

Állatorvostudományi Egyetem

Állatorvostudományi Doktori Iskola

**Küllem- és alkattani vizsgálatok a magyar parlagi  
szamárban, valamint a vemhességi melatoninkoncentráció  
alakulása őshonos szamár- és juhajtában**



PhD értekezés

dr. Harmat Levente  
Budapest

2026

**Témavezető:**

.....  
**Gáspárdy András, D.Sc.**

**habilitált (Dr. Habