	7,67 ± 1,91	64 ± 11	7,27 ± 2,01	68 ± 11	6,61 ± 1,53	873 ± 101
9	23	7,39 ± 2,10	62 ± 12	6,89 ± 1,63	72 ± 13	5,48 ± 2,08	905 ± 118
10	13	7,92 ± 1,44	61 ± 14	7,31 ± 2,06	67 ± 11	6,00 ± 2,20	903 ± 120
11	14	7,57 ± 2,88	63 ± 12	7,21 ± 2,72	65 ± 11	6,00 ± 2,54	910 ± 173
12	19	8,63 ± 2,63	64 ± 14	8,10 ± 2,94	67 ± 7	6,89 ± 2,30	888 ± 94
13	15	7,13 ± 1,92	62 ± 13	6,45 ± 2,17	67 ± 9	6,20 ± 1,78	938 ± 135
14	14	7,59 ± 1,41	65 ± 13	7,29 ± 1,61	70 ± 8	7,11 ± 2,03	934 ± 94
15	16	8,69 ± 1,78	64 ± 14	8,13 ± 1,67	68 ± 7	7,25 ± 1,77	880 ± 111
16	19	8,79 ± 2,25	68 ± 15	8,37 ± 2,33	75 ± 10	6,53 ± 2,09	860 ± 120
17	26	7,12 ± 2,10	70 ± 12	7,00 ± 1,92	75 ± 12	6,73 ± 1,79	912 ± 99
18	18	7,78 ± 1,70	66 ± 15	7,50 ± 1,58	69 ± 9	5,50 ± 2,33	874 ± 102
19	11	8,37 ± 0,80	69 ± 11	7,64 ± 1,50	72 ± 11	5,64 ± 1,96	867 ± 127
20	17	8,41 ± 2,09	65 ± 12	7,42 ± 2,18	68 ± 13	5,82 ± 2,24	924 ± 132
21	22	8,36 ± 3,19	62 ± 10	7,41 ± 3,14	66 ± 10	5,81 ± 2,34	852 ± 140
22	19	8,08 ± 2,65	61 ± 14	7,63 ± 2,71	64 ± 9	5,47 ± 2,14	853 ± 111
23	23	7,78 ± 2,71	67 ± 15	6,86 ± 2,80	72 ± 15	5,35 ± 1,61	874 ± 105
24	15	7,87 ± 2,85	64 ± 13	7,00 ± 2,65	68 ± 13	4,67 ± 2,53	900 ± 105
25	20	7,65 ± 3,01	63 ± 15	7,15 ± 2,78	65 ± 6	5,52 ± 2,01	835 ± 109
26	15	7,47 ± 2,36	62 ± 10	687 ± 2,20	70 ± 11	4,93 ± 2,46	1036 ± 152
27	17	6,94 ± 2,28	69 ± 16	6,65 ± 2,11	76 ± 16	3,94 ± 2,63	1133 ± 186
28	19	7,37 ± 1,77	65 ± 14	7,05 ± 1,98	68 ± 13	6,11 ± 1,99	1018 ± 89
29	19	8,58 ± 2,01	61 ± 11	8,37 ± 1,80	67 ± 9	7,32 ± 2,11	1013 ± 127
30	21	7,10 ± 2,39	72 ± 14	7,00 ± 2,30	79 ± 11	6,67 ± 1,56	1059 ± 199
31	13	8,23 ± 2,52	74 ± 15	7,62 ± 2,33	83 ± 11	6,92 ± 1,60	1084 ± 111

Največ rojenih in živorojenih kuncev je bilo pri materah, ki so v času laktacije imele aktivnih 10 seskov (tabela 10). Pri materah z 8 seski je bilo, v primerjavi z materami z

10 seski, v povprečju na gnezdo rojenega 0,41 mladiča več. Prav tako so bili ob odstavitevi kunci od mater z več seski težji. Mladiči mater z osmimi seski so v povprečju tehtali 919 g, medtem ko so mladiči mater z devetimi in desetimi seski tehtali v povprečju več kot 930 g.

Tabela 10: Opisna statistika za velikost gnezda in telesno maso kuncev glede na število seskov pri materi

Table 10: Descriptive statistics for litter size and weight of rabbits by number of teats of the mother

Št. seskov	Število gnezd	Pov. rojenih	Pov. masa (g)	Pov. živorojenih	Pov. masa (g)	Pov. odstavljenih	Pov. masa (g)
8	230	7,45 ± 1,82	68 ± 16	7,15 ± 2,34	69 ± 15	6,14 ± 2,07	919 ± 177
9	107	7,57 ± 2,23	68 ± 18	7,49 ± 2,46	69 ± 16	6,12 ± 2,51	937 ± 177
10	226	7,57 ± 1,79	71 ± 16	7,56 ± 2,27	71 ± 15	6,12 ± 2,23	935 ± 174

Živorojeni mladiči linije C so ob rojstvu v povprečju tehtali 68 g, kar je 3 g manj kot mladiči linije B (tabela 11). V prvem tednu so kunci obej linij v povprečju priraščali 12 g/dan. Vsak naslednji teden je bila njihova rast hitrejša. Tako so ob odstavitevi, pri šestem tehtanju, v povprečju tehtali 941 g oziroma 914 g, kar pomeni, da so v petem tednu življjenja priraščali 45 oziroma 46 g/dan. Na 65. dan so kunci v povprečju tehtali 2033 g, nekoliko težji so bili kunci B-linije. Prav tako lahko vidimo, da je največ kuncev poginilo v prvem tednu po rojstvu. Število poginov je bilo iz tedna v teden manjše pri obej linijah.

Tabela 11: Opisna statistika za telesne mase kuncev ob posameznih tehtanjih

Table 11: Descriptive statistics for rabbits body weights

Masa	C			B		
	N	Povprečna masa (g)	Dnevni prirast (g/dan)	N	Povprečna masa (g)	Dnevni prirast (g/dan)
Rojstvo	2122	68 ± 15	12 ± 4	2104	71 ± 15	11 ± 4
7. dan	1915	154 ± 36	15 ± 5	1981	152 ± 35	14 ± 5
14. dan	1851	260 ± 60	14 ± 6	1887	250 ± 57	14 ± 7
21. dan	1808	362 ± 85	36 ± 10	1809	350 ± 86	34 ± 10
28. dan	1759	618 ± 132	46 ± 11	1731	596 ± 129	45 ± 11
35. dan	1744	941 ± 177	31 ± 7	1722	914 ± 174	32 ± 7
65. dan	1612	2026 ± 356		1632	2040 ± 331	

Linija je v našem primeru vplivala na delež izgub v prvem tednu in na izgube v času od odstavitev do 65. dneva starosti (tabela 12). Prav tako je linija živali vplivala na velikost gnezda, na število mrtvorojenih, živorojenih, odstavljenih kuncev in število kuncev, ki so zaključili preizkus na 65. dan starosti (tabela 13). Zaporedna kotitev matere je vplivala samo na izgube v prvem tednu in izgube v četrten tednu. Zaporedna laktacija je vplivala tudi na skupne izgube do odstavitev. Pri velikosti gnezda zaporedna laktacija matere ni vplivala na število mrtvorojenih kuncev v gnezdu.

V prvem tednu, ko so mladiči v veliki meri odvisni od materinega mleka, je število seskov vplivalo na izgube. Prav tako so seski vplivali na skupne izgube do odstavitev ter na število živorojenih kuncev v gnezdu. Sezona je v večini primerov vplivala na vse lastnosti, izjema sta izgube v tretjem in petem tednu. Pri velikosti gnezda sezona ni vplivala na število mrtvorojenih in živorojenih kuncev v gnezdu. Velikost gnezda, ki smo jo v modele vključili kot število živorojenih kuncev v gnezdu, je bil statistično značilno pri izgubah v prvem in drugem tednu ter pri skupnih izgubah do odstavitev.

Tabela 12: Karakteristike sistematskega dela modela za izgube pri kuncih (p-vrednost)

Table 12: Characteristics of fixed part of model for losses in rabbits (p-value)

Izgube	Linija	Zap. lakt.	Število seskov	Sezona kotitve	Velikost gnezda	Starost ob ods.	Masa	R <sup>2</sup>
Delež mrtvorjeni	0,0117	0,1361	0,3962	0,0038	<0,0001	-	<0,0001	0,33
V 1. Tednu	0,0623	0,0389	0,0150	0,0003	<0,0001	-	<0,0001	0,31
V 2. Tednu	0,5110	0,2978	0,7087	0,0038	0,4749	-	0,5890	0,12
V 3. Tednu	0,6307	0,0912	0,3053	0,1123	0,5187	-	0,1834	0,10
V 4. Tednu	0,1176	0,0239	0,1470	0,0011	0,7846	-	0,4192	0,15
V 5. Tednu	0,6696	0,3681	0,2815	0,3569	0,8832		0,1152	0,08
Od odstavite do 65. Dneva	0,0034	0,3696	0,7276	0,0014	0,0098	0,2392	0,6950	0,15
V 4. in 5. tednu skupaj	0,2589	0,4084	0,1246	<0,0001	0,4680	-	0,2856	0,15
V 3., 4. in 5. tednu skupaj	0,1206	0,1944	0,9588	<0,0001	04916	-	0,0524	0,15
Do odstavite	0,9490	0,0216	0,0655	<0,0001	<0,0001	-	<0,0001	0,26

Tabela 13: Karakteristike sistematskega dela modela za velikost gnezda pri kuncih (p-vrednost)

Table 13: Characteristics of fixed part of model for litter size in rabbits (p-value)

	Linija	Zap. lakt.	Število seskov	Sezona kotitve	Starost ob ods.	Masa	R <sup>2</sup>
Mrtvorjeni	0,0601	0,9142	0,9220	0,0869	-	<0,0001	0,14
Živorjeni	0,0005	<0,0001	0,0077	0,1302	-	<0,0001	0,22
Odstavljeni	0,0493	0,0204	0,6505	0,0001	0,0486	0,1935	0,17
Na 65.dan	0,0522	<0,0001	0,6263	<0,0001	0,0776	<0,0001	0,24

Velikost gnezda kot število odstavljenih kuncev pa je vplivala na izgube med odstavitevijo in 65. dnem starosti. Starost ob odstavitevi smo vključili v model za izgube med odstavitevijo in 65. dnevom starosti ter v model za število odstavljenih kuncev. Pri slednji lastnosti je bil vpliv statistično značilen. V modele smo vključili še rojstno maso, ki je vplivala na delež mrtvorojenih kuncev v gnezdu, na delež izgub v prvem tednu, na izgube, ki so bile v 3., 4. in 5. tednu skupaj ter na skupne izgube do odstaviteve. Rojstna masa je vplivala še na število mrtvorojenih in živorojenih kuncev v gnezdu. Odstavitevna masa pa je vplivala na število kuncev, ki so zaključili test pri starosti 65 dni.

Delež mrtvorojenih kuncev je bilo pri B liniji več in sicer jih je bilo 10,9 % (tabela 14). Izgub od odstaviteve do 65. dneva starosti pa je bilo več pri terminalni C liniji. Razlike so bile tudi v velikosti gnezda. tako kot delež mrtvorojenih je pri maternalni liniji tudi število mrtvorojenih kuncev v gnezdu več. Živorojenih kuncev je bilo pri terminalni liniji 8,79, odstavljenih 7,01 ter na 65. dan je preizkus zaključilo 6,3 kuncev iz gnezda. Gnezda so bila pri terminalni liniji nekoliko večja.

Tabela 14: Ocenjene srednje vrednosti za lastnosti preživitvene sposobnosti po linijah

Table 14: Least square means (LSM) for survival rate traits by genotyp

Izgube	Linija	
	C	B
Delež mrtvorojenih	8,45 ± 1,21	10,91 ± 0,92
Od odstaviteve do 65. dneva	11,47 ± 1,32	8,05 ± 1,79
<i>Velikost gnezda</i>		
Mrtvorjeni	0,47 ± 0,05	0,74 ± 0,07
Živorjeni	8,79 ± 0,12	8,14 ± 0,15
Odstavljeni	7,01 ± 0,11	6,65 ± 0,13
Na 65. dan	6,36 ± 0,13	6,01 ± 0,12

Najmanjše izgube v prvem tednu so bile v prvi laktaciji, kjer so bila tudi gnezda najmanjša (tabela 15). V prvem tednu, pri kunkah v četrti, peti in šesti laktaciji, so izgube presegale 10 %. Najmanjša gnezda so bila v prvi zaporedni laktaciji matere. V prvih gnezdih so imele kunke najmanj živorojenih in odstavljenih kuncev. V raziskavi Rebollar in sod. (2009) so avtorji navajali precej nižje izgube v času do odstaviteve. Avtorji so gnezda takoj po kotitvi izenačevali tako, da so prestavljalni mladiče in

ustvarjali gnezda s sedem do devet mladičev. Sicer so vključili živali, ki so bile starejše od 21 dni, ter navedli v prvi laktaciji 3,25 % izgub ter v tretji med 3,78 in 14,8 %.

Tabela 15: Ocenjene srednje vrednosti za lastnosti preživitvene sposobnosti pri kuncih glede na zaporedne kotitve

Table 15: Least square means (LSM) for survival rate traits of rabbits by parity

Izgube	Zaporedna kotitev					
	1	2	3	4	5	6
v 1. tednu	6,43±2,01	7,76±1,34	9,37±2,35	10,60±2,86	12,25±2,86	11,96±6,58
v 4. tednu	3,66±2,18	4,19±1,71	2,53±2,86	0,42±3,25	3,08±3,27	0,59±6,68
Do odstavitev	14,36±1,40	15,72±0,93	16,69±1,56	16,24±0,76	22,16±2,51	13,98±1,88
Velikost gnezda						
Mrtvorjeni	0,49±0,10	0,62±0,09	0,65±0,10	0,61±0,09	0,53±0,10	0,76±0,16
Živorjeni	7,45±0,21	8,50±0,23	8,89±0,21	8,74±0,23	8,92±0,29	8,27±0,29
Odstavljeni	6,40±0,19	7,06±0,19	7,12±0,22	7,04±0,23	6,89±0,32	6,78±0,26

Reprodukcijske lastnosti kunk in rast ter mortaliteta so lastnosti, ki definirajo potencial reje kuncev (Rebollar in sod., 2009). Kunci so najbolj občutljivi v prvih dneh po kotitvi in takrat so izgube tudi največje (Rödel in sod., 2009). Pri tem naj bi imela velik vpliv mati, v primeru prestavljanja mladičev pa mačeha. Med pomembne maternalne lastnosti spadajo produkcija mleka in tudi število seskov (Rashwan in Marai, 2000). V našem primeru so kunke imele 8, 9 ali 10 seskov, le pri eni kunki smo našteli 7 seskov. Nekaj živali seskov ni imelo preštetih. Ker so bili seski šteti, ko je kunka dojila, se le-ti smatrajo kot aktivni seski. Seski so vplivali na delež izgub v prvem in četrtem tednu ter na skupne izgube do odstavitev (tabela 16). Pričakovano je bil vpliv seskov večji v prvih tednih, ko so mladiči odvisni od materinega mleka. Tud več živorojenih mladičev v gnezdu so imele kunke z osmimi oziroma devetimi seski.

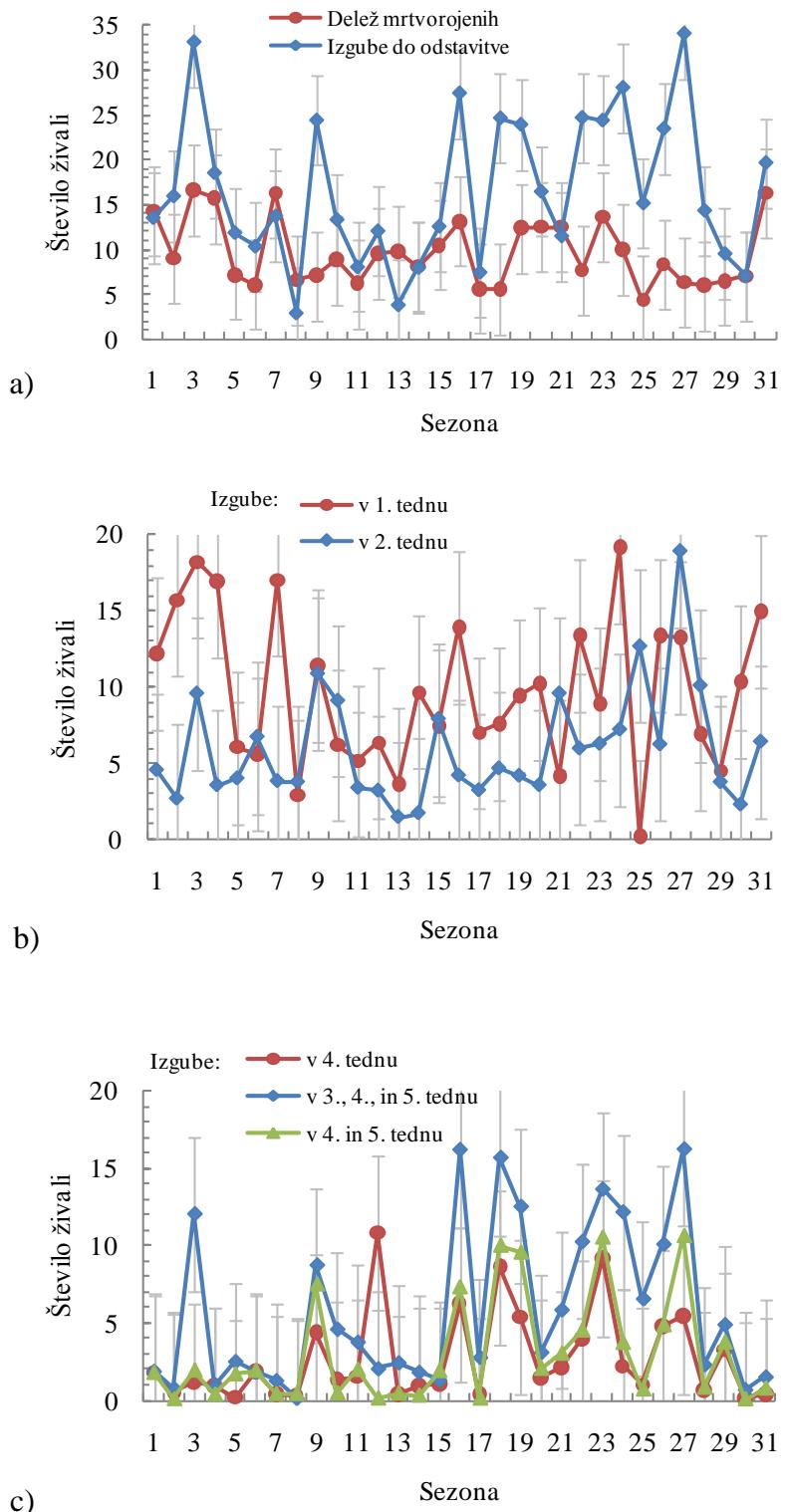
Tabela 16: Ocenjene srednje vrednosti za lastnosti preživitvene sposobnosti pri kuncih glede na število seskov

Table 16: Least square means (LSM) for survival rate traits of rabbits by number of teats

	Število seskov		
Izgube	8	9	10
V 1. Tednu	6,91 ± 0,93	12,18 ± 1,98	8,72 ± 0,96
V 4. Tednu	3,21 ± 1,98	3,32 ± 2,24	1,23 ± 1,61
Do odstavitev	16,35 ± 1,29	22,01 ± 2,28	20,51 ± 1,47
Velikost gnezda			
Živorojeni	7,15 ± 0,15	7,62 ± 0,24	7,73 ± 0,15

V različnih raziskavah je bilo potrjeno, da je nezadostna količina mleka velikokrat kriva za smrt mladiča (Schlolaut, 1980; Khalil, 1993). To so z raziskavo, kjer so spremljali rast in izgube pri mladičih, ki so sesali, ter tistih, ki niso sesali materinega mleka, dokazali tudi Farougou in sod. (2006). Pri kuncih, ki niso sesali materina mleka, so bile izgube bistveno večje ter so znašale 36,9 %, medtem ko je poginilo 13,5 % kuncev, ki so pri materi sesali. Nekateri avtorji so poročali, da je količina mleka odvisna tudi od zaporedne laktacije, v kateri je kunka (Rebollar in sod., 2009). Rebollar in sod. (2009) so navajali več poginov v višjih zaporednih laktacijah predvsem za intenzivne reje. Pri manj intenzivnih rejah je bil največji pogin pri kunkah v prvi laktaciji. Primerljivo z našimi rezultati, da seski ne vplivajo na preživitvene lastnosti, so v raziskavah navedli Feyeye in Ayorinde (2008, 2010).

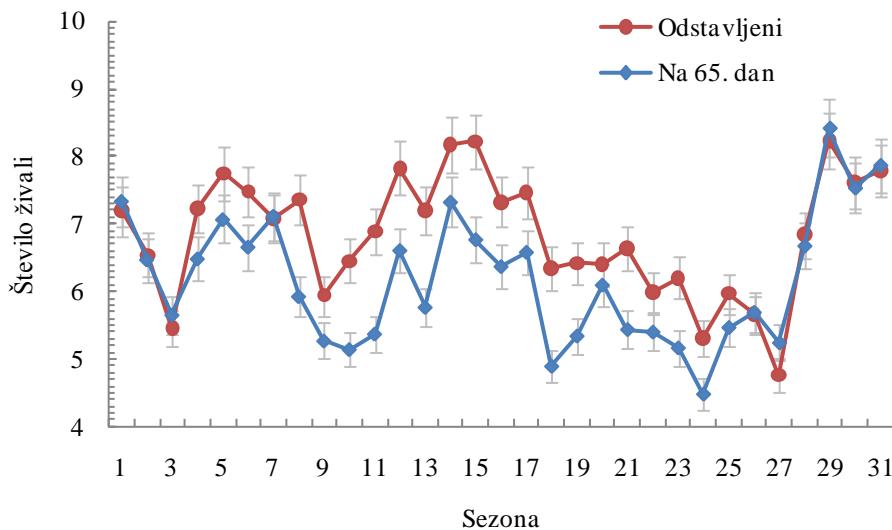
Sezona, ki je predtsavlja zmesec začetka preizkusa, je vplivala na večino lastnosti. Izgube so bile večje v toplejših mesecih (tabela 16). Delež skupnih izgub do odstavitev je med posameznimi sezonomi precej nihal (slika 7a). Največje izgube so bile 35 % v sezoni 3 in 27. Med sezonomi je nihal tudi delež mrtvorojenih, ki je bil med 5 in 15 %. Značilne razlike med sezonomi so bile tudi za izgube v prvem in drugem tednu (slika 7b). Izgube v 1. tednu so bile nekoliko višje kot izgube v 2. tednu. Razlike med sezonomi pa so tudi za izgube v 4. tednu ter za sestavljeni izgube, kjer smo sešeli izgube posameznih tednov. Izgube v 4. tednu ter seštevek izgub v 4. in 5. Tednu, se precej prekrivata (slika 7c). To je pričakovano, saj izgube v petem tednu niso bile niti 1 %. Večje izgube do odstavitev pri belem novozelandcu so bile v toplejših mesecih tudi v raziskavi, ki sta jo opravila Ayyat in Marai (1998). Izgube pred odstavitevijo naj bi se povečevale z naraščanjem temperature. Prav tako je visoka temperatura vzrok za večje izgube pri kuncih po odstavitevi (Shehata in sod., 2008).



Slika 7: Ocenjene srednje vrednosti s standardnimi napakami za izgube pri kuncih po sezoni

Figure 7: Least square means (LSM) with standard error for losses of rabbits by season

Pri velikosti gnezda je sezona vplivala na število odstavljenih kuncev ter na tevilo kuncev na 65. dan (slika 8). Število kuncev med sezonomi niha, sta pa prikazani lastnosti podobni. Največja gnezda so bila v sezoni 14 in 15, ter ob koncu poskusa v sezонаh 29, 30 in 31. V tem času je bil odstavljenih več kot 8 kuncev. Prav tako je več kot 8 kuncev iz gnezda zaključilo test na ob 65. dnevu starosti.



Slika 8: Ocenjene srednje vrednosti s standardnimi napakami za lastnosti velikost gnezda pri kuncih po sezoni

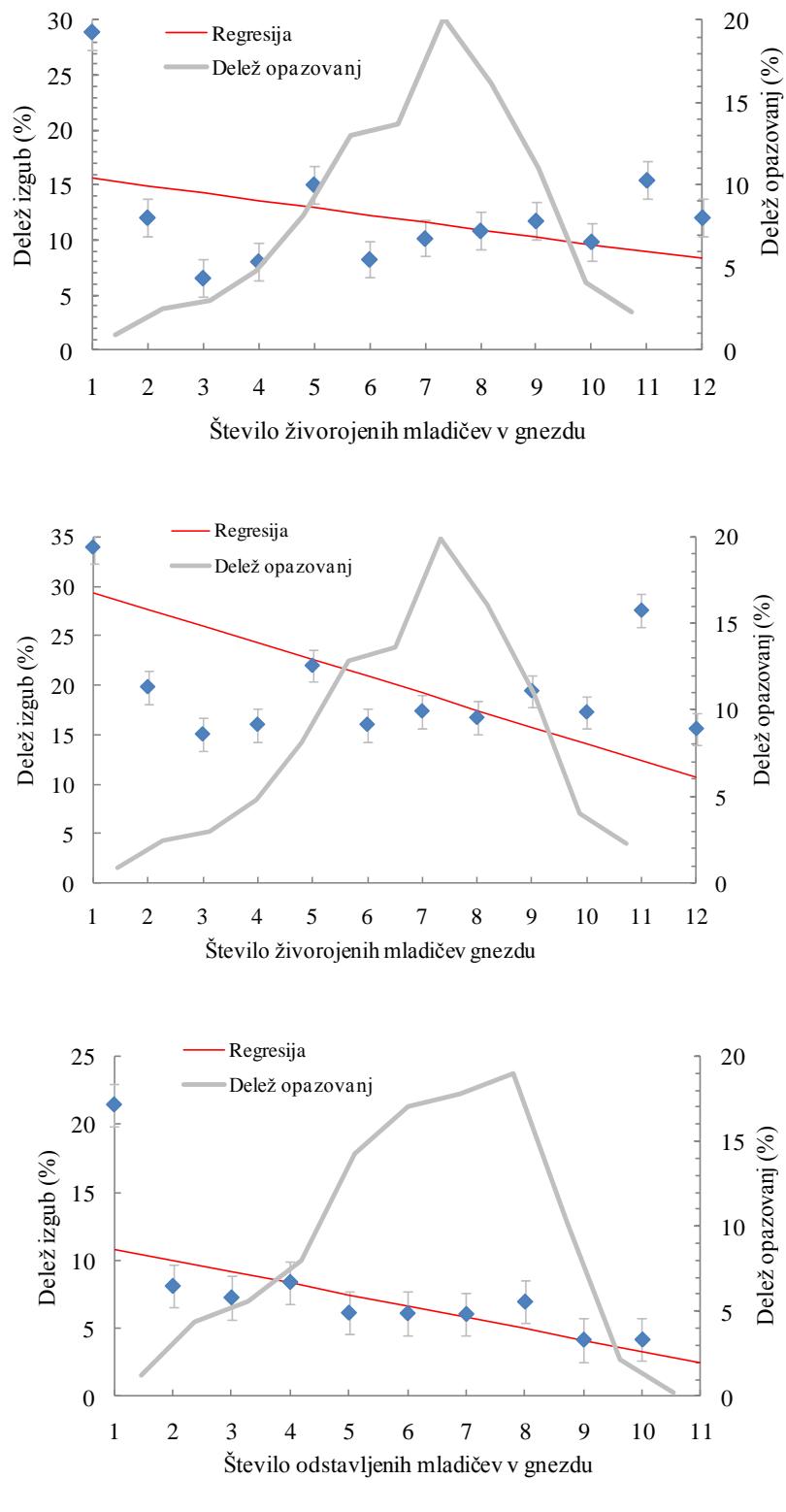
Figure 8: Least square means (LSM) with standard error for litter size of rabbits by season

Število živorojenih kuncev vpliva na delež izgub v prvem tednu ter na skupne izgube v času laktacije oziroma do odstavitev (slika 9a in 9b). Pri obeh lastnostih so izgube večje pri majhnih gnezdih in pri zelo velikih. Tako je bilo največ izgub v gnezdih, kjer je bil 1 mladič, ter v gnezdih, kjer je bilo 11 mladičev. Več kot 20 % opazovanj so predstavljala samo gnezda z 8 pujski. Majnih gnezd je bilo malo. Gnezda s petimi pujski ali manj so predstavljala skupaj dobrih 20 % opazovanj. Tako so ocene najbolj zanesljive pri velikosti gnezd od 6 do 10 pujskov v gnezdu, kjer je bilo po posamezni velikosti gnezda več kot 10 % opazovanj.

Število odstavljenih mladičev pa vpliva na izgube, ki nastanejo o odstavitevi in jih spremljamo do zaključka testa, do 65. dneva starosti živali (slika 9c). Izgub v tem

obdobju je bilo več v manjših gnezdih. V največ gnezdih se odstavi med 6 in 8 mladičev.

Da je velikost gnezda glavni dejavnik, ki vpliva na izgube, so zapisali že Weber in sod. (2009), ki so v analizo zajeli podatke 240 kmetij v Švici. Verjetnost preživetja v odvisnosti od velikosti gnezda so ocenili tudi Cecchinato in sod. (2010) pri prašičih v nukleusu. Velikost gnezda so razdelili v pet razredov: manj kot 7, med 7 in 9, med 10 in 12, med 12 in 14 ter več kot 14 pujskov v gnezdu. Z večanjem gnezda se je preživitvena sposobnost nekoliko zmanjševala. Do razlik pa je prišlo tudi med čistopasemskimi prašiči in prašiči križanci. Preživitvena sposobnost čistopasemskih prašičev je bila vedno nižja kot pri prašičih križancih. Izjema so gnezda, kjer je bilo 7 ali manj pujskov v gnezdu in je bila preživitvena sposobnost čistopasemskih prašičev največja, tj. 95 %. Prašiči križanci so imeli največjo preživitveno sposobnost 96 %, in sicer v gnezdih, kjer je bilo med 7 in 9 pujskov.

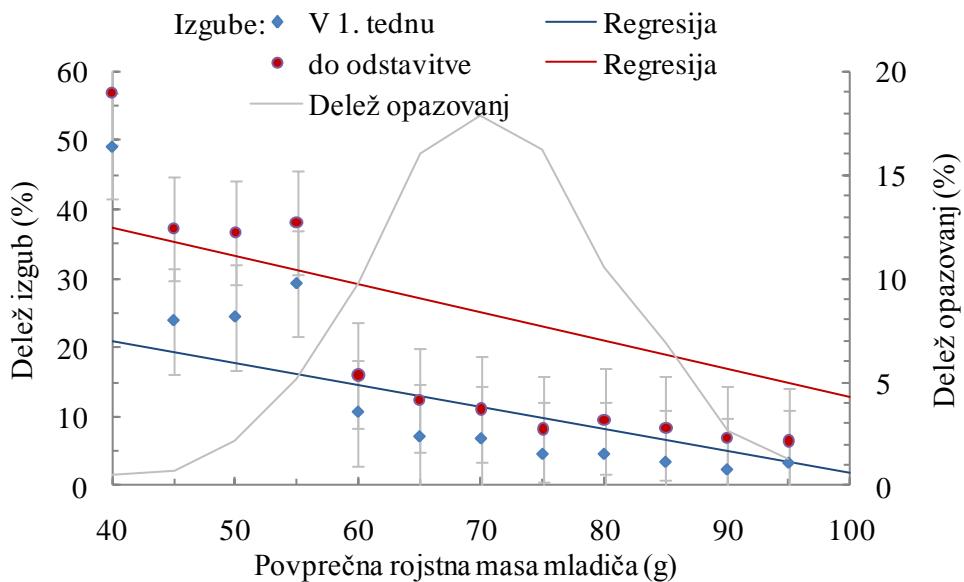


Slika 9: Vpliv velikosti gnezda na a) delež izgub v prvem tednu opazovanj, b) skupne izgube do odstavitev, c) delež izgub med odstavljivo in 65. dnem starosti pri kuncih

Figure 9: Effect of litter size on the a) losses in first weeks b) losses until weaning and c) losses from weaning to age 65 day

V opravljeni raziskavi velikost gnezda ob odstavitevi ni vplivala na izgube pri kuncih, ki so zaključili preizkus pri starosti 65. dni. V poskusu, ki ga je opravil Rosell (2005), so bile izgube po odstavitevi 7,7 % v prvi reji oziroma 9,1 % v drugi reji. V raziskavi so izgube spremljali do 75. dneva starosti, a sta po 65. dnevu starostu pognila zgolj dva kunca.

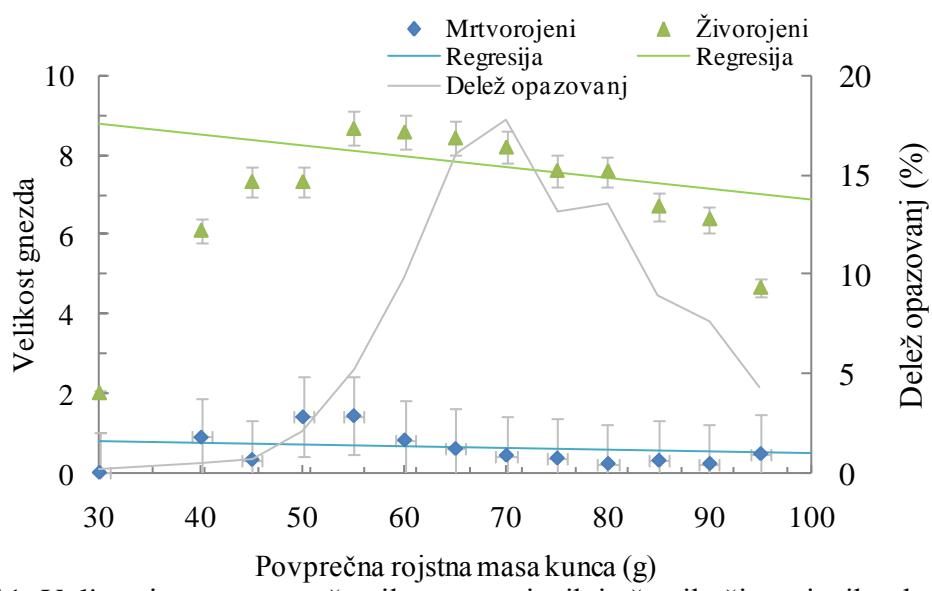
Izgube po posameznih tednih so bile odvisne tudi od rojstne mase kuncev (slika 10). Delež izgub se je z večanjem rojstne mase manjšal. Lažji kot so bili kunci, večje so bile izgube v času do odstaviteve. Izgub v prvem tednu ni bilo v gnezdih, kjer je bila povprečna rojstna masa kuncev večja od 90 g. Pričakovano je, da imajo kunci, ki so lažji od 50 g, manjšo možnost preživetja. Pri takšnih masah so pričakovane izgube nad 50 %, nekateri avtorji navajajo tudi preko 70 % (Szendrő in Barna, 1984; Rshwan in Marai, 2000). V gnezdih, kjer je bila rojstna masa manjša kot 40 g, je bil delež izgub preko 50 % že v prvem tednu ter preko 60 % do odstaviteve. Večje izgube so bile pri lažjih kuncih, ki so tehtali do 50 g, tudi v raziskavi, ki so jo opravili Poigner in sod. (2000). Pri lažjih kuncih so bile izgube 20 %, pri kuncih, ki so tehtali med 60 in 70 g, pa so izgube znašale 7,4 %.



Slika 10: Vpliv rojstne mase na delež izgub v prvem tednu in na izgube do odstavitev ter delež opazovanj pri kuncih

Figure 10: The effect of birth weight on the losses in first weeks and losses until weaning and distribution of observations in rabbits

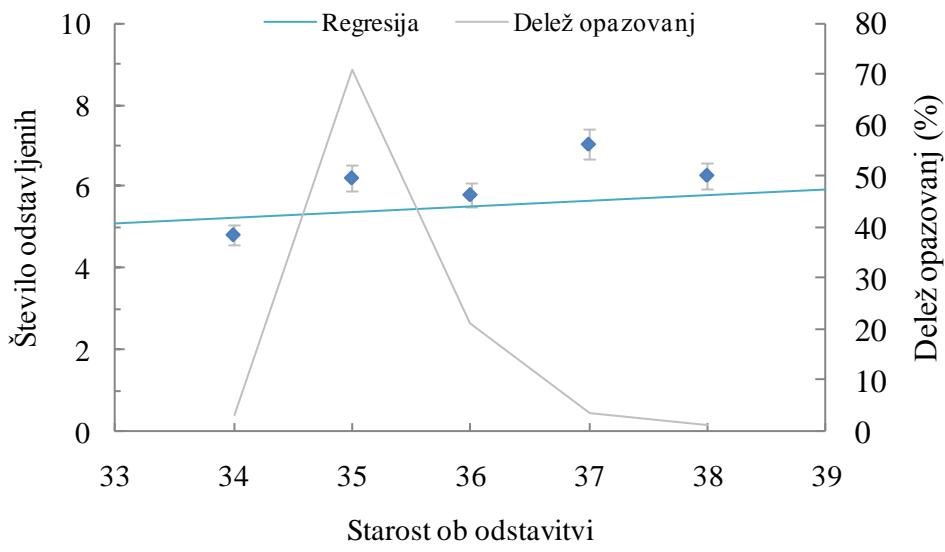
Rojstna masa gnezda je vplivala tudi na velikost gnezda (slika 11). V povprečju je bilo največ mladičev, ki so ob rojstvu tehtali med 60 in 70 g. Največ mrtvorjenih je bilo pri povprečni masi kunca 50 in 55 g. Prav tako je bilo v gnezdu manj lažjih živorojenih mladičev. Število živorojenih mladičev v gnezdu pa je bilo manjše od pet tudi, kadar je bila povprečna masa mladiča nad 90 g. Največ mrtvorjenih kuncev, skoraj 1,5 kunca, je bilo v gnezdih, kjer je bila povprečna rojstna masa mladičev 50 in 55 g. Rojstna masa ni vplivala na število odstavljenih mladičev.



Slika 11: Vpliv rojstne mase na število mrtvorjenih in število živorojenih mladičev ter delež opazovanj pri kuncih

Figure 11: Influence of birth weight on stillbirths and number of liveborn kits and distribution of observations in rabbits

Število odstavljenih kuncev je bilo odvisno tudi od starosti ob odstavljivji (slika 12). Največ kuncev, preko 70 %, je bilo odstavljenih pri starosti 35 dni. Pri tej starosti jih je bilo na gnezdo v povprečju odstavljenih 6,2. V povprečju 7 kuncev v gnezdu je bilo odstavljenih pri starosti 37 dni. Vendar je bilo pri tej starosti odstavljenih zgolj 3,5 % gnezd.

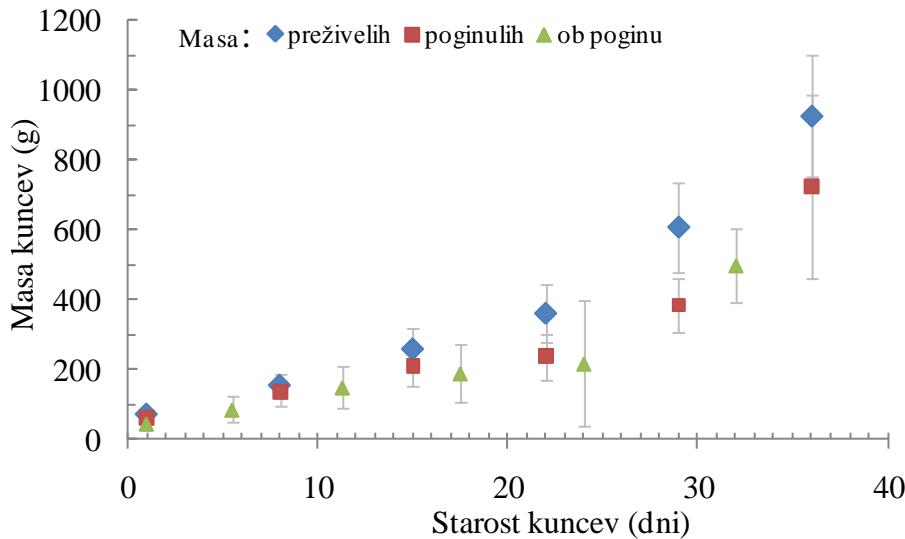


Slika 12: Vpliv starosti ob odstavljivji na število odstavljenih mladičev in porazdelitev za delež opazovanj pri kuncih

Figure 12: Influence of age at weaning on the number of weaned kits and distribution of observations in rabbits

Večja kot so gnezda, manjše so rojstne mase mladičev in smrtnost manjših je vsekakor večja (Bereskin in sod. 1973; Johnson in sod., 1999; Knol in sod., 2002; Garreau in sod., 2008). Genetsko korelacijo med rojstno maso in smrtnostjo je Knol (2001) ocenil na 0,34. Podobne rezultate, kjer je bila korelacija ocenjena na 0,25, so predstavili tudi Grandison in sod. (2000). V raziskavah so avtorji potrdili tudi to, da je preživitvena sposobnost težjih mladičev v gnezdu večja, kot je preživitvena sposobnost lažjih sovrstnikov v gnezdu (Knol in sod., 2002).

Da so izgube povezane s telesno maso, nam pokaže tudi slika 13, kjer je prikazana primerjava v rasti živih kuncev ter povprečje vseh poginulih kuncev v odvisnosti od starosti. Kunci, ki so poginili, so zaostajali v rasti vse od prvih dnevov po rojstvu. Masa pogunulih je dejanska masa kuncev, ki so ob določeni starosti poginili. Razlika med telesnimi masami živih in poginulih živali se s starostjo veča. Že leta 1994 je v Chimtelin (1994) dokazal, da je pri kuncih, ki so ob odstavljivji lažji od 600 g, značilna večja mortaliteta.



Slika 13: Primerjava rasti preživelih in pognulih kuncev

Figure 13: Growth comparison of survival kits and dead kits

V naši raziskavi starost ob odstavljivji ni vplivala na delež izgub v obdobju med odstavljivijo in 65. dnevom starosti. Prav tako na delež izgub v tem obdobju ni vplivala masa odstavljenega gnezda.

Primerjali smo povprečno maso živih mladičev ter povprečno maso pognulih mladičev na isti dan starosti (tabela 17). Pognuli mladiči so bili, v primerjavi s preživelimi, precej lažji. Skoraj pol lažji so bili pognuli mladiči v primerjavi z živimi že pri starosti 7 dni. Podobno je bilo pri starosti 21 in 35 dni. Največja razlika je bila pri mladičih pri starosti 28 dni. Pri tej starosti so pognuli tehtali zgolj 197,41 g, medtem ko so živiunci v povprečju imeli 606,85 g. Tako so pognuli mladiči pri tej starosti dosegli zgolj slabo tretjino mase živih kuncev. V prvem tednu je, od vseh pognulih, poginilo 64,7 oziroma 66,7 % mladičev v tropskih pogojih (Farougou in sod., 2006). Dva procenta je bilo razlike med mladiči, ki so sesali, in tistimi, ki niso. Večja razlika med temi dvema skupinama je v dejanskih skupnih izgubah. V prvem tednu je tako poginilo skoraj 25 % kuncev, ki niso sesali, v primerjavi z 8,7 % pognulih mladičev, ki so sesali. Razlika je tudi v preostalih tednih. Pogin pri mladičih, ki so sesali materino mleko, je bil 5,2 %, pri tistih, ki niso, pa 16,3 %.

Tabela 17: Primerjava telesnih mas živih in poginulih mladičev po starosti

Table 17: Body weight comparison for live and dead kits by age

	Živi mladiči		Poginuli mladiči	
	Pov. masa (g)	SD (g)	Pov. masa (g)	SD (g)
7. dan	152	35	79	41
14. dan	255	59	138	58
21. dan	356	86	182	56
28. dan	607	131	197	70
35. dan	927	176	4767	393

Vpliv zaporedne kotitve ter starosti mladičev ob poginu so v raziskavo vključili tudi Rebollar in sod. (2009). V njihovi raziskavi je bilo najmanj izgub (3,27 % in 3,25 %) pri prvih zaporednih kotitvah ter največ pri tretji zaporedni kotitvi. To je veljalo tako za kunce, stare med 21 in 25 dni, ter kunce, stare od 25 dni pa vse do odstavitev na 35. dan. Zanimivo je tudi, da so bile v njihovi raziskavi izgube pri starejših kuncih večje, medtem ko so bile v našem primeru največje izgube v prvem tednu po kotitvi in so nato s starostjo upadale. Medtem ko izgube pri starosti do 25 dni niso bile večje kot 5,71 v tretji laktaciji, so se le-te v zadnjem tednu pred odstavitevijo povzpele na 14,8 v tretji laktaciji ter 15,6 v četrtri laktaciji. O izgubah in velikosti gnezda so pisali že Poigner in sod. (2000). Avtorji so naredili dva poskusa, kjer so spremljali izgube do starosti 21 dni, in sicer v dveh ločenih poskusih, kjer so razdelili gnezda s po šestimi mladiči ter gnezda z deset mladiči. V enem izmed poskusov so bile izgube tudi preko 35 %, sicer pa so se gibale med 5,6 % v manjših gnezdih in 18 % v večjih gnezdih. Podobne zaključke sta imela tudi Elmaghraby in Elkholya (2010) pri kucih pasme novozelandec. Tudi v njuni raziskavi so bile izgube večje v večjih gnezdih.

Rezultate lahko primerjamo tudi z nekaterimi zaključki, ki so jih različni avtorji navajali pri prašičih. Milligan in sod. (2002) so pri prašičih v poskusu ugotovili vpliv zaporedne kotitve ter vpliv rojstne mase na preživitev. Pujski, ki so bili ob rojstvu težji, so imeli do odstavitev na 28. dan manjši delež izgub kot ob rojstvu lažji pujski. Skupni delež izgub je bil pri težjih pujskih 6 %, medtem ko je bil pri lažjih ta delež 25,5 %. Da so izgube v času laktacije večje v gnezdih, kjer je povprečna rojstna masa manjša, so navajali tudi Filiz in sod. (2009). Avtorji navajajo tudi razlike v posameznih zaporednih kotitvah.

Tako kot v naši raziskavi so avtorji najmanjši pogin beležili pri svinjah v drugi zaporedni laktaciji (Milligan in sod., 2002). Največji delež izgub so bili v prvih laktacijah. Podobne rezultate so navajali Roehe in sod. (2010) pri drugi generaciji prašičev pitancev. Poskus so izvedli na farmi, kjer so bili prašiči uhlevljeni v treh različnih objektih. Vsi prašiči so imeli enake pogoje, ki jih v Veliki Britaniji morajo zagotoviti v vseh komercialnih rejah. Prašiče so odstavljeni pri starosti 26 dni. Največ živorojenih pujskov v tretji laktaciji in najmanj v prvi laktaciji je primerljivo z rezultati našega poskusa. Podobno se dogaja z deležem izgub, saj so le-te bile najmanjše v tretji zaporedni laktaciji, avtorji pa so le-te navajali kot manjše od 10 %.

#### **4.1.2 Naključni del modela za izgube in velikost gnezda**

Kot naključne vplive smo v model za preživitvene lastnosti vključili skupno okolje v gnezdu, vpliv matere gnezda kot aditivni genetski vpliv ter vpliv babice gnezda kot maternalni vpliv. Pri večlastnostnih analizah smo se srečali s težavami. Matrike varianc in kovarianc morajo biti za napoved plemenske vrednosti pozitivno definitne. Naše matrike pa niso imele polnega ranga. Status pri obračunavanju s programom VCE (Groeneveld in sod., 2010) bil pri sistemih z več lastnostmi, status največkrat 3. To pomeni, da je izračunu prišlo do numeričnih težav. Dobljene vrednosti posameznih lastnosti so tako izstopale. Pogosto so bile tudi korelacije ocenjene zelo visoko. V nadaljevanju je prikazanih nekaj izračunov, kjer so se težave pojavljajo.

V sedem lastnostno analizo smo zajeli vse podatke, ki smo jih zbirali v času poskusa (tabeli 18 in 19). Tako smo želeli obdelati izgube v posameznih tednih. Zraven tedenskih izgub smo v analizo vključili še delež mrtvorojenih in delež izgub od odstavitve pa do konca preizkusa na 65. dan. Zanesljivost parametrov, izračunanih pri takšnih analizah, so manj zanesljivi. Podobno smo storili še petlastnostno analizo (priloga A), kjer smo združili izgube v četrtem in petem tednu. Razlog za to potezo so majhne izgube v petem tednu, ki v povprečju ne presežejo 1 %. V analizo nismo vključili deleža mrtvorojenih. Nato smo združili izgube v tretjem, četrtem in petem tednu ter naredili štirilastnostno analizo (priloga B). Ker so se tudi pri tej analizi pojavljale težave, smo nato analizirali zgolj tri lastnosti. Izbrali smo lastnosti, ki so primerne za selekcijsko delo in te delež mrtvorojenih, izgube v času laktacije in izgube od odstavitve do 65. dneva starosti, ko živali zaključijo test (tabela 20).

Tabela 18: Ocenjeni deleži varianc (na diagonali) in korelacije (nad diagonalo) za ostanek s standardnimi napakami ocen za sedem lastnosti izgub pri kuncih

Table 18: Ratios of variance componentes (on the diagonal) and correlations (above the diagonal) with a standard error of estimate for residual for seven traits at rabbits

Tabela 19: Ocene heritabilitet (diagonala), genetske korelacije (nad diagonalo), fenotipske korelacije (pod diagonalo) s standardnimi napakami ocen za sedem lastnosti izgub pri kuncih

Table 19: Heritability (on the diagonal), genetic correlations (above the diagonal), phenotypic correlation (below diagonal) with a standard error of estimate for genetic and maternal effect for seven traits at rabbits

Izgube	Delež mroj	V 1.tednu	V 2.tednu	V 3.tednu	V 4.tednu	V 5.tednu	Ods.- 65.dan	Delež mroj	V 1.tednu	V 2.tednu	V 3.tednu	V 4.tednu	V 5.tednu	Ods.- 65.dan	
<i>Direktni aditivni genetski vpliv</i>															
Delež mroj	<b>0,04</b> $\pm 0,05$	-0,48 $\pm 0,22$	-0,38 $\pm 0,18$	0,13 $\pm 0,16$	0,09 $\pm 0,12$	0,41 $\pm 0,13$	0,18 $\pm 0,10$	Delež mroj	-0,21 $\pm 0,16$	0,11 $\pm 0,19$	0,16 $\pm 0,19$	0,06 $\pm 0,18$	0,07 $\pm 0,14$	0,11 $\pm 0,13$	0,06 $\pm 0,10$
V 1. tednu		<b>0,12</b> $\pm 0,02$	0,95 $\pm 0,07$	0,57 $\pm 0,14$	0,38 $\pm 0,11$	0,37 $\pm 0,13$	-0,04 $\pm 0,10$		-0,01 $\pm 0,18$	-0,27 $\pm 0,19$	0,08 $\pm 0,19$	0,16 $\pm 0,18$	0,08 $\pm 0,14$	0,10 $\pm 0,14$	-0,004 $\pm 0,10$
V 2. tednu			<b>0,88</b> $\pm 0,02$	0,76 $\pm 0,14$	0,51 $\pm 0,13$	0,44 $\pm 0,13$	-0,03 $\pm 0,10$		0,04 $\pm 0,18$	-0,23 $\pm 0,20$	-0,20 $\pm 0,19$	0,14 $\pm 0,18$	0,10 $\pm 0,14$	0,09 $\pm 0,14$	-0,02 $\pm 0,10$
V 3. tednu				<b>0,94</b> $\pm 0,01$	0,83 $\pm 0,10$	0,59 $\pm 0,12$	-0,02 $\pm 0,10$		0,01 $\pm 0,18$	0,02 $\pm 0,20$	0,12 $\pm 0,19$	0,005 $\pm 0,18$	0,14 $\pm 0,14$	0,09 $\pm 0,14$	-0,03 $\pm 0,10$
V 4. tednu					<b>0,03</b> $\pm 0,01$	0,69 $\pm 0,10$	-0,01 $\pm 0,11$		0,05 $\pm 0,17$	0,13 $\pm 0,20$	0,01 $\pm 0,20$	-0,08 $\pm 0,18$	0,02 $\pm 0,14$	0,09 $\pm 0,14$	-0,03 $\pm 0,10$
V 5. tednu						<b>0,24</b> $\pm 0,03$	0,02 $\pm 0,01$		0,07 $\pm 0,17$	0,18 $\pm 0,20$	0,14 $\pm 0,20$	0,12 $\pm 0,18$	0,03 $\pm 0,18$	-0,14 $\pm 0,14$	-0,04 $\pm 0,10$
Ods – 65.dan							<b>0,30</b> $\pm 0,05$		±0,01 $\pm 0,09$	0,05 $\pm 0,22$	0,00 $\pm 0,11$	0,01 $\pm 0,20$	0,03 $\pm 0,13$	-0,02 $\pm 0,14$	-0,18 $\pm 0,09$
Delež mroj	179,40							<b>0,04</b> $\pm 0,05$	0,18 $\pm 0,20$	0,12 $\pm 0,18$	0,15 $\pm 0,15$	0,07 $\pm 0,15$	0,09 $\pm 0,15$	-0,02 $\pm 0,10$	
V 1. tednu	-6,03	126,53							<b>0,09</b> $\pm 0,03$	0,93 $\pm 0,17$	-0,03 $\pm 0,18$	0,23 $\pm 0,15$	0,20 $\pm 0,15$	-0,01 $\pm 0,11$	
V 2. tednu	21,32	33,93	155,19							<b>0,03</b> $\pm 0,02$	0,68 $\pm 0,16$	0,30 $\pm 0,15$	0,32 $\pm 0,15$	0,01 $\pm 0,11$	
V 3. tednu	10,05	4,19	26,55	136,06							<b>0,01</b> $\pm 0,01$	0,60 $\pm 0,14$	0,39 $\pm 0,15$	-0,001 $\pm 0,10$	
V 4. tednu	2,22	3,35	3,82	2,08	25,46							<b>0,05</b> $\pm 0,01$	0,47 $\pm 0,14$	-0,01 $\pm 0,10$	
V 5. tednu	-8,16	1,96	2,65	9,79	-1,42	92,58							<b>0,01</b> $\pm 0,01$	0,02 $\pm 0,10$	
Ods – 65.dan	124,31	95,48	152,23	117,26	35,78	17,02	549,35							<b>0,12</b> $\pm 0,03$	

Delež mroj – delež mrtvorjenih; Ods – 65.dan – izgube od odstavitev do 65. dneva starosti

Analizirali smo tri lastnosti, ki so primerne za selekcijsko delo in po katerih se v pogojih reje odbira živalim (tabela 20). Heritabilitete so bile ocenjene med 0,18 in 0,28, kar so nekako pričakovane vrednosti. Matere ne doprinesajo veliko, ocene so med 0,01 in 0,12. Ostanek je pa tudi v tej analizi še tisti, ki z visokimi vrednostmi ne daje najbolj zanesljivih rezultatov. Na podlagi genetskih korelacij, ki so bile za lastnosti negativne in korelacij, ki so bile za določene lastnosti ponovno ocenjene zelo visoko, smo naredili še dodatne analize. Skupaj smo analizirali delež mrtvorojenih in skupne izgube do odstavitev.

Tabela 20: Ocenjeni parametri disperzije, variance (na diagonali) in korelacije (nad diagonalo) s standardnimi napakami ocen za trolastnostno analizo izgub pri kuncih

Table 20: Ratios of variance componentes (on the diagonal) and correlations (above the diagonal) with a standard error of estimate for residual for three traits at rabbits

Izgube	Delež mroj	V 1. Tednu	Ods - 65.dan	Delež mroj	V 1. tednu	Ods - 65.dan
<i>Aditivni genetski vpliv</i>						
Delež mroj	0,24 ±0,14	0,89 ±0,20	0,95 ±0,13	-0,11 ±0,76	-0,08 ±0,29	-0,13 ±0,30
V 1. tednu		0,18 ±0,09	0,98 ±±0,03	-0,29 ±1,09	-0,49 ±0,39	-0,48 ±0,43
Ods. - 65. dan			0,28 ±0,13	-0,12 ±1,02	-0,29 ±0,39	-0,29 ±0,43
<i>Maternalni vpliv</i>						
Delež mroj				0,01 ±0,01	0,77 ± 1,02	0,88 ±0,72
V 1. tednu					0,12 ± 0,05	0,98 ±0,04
Ods. - 65. dan						0,09 ±0,05
<i>Ostanek</i>						
Delež mroj	0,76 ±0,14	-0,00 ±0,14	-0,07 ±0,17			
V 1. tednu		0,84 ±0,09	0,82 ±0,03			
Ods. - 65. dan			0,72 ±0,13			

Delež mroj – delež mrtvorojenih; Ods – 65.dan – izgube od odstavitev do 65. dneva starosti

Heritabiliteta je bila ocenjena na 0,15 (tabela 21). Mati nekako več doprinese k samim izgubam v prvem tednu, v primerjavi z deležem mrtvorojenih. Genetske korelacije pa so negativne in visoke, ocnjene preko 0,90. Tudi zanesljivost te analize bi si želeli boljšo. Struktura podatkov ne dopušča drugačnih analiz. K temu doprinese svoj delež doprinese tudi izenačevanje gnezd, saj se kunci med gnezdi prestavljal.

Tabela 21: Ocenjeni deleži varianc (na diagonali) in korelacije (nad diagonalo) za naključni del modela s standardnimi napakami ocen za dvolastnostno in enolastnostno analizo izgube pri kuncih

Table 21: Ratios of variance componentes (on the diagonal) and correlations (above the diagonal) with a standard error for random effects for two traits at rabbits

Izgube	Delež mrtvorojenih	V 1. tednu	Delež mrtvorojenih	V 1. tednu	Odstavitev do 65.dan
<b><i>Aditivni genetski vpliv</i></b>					
Delež mrtvorojenih V 1. tednu	0,15±0,11	0,58±0,58 0,07±0,07	-0,80±0,67 -0,95±0,41	-0,21±0,51 -0,92±0,32	
Delež mrtvorojenih V 1. tednu			0,01±0,02	0,75±0,68 0,12±0,05	
<b><i>Ostanek</i></b>					
Delež mrtvorojenih V 1. tednu	0,90±0,11	0,01±0,08 0,98 ± 0,07			

Podobno kot za izgube, smo uporabili večlastnostno analizo tudi za velikost gnezda. Pri trolastnostni analizi smo vključili število mrtvorojenih živali, število živorojenih in število odstavljenih (tabela 22). Delež pojasnjene variance za vpliv skupnega okolja v gnezdu pri številu mrtvorojenih kuncev v gnezdu je kar 0,93. Za število živorojenih in število odstavljenih je delež pojasnjene variance 0,40 oziroma 0,38. Heritabiliteta za število mrtvorojenih mladičev v gnezdu je nič, medtem ko je za število živorojenih le-ta ocenjena na 0,59. Delež pojasnjene variance za maternalni vpliv oziroma vpliv babice je prav tako najvišji (0,18) pri številu živorojenih mladičev v gnezdu. Med številom živorojenih in odstavljenih mladičev je bila genetska korelacija ocenjena na 0,98. Prav tako so visoke korelacije med vplivom živali in maternalnim vplivom za število živorojenih in odstavljenih mladičev v gnezdu.

Tabela 22: Korelacje (nad diagonalo), delež variance (na diagonali) s standardnimi napakami ocen in fenotipske korelacje (pod diagonalo) za skupno okolje v gnezdu in ostaneč za velikost gnezda pri kuncih

Table 22: Genetic correlations (above the diagonal), variances (on the diagonal) with a standard error of estimate and phenotypic correlations (below diagonal) for common litter environment and residual for litter size at rabbits

	Mrtvorjeni	Živorojeni	Odstavljeni	Mrtvorjeni	Živorojeni	Odstavljeni
<i>Skupno okolje v gnezdu</i>						
Mrtvorjeni	<b>0,93</b> ± 0,02	-0,31±0,11	-0,12±0,07	-	-	-
Živorojeni		<b>0,40</b> ±0,78	0,79±0,03	-	-	-
Odstavljeni			<b>0,38</b> ±0,04	-	-	-
<i>Direktni aditivni genetski vpliv (mati gnezda)</i>						
Mrtvorjeni	<b>0,00</b> ±0,02	-0,18±0,12	-0,10±0,22	-0,22±0,22	-0,11±0,12	-0,16±0,22
Živorojeni		<b>0,59</b> ±0,29	0,98±0,02	-0,15±0,13	-0,91±0,08	-0,62±0,13
Odstavljeni			<b>0,27</b> ±0,04	-0,01±0,19	-0,92±0,08	-0,65±0,12
mrvorjeni	0,96			<b>0,08</b> ±0,04	0,12±0,18	0,11±0,33
Živorojeni	-0,67	2,62			<b>0,18</b> ±0,04	0,55±0,12
Odstavljeni	-0,31	4,49	5,42			<b>0,07</b> ±0,03
<i>Ostanek</i>						
Mrtvorjeni	<b>0,00</b> ±0,00	0,10±0,01	0,17±0,37	-	-	-
Živorojeni		0,42±0,25	0,19±0,17	-	-	-
Odstavljeni			<b>0,46</b> ±0,05	-	-	-

Delež variance za skupno okolje v gnezdu je bil ocenjen med 0,13 in 0,70 (tabela 19). Tako lahko trdimo, da je vpliv skupnega okolja v gnezdu sicer vse manjši, vendar dobro okolje na začetku vpliva na rezultate kasneje. Vpliv skupnega okolja v gnezdu je bil največji pri deležu izgub v prvem tednu, ko je bil delež pojasnjene variance 0,70. Delež pojasnjene variance je bil za izgube od drugega tedna pa vse do odstavitev, v šestem tednu, ocenjen med 0,21 in 0,31. Tudi heritabiliteta je bila najvišje (0,22) ocenjena za izgube v prvem tednu (tabela 22). Za vse ostale izgube v tedenskih intervalih je bila heritabiliteta 0,04 oziroma 0,05. Za izgube od odstavitev pa vse do 65. dneva starosti pa je bila ocenjena heritabiliteta 0,15. Podobna slika je pri maternalnem vplivu oziroma vplivu babice, kjer je bil delež pojasnjene variance največji pri izgubah v prvem tednu (0,14) in izgubah od odstavitev do 65. dneva starosti (0,16).

Nekaj raziskav na to temo je bilo narejenih tudi pri prašičih, kjer pa so, podobno kot pri kuncih, gnezda večja. Za preživitveno sposobnost mladičev ob rojstvu so Roehe in sod. (2010) heritabiliteto ocenili na 0,21, z razponom med 0,14 in 0,28. Podobno vrednost (0,24), ki je prav tako višja v primerjavi z našimi rezultati, so navedli tudi za lastnost preživitvene sposobnosti pujskov do odstavitev. Za lastnost delež živorojenih pujskov so Kapell in sod. (2011) heritabiliteto ocenili na 0,05 oziroma na 0,13 pri dveh različnih maternalnih linijah. Podatke so pridobili od vzrejnih središč, ki so vzrejali enake maternalne linije na različnih lokacijah. Za število živorojenih pujskov v gnezdu pa so heritabiliteto ocenili na 0,16 pri obeh maternalnih linijah. Razpon te heritabilite je bil med 0,06 in 0,26. Pri analizah, kjer so za lastnost vzeli delež peginov do odstavitev, so heritabilitete bile ocenjene na 0,05 (Siewerdt in Cardellino, 1996) ter 0,08 (Knol, 2001). Rothschild (1996) je navajal, da so heritabilitete za preživitveno sposobnost do odstavitev v povprečju 0,05. Po pregledu literature za njegovo raziskavo je razpon heritabilitet med 0 in 0,97. Vrednosti za heritabiliteto okoli 0,05 so bile tudi pri raziskavah, kjer so kot lastnost analizirali delež preživelih mladičev do odstavitev (Knol, 2001).

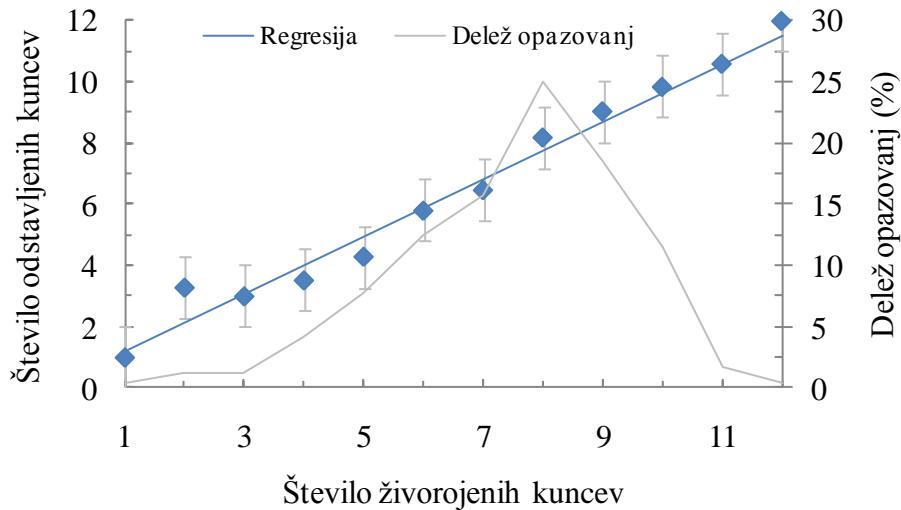
Vpliv matere je lahko povezan tudi z njenimi fiziološkimi lastnostmi, kot je na primer dolžina popkovine ali velikost maternice (Knol in sod., 2002). Mati ima še večji vpliv na izgube pred odstavitevijo (Knol in sod., 2002). Na izgube močno vpliva starost matere ob kotitvi. Heritabiliteto za vpliv matere na preživitveno sposobnost pujskov ob rojstvu

so Roehe in sod. (2010) ocenili na 0,15 ter za preživitveno sposobnost do odstavitev na 0,14. Pri preživitveni sposobnosti pujskov pri rojstvu je bil delež variance za skupno okolje v gnezdu med 0,35 in 0,41 pri čistopasemskih ter med 0,19 in 0,30 pri prašičih križancih (Cecchinato in sod., 2010). Avtorji so podatke za analizo pridobili iz nukleusov v Italiji, kjer podatke zbirajo rutinsko.

Na število živorojenih kuncev v gnezdu sta statistično značilno vplivali linija ter število rojenih kuncev, na število odstavljenih kuncev pa sezona in število živorojenih kuncev v gnezdu. Vpliv linije, ki v našem primeru predstavlja genotip, je pričakovano vplival na število živorojenih kuncev, saj sta liniji selekcionirani na podlagi velikosti gnezda ter rasti.

Za izračun povezave med velikostjo gnezda, v katerem je skotena mater, ter velikostjo gnezda, ki ga je mati skotila, smo v model vključili tako vpliv živali kot matere kakor tudi vpliv skupnega okolja v gnezdu. Skupno okolje v gnezdu je bilo okolje, v katerem je bila rojena mati. V številu odstavljenih mladičev med posameznimi zaporednimi kotitvami ni razlik, najmanj je pričakovano odstavljenih v prvi laktaciji. Pri vplivu sezone izstopajo sezone 1, 5 in 6. V teh sezонаh je bilo število odstavljenih kuncev na gnezdo manj kot 6. Sezoni 5 in 6 sta predstavljali pomlad in poletje v precej toplem letu 2012. Zanimivo je tudi število odstavljenih kuncev na gnezdo glede na linijo, kjer je pri liniji, ki ima sicer več živorojenih kuncev v gnezdu, število odstavljenih nekoliko manjše. Razlika ni statistično značilna. To bi lahko bila tudi posledica tega, da je v večjih gnezdih do odstavitev nekoliko več izgub. V nasprotju z našimi rezultati so Zerrouki in sod. (2007) v svoji raziskavi sicer opažali nekoliko manjše priraste ter večje izgube v poletnem času, vendar sezona ni bila značilna.

Več kot je živorojenih mladičev v gnezdu, več je tudi odstavljenih (slika 14). Najbolj izstopajoče je število odstavljenih kuncev v primeru, ko je živorojenih 11. Sicer so preostali podatki skoraj popolnoma linearни. V povprečju so pri gnezdih s petimi živorojenimi mladiči odstavljeni štirje, v povprečju osem pa je odstavljenih pri gnezdih z desetimi živorojenimi.



Slika 14: Povezava med živorojenimi in odstavljenimi mladiči v gnezdu ter porazdelitev za število opazovanj pri kuncih

Figure 14: Number of weaned kits depending of the number of liveborn kits and distribution of observations in rabbits

Primerjali smo velikost mater, ki smo jih v model vključili kot aditivni genetski vpliv, ter velikost babc, ki so bile v model vključene kot maternalni vpliv. Pri živorojenih mladičih je bilo povprečje za lastna gnezda nekoliko višje, kot je bilo gnezdo, v katerem so bile kunke skotene. Vendar se to pri velikosti 8 živorojenih mladičev spremeni. Kunke so imela povprečna gnezda z manj živorojenimi mladiči v primerjavi z velikostjo gnezda, v katerem so bile skotene. Prav tako se število živorojenih v lastnih gnezdih veča z večanjem sorojencev. Podobna slika je pri številu odstavljenih kuncev. Povprečno število odstavljenih mladičev je bilo nekoliko manjše, kot je bilo odstavljenih kuncev v gnezdu, kjer je bila skotena kunka. Kunke, ki so rastle v gnezdih, kjer so imele 11 sovrstnikov, naj bi imele manjša gnezda (Rommers in sod., 2001). To naj bi se odražalo predvsem v prvi laktaciji, predvsem zaradi telesne mase, ki jo kunka doseže ob prvem pripustu in kasneje ob prvi kotitvi. Kunke iz manjših gnezd imajo boljše pogoje ter imajo večjo telesno maso kot isto stare kunke iz večjih gnezd. Rommers in sod. (2001) so poskus zasnovali tako, da so gnezda izenačevali s pomočjo prestavljanja mladičev. V gnezdih, kjer so bile kunke skotene, so pustili 6, 9 oziroma 12 živali. Na tak način so lahko dejansko spremljali rezultate živali, ki so imele manj ali več sovrstnikov v istem gnezdu.

Rashwan in Marai (2000) sta heritabiliteto za vpliv matere na mortaliteto povzela po različnih virih in trdita, da je le-ta pri kuncih najpogosteje ocenjena med 0,45 in 0,58.

Rydhmer in sod. (2008) so za oceno direktnega aditivnega vpliva in vpliva skupnega okolja v gnezdu v model vključili tako mater kot očeta. V podatkih so zajeli prve in druge prasitve pri prašičih v nukleusih na Švedskem. Heritabiliteto za vpliv matere so ocenili na 0,15 za število rojenih pujskov v gnezdu ter 0,13 za števil mrtvorojenih v gnezdu. Precej višje je bila ocenjena heritabiliteta za vpliv mater pri lastnosti rojstne mase, kjer je le-ta bila 0,35. Heritabiliteto za direktni aditivni genetski vpliv so za število rojenih pujskov v gnezdu ocenili na 0,10. Za število mrtvorojenih in za rojstno maso pujskov sta bili heritabiliteti 0,02 in 0,07.

## 4.2 RAST

### 4.2.1 Rast kuncev

Individualno smo rast spremljali v poskusu pri kuncih. Vsi vplivi, ki so bili vključeni v model, so bili statistično značilni (tabela 23). Izjema je vpliv seskov na maso na 7. dan starosti ter vpliv linije pri masi kunca na 65. dan. Delež pojasnjene variabilnosti je bil največji, 41 %, pri masi na 65. dan in najmanjši, 21 %, pri rojstni masi.

Tabela 23: Karakteristike sistematskega dela modela za rast pri kuncih (p-vrednost)

Table 23: Characteristics of systematic park of model for growth at rabbits (p-value)

Masa	Linija	Zaporedna laktacija	Število seskov	Sezona kotitve	Velikost gnezda	R <sup>2</sup>
Rojstvo	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,21
7. dan	<0,0001	<0,0001	0,1023	<0,0001	<0,0001	0,27
14. dan	<0,0001	<0,0001	0,0227	<0,0001	<0,0001	0,26
21. dan	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,24
28. dan	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,26
35. dan	<0,0001	<0,0001	0,0008	<0,0001	<0,0001	0,31
65. dan	0,1470	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,41

Mladiči terminalne linije so bili ob rojstvu v povprečju 2 g lažji kot mladiči maternalne linije (tabela 24). Ob odstavljivosti, pri šestem zaporednem tehtanju, pa so bili kunci terminalne linije v povprečju težji za 34 g. Stanje je ponovno obratno ob koncu preizkusa, ko so kunci maternalne linije v povprečju tehtali 2037 g ter kunci terminalne 2012 g.

Tabela 24: Ocene srednjih vrednosti za lastnosti rasti po liniji

Table 24: Least square means (LSM) for weaning weight and weight on 65. day of rabbits by genotype

Masa	Linija	
	C	B
Rojstvo	69 ± 0,3	72 ± 0,3
7. dan	156 ± 0,8	152 ± 0,8
14. dan	264 ± 1,4	251 ± 1,3
21. dan	369 ± 2,0	350 ± 2,0
28. dan	626 ± 3,1	595 ± 3,1
35. dan	950 ± 4,2	916 ± 4,2
65. dan	2012 ± 8,9	2037 ± 8,2

Razlike v rasti so obstajale tudi med posameznimi zaporednimi kotitvami (tabela 25). Ob rojstvu so kunci v povprečju tehtali več kot 70 g vse od druge do pete zaporedne

kotitve. Najlažji kunci so bili vse od rojstva do odstavitev pri materah, ki so prvič kotile.g. Tako so kunci mater v prvi zaporedni kotitvi ob rojstvu v povprečju tehtali 63 najtežji pa so bili celotno obdobje spremeljanja kunci pri materah v tretji in četrti zaporedni kotitvi. Tako so bili v povprečju najtežji kunci odstavljeni z 959 g. Najtežji ob odstavitevi so bili v povprečju najtežji tudi ob zaključku preizkusa na 65. dan starosti.

Tabela 25: Ocene srednjih vrednosti za lastnosti rasti po zaporedni kotitvi matere

Table 25: Least square means (LSM) for growth by parity

Masa	Zaporedna kotitev					
	1	2	3	4	5	6
Rojstvo	63 ± 0,5	70 ± 0,5 <sup>a</sup>	72 ± 0,5	74 ± 0,7	73 ± 0,7	69 ± 0,7 <sup>a</sup>
7. dan	138 ± 1,1	156 ± 1,3 <sup>a</sup>	160 ± 1,3	158 ± 1,5	157 ± 1,6 <sup>a</sup>	150 ± 1,7 <sup>a</sup>
14. dan	234 ± 1,8	259 ± 2,3 <sup>a</sup>	268 ± 2,3	263 ± 2,5 <sup>a</sup>	255 ± 2,8 <sup>a</sup>	253 ± 2,8
21. dan	327 ± 2,9	357 ± 3,4	373 ± 3,1 <sup>a</sup>	371 ± 3,4 <sup>a</sup>	360 ± 4,2	362 ± 4,0
28. dan	565 ± 4,4	603 ± 5,1	628 ± 4,8 <sup>a</sup>	625 ± 5,8 <sup>a</sup>	613 ± 6,3	616 ± 6,4
35. dan	879 ± 6,0	930 ± 6,9	963 ± 6,4 <sup>a</sup>	952 ± 7,7 <sup>a</sup>	922 ± 8,2	953 ± 9,2 <sup>a</sup>
65. dan	1981 ± 12,2 <sup>a</sup>	2045 ± 13,2	2077 ± 13,6	2053 ± 15,7	1990 ± 18,3 <sup>a</sup>	2002 ± 18,9 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup>...Vrednosti označene z enakimi črkami znotraj vpliva niso značilno različne ( $p>0,05$ )

Rast kuncev je odvisna tudi od maternalnih lastnosti. V našem primeru smo v model vključili vpliv seskov pri materi. Najlažji so bili kunci mater z osmimi seski (tabela 26). Razlik med telesnimi masami ni bilo pri mladičih mater z devetimi in desetimi seski. Razlika je bila zgolj pri masi na 21. ter 65. dan. Tako so bili ob odstavitevi najtežji kunci pri materah z desetimi seski. Tehtali so 2056 g. Na koncu preizkusa, ko so bili kunci stari 65. dni, ni bilo razlik med kunci mater z osmimi in devetimi seski.

Tabela 26: Ocene srednjih vrednosti za lastnosti rasti po število seskov

Table 26: Least square means (LSM) for growth by teats number

Masa	Število seskov		
	8	9	10
Rojstvo	69 ± 0,4	71 ± 0,6 <sup>a</sup>	71 ± 0,4 <sup>a</sup>
7. dan	152 ± 0,9	154 ± 1,4 <sup>a</sup>	155 ± 0,9 <sup>a</sup>
14. dan	254 ± 1,4	258 ± 2,4 <sup>a</sup>	259 ± 1,5 <sup>a</sup>
21. dan	352 ± 2,1	360 ± 3,6	366 ± 2,2
28. dan	598 ± 3,5	612 ± 5,4 <sup>a</sup>	619 ± 3,5 <sup>a</sup>
35. dan	922 ± 4,8	934 ± 7,0 <sup>a</sup>	944 ± 4,7 <sup>a</sup>
65. dan	2013 ± 9,5 <sup>a</sup>	2012 ± 15,3 <sup>a</sup>	2056 ± 9,2

<sup>a, b</sup>...Vrednosti označene z enakimi črkami znotraj vpliva niso značilno različne ( $p>0,05$ )

Na rast kuncev je vplivala tudi sezona, ki je predstavljal začetek preizkusa kuncev (tabela 27). Kunci so bili ob rojstvu najlažji v toplejših sezонаh in najtežji v sezонаh, ki so bile v jesenskem času. Poletnih, toplih mesecih, so bili odstavljeni kot najlažji. V povprečju so tehtali manj kot 2000 g. Iz srednjih vrednosti pa lahko vidimo, da so bili

kunci v zadnjih sezонаh, ki smo jih spremljali v poskusu, odstavljeni kot najtežji. Tako so ob odstavitevi imeli preko 2300. Te zadnje sezone so bile v hladnejšem delu leta.

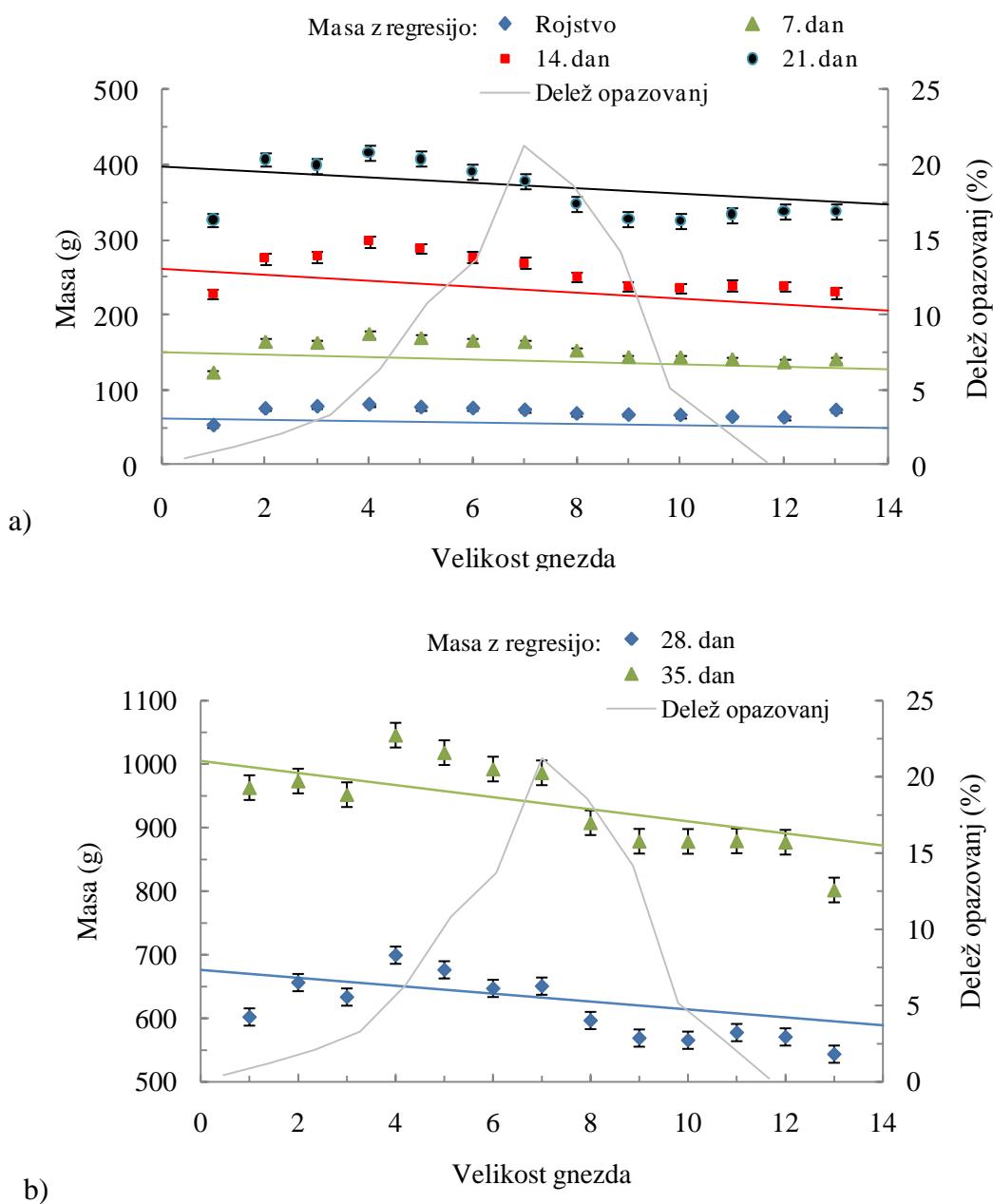
Tabela 27: Ocene srednjih vrednosti za lastnosti rasti po sezoni

Table 27: Least square means (LSM) for growth by season

Sezona	Rojstna	Masa kunka					
		Na 7. dan	Na 14. dan	Na 21. dan	Na 28. dan	Na 35. dan	Na 65. dan
1	77±1,1	173±2,6	279±3,8	389±6,0	686±9,4	1102±13,3	2167±29,9
2	72±1,4	175±4,4	297±7,1	437±9,8	700±14,8	1016±16,9	2200±32,2
3	79±1,6	177±4,1	287±6,7	435±10,4	683±13,6	989±18,6	1928±41,8
4	75±1,6	175±4,0	287±6,2	394±8,4	662±13,2	968±18,0	1980±35,5
5	67±1,1	126±1,9	247±3,4	354±5,4	574±8,5	888±10,7	2064±18,5
6	66±1,1	154±2,5	253±4,1	347±5,7	574±9,2	894±12,8	2054±20,1
7	79±1,9	175±4,1	268±7,0	374±9,9	642±14,2	966±20,8	2110±28,4
8	66±1,2	149±2,7	248±4,4	344±6,6	570±10,1	856±12,9	1972±25,2
9	70±1,3	160±2,8	261±5,2	359±7,7	645±12,8	898±15,8	1890±29,9
10	67±1,3	143±2,5	225±4,3	313±6,9	545±10,7	840±16,3	1993±23,0
11	63±1,2	141±3,3	242±5,8	341±8,4	560±15,7	889±20,3	2031±34,9
12	67±1,0	151±2,0	255±3,7	361±5,8	626±7,8	925±10,0	2034±31,9
13	67±1,0	152±2,8	259±5,1	358±8,6	625±12	925±15,9	1940±30,3
14	73±0,9	165±2,3	270±3,9	365±5,4	628±8,5	949±11,6	2061±27,4
15	71±0,9	158±2,6	257±4,0	359±6,1	604±9,8	908±13,0	1955±29,0
16	76±1,1	153±2,0	245±4,3	343±6,6	617±10,8	880±13,7	1782±26,4
17	74±1,3	166±3,2	272±4,3	374±6,3	602±9,7	897±11,7	1881±21,3
18	69±1,1	158±2,6	253±4,5	339±7,3	578±10,8	870±12,8	1658±27,7
19	71±1,5	152±2,8	252±6,0	351±9,8	576±16,3	867±18,9	1631±34,5
20	68±1,3	152±3,3	261±5,2	349±7,8	597±11,2	901±16,1	1868±29,2
21	66±1,1	151±2,5	249±4,3	334±7,5	546±9,4	857±13,4	1783±19,0
22	65±1,0	145±2,6	250±4,3	355±6,6	576±10,4	865±14,9	1765±22,1
23	71±1,4	148±2,8	249±5,0	332±6,9	557±10,9	848±14,8	1785±23,3
24	68±1,5	136±2,7	226±5,3	324±7,0	537±12,3	877±13,9	1932±24,6
25	63±1,0	125±2,1	196±4,0	304±6,7	506±9,7	813±12,6	2057±22,6
26	67±1,3	135±3,1	228±5,9	341±10,4	622±15,1	992±19,8	2298±28,4
27	72±1,6	164±4,6	313±9,1	391±11,7	641±19,3	1108±21,6	2451±31,1
28	66±1,4	142±2,5	242±4,3	350±6,0	630±9,8	998±12,2	2333±23,3
29	70±0,9	142±2,4	260±3,9	364±6,8	659±10,2	1042±14,1	2392±22,9
30	78±1,3	163±2,3	264±5,6	370±7,8	661±12,7	1032±17,4	2376±25,6
31	82±1,5	164±2,9	270±5,5	393±10	698±12,5	1073±16,0	2403±25,1

Podobne rezultate smo predstavili pri manjšem vzorcu (Planinc in sod., 2012). Kunci so bili uhlevljeni v enakih pogojih, podatki so se zbirali po enakem postopku. Rojstna masa kuncev med sezonomi se je gibala med 60 in 83 g (Planinc in sod., 2012). Ob odstavljavi so bili najtežji (1100) kunci iz sezone, v kateri so bili najtežji kunci tudi ob rojstvu. Lažji kunci so bili odstavljeni v toplejših mesecih. O razlikah v odstavljavi pa je v odvisnosti od sezone poročal tudi Zerrouki in sod. (2007). Tudi v njihovi raziskavi so bili najlažji kunci, ki so bili odstavljeni v poletnem času. Sezona pa ni vplivala na rojstno maso kuncev ter na maso v prvih treh tednih (Zerrouki in sod., 2007).

Masa kuncev je odvisna tudi od velikosti gnezda (slika 15). Več kot je bilo živorjenih kuncev v gnezdu, manjša je bila masa mladičev. To velja za vsa zaporedna tehtanja. Največja razlika je pri odstavljavi masi, kjer so kunci iz gnezdu, kjer je bilo 9 ali več živorjenih mladičev, tehtali manj kot 900 g. Te živali so bile že ob rojstvu lažje od 70 g.

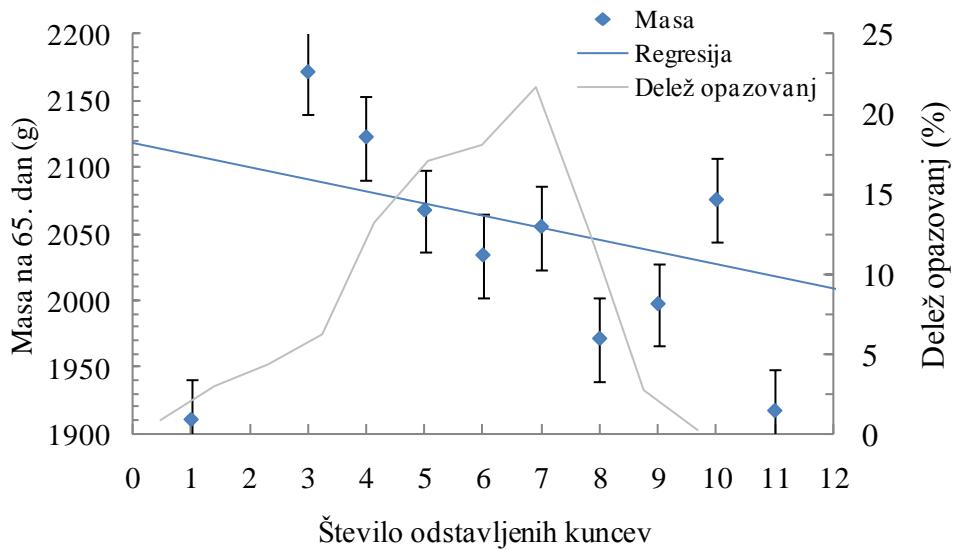


Slika 15: Povezava med velikostjo gnezda in maso kuncev ter porazdelitev za delež opazovanj a) v prvih štirih tednih ter b) v petem in šestem tednu

Figure 15: Body weight by litter size and and distribution of observations in rabbits a)  
in firts four weeks and b) in the fifth and sixth week

Nekoliko manj izrazito vpliva število odstavljenih kuncev na maso na 65. dan starosti (slika 16). Najtežji so ob zaključku preizkusa bili kunci, kjer je bilo v gnezdu

odstavljenih manj živali. Izjema je gnezdo z enim odstavljenim kuncem. Manj kot 2000 g so tehtali kunci iz gnezd, kjer je bilo odstavljenih 8, 9 ali 11 mladičev.



Slika 16: Vpliv števila odstavljenih mladičev na maso na 65. dan starosti z regresijsko premico in delež opazovanj pri kuncih

Figure 16: Influence of the number of weaned kits on the weight on the 65th day and age distribution of observations in rabbits

Ocenjeni delež varianc za skupno okolje v gnezdu je bil najnižji za rojstno maso kuncev in je bil ocenjen na 0,19 (tabela 28). Pri masi na 14. dan je bil ocenjen delež varianc za skupno kolje v gnezdu največji ter je presegal 0,30. Preostale vrednosti so bile med 0,22 za maso na 7. dan ter 0,27 na 21. dan. Tudi ocenjen delež varianc za ostanek se je gibal med 0,15 za maso na 7. dan ter 0,29 za maso na 21. dan.

Delež varianc za maternalni vpliv je bil za rojstno maso in maso na 7. dan ocenjen na 0,33 in 0,39 (tabela 29). Delež variance za maternalni vpliv je bil nižji od 0,20 za maso na 14., 21. in 28. dan. Heritabiliteta je bila največja za rojstno maso kuncev (0,16). Najnižja heritabiliteta, 0,11, pa je bila ocenjena za maso na 28. dan. Genetske korelacije so bile ocenjene med 0,20 ter 0,57. Nižje so bile ocenjene genetske korelacije pri rojstni masi in masi na 7. dan. Vse fenotipske korelacije so bile pozitivne in ocenjene nad 0,51. Štiri fenotipske korelacije so bile ocenjene nad 0,80. Fenotipska korelacija med maso na 28. in 35 dan. je bila ocenjena na 0,97.

Tabela 28: Ocenjeni deleži varianc (na diagonali) in korelacije (nad diagonalo) s standardnimi napakami ocen za skupno okolje v gnezdu in ostanek za rast pri kuncih

Table 28: Ratios of variance componentes (on the diagonal) and correlations (above the diagonal) with a standard error of estimate for comon litter environment and residual for growth at rabbits

Tabela 29: Ocene heritabilitet (diagonala), genetske korelacije (nad diagonalo) s standardnimi napakami ocen in fenotipske korelacije (pod diagonalo) za rast pri kuncih

Table 29: Heritability (on the diagonal), genetic correlations (above the diagonal) with a standard error of estimate and phenotypic correlations (below diagonal) for genetic and maternal effect for growth at rabbits

Masa	Rojstna	7. dan	14. dan	21. dan	28. dan	35. dan	65. dan	Rojstna	7. dan	14. dan	21. dan	28. dan	35. dan	65. dan
<i>Aditivni genetski vpliv</i>														
Rojstna	<b>0,16</b> ±0,01	0,58 ±0,03	0,40 ±0,03	0,28 ±0,03	0,41 ±0,03	0,32 ±0,03	0,30 ±0,03	0,20 ±0,02	0,20 ±0,01	0,31 ±0,02	0,42 ±0,02	0,37 ±0,02	0,31 ±0,02	0,26 ±0,02
7. dan	<b>0,12</b> ±0,01	0,83 ±0,02	0,57 ±0,02	0,59 ±0,02	0,48 ±0,03	0,40 ±0,03	0,28 ±0,01	0,27 ±0,01	0,41 ±0,02	0,48 ±0,02	0,43 ±0,02	0,36±0 .02	0,36±0 ±0,02	0,34 ±0,02
14. dan	<b>0,13</b> ±0,01	0,88 ±0,02	0,75 ±0,02	0,61 ±0,02	0,48 ±0,03	0,28 ±0,02	0,31 ±0,01	0,48 ±0,01	0,51 ±0,02	0,46 ±0,02	0,39 ±0,02	0,39 ±0,02	0,38 ±0,02	0,38 ±0,02
21. dan		<b>0,14</b> ±0,01	0,90 ±0,02	0,70 ±0,02	0,53 ±0,02	0,28 ±0,02	0,32 ±0,01	0,50 ±0,01	0,50 ±0,02	0,47 ±0,02	0,39 ±0,02	0,37 ±0,02	0,39 ±0,02	0,37 ±0,02
28. dan			<b>0,11</b> ±0,01	0,88 ±0,03	0,63 ±0,02	0,34 ±0,02	0,37 ±0,01	0,56 ±0,01	0,57 ±0,02	0,54 ±0,02	0,45 ±0,02	0,41 ±0,02	0,45 ±0,02	0,41 ±0,02
35. dan				<b>0,12</b> ±0,01	0,70 ±0,02	0,33 ±0,02	0,39 ±0,01	0,56 ±0,01	0,54 ±0,02	0,53 ±0,02	0,40 ±0,02	0,40 ±0,02	0,40 ±0,02	0,40 ±0,02
65. dan					<b>0,13</b> ±0,01	0,33 ±0,02	0,36 ±0,02	0,54 ±0,03	0,55 ±0,02	0,51 ±0,02	0,43 ±0,02	0,40 ±0,02	0,40 ±0,02	0,40 ±0,02
<i>Maternalni vpliv</i>														
Rojstna						<b>0,33</b> ±0,01	0,24 ±0,01	0,50 ±0,02	0,39 ±0,03	0,35 ±0,02	0,24 ±0,02	0,19 ±0,02		
7. dan	0,75						<b>0,39</b> ±0,01	0,61 ±0,02	0,55 ±0,02	0,44 ±0,02	0,33 ±0,02	0,30 ±0,02		
14. dan	0,61	0,86					<b>0,15</b> ±0,01	0,86 ±0,02	0,72 ±0,02	0,47 ±0,02	0,43 ±0,02			
21. dan	0,59	0,77	0,89					<b>0,15</b> ±0,01	0,80 ±0,01	0,62 ±0,01	0,46 ±0,02			
28. dan	0,61	0,73	0,81	0,87					<b>0,19</b> ±0,01	0,74 ±0,01	0,52 ±0,01			
35. dan	0,58	0,66	0,73	0,81	0,94					<b>0,21</b> ±0,01	0,72 ±0,01			
65. dan	0,51	0,62	0,67	0,65	0,72	0,76					<b>0,25</b> ±0,01			

#### 4.2.2 Sistematski del modela za rast mladic

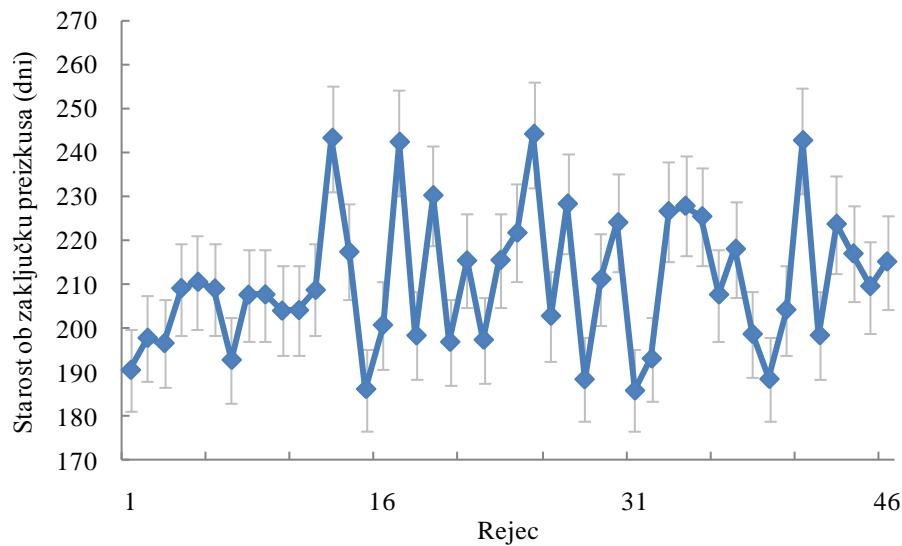
Starost ob zaključku preizkusa se je razlikovala med genotipi. Mladice genotipa 12 so preizkus v povprečju zaključile pri starosti 208,8 dni (tabela 30). Mladice genotipov 11 in 21 pa so preizkus zaključile v povprečju starejše od 211 dni. Med genotipi je bila razlika tudi v povprečni debelini hrbtne slanine. Mladice genotipov 11 in 21 so imele debelino hrbtne slanine 10,9 mm. Pri drugih dveh genotipih, 12 in 22, pa je bila debelina hrbtne slanine v povprečju 11,1 mm.

Tabela 30: Ocene srednjih vrednosti za starost ob zaključku preizkusa in za debelino hrbtne slanine po genotipu

Table 30: Least square means (LSM) for age at the end of test and for backfat thickness among genotypes

Genotip	Starost ob zaključku preizkusa (dni)	Debelina hrbtne slanine (mm)
11	211,4 ± 0,8	10,9 ± 0,05
12	208,8 ± 0,7	11,1 ± 0,05
21	211,1 ± 1,2	10,9 ± 0,09
22	210,9 ± 1,2	11,1 ± 0,08

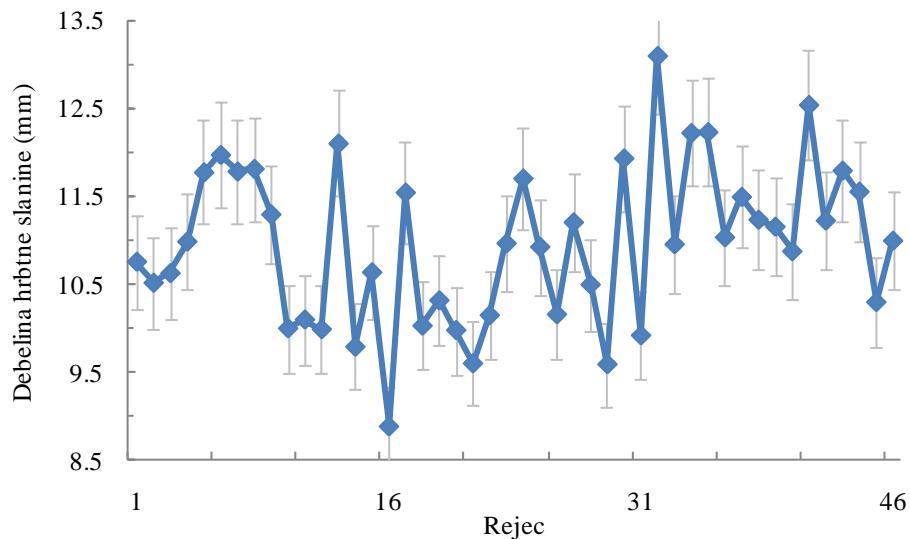
Starost ob zaključku preizkusa je bila odvisna tudi od rejca (slika 17). Mladice, ki so preizkus zaključile najmlajše, so bile pri rejcu v povprečju stare slabih 186 dni. Najstarejše pa so bile mladice, ki so preizkus zaključile v povprečju stare 244 dni.



Slika 17: Ocene srednjih vrednosti za starost mladic ob s zaključku preizkusa s standardnimi napakami po rejcih

Figure 17: Least square means (LSM) for age at the end with standard error of test by owner

Razlike med rejci so bile tudi pri mladicah v debelini hrbtne slanine (slika 18). Pri rejcu, kjer so imele mladice v povprečju najtanjšo hrbtno slanino, je bila le-ta 8,9 mm. V povprečju nekaj čez 13 mm pa je bila pri mladicah enega izmed rejcev izmerjena najdebelejša slanina.



Slika 18: Ocene srednjih vrednosti za debelino hrbtne slanine pri mladicah s standardnimi napakami po rejcih

Figure 18: Least square means (LSM) for backfat thickness with standard error by owner

Do razlik v starosti ob zaključku preizkusa je prihajalo tudi med posameznimi sezonomi (slika 19). Tako so preizkus najkasneje zaključile mladice v 7. sezoni, ko so bile v povprečju stare 247 dni. Na drugi strani pa so kot najmlajše preizkus zaključile mladice v sezoni 22, stare 177 dni. Vidimo lahko, da se z leti starost mladic ob zaključku preizkusa nekoliko znižuje in dejansko približuje meji 200 dni, prav tako pa so nihanja med sezonomi manjša.

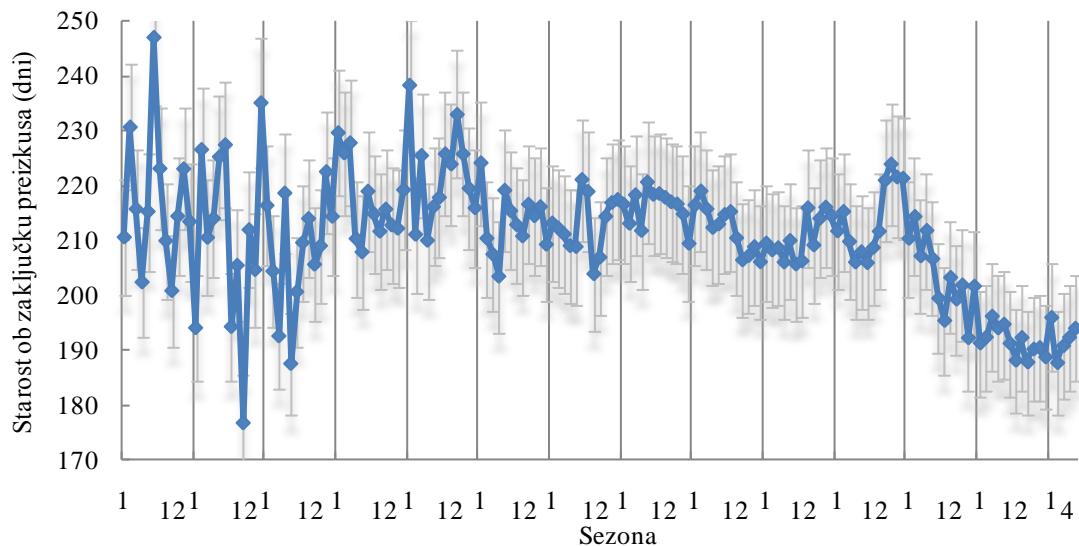
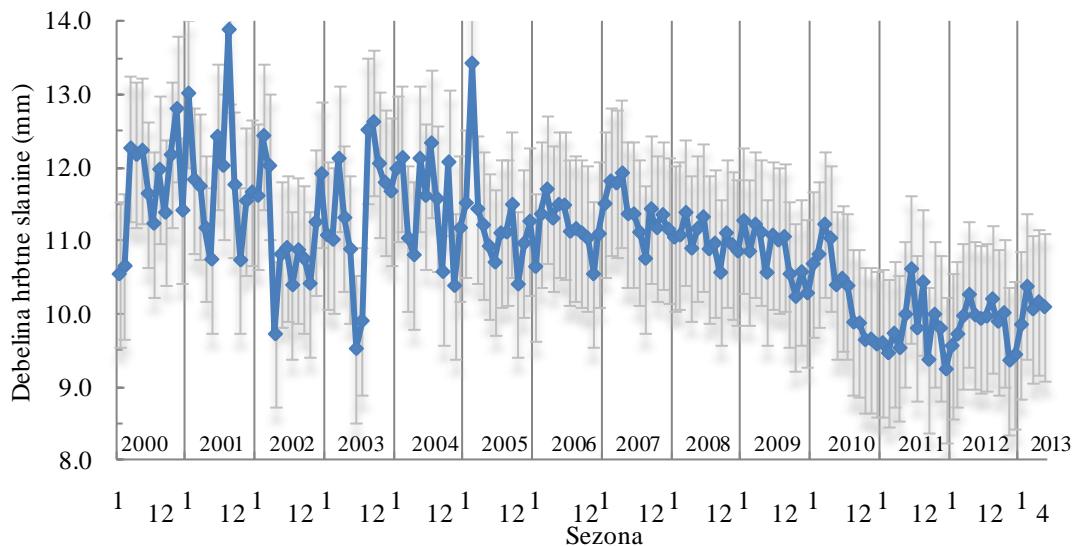


Figure 19: Ocene srednjih vrednosti za starost mladic ob s zaključku preizkusa s standardnimi napakami po sezoni

Figure 20: Least square means (LSM) for age at the end wih standard error of test by season

Podobno kot s starostjo je tudi z debelino hrbtnje slanine (slika 20). Z leti se je debelina hrbtnje slanine stanjšala, zmanjšala pa so se tudi nihanja. Najdebelejša hrbtna slanina je bila pri mladicah izmerjena v 23. sezoni, ko je bila v povprečju 13,9 mm. Pred letom 2010 je bila debelina hrbtnje slanine pri mladicah le redko izmerjena pod 10 mm. To se je z letom 2011 spremenilo, ko so le redke sezone, kjer povprečna debelina hrbtnje slanine pri mladicah v preizkusu preseže 10 mm.



Slika 19: Ocene srednjih vrednosti za debelino hrbtne slanine pri mladicah s standardnimi napakami po sezoni

Figure 21: Least square means (LSM) for backfat thickness with standard error by season

#### 4.2.3 Interakcija genotip okolje

Analizirali smo podatki za 19355 mladic. Tako za starost ob zaključku preizkusa kot tudi za debelino hrbtne slanine je skupno okolje v čredi v slabem in povprečnem okolju pojasnjevalo približno 20 % fenotipske variance. V dobrem okolju je bil delež pojasnjene variance s strani skupnega okolja v čredi 14 oziroma 11 %.

Skupno okolje v gnezdu je pojasnilo nekoliko manj variance. Za starost ob zaključku preizkusa je skupno okolje v gnezdu v vseh okoljih pojasnilo za med 15 in 18 % fenotipske variance (tabela 31), medtem ko je bil za debelino hrbtne slanine ta delež okoli 10 %. Ostanek je tako za obe lastnosti v vseh okoljih pojasnjeval okoli 50 % fenotipske variance.

Primerljive rezultate so za različne genotipe mladic v Sloveniji objavili Malovrh in sod. (1999), kjer je skupno okolje v gnezdu za debelino hrbtne slanine pojasnilo med 8 in 15 % fenotipske variance. V isti študiji je skupno okolje v gnezdu za lastnost dnevni prirast pojasnjevalo med 2 in 7 % fenotipske variance. Za dva različna genotipa je skupno okolje v gnezdu za lastnosti rasti pojasnjevalo med 11 in 30 % variance (Merks,

1989). Podobne rezultate kot mi pa sta navedla Brandt in Täubert (1998), ki sta preučevala interakcijo med genotipom in okoljem za debelino hrbtne slanine. V tej študiji je skupno okolje v gnezdu pojasnjevalo med 7 in 14 % fenotipske variance.

Najvišja heritabiliteta za starost ob zaključku preizkusa je bila ocenjena na 0,21 v slabem okolju. V dobrem okolju je bila heritabiliteta za starost ob zaključku preizkusa ocenjena na 0,17, medtem ko je bila v povprečnem okolju ocenjena na 0,15. Nekoliko višje so bile ocenjene heritabilitete za debelino hrbtne slanine. Le-ta je bila v dobrem okolju ocenjena na 0,29, v povprečnem in slabem pa na 0,25 oziroma 0,24.

Heritabilitete za debelino hrbtne slanine so bile pri slovenskih mladicah ocenjene med 0,14 in 0,35 (Malovrh in sod., 1999). Pri merjascih so isti avtorji heritabilitete za debelino hrbtne slanine ocenili med 0,34 in 0,42. Podobne vrednosti (0,13 do 0,29) so v isti raziskavi dobili tudi za dnevni prirast. Brandt in Täubert (1998) sta hibridnim prašičem heritabilitete za debelino hrbtne slanine ocenila med 0,26 in 0,58 ter za lastnosti rasti na 0,30. Na osnovi potomcev so Wallenbeck in sod. (2009) merjascem heritabiliteto za debelino hrbtne slanine ocenili na 0,36. Da so heritabilitete ocenjene višje kot v našem primeru, bi lahko bila posledica večjega deleža heterozigotnosti, ki pri hibridih poveča aditivno genetsko varianco. Seveda pa je visoka aditivna genetska varianca lahko tudi posledica slabe izbire modela, v katerega ne vključimo dovolj negenetskih vplivov. V raziskavi so prikazali tudi prerangiranja merjascev med dvema načinoma reje, in sicer med konvencionalnim in ekološkim. Predvsem zaradi specifičnosti ekološke reje je pomembno, da se za rejo izbere primernejši merjasec (Wallenbeck in sod., 2009).

Ocenjene gentske korelacije med okolji za debelino hrbtne slanine pri mladicah so bile pozitivne in precej visoke, saj so bile ocenjene tudi na 0,96. Pozitivne korelacije pomenijo, da so živali, ki so rangirane visoko v dobrem okolju, visoko rangirane tudi v slabem, torej ni razlik v rangu živali med posameznimi okolji. Genetska korelacija, ki je bila za starost ob zaključku preizkusa ocenjena nižje kot 0,8, nakazuje, da obstaja interakcija med genotipom in okoljem za to lastnost (tabela 31). Genetska korelacija za starost ob zaključku preizkusa med slabim in povprečnim okoljem je bila ocenjena na 0,63. Med slabim in dobrom okoljem pa je bila genetska korelacija še nižja in je znašala

0,51. Genetska korelacija med povprečnim in dobrim okoljem je bila ocenjena višje kot 0,8, kar pomeni, da ni bilo interakcije med genotipom in okoljem.

Visoko genetsko korelacijo, med 0,90 in 0,92, so za debelino hrbtne slanine med okolji ocenili že Malovrh in sod. (1999). V nasprotju s temi rezultati pa so Wallenbeck in sod. (2009) genetsko korelacijo za isto lastnost ocenili na 0,11 in s tem potrdili prisotnost interakcije med genotipom in okoljem.

Tabela 31: Genetske variance (na diagonali) in korelacije (nad diagonalo) s standardnimi napakami ocen za starost ob zaključku preizkusa (ST) in debelino hrbtnne slanine (DHS) v slabem (S), povprečnem (P) in dobrem (D) okolju

Table 31: Genetic variances (on the diagonal), correlations (above the diagonal) with a standard error of estimate for age at the end of the test (ST), and backfat thickness (DHS) in bad (S), average (P) and good (D) environment

Okolje		Slabo (S)		Povprečno (P)		Dobro (D)	
		ST	DHS	ST	DHS	ST	DHS
<i>Skupno okolje v čredi</i>							
S ST	<b>0,20</b> ± 0,02	0,24 ± 0,04	/	/	/	/	/
DHS		<b>0,24</b> ± 0,02	/	/	/	/	/
P ST			<b>0,20</b> ± 0,02	0,09 ± 0,04	/	/	/
DHS				<b>0,19</b> ± 0,01	/	/	/
D ST					<b>0,14</b> ± 0,02	-0,23 ± 0,07	
DHS							<b>0,11</b> ± 0,01
<i>Skupno okolje v gnezdu</i>							
S ST	<b>0,18</b> ± 0,01	-0,07 ± 0,04	/	/	/	/	/
DHS		<b>0,08</b> ± 0,01	/	/	/	/	/
P ST			<b>0,16</b> ± 0,01	-0,14 ± 0,07	/	/	/
DHS				<b>0,08</b> ± 0,01	/	/	/
D ST					<b>0,15</b> ± 0,01	-0,22 ± 0,06	
DHS							<b>0,11</b> ± 0,01
<i>Direktni aditivni genetski vpliv</i>							
S ST	<b>0,21</b> ± 0,01	0,18 ± 0,03	0,63 ± 0,10	0,19 ± 0,05	0,51 ± 0,12	-0,03 ± 0,07	
DHS		<b>0,24</b> ± 0,02	0,02 ± 0,05	0,87 ± 0,05	0,25 ± 0,11	0,83 ± 0,07	
P ST			<b>0,15</b> ± 0,02	-0,07 ± 0,04	0,87 ± 0,04	-0,09 ± 0,05	
DHS				<b>0,25</b> ± 0,01	0,32 ± 0,08	0,96 ± 0,02	
D ST					<b>0,17</b> ± 0,03	0,35 ± 0,06	
DHS						<b>0,29</b> ± 0,02	
<i>Ostanek</i>							
S ST	<b>0,42</b> ± 0,02	-0,18 ± 0,02	/	/	/	/	/
DHS		<b>0,45</b> ± 0,02	/	/	/	/	/
P ST			<b>0,49</b> ± 0,02	-0,01 ± 0,02	/	/	/
DHS				<b>0,48</b> ± 0,01			
D ST					<b>0,54</b> ± 0,02	-0,10 ± 0,03	
DHS						<b>0,49</b> ± 0,02	

Fenotipske korelacije za lastnost debeline hrbtne slanine so ocenjene na 0,22 oziroma 0,25 (tabela 32), medtem ko so bile fenotipske korelacije za lastnost starost ob zaključku preizkusa ocenjene pod 0,10. Izjema je le fenotipska korelacija med starostjo ob zaključku preizkusa v povprečnem okolju ter v dobrem okolju, kjer je bila ocenjena na 0,14.

Tabela 32: Fenotipske korelacije za starost ob zaključku preizkusa (ST) in za debelino hrbtne slanine (DHS) v slabem (S), povprečnem (P) in dobrem (D) okolju

Table 32: Phenotypic correlations for age at the end of the test (ST), and backfat thickness (DHS) in bad (S), average (P) and good (D) environment

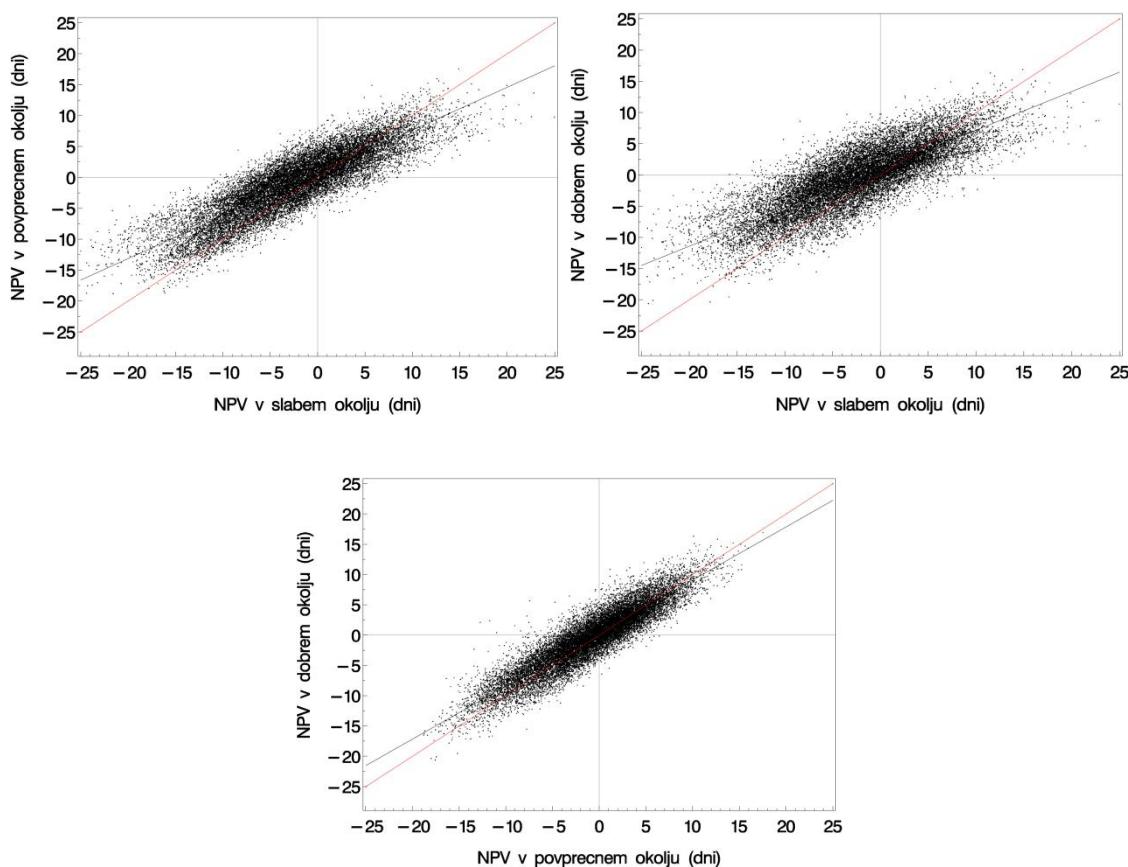
	ST S	DHS S	ST P	DHS P	ST D	DHS D
ST S	-	0,004	0,011	0,05	0,09	-0,001
DHS S		-	0,004	0,22	0,5	0,22
ST P			-	-0,02	0,14	-0,01
DHS P				-	0,06	0,25
ST D					-	-0,04
DHS D						-

O interakciji med genotipom in okoljem so poročali že avtorji v preteklosti. Merks (1989) ter Brandt in Täubert (1998) so poročali o prisotni interakciji za različne genotipe. Tako so interakcijo med genotipom in okoljem potrdili za maso klavnih trupov (Merks, 1989) in rast (Brandt in Täubert, 1998). Za iste lastnosti so interakcijo potrdili Wallenbeck in sod. (2009), ko so primerjali različne genotipe v organskih in konvencionalnih rejah.

Bidanel in Ducos (1996) sta za prašiče iz tesnih postaj v Franciji heritabiliteto za povprečno debelino hrbtne slanine pri masi 90 kg ocenila na 0,57 tako za Large White kot za francoski Landrance. Varianco za skupno okolje v gnezdu sta ocenila na 0,06. Za povprečno debelino hrbtne slanine sta heritabiliteto ocenila na 0,43 oziroma 0,45. Varianca za skupno okolje v gnezdu je bila podobna kot pri debelini hrbtne slanine pri 80 kg. Nižjo heritabiliteto, 0,24 in 0,25, sta Bidanel in Ducos (1996) ocenila za starost pri doseženih 100 kg telesne mase, varianca za skupno okolje v gnezdu pa je bila za to lastnost 0,13. Podobno ocenjene heritabilitete (0,42 in 0,43) so bile tudi za debelino hrbtne slanine pri hibridnih prašičih na Bavarskem (Habier in sod., 2009).

Interakcijo med genotipom in okoljem pogosto preučujejo pri govedu, predvsem za lastnosti mlečnosti. Pomembnost te interakcije pri govedu, namenjenemu prireji mleka, je pomembna predvsem z vidika precejšnje raznolikosti v okoljih. Prav tako je možnost

predstavitev rezultatov po posameznih bikih, ki se kot očetje zaradi osemenjevanja pojavljajo v različnih okoljih. Tako so interakcije med genotipom in okoljem potrdili pri molznicah na Norveškem (Kolmodin in sod., 2002), za holšтанjske krave (Kearney in sod., 2004; Shariati in sod., 2007). V nasprotju s temi rezultati interakcije med genotipom in okoljem niso potrdili pri molznicah v Kanadi (Boettcher in sod., 2003), za Guernesey v različnih državah (Fikse in sod., 2003), prav tako pa interakcije ni bilo pri populaciji krav različnih genotipov v Sloveniji (Logar in sod., 2007).



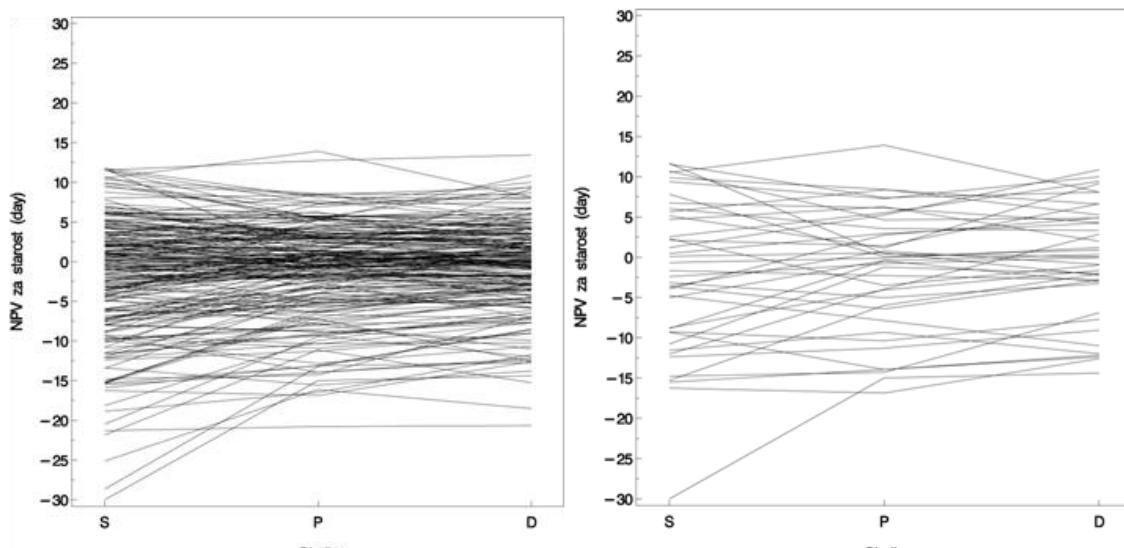
Slika 20: Napoved plemenskih vrednosti za mladice za starost ob zaključku preizkusa

Figure 22: Gilt breeding values for age at the end of test

Napoved plemenskih vrednosti za starost ob zaključku preizkusa smo opravili z večlastnostnim modelom. Izmerjene lastnosti v posameznih okoljih so bile tretirane kot posamezna lastnost. Tako smo imeli tri lastnosti, za katere smo narisali korelacije (slika 20). Linearna regresijska premica je na grafih označena z rdečo in predstavlja korelacijo 1. Pri vseh treh primerih se korelacije razlikujejo od 1, kar je lepo vidno, če

primerjamo rdečo in črno premico. V slabem okolju so napovedane plemenske vrednosti bolj razpršene, kot so le-te v drugih dveh okoljih. Zaradi prisotne interakcije med genotipom in okoljem pričakujemo prerangiranja živali. To je pričakovano predvsem pri primerjavi slabega in dobrega okolja, kjer je razlika največja. Korelacija je blizu 1 med povprečnim in dobrim okoljem. V takšnih primerih je žival enako dobra v obeh okoljih in ne prihaja do prerangiranja živali.

Zaradi želje po čim bolj točnih podatkih je smiselno uporabiti čim več podatkov. V tem primeru je za večjo zanesljivost potrebno imeti meritve za očete v vseh okoljih. V našem primeru je 60 očetov, ki so imeli izmerjene potomke v vseh treh okoljih (slika 21). Na osnovi ocenjene genetske korelacije, ki je bila med slabim in povprečnim okoljem 0,63 in med slabim in dobrim okoljem 0,51, pričakujemo med temi okolji prerangiranja. Da dejansko prihaja do prerangiranja nekaterih očetov, lahko vidimo na sliki 13. Nekateri očetje imajo višji rang v dobrem okolju in slabši v slabem okolju, nekateri pa ravno obratno. Podobno je s primerjavo očetov med slabim in povprečnim okoljem. O prerangiranju merjascev med ekološkim in konvencionalnim okoljem so poročali že Wallenbeck in sod. (2009).



Slika 21: Razlike za napoved plemenskih vrednosti med okolji za lastnost starost ob zaključku preizkusa

Figure 23: Differences in rank for breeding values for age at the end of test among environments

Prerangiranje živali med okolji je pomembno pri selekciji. Velik pomen ima predvsem pri očetih, ki se uporablja v različnih okoljih. Prerangiraj je sicer manj oziroma jih ni, kadar je interakcija med genotipom in okoljem zelo šibka ali je celo ni. V takšnih primerih je primeren en skupen rejski program. Sicer pa Wallenbeck in sod. (2009) predlagajo, da kadar je prisotna močna interakcija med genotipom in okoljem in prihaja do prerangiranj živali med okolji, uporabimo različne rejske programe, ki so primerni za posamezna okolja.

#### 4.2.4 Reakcijske norme

Reakcijske norme smo ocenili za 239 očetov. Za starost ob zaključku preizkusa smo genetsko varianco za nivo ocenili na  $24,70 \text{ dni}^2$  in za nagib na  $78930 \text{ dni}^2$ . Genetska korelacija med njima je 0,64. Da je prisotna interakcija med genotipom in okoljem, trdimo, kadar je genetska varianca za nagib reakcijske norme večja od nič in hkrati korelacija med okolji manjša od ena (de Jong and Bijma, 2002). Prerangiranje živali med okolji je prisotno, kadar je genetska korelacija med nivojem in nagibom reakcijske norme daleč od ničle (Su in sod., 2006). Za starost ob zaključku preizkusa je ocenjena genetska varianca za

nagib  $38,90 \text{ mm}^2$ . Genetska korelacija med nivojem in nagibom je 0,52, kar nakazuje na možnost prerangiranja živali med posameznimi okolji.

Ocenjene variance za okolja se postopoma zmanjšujejo (tabela 33). Tako pri starosti ob koncu preizkusa kot tudi pri debelini hrbtne slanine je varianca najnižja pri okolju, kjer imajo živali v povprečju največji dnevni prirast. Torej živali v najboljšem okolju najmanj variirajo.

Tabela 33: Genetska variance za nivo ( $\alpha_0$ ) in nagib ( $\alpha_1$ ) reakcijske norme, genetska korelacija med njima ( $r_{\alpha_0\alpha_1}$ ) ter variance za ostanke po razredih za starost ob zaključku preizkusa (ST) in debelino hrbtne slanine (DHS)

Table 33: Genetic variance for level ( $\alpha_0$ ) and slope ( $\alpha_1$ ) of the reaction norms, genetic correlation between the two ( $r_{\alpha_0\alpha_1}$ ) and variance for the error of the classes for age at the end of the test (ST), and backfat thickness (DHS)

Lastnost	$\sigma_{\alpha_0}^2$	$\sigma_{\alpha_1}^2$	$r_{\alpha_0\alpha_1}$	$\sigma_{e1}^2$	$\sigma_{e2}^2$	$\sigma_{e3}^2$	$\sigma_{e4}^2$	$\sigma_{e5}^2$	$\sigma_{e6}^2$
ST	24,70	78930	0,64	448,60	350,70	474,80	289,70	224,50	180,10
	$\pm 2,94$	$\pm 7384$	$\pm 0,12$	$\pm 10,55$	$\pm 5,42$	$\pm 53,45$	$\pm 3,98$	$\pm 4,23$	$\pm 8,74$
DHS	0,31	38,90	0,52	2,14	1,58	1,22	1,46	1,30	1,06
	$\pm 0,04$	$\pm 8,46$	$\pm 0,13$	$\pm 0,04$	$\pm 0,03$	$\pm 0,12$	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$	$\pm 0,06$

Ocenili smo fenotipske variance in varianco za naključen vpliv črede in skupnega okolja v gnezdu (tabela 34). Posamezne fenotipske variance so bile med posameznimi okolji ocenjene podobno. Varianca za naključen vpliv črede je bila pri starosti ob zaključku preizkusa nižja v primerjavi z vplivom skupnega okolja v gnezdu. Pri debelini hrbtne slanine pa je obratno.

Tabela 34: Fenotipska varianca ( $\sigma_{P1}^2$ ) po razredih in variance za vpliv črede ( $\sigma_H^2$ ) in skupnega okolja v gnezdu ( $\sigma_G^2$ ) genetska za starost ob zaključku preizkusa (ST) in debelino hrbtne slanine (DHS)

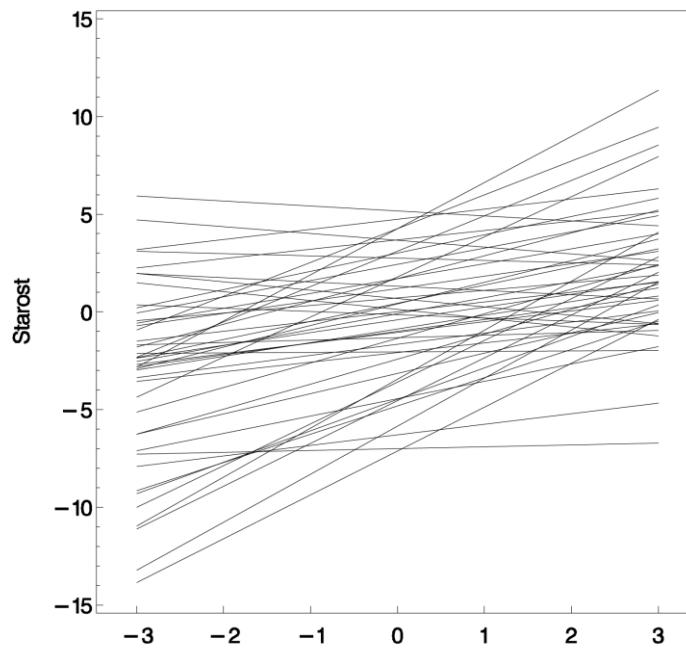
Table 34: Phenotypic variance ( $\sigma_{P1}^2$ ) of the classes and variances for herd ( $\sigma_H^2$ ) and permanent environment ( $\sigma_G^2$ ) for age at the end of the test (ST), and backfat thickness (DHS)

Lastnost	$\sigma_{P1}^2$	$\sigma_{P2}^2$	$\sigma_{P3}^2$	$\sigma_{P4}^2$	$\sigma_{P5}^2$	$\sigma_{P6}^2$	$\sigma_H^2$	$\sigma_G^2$
ST	81280	81220	81160	8138	81410	81110	76,85	98,00
						$\pm 8,74$	$\pm 3,90$	$\pm 2,94$
DHS	42,03	41,91	41,74	42,59	41,67	41,67	0,53	0,35
						$\pm 0,06$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$

Reakcijske norme so uporabili tudi za opis genetske variabilnosti za maso klavnih trupov v odvisnosti od vročinskega stresa pri hibridnih prašičih v Severni Karolini (Zumbach in sod., 2008). Prašiči so bili spitani na dveh farmah, ki sta bili med seboj oddaljeni 10 km, ter zaklani pri povprečni starosti 200 dni ter povprečni masi klavnih polovic 0,89 kg. Za ocene le-teh so uporabili model z naključno regresijo. Avtorji so poročali o negativni korelaciji (-0,97) med nivojem in nagibom reakcijske norme, kar bi lahko bila posledica povečane občutljivosti živali na vročinski stres. Za maso topnih polovic so genetsko varianco za nivo ocenili na 5 ter za nagib 0,75.

Ocenjen nivo in nagib reakcijske norme za očete lahko uporabimo pri genetskem ocenjevanju potomcev v različnih okoljih. Posledično lahko s tem prikažemo prerangiranja očetov med okolji.

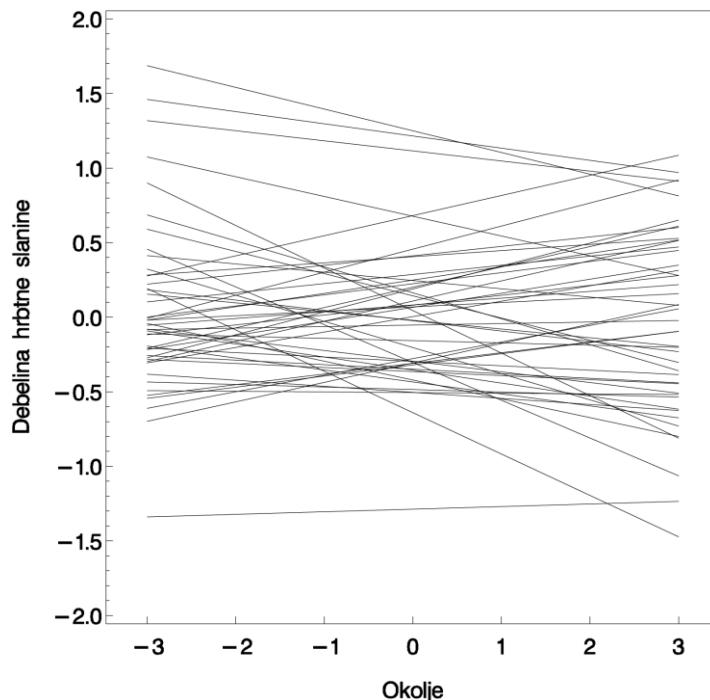
Za očete, ki imajo vsaj 150 potomcev, smo narisali reakcijske norme. Pri starosti ob zaključku preizkusa lahko vidimo, da je razlika med okolji 30 dni (slika 22). Živali, ki so bile v najslabšem okolju, so bile ob zaključku preizkusa mlajše, vendar so imele tudi debelejšo hrbtne slanino (slika 23). Na podlagi že opravljenih izračunov vemo, da pri starosti ob zaključku preizkusa obstaja interakcija med genotipom in okoljem. Tudi pri reakcijskih normah za starost ob zaključku preizkusa vemo, da je prerangiranja očetov veliko v primerjavi s prerangiranjami pri debelini hrbtne slanine. Pri slednjih lastnosti se med okolji prerangira zgolj nekaj očetov, ki imajo tanjšo hrbtne slanino v boljšem okolju.



Slika 22: Reakcijske norme za starost ob zaključku preizkusa za 60 izbranih očetov

Figure 24: Reaction norm for age at the end of test for 60 selected sires

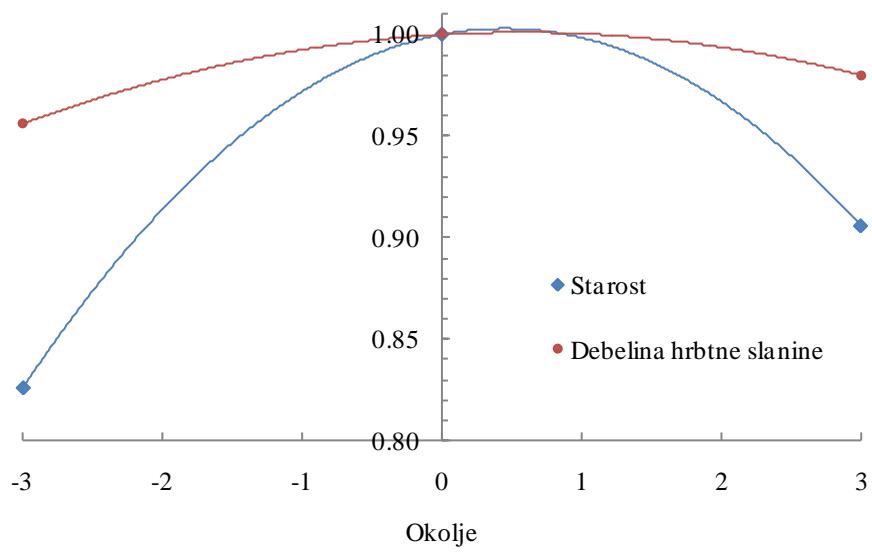
Prerangiranje merjascev med organskim in konvencionalnim okoljem so ugotovili na Švedskem (Wallenbeck in sod., 2009). Preučevali so interakcijo med genotipom in okoljem za lastnosti rasti in za debelino hrbtne slanine. Reakcijske norme za očete sta preučevala Li in Hermesch (2012) v Avstraliji. Za lastnosti rasti in debelino hrbtne slanine so ugotovili, da so najmanj robustni prašiči pasme Large White. Za te lahko rečemo, da so najbolj odzivni, medtem ko so bili v raziskavi najbolj robustni prašiči pasme Duroc.



Slika 23: Reakcijske norme za debelino hrbtne slanine očetov

Figure 25: Sire reaction norm for backfat thickness

Kot je razvidno iz korelacijskih krivulj (slika 24), ocenjene reakcijske norme v primerjavi s povprečji v posameznih okoljih presegajo 0,82. Za starost ob zaključku preizkusa so bile korelacije nekoliko nižje. Korelacije pri debelini hrbtne slanine pa so bile v vseh primerih višje od 0,95.



Slika 24: Korelacija med ocenjeno reakcijsko normo in povprečji v proizvodnih okoljih

Figure 26: Correlation between estimated reaction norm in average and deviating production environments

## 5 SKLEPI

Preživitvena sposobnost je ena izmed lastnosti, ki je v rejih živali zelo pomembna. Definicije preživitvene sposobnosti so zelo ohlapne. Največkrat preživitveno sposobnost povezujemo s sposobnostjo preživetja. Na samo možnost in zmožnost preživetja vpliva veliko različnih dejavnikov. Dejavniki so lahko sistematski ali naključni. In prav slednji so tisti, na katere zelo težko vplivamo.

S kunci smo si zastavili poskus, ki je potekal dober dve leti. Pri tem smo pridobili individualne podatke o rasti živali, saj smo jih tedensko tehtali. Prav tako pa smo dobili podatke o plodnosti samic, predvsem pa o velikosti gnezda ter izgubah. Predvidevali smo, da imajo maternalne lastnosti velik vpliv pri lastnostih reprodukcije. Kot maternalne lastnosti smo smatrali vpliv matere. Prav tako se nam je kot pomembna maternalna lastnost zdela število seskov. Kunkam v poskusu smo tako po prvi kotitvi prešteli aktivne seske in naredili statistično obdelavo. Seski niso vplivali na izgube pri kuncih do odstavitve. Prav tako mati kot naključen vpliv ni imela visokih heritabilitet.

Predvidevali smo, da imajo samice, odbrane iz manjših gnez, boljše reprodukcijske rezultate. To smo analizirali s pomočjo korelacij med posameznimi lastnostmi. V analizo smo zajeli matere ter njihove potomce, ki smo jih v poskusu individualno spremajali. Z analizami nismo dokazali, da bi imele kunke iz manjših gnez boljše reprodukcijske rezultate. Sicer so kunke iz zelo majhnih gnez same imele nekoliko večja gnezda.

Preživitvena sposobnost mladičev je povezana s telesno maso mladičev oziroma z njihovo rastjo. Lažji mladiči imajo manjšo preživitveno sposobnost, kot jo imajo težji mladiči. To trditev smo potrdili z analizami in statistiko. Težji mladiči imajo večjo možnost preživetja kot lažji. Nekako lahko mejo postavimo pri okoli 50 g. V našem primeru so lažji kunci večinoma poginili. Podobne rezultate pa so dobili tudi drugi raziskovalci.

Korelirali smo tudi lastnosti plodnosti ter rasti med starši in potomci. Z izgubo ter odstavitevno maso smo izračunali napoved plemenske vrednosti. Pri tem smo uporabili še napoved plemenske vrednosti, ki jo redno ocenjujemo za populacijo kuncev na Biotehniški

fakulteti. Korelacijski med lastnostmi rasti in plodnosti ni bilo. Korelacijske pa vsekakor obstajajo pri lastnostih istega tipa med materjo in potomci.

Pri kuncih, ki so bili razdeljeni v dve liniji in naseljeni v enotnem okolju, razlik med genotipoma ni bilo.

Interakcijo med genotipom in okoljem smo lažje ocenili pri preizkušenih mladicah. Imeli smo več genotipov in več okolij. Tako je bila analiza za interakcijo med genotipom in okoljem bolj smiselna. Poslužili smo se podatkov, ki se zbirajo ob preizkusu mladic. Analizirali smo telesno maso ob zaključku preizkusa, dnevni prirast v preizkusu ter debelino hrbtne slanine. Okoljsko komponento smo definirali z dnevnimi prirasti. Višji dnevni prirasti so bili v dobrem okolju, slabši dnevni prirasti pa so nam definirali slabo okolje. Z izračuni reakcijskih norm smo dokazali, da prihaja do prerangiranj živali v okoljih. Na podlagi rezultatov mladic smo prikazali prerangiranja njihovih očetov med okolji. Videli smo, da so določeni merjasci bolje rangirani v slabšem okolju, medtem ko so drugi bolje rangirani v dobrem okolju. Prerangiranja pa se po lastnostih razlikujejo.

Metode, ki smo jih uporabili v nalogi, bi bilo smiselno uporabiti tudi pri napovedovanju plemenskih vrednosti. Vsi stremimo k boljšim rezultatom, a vsi se moramo zavedati, da je žival odvisna tudi od okolja, v katerem se nahaja. Tako je smiselno živali odbirati na podlagi njihovega potenciala, ki pa je različen glede na okolje. Če imamo dobro žival v dobrem okolju, to ne pomeni, da bo žival dobra tudi v slabem in seveda obratno.

## 6 POVZETEK (SUMMARY)

### 6.1 POVZETEK

Vse pogosteje se srečujemo s pojmom robustnosti, ki ga srečamo v povezavi z boleznimi, stresom in izgubami. Od robustne živali pričakujemo, da vzpostavi ravnotežje pri stresnih situacijah ter da je manj občutljiva na bolezni. Samo robustnost pa lahko živali dobijo s selekcijo in z adaptacijo na okolje. Je pa robustnost lastnost, ki ima genetske zaslove. Robusten organizem uspeva v različnih okoljih, a ni v vseh najboljši. Robustnost lahko prikažemo na več načinov: kot naključno regresijo za interakcijo med genotipom in okoljem, kot genetsko komponento heterogenosti varianc, kot odpornost na bolezni in stres ter kot socialno komponento okolja, ki vključuje tekmovalnost in izenačenost osebkov znotraj skupin. V nalogi smo robustnost izrazili na posreden način.

Pri kuncih smo robustnost ocenili na podlagi lastnosti za preživitveno sposobnost. Analizirali smo kumulativne izgube na tedenskih intervalih ter velikost gnezda. Ugotovili smo, da na izgube vplivajo tako maternalne lastnosti, kot tudi velikost gnezda ter rojstna masa mladičev. Med linijama ni bilo razlik v izgubah, je pa bila razlika v velikosti gnezda. Liniji kuncev sta zasnovani in se odbirata na podlagi proizvodnih ali reprodukcijskih rezultatov. Maternalna linija ima tako večja gnezda kot terminalna. S povečevanjem števila mladičev v gnezdu se manjša telesna masa le-teh in posledično se večajo izgube. Izgube so bile največje v prvem tednu, nato so iz tedna v teden upadale. Pogin lažjih mladičev je bil večji. Kunci, ki so poginili, so v rasti zaostajali vse od prvih dni po rojstvu. Kot naključne vplive smo v model za preživitvene lastnosti vključili skupno okolje v gnezdu, vpliv matere gnezda kot aditivni genetski vpliv ter vpliv babice gnezda kot maternalni vpliv. Vpliv skupnega okolja v gnezdu je bil iz tedna v teden nekoliko manjši. Delež pojasnjene variance je bil v prvem tednu 0,70 ter v šestem 0,31. Tudi heritabiliteta je bila najvišje (0,22) ocenjena za izgube v prvem tednu. Za vse ostale izgube v tedenskih intervalih je bila heritabiliteta 0,05 ali nižja. Za izgube od odstavitev pa vse do 65. dneva starosti pa je bila ocenjena heritabiliteta 0,15. Tudi pri maternalnem vplivu je bil delež pojasnjene variance največji pri izgubah v prvem tednu (0,14) in izgubah od odstavitev do 65. dneva starosti (0,16). Najvišja genetska korelacija je bila ocenjena na 0,95, in sicer med deležem izgub v

drugem tednu ter deležem izgub v tretjem tednu. Preko 0,70 sta bili ocenjeni še korelacijski med izgubami v tretjem in četrtem tednu ter med izgubami v četrtem in petem tednu. Pri korelacijskih med aditivnim genetskimi vplivom, ki je v našem primeru mati gnezda, ter med maternalnim vplivom, ki je v našem primeru babica gnezda, precej variirajo. Korelacijski med aditivnim genetskim vplivom in maternalnim vplivom so bile ocenjene med -0,36 do 0,19. Izračune smo naredili tudi za lastnosti velikosti gnezda. Delež pojasnjene variance za vpliv skupnega okolja v gnezdu pri številu mrtvorojenih kuncev v gnezdu je kar 0,93. Za število živorojenih in število odstavljenih je delež pojasnjene variance pol manjši. Heritabiliteta za število mrtvorojenih mladičev v gnezdu je nič, medtem ko je za število živorojenih le-ta ocenjena na 0,59. Delež pojasnjene variance za maternalni vpliv je bil za število živorojenih mladičev v gnezdu 0,18. Med številom živorojenih in odstavljenih mladičev je bila genetska korelacija ocenjena na 0,98.

Pri kuncih smo tekom poskusa spremljali tudi individualno rast. Mladiči maternalne linije so bili ob rojstvu v povprečju 2 g lažji, ob odstavljavi pa za 40 g težji kot mladiči terminalne linije. Razlike v rasti so obstajale tudi med posameznimi zaporednimi kotitvami. Najlažji kunci so bili vse od rojstva do odstavljave pri materah, ki so prvič kotile, najtežji pa so bili celotno obdobje spremljanja kunci pri materah v tretji in četrti zaporedni kotitvi. Rast kuncev je odvisna tudi od maternalnih lastnosti. Najlažji so bili kunci mater z osmimi seski. Ob odstavljavi so najtežji kunci pri materah z desetimi seski tehtali 15 oziroma 30 g več kot kunci pri materah z devetimi ali osmimi seski. Na rast kuncev je vplivala tudi sezona kotitve matere. Kunci so bili ob rojstvu najlažji v toplejših sezonah, ko so tehtali manj kot 70 g. Najtežji ob odstavljavi so bili najtežji tudi ob zaključku preizkusa na 65. dan.

Pri mladicah smo robustnost za rast ocenili s pomočjo interakcije med genotipom in okoljem ter z reakcijskimi normami. Reakcijske norme so način izražanja interakcij genotipov v različnih okoljih. Uporabili smo ta model, saj je primeren pri računanju z velikim številom različnih okolij in manjšim številom opazovanj. Reakcijske norme smo ocenili živalim z znanim poreklom. Pri oceni robustnosti smo na podlagi različnih fenotipov istega genotipa v okoljih ugotovili, da obstaja interakcija med genotipom in okoljem. Tako smo na podlagi rezultatov potomcev določenega merjasca spremljali v različnih rejah, z različnimi načini uhlevitve, krmljenja itd. Na osnovi dobljenih rezultatov

smo ocenili reakcijske norme za posamezne merjasce. Pričakovano je, da ima najrobustnejši merjasec najboljše rezultate pri potomcih v različnih pogojih reje. Videli pa smo, da se posamezni merjasci prerangirajo. Tudi pravila glede prerangiranja ni. Določeni merjasci so bili boljši v slabšem okolju, določeni v boljšem okolju. Med vsemi so bili tudi očetje, ki so bili v vseh okoljih povprečni in za njih lahko rečemo, da so robustni. Zaradi sprememb v okolju pri njih namreč ne prihaja do nihanj in depresij zaradi adaptacij na okolja. Lastnosti, ki smo ju analizirali, sta bili starost ob zaključku preizkusa ter debelina hrbtnih slanin. Okolje pa smo definirali na podlagi povprečnega dnevnega prirasta v posameznih rejah. Tako med genotipi kot med posameznimi rejci so se pojavljale razlike v starosti ob zaključku preizkusa. Najmlajše so v povprečju s slabimi 209 dnevi preizkus zaključile mladice genotipa 12. Prav tako so mladice tega genotipa imele najtanjšo povprečno debelino hrbtnih slanin. Le-ta je bila ocenjena na 10,9 mm. Večje razlike v debelini hrbtnih slanin so bile med posameznimi rejci. Izmerjene debeline hrbtnih slanin so bile vse od 8,9 mm do 13 mm. Na analizirane lastnosti pa je vplivala tudi sezona. Iz podatkov lahko vidimo, da se z leti starost mladic ob zaključku preizkusa znižuje in približuje meji 200 dni. Prav tako so nihanja med sezonomi vse manjša. Podobna slika je z debelino hrbtnih slanin, ki se z leti tanjša. Vse od leta 2011 se le v redkih primerih pojavljajo sezone, kjer je povprečje za debelino hrbtnih slanin večje od 10 mm. Fenotipski korelaciji za lastnost debeline hrbtnih slanin sta bili ocenjeni na 0,22 in 0,25. Napoved plemenskih vrednosti za starost ob zaključku preizkusa smo opravili z večlastnostnim modelom. Vsako lastnost smo ocenjevali v treh različnih okoljih, slabem, povprečnem in dobrem. V slabem okolju so napovedane plemenske vrednosti bolj razpršene, kot so le-te v drugih dveh okoljih. Zaradi prisotne interakcije med genotipom in okoljem je prišlo do prerangiranja živali, predvsem med slabim in dobrim okoljem. Nato smo za 60 očetov, ki so imeli izmerjene potomke v vseh treh okoljih, ocenili genetske korelacije med okolji. Med slabim in povprečnim okoljem so bile ocenjene na 0,63 in med slabim in dobrim okoljem na 0,51. S tem smo potrdili prerangiranja merjascev med okolji. Nekateri očetje so imeli višji rang v dobrem okolju in slabši v slabem okolju, drugi pa ravno obratno.

Za 239 očetov smo ocenili še reakcijske norme. Za starost ob zaključku preizkusa smo genetsko varianco za nivo ocenili na  $24,70 \text{ dni}^2$  in za nagib na  $78930 \text{ dni}^2$ . Genetska korelacija med njima je 0,64. Za starost ob zaključku preizkusa je ocenjena genetska

varianca za nagib  $38,90 \text{ mm}^2$ . Genetska korelacija med nivojem in nagibom je 0,52, kar je nakazalo na možnost prerangiranja živali med posameznimi okolji.

V opravljenih raziskavah smo ugotovili prisotnost interakcije med genotipom in okoljem. Pri izvajanju nadaljnega selekcijskega dela bi bilo smiselno te rezultate upoštevati. Hkrati pa predlagamo, da se za metodo ugotavljanja interakcije med genotipom in okoljem uporabljo reakcijske norme.

## 6.2 SUMMARY

We frequently come across the term robustness which is often connected to diseases, stress and losses. We expect that robust animals establish a balance in stressful situations and they are less susceptible to different diseases. Robustness alone can also be gained with selective breeding and adaptation to the environment although it is largely predetermined by genes. A robust organism can thrive in different environments but it is not necessary the best in all of them. Robustness can be studied in different ways and also shown in different ways such as: random regression for interaction between genotype and environment, a genetic component of heterogeneity of the variants, immunity to diseases and stress and as a social component of the environment which includes competitiveness and equality of animals inside groups. In this experiment the robustness was expressed indirectly.

Robustness of rabbits was assessed based on their survival ability. We analyzed cumulative losses of the litter size in weekly intervals. We discovered that a maternal characteristic, litter size and also the birth weight of born rabbits was affecting the losses. There was no difference in losses between the two lines of rabbits but there was a difference in the litter size. Both lines of rabbits are selected for production or reproductive results. Maternal line has larger nests than terminal line. With increase of the born kits their weight is reduced which increases the number of losses. Losses were highest in the first week of birth then they dropped from week to week. Lighter live born kits died quicker and were also lacking in growth from the first day of their birth. Common litter environment, additive genetic effect and a maternal effect was included as a random effect in the model for survival ability. Influence of the common litter environment was decreasing by the week. Explained variant was 0,70 in the first week and 0,31 in sixth week. The heritability of

0,22, was estimated highest for the losses in the first week and was assessed 0,05 or lower for the losses in the upcoming weeks. From removal till the age of 65 days the heritability was assessed to 0,15. With maternal effect the explained variant was also highest with losses in the first week (0,14) and losses from removal till the age of 65 days (0,16). Highest genetic correlation was estimated to 0,95 in the number of losses in the second and third week. Over 0,70 was the estimate of correlation among the losses in third and fourth week and fourth and fifth week. High variation was also detected in correlations between the additive genetic effect and maternal effect of the litter. The correlations were estimated from -0,36 to 0,19. We also did calculations for the properties of the litter size. Explained variant for the effect of common litter environment on the number of stillborn rabbits was 0,93. Heritability for stillborn and live born rabbits is zero and 0,59, respectable. The explained variant for maternal effect was 0,18 for live born rabbits. Genetic correlation between live born and weaned kits was estimated to 0,98.

During the experiment we also monitored the kits individual growth. Live born kits of the maternal line were 2 g lighter at their birth and 40 g heavier at their weaning from the litter opposed to the live born kits in the terminal line. Differences in weight were also present in the other parity. Mother in first parity had the lightest kits from the day they were born till weaning. The kits which weaned heaviest were born to mothers in third parity. The growth was also dependant on maternal effect. Mothers with eight teats had the lightest kits. Kits of mothers with ten teats were 15 or 30 g heavier at weaning from the litter opposed to the ones of which their mothers had nine or eight teats. The season of birth also influenced on the growth of live born kits. Kits born in warmer season were 70 g lighter.

Robustness for growth was assessed with the help of genotype by environment interaction and also with reaction norms. Reaction norms are ways to express the interaction of genotypes in different environments. We used this type of model because it is suitable for calculating with high number of environments and lower number of observations. Reaction norms were estimated for animals with known pedigree information. While assessing robustness we discovered that based on different phenotypes from the same genotype there is a genotype by environment interaction. We monitored gilts of a boar in different breeding conditions. Based on the gained results we estimate the reaction norms for

individual boars. It is expected that gilts of a robust boar have the best results in different breeding conditions. But we have seen that some boars over rank in different environments. Some boars were better in bad environment others in good environment. Among them were also those who were mediocre in all types of environment and for those we can say that they are robust. With those individual boars there is no variation among different environments.

Properties which we analyzed were age at the end of the test and the backfat thickness. The environment was defined based on the average daily growth in different breeding. There were differences in age at the end of the test among genotypes and also among different breeders. On average the gilts of genotype 12 concluded the test the youngest with 209 days and also had the thinnest backfat which was measured at 10,9 mm on average. Bigger differences in backfat thickness were also among breeders. It was measured from 8,9 to 13 mm. The season also had influence on the analyzed properties. The age of gilts is decreasing through the years and is closing to the 200 days. The backfat thickness is also getting thinner. There is also less difference in variations between the seasons. From the year 2011 there are rare seasons in which the backfat thickness is higher than 10 mm. Phenotype correlations for the backfat thickness were estimated at 0,22 and 0,25. Prediction of breeding values for the age at the end of the test was done with multi trait model. Every trait was assessed in three different environments, bad, mediocre and good. Predictions of breeding values are more dispersed in a bad environment then the other two. Because of the genotype by environment interaction there was over ranking of the animals especially between bad and good environment. We estimated the genetic correlations between the environments for 60 male boars who had measured gilts in all three types of environment. Assessment between the bad and mediocre environment was 0,63 and 0,51 between bad and good environment. Those estimates confirmed the over ranking of boars between environments. Some male boars had higher rank in good environment and lower in bad one, for other there was the opposite.

Reaction norms were estimated for 239 boars. Genetic variant for the age at the end of the test was estimated to  $24,70 \text{ day}^2$  and the slope of  $78930 \text{ days}^2$ . Genetic correlation between them is 0,64. For the age at the end of the test genetic variant for a slope is 38,90

mm<sup>2</sup>. Genetic correlation between the level and slope is 0,52 which indicates the possibility for over ranking of animal between different types of environments. In concluded we determined the presence of genotype by environment interaction. It would be reasonable to consider these results in further selective work. We also recommend using reaction norms as a method to determine the genotype by environments interaction.

## 7 VIRI

- Ali K. O., Katule A. M., Syrstad O. 2000. Genotype x environment interaction in growing chicken: Comparison of four genetic groups on two rearing systems under tropical conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*: 50, 2: 65–71
- Alonso-Spilsbury M., Ramírez-Necoechea R., González-Lozano M., Mota-Rojas D., Trujillo-Ortega M.E. 2007. Piglet survival in early lactation: A review. *Journal of Animal and Veterinary Advances*: 6, 1: 76–86
- Amundson J. L., Mader T. L., Rasby R. J., Hu Q.S. 2006. Environmental effects on pregnancy rate in beef cattle. *Journal of Animal Science*: 84: 3415–3420
- Andersen I. L., Tajet G. M., Haukvik I.S., Kongsrud S., Bøe K. E. 2007. Relationship between postnatal piglet mortality, environmental factors and management around farrowing in herd whit loose-housed, lactating sows. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A – Animal Science*: 57: 38–45
- Ayyat M. S., Marai I. F. M. 1996. Evaluation of application in the intensive rabbit production system under the Sub-tropical condition in Egypt. *World Rabbit Science*: 6, 1: 213–217
- Azzam S. M., Kinder J. E., Nielsen M. K. 1989. Conception rate at first insemination in beef cattle: Effects of season, age and previous reproductive performance. *Journal of Animal Science*: 67: 1405–1410
- Bereskin B., Shelby C. E., Cox D. F. 1973. Some factors affecting pig survival. *Journal of Animal Science*: 36: 821–827
- Berg R. T., Butterfield R. M. 1976. Fat: its growth and distribution in cattle. V: New Concept of Cattle Growth. Taylor C. S. (ed.). Sydney, Sydney University Press: 143–175

- Bidanel J. P., Ducos A. 1996. Genetic correlations between test station and on-farm performance traits in Large White and French Landrace pig breeding. *Livestock Production Science*: 56: 55–62
- Bishop S. C., Conington J., Waterhouse A., Simm G. 1996. Genotype x environment interactions for early growth and ultrasonic measurements in hill sheep. *Animal Science*: 62: 271–277
- Boettcher P. J., Fatehi J., Schultz M. M. 2003. Genotype x environment interaction in conventional versus pasture-based dairies in Canada. *Journal of Dairy Science*: 86: 383–389
- Bolton R. C., Frahm R. R., Castree J. W., Coleman S. W. 1987. Genotype x environment interaction involving proportion of Braham breeding and season of birth. II. Preweaning growth, sexual development and reproductive performance of heifers. *Journal of Animal Science*: 65: 48–55
- Bowman J. C. 1972. Genotype x environment interaction. *Annales de Genetique et de Selection Animale*: 4, I: 117–123
- Brandt H., Täubert. 1998. Parameters estimates for purebred and crossbred performances in pigs. *Journal of Animal Breeding and Genetics*: 115: 97–104
- Brandt H., Werner D. N., Baulain U., Brade W., Weissmann F. 2010. Genotype-environment interaction for growth and carcass traits in different pig breeds kept under conventional and organic production system. *Animal*: 4, 4: 535–544
- Burns W. C., Koger M., Butts W. T., Pahnish O. F., Blackwell R.L. 1979. Genotype by environment interaction in Hereford cattle: II. Birth and weaning traits. *Journal of Animal Science*: 49: 403–409
- Bytyqi H., Odegard J., Mehmeti H., Vegara M., Klemetsdal G. 2007. Environmental sensitivity of milk production in extensive environments: A comparison of Simmental, Brown Swiss, and Tyrol Grey using random regression models. *Journal of Dairy Science*: 90, 8: 3883–3888

- Carte R. C., Carman G. M., McClaugherty F. S., Haydon P. S. 1971a. Genotype-environment interaction in sheep. I. Ewe production. *Journal of Animal Science*: 33: 556–562
- Cecchinato, A., Gonzalo-Recio, O, Lopez de Maturana, E., Gallo, L., Carnier, P. 2010. A comparison between different survival and threshold models with an application to piglet preweaning survival in a dry-cured ham-producing crossbred line. *Journal of Animal Science*: 88: 1990–1998
- Ceron-Munoz M. F., Tonhati H., Costa C. N., Maldonado-Estrada J., Rojas-Sermiento D. 2004. Genotype x environment interaction for age at first calving in Brazilian and Columbian Holstein. *Journal of Dairy Science*: 84: 2455–2458
- Chebel R. C., Braga F. A., Dalton J. C. 2007. Factor affecting reproductive performance of Holstein heifers. *Animal Reproduction Science*: 101: 208–224
- Chimtelin F. 1992. Effect of protein level and De-Odorase on performance and cecal fermentation of weanling rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research*: 15: 113–120
- Cienfuegos-Rivas E.G., Blake R.W., Oltenacu P.A., Castillo-Juarez H. 2006. Fertility response of Mexican Holstein cows to use sire selection. *Journal of Dairy Science*: 89: 2755–2760
- Colin T. W., Kyriazakis I. 2005. Growth and body composition changes in pigs. V: Whittemore's Science and Practice of Pig Production. Kyriazakis I., Colin T. W. (eds.). Oxford, Blackwell Publishing: 65–103
- Čepon M. 1994. Rastnost in klavna kakovost ter ocena genetskih parametrov bikov oplemenjene rjave pasme v Sloveniji. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 128 str.
- Deeb N., Cahaner A. 2001. Genotype by environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate: 2. The effects of high ambient temperature on dwarf versus normal broilers. *Poultry Science*: 80: 541–548

- Delpuech J. M., Moreteau B., Chiche J., Pla E., Vouidibio J., David J. R. 1995. Phenotypic plasticity and reaction norms in temperate and tropical population of *Drosophila melanogaster*: Ovarian size and developmental temperature. *Evolution*: 49, 4: 670–675
- Dovč, P. 1996. Sindrom maligne hipertermije pri prašiču. *Sodobno kmetijstvo*: 25, 12: 521-523
- Ellen E. D., Star L., Uitdehaag K., Brom F. W. A 2009. Robustness as a breeding goal and its relation with health, welfare and integrity. V: Breeding for robustness in cattle. Klopčič M., Reents R., Philipsson J., Kuipers A. (eds.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers: 45–54
- Elmaghraby M. M. A., Elkholya S. Z. 2010. Characterizing litter losses in purebred New Zealand White rabbits. *Lucrări Științifice, Seria Zootehnie*: 54: 304–310
- English P. R., Fowler V. R., Baxter S., Smith B. 1996. The growing and finishing pig: Improving efficiency. 2<sup>nd</sup> edition. Ipswich, Farming press: 555 str.
- Falconer D. S. 1952. The problem of environment and selection. *The American Naturalist*, 86: 293–298
- Falconer D. S. 1989. Introduction to quantitative genetics. Harlow, Longman: 438 str.
- Falconer D. S., Mackay T. F. C. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4<sup>th</sup> ed.. Essex, Longman: 464 str.
- Farougou S., Kpodékon M., Koutinhouin B., Brahi O. D. H., Djago Y., Lebas F., Coudert P. 2006. Impact of immediate postnatal sucking on mortality and growth of sucklings in field condition. *World Rabbit Science*: 14: 167–173
- Fikse W. F. Rekaya R. Weigel A. 2003. Genotype x environment interaction for milk production in Guernsey cattle. *Journal of Dairy Science*: 86: 1821–1827
- Filiz A., Serhat A., Hidir D. 2009. The effect of parity and litter size on birth weight and the effect of birth weight variations on weaning weight and pre-weaning survival in piglet. *Journal of Animal and Veterinary Advances*: 8, 11: 2133–2138

- Flisar T., Gorjanc G., Malovrh Š., Ule I., Kovač M. 2004. Genski preizkus na sindrom maligne hipertemije. V: Spremljanje proizvodnosti prašičev, III. del. Kovač M., Malovrh Š. (ur.). Domžale, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Katedra za etologijo, biometrijo in selekcijo ter prašičerejo: 51–60
- Fujii J., Zorzato F., Leon S. D., Khanna V. K., Wiler J. E., O'Brien P. J., McLennan D. H. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science*: 253: 448–451
- Garreau H., Bolet G., Larzul C., Robert-Granié C., Saleil G., SanCristobal M., Bodin L. 2008. Results of four generations of a canalizing selection for rabbit birth weight. *Livestock Science*: 119: 55–62
- Gibert P., Moreteau B., David J. R. 1998. Describing the evolution of reaction norm shape: Body pigmentation in *Drosophila*. *Evolution*: 52, 5: 1501–1506
- González-Redondo P. 2010. Maternal behavior in peripartum influences preweaning kit mortality in cage-bred wild rabbits. *World Rabbit Science*, 18: 91–102
- Groeneveld E., Kovač M., Wang T. 1990. PEST, a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation. V: Proceedings of the 4<sup>th</sup> World congress on genetics applied to livestock production, Edinburgh, 23. –27. jul. 1990. Edinburgh, University of Edinburgh, XIII: 488–491
- Groeneveld E., Kovač M., Wang T., Fernando R. L. 1992. Computing algorithms in a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation. *Archiv für Tierzucht*: 35: 399–412
- Groeneveld E., Kovač M., Mielenz N. 2010. VCE6 User's Guide and Reference Manual. Mariensee, Institute of Farm Animal Genetics, FLI: 125 str.
- Habier D., Götz K. U., Dempfle L. 2009. Genetic parameters for performance and meat quality traits of crossbred pigs housed in two test environments. *Livestock Science*: 121: 275–280

- Haskell M. J., Brotherstone S., White I. 2007. Characterization of dairy farm environments in Great Britain, and the effect of farm environment on cow lifespan. *Journal of Dairy Science*: 90: 5316–5323
- Henderson C. R. 1982. Analysis of the covariance in the mixed model: Higher-level, nonhomogeneous, and random regressions. *Biometrics*: 38: 623–640
- Hermesch S., Huisman A.E., Luxford B. G., Graser H. U. 2006. Analysis of genotype by feeding level interaction in pigs applying reaction norm model. V: Proceedings of the 8<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, 13. – 18. avg. 2006. Belo Horizonte, Instituto Prociencia (CD)
- Hohenboken W. D. 1986. Genotype x environment interaction. V: World Animal Science. Chapman A.B. (ed.). Amsterdam, Elsevier Science Publishers: 151–165
- Johnson R. K., Nielsen M. K., Casey D. S. 1999. Response in ovulation rate, embryonal survival, and litter traits to 14 generations of selection to increase litter size. *Journal of Animal Science*: 77: 541–577
- de Jong G. 1995. Phenotypic plasticity as a product of selection in a variable environment. *The American Naturalist*: 145, 4: 493–512
- de Jong G., Bijma P. 2002. Selection and phenotypic plasticity in evolutionary biology and animal breeding. *Livestock Production Science*: 78: 195–214
- Jorjani H., Jakobsen J. H., Farabosco F., Hjerpe E., Fikse W. F. 2009. An international perspective on breeding for robustness in dairy cattle. V: Breeding for robustness in cattle. Klopčič M., Reents R., Philipsson J., Kipers A. (eds.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers: 67–74
- Kang M. S. 2002. Quantitative genetics, genomics and plant breeding. New York, CABI Publishing: 400 str.

- Karan D., Morin J. P., Moreteau B., David J. R. 1998. Body size and developmental temperature in *drosophila melanogaster*: Analysis of body weight reaction norm. *Journal of Thermal Biology*: 23, 5: 301–309
- Kearney J. F., Schutz M. M., Boettcher P. J., Weigel K. A. 2004. Genotype x environment interaction in grazing versus confinement. I. Production traits. *Journal of Dairy Science*: 87: 501–509
- Khalil M.H. 1993. Genetic evaluation of the lactational performance in Giza White rabbits and its relation with preweaning litter traits. *Egyptian Journal of Rabbit Science*: 3, 1: 113–127
- Kirkpatrick M., Heckman N. A. 1989. A quantitative genetic model for growth, shape, reaction norms, and other infinite-dimensional characters. *Journal of Mathematical Biology*: 27: 429–450
- Kirkpatrick M., Lofsvold D., Blumer M. 1990. Analysis of the inheritance, selection and evolution of growth trajectories. *Genetics*: 124: 979–993
- Knap P. W. 2005. Breeding robust pig. *Australian Journal of Experimental Agriculture*: 45: 763–733
- Knap P. W., Wang L. 2006. Robustness in pigs and what we can learn from other species. 8<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, 13. – 18. avg. 2006. Belo Horizonte, Instituto Prociencia (CD)
- Knap P. W., Su G. 2008. Genotype by environment interaction for litter size in pigs a quantified by reaction norm analysis. *Animal*: 2: 1742–1747
- Knol E. F. 2001. Genetic aspects of piglet survival. PhD Thesis. Wageningen, Wageningen University: 122 str.
- Knol E. F., Leenhouwers J. I., van der Lende T. 2002. Genetic aspect of piglet survival. *Livestock Production Science*: 78: 47–55

- Koger M., Burns W. C., Pahnish O. F., Butts W. T. 1979. Genotype by environment interactions in Hereford cattle: I. Reproductive traits. *Journal of Animal Science*: 49: 369–402
- Kolmodin R., Strandberg E., Madsen P., Jensen J., Jorjani H. 2002. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied using reaction norms. *Acta Agriculturae Scandinavica: Section A - Animal Science*: 52: 11–24
- Kolmodin R., Strandberg E., Jorjani H., Danell B. 2003. Selection in the presence of a genotype by environment interaction: response in environment sensitivity. *Animal Science*: 76: 375–385
- Kolmodin R. 2003. Reaction Norms for the study of genotype by environment interaction in animal breeding. Doctoral thesis. Uppsala, Swedish University of Agricultural Science: 35 str.
- Kovač M., Malovrh Š. 2012. Rejski program za prašiče SloHibrid. Ljubljana, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije: 398 str.
- Lawrence T. J, Fowler V. R. 2001. Growth of farm animals. Wallingford, CABI: 347 str.
- Lebas F., Coudert P. 1986. Production and morbidity of rabbit breeding does. 2. Effect of age at first fertilization in does of two strains. *Annales De Zootechnie*: 35, 4: 351–362
- Leenstra F., Cahner A. 1991. Genotype by Environment interaction using fast-growing, lean or fat broiler chickens, originating from the Netherland and Israel, raised at normal or low temperature. *Poultry Science*: 70: 2028–2039
- Li L., Hermesch S. 2012. 2B-101: Quantifying variation in environments within and across herd. Report prepared for the co-operative research center for high integrity Australian pork. Armidale, University of England: 39 str.
- Lillehammer M., Ødegård J., Meuwissen T.H. 2009. Reducing the bias of estimates of genotype by environment interactions in random regression sire models. *Genetics, Selection, Evolution*: 41, 1: 30–30

- Logar B., Malovrh Š., Kovač M. 2007. Genotype by environment interaction for yield traits in Holstein cattle in Slovenia using reaction norms. Free communication on Animal Genetics V: Book of Abstracts of the 58<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Dublin, 26.–29. avg. 2007. Van der Honing (ed.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers: 57
- Logar B. 2016. Okoljska občutljivost lastnosti mlečnosti pri slovenskih populacijah goveda. Doktorska disertacija. Domžale, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 159 str.
- Malovrh Š., Brandt H., Glodek P., Kovač M. 1999. Genetic correlation for backfat thickness and daily gain measured on boars and gilts raised in different environments. Free communication V: Book of abstracts of the 50<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production., Zurich, 23. –26. avg. 1999. Arendonk J.A.M. (ed.). Wageningen, Wageningen Pers: 35
- Malovrh Š., Kovač M. 2007. Preizkušnja ter odbira mladic in merjascev. V: Selekcija prašičev na kmetijah. Malovrh Š., Kovač M. (ur.). Domžale, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Katedra za etologijo, biometrijo in selekcijo ter prašičerejo: 13–22
- Maricle E. A. 2008. Genotype by environment interaction estimated by using reaction norm. Thesis. Columbia, University of Missouri - Columbia: 49 str.
- Manser C. E. 1992. The assessment of stress in laboratory animals. Horsham, Royal Society of the Prevention of Cruelty to Animals: 208 str.
- Mendez-Buxadera A., Carabaño M. J., Gonzalez-Recio O., Cue R. I., Ugarte E., Alenda R. 2013. Reaction norm of fertility traits adjusted for protein and fat production level across lactations in Hostein Cattle. Journal of Dairy Science: 96: 4653–4666
- Merks J. W. M. 1989. Genotype x environment interaction in pig breeding programmes. VI. Genetic relations between performances in central test, on-farm test and commercial fattening. Livestock Production Science: 22: 325–339

- Milligan B. N., Fraser D., Kramer D. L. 2002. Within –litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights. *Livestock Production Science*: 76: 181–191
- Mormède P., Foury A., Terenina E., Knap P. W. 2011. Breeding for robustness: the role of cortisol. *Animal*: 5, 5: 651–657
- Mulder H. A., Veerkamp R. F., Ducro B. J., Arendonk J. A. M., Bijma P. 2006. Optimization of dairy cattle breeding programs for different environments with genotype by environment interaction. *Journal of Dairy Science*: 89: 1740–1752
- ten Napel J., Cakus M. P. L, Mulder H. A., Veerkamp R.F. 2009. Genetic concepts to improve robustness of dairy cows. V: Breeding for robustness in cattle. Klopčič M., Reents R., Philipsson J., Kuipers A. (eds.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers: 35–53
- Northcutt S. L., Aaron D. K., Thrift F. A. 1990. Influence of specific genotype x environment interaction on preweaning beef cattle traits in the southern region. *Applied Agricultural Research*: 5: 63–69
- Piles M., García M. L., Rafel O., Ramon J., Baselga M. 2009. Genetics of litter size in three maternal lines of rabbits: Repeatability versus multiple-trait model. *Journal of Animal Science*: 84: 2309–2315
- Planinc M., Kovač M., Malovrh Š. 2012. Some factors affecting piglet survival. V: Animal farming and environmental interactions in the Mediterranean region. Casasús I., Rogošic J., Rosati A., Štokovic I., Gabiña D. (eds.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers: 261–266
- Poigner J., Szendrő Z. S., Levai A., Radnai I., Biro-Nemeth E. 2000. Effect of birth weight and litter size on growth and mortality in rabbit. *World Rabbit Science*: 7: 103–109
- Pollott G. E., Greeff J. C. 2004. Genotype x environment interaction and genetics parameters for fecal egg count and production traits of Merino sheep. *Journal of Animal Science*: 82: 280–285

Pravilnik o zaščiti rejnih živali. 2010. Ur. I. RS, št. 51/10

Rashwan A. A., Marai I. F. M. 2000. Mortality in young rabbits: A review. World Rabbit Science: 8, 3: 111–124

Robertson A. 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. Biometrics: 15: 469–485

Roehe, R., Shrestha N. P. , Mekkawy W., Baxter E. M., Knap P. W., Smurthwaite K. M., Jarvis S., Lawrence A. B., Edwards S. A. 2010. Genetic parameters of piglet survival and birth weight from a two-generation crossbreeding experiment under outdoor conditions designed to disentangle direct and maternal effects. Journal of Animal Science: 88: 1276–1285

Rödel H. G., Starkloff A., Seltmann M. W., Prager G., von Holst D. 2009. Cause and prediction of net mortality in a European rabbit population. Mammalian Biology: 74: 189–209

Rommers J. M., Kemp B., Mijerhof R., Noordhuizen J. P. T. M. 2001. The effect of litter size before weaning on subsequent body development, feed intake, and reproductive performance of young rabbit does. Journal of Animal Science: 79: 1973–1982

Rosell J. M. 2005. The suckling rabbits: health, care and survival. A field study in Spain and Portugal during 2003-2004. V: Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Rabbit Production in Hot Climates, Sharm el-Sheik, Egypt, 24.–27. feb. 2005 : 1–9

Rothschild M. F. 1996. Genetics and reproduction in the pig. Animal Reproduction Science: 42: 143–151

Rydhmer L., Lundeheim N., Canario L. 2008. Genetic correlations between gestation length, piglet survival and early growth. Livestock Science, 115: 287–293

Sarkar S. 1999. From the reaktionsnorm to the adaptive norm: the norm of reaction, 1909–1960. Biology and Philosophy: 14, 2: 235–252

SAS Inst. Inc. 2008. The SAS System for Windows, Release 9.2. Cary, NC.

- Schaeffer L. R. 2004. Application of random regression models in animal breeding. *Livestock Production Science*: 86: 35–45
- Schlolaut W. 1980. Trends in the development of rabbit production and related technical problems. *Animal Research and Development*: 1: 110–116
- Shariati M. M., Su G., Madsen P., Sorensen D. 2007. Analysis of milk production traits in early lactation using a reaction norm model with unknown covariates. *Journal of Dairy Science*: 90: 5759–5766
- Shehata A. S., Sarhan M. A., El-Gendy K. M. 1998. Digestibility, thyroid function and growth performance of New Zeland White rabbits as affecte by season of the year and age. *Egyptian Journal of Rabbit Science*: 8, 2: 141–156
- Siard N. 1998. Ocenjevanje stopnje stresa pri prašičih z določanjem koncentracije kortizola v krvni plazmi, urinu in slini. Doktorska disertacija. Domžale, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 109 str.
- Siewerdt F., Cardellino R. A. 1996 Genetic parameters of piglet mortality from birth to 21 days of age in the Landrace breed. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*: 25: 902–909
- Sprott L. R., Selk G. E., Adams D. C. 2001. Review: Factors affecting decisions on when to calve beef females. *The Professional Animal Scientist*: 17: 238–246
- Star L., Ellen E. D., Uitdehaag K., Brom F. W. A. 2008. A plea to implement robustness into a breeding goal: poultry as an example. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*: 21: 109–125
- Steinheim G., Ødegård J., Ådnøy T., Klemetsdal G. 2008. Genotype by environment interaction for lamb weaning weight in two Norwegian sheep breeds. *Journal of Animal Science*: 86: 33–39
- Strandberg E. 2009. The role of environmental sensitivity and plasticity in breeding for robustness: lessons from evolutionary genetics. V: Breeding for robustness in cattle.

- Klopčič M., Reents R., Philipsson J., Kipers A. (eds.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers: 17–34
- Su G., Madsen P., Lund M. S., Sorensen D., Korsgaard I. R., Jensen J. 2006. Bayesian analysis of the linear reaction norm model with unknown covariates. *Journal of Animal Science*: 84: 1651–1657
- Szendrő Z.S., Barna J. 1984. Some factors affecting mortality of suckling and growing rabbits. V: Proceeding of the 3<sup>rd</sup> World Rabbit Congress. Finzi A. (ed.). Rome.  
<https://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2000-Valencia/Papers/Management/M00-Szendro.pdf> (5. Junij 2014)
- Šalehar A., Zelenko G. 2001. Postnatalna rast in pitanje prašičev. *Sodobno kmetijstvo*: 34, 6: 264–268
- Šalehar A., Kastelic M., Dovč P. 1994. Frekvenca gena in vpliv genotipa RYR1 na rast in sestavo telesa prašičev treh pasem. *Sodobno kmetijstvo*, 7–8: 304–306
- Taylor C. S. 1985. Use of genetic size-scaling in evaluation of animal growth. *Journal of Animal Science*: 61, 2: 118–143
- Tess M. W., Jeske K. E., Dillard E. U., Robison O. W. 1984. Sire x environment interaction for growth traits of Hereford cattle. *Journal of Animal Science*: 59: 1467–1476
- Ule I., Malovrh Š., Kovač M. 2015. PiggyBank 3.0: informacijski sistem v prašičereji, Domžale, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Enota za prašičerejo
- Wallenbeck A., Rydhmer L., Lundeheim N. 2009. GxE interaction for growth and carcass leanness: Re-ranking of boars in organic and conventional pig production. *Livestock Science*, 123: 154–160
- Weber R., Keil N. M., Fehr M., Horat R. 2009. Factors affecting piglet mortality in loose farrowing systems on commercial farms. *Livestock Science*: 124: 216–222

Westcott B. 1986. Some methods of analyzing genotype-environment interaction.  
*Heredity*: 56: 243–253

Whittemore C. 1993. The science and practice of pig production. Harlow, Longman  
Scientific and Technical: 661 str.

Whitney J. C., Blackmore D. K., Townsend G. H., Parkin R. J., Hugh-Jones M. E.,  
Crossman P. J., Graham-Marr T., Rowland A. C., Festing M. F. W., Krzysiak D. 1976.  
Rabbit mortality survey. *Laboratory Animals*: 10: 203–207

Wiedmann R. 2009. Pigport 1 2 3. Norderstedt, Books on Demand GmbH: 176 str.

Wolf, J., Žáková, E., Groeneveld, E., 2008. Within-litter variation of birth weight in  
hyperprolific Czech Large White sows and its relation to litter size traits, stillborn  
piglets and losses until weaning. *Livestock Science*, 115: 195–205

Wolfenson D., Flamenbaum I., Berman A. 1988. Hyperthermia and body energy store  
effects on estrous behavior, conception rate, and corpus luteum function in dairy cows.  
*Journal of Dairy Science*: 71: 3497–3504

Zerrouki N., Kadi S.A., Lebas F., Bolet G. 2007. Characterisation of a Kabylian population  
on rabbits in Algeria: birth to weaning growth performance. *World Rabbit Science*: 15:  
111–114

Zwald N. R., Weigel K. A., Fikse W. F., Rekaya R. 2003. Identification of factors that  
cause genotype by environment interaction between herds of Holstein cattle in  
seventeen countries. *Journal of Dairy Science*: 86: 1009–1018

## ZAHVALA

Zahvalila bi se vsem, ki so mi kakorkoli pomagali tako v času študija, kot pri pisanju same naloge.

Iz srca bi se posebej zahvalila družini, ki so bili ob meni tako v lepih kot tudi v manj lepih trenutkih.

## PRILOGE

### Priloga A: Rezultati petlastnostne analize izgub pri kuncih

Izgube	V 1.tednu	V 2.tednu	V 3.tednu	4.+5 tednu	Ods.-65.dan	V 1.tednu	V 2.tednu	V 3.tednu	4. + 5. teden	Ods.-65.dan
<i>Aditivni genetski vpliv</i>										
V 1. tednu	<b>0,35</b> ±0,02	-0,08 ±0,07	-0,30 ±0,14	0,52 ±0,11	0,81 ±0,13	-0,07 ±0,19	-0,61 ±0,19	-0,88 ±0,18	-0,02 ±0,14	-0,69 ±0,14
V 2. tednu		<b>0,03</b> ±0,02	-0,56 ±0,14	-0,24 ±0,13	-0,013 ±0,13	-0,49 ±0,20	0,77 ±0,20	-0,04 ±0,18	-0,01 ±0,14	0,28 ±0,14
V 3. tednu			<b>0,15</b> ±0,01	0,57 ±0,10	0,19 ±0,12	0,55 ±0,20	-0,22 ±0,19	0,27 ±0,18	-0,29 ±0,14	-0,29 ±0,14
4.+5. teden				<b>0,03</b> ±0,01	0,89 ±0,11	0,32 ±0,20	-0,46 ±0,20	-0,51 ±0,18	-0,35 ±0,14	-0,19 ±0,13
Ods.-65.dan					<b>0,26</b> ±0,03	0,29 ±0,20	-0,50 ±0,20	0,19 ±0,18	-0,89 ±0,15	-0,34 ±0,14
<i>Maternalni vpliv</i>										
V 1. tednu						<b>0,06</b> ±0,03	-0,14 ±0,17	0,08 ±0,18	0,53 ±0,15	0,43 ±0,15
V 2. tednu		-0,14					<b>0,13</b> ±0,02	0,57 ±0,16	0,27 ±0,15	0,79 ±0,15
V 3. tednu		-0,03	0,23					<b>0,07</b> ±0,01	0,23 ±0,14	0,73 ±0,15
4.+5. teden		-0,02	-0,00	0,08					<b>0,05</b> ±0,01	0,46 ±0,14
Ods.-65.dan		0,47	0,42	0,42	-0,39					<b>0,10</b> ±0,01
<i>Ostanek</i>										
V 1. tednu	<b>0,61</b> ±0,07	0,06±0,05	0,18±0,06	-0,10±0,06	0,41±0,05					
V 2. tednu		0,74±0,03	0,34±0,05	0,02±0,05	0,56±0,04					
V 3. tednu			0,72±0,05	0,09±0,04	0,54±0,05					
4.+5. teden				0,95±0,02	0,35±0,05					
Ods.-65.dan					0,75±0,07					

## Priloga B: Rezultati štirilastnostne analize izgub pri kuncih

Izgube	V 1.tednu	V 2.tednu	V 3.+4+5 tednu	Ods-65.dan	V 1.tednu	V 2.tednu	V 3.+4+5 tednu	Ods-65.dan
	<i>Aditivni genetski vpliv</i>					<i>Mternalni vpliv</i>		
V 1. tednu	<b>0,35 ±0,02</b>	-0,01 ±0,10	-0,06 ±0,40	0,82 ±0,32	-0,15 ±0,15	-0,58 ±0,44	-0,34 ±0,43	-0,53 ±0,32
V 2. tednu		<b>0,03 ±0,02</b>	-0,54 ±0,42	-0,06 ±0,26	-0,53 ±0,42	-0,80 ±0,30	0,32 ±0,57	0,44 ±0,45
V 3.+4+5 tednu			<b>0,15 ±0,01</b>	0,43 ±0,25	0,68 ±0,48	-0,33 ±0,39	-0,47±0,46	-0,02 ±0,42
Ods-65.dan				<b>0,27 ±0,01</b>	0,25 ±0,20	-0,46 ±0,20	-0,40 ±0,41	-0,24 ±0,38
V 1. tednu					<b>0,06 ±0,03</b>	-0,19 ±0,17	0,28 ±0,37	0,41 ±0,5/
V 2. tednu	-0,13					<b>0,13 ±0,02</b>	0,55 ±0,28	0,80 ±0,15
V 3.+4+5 tednu	0,05	020					<b>0,08 ±0,01</b>	0,77 ±0,14
Ods-65.dan	0,49	0,43	0,57					<b>0,10 ±0,01</b>
<i>Ostanek</i>								
V 1. tednu	<b>0,64±0,10</b>	0,05±0,07	0,06±0,09	0,40±0,08				
V 2. tednu		<b>0,73±0,05</b>	0,26±0,06	0,56±0,06				
V 3.+4+5 tednu			<b>0,87±0,09</b>	0,61±0,06				
Ods-65.dan				<b>0,71±0,11</b>				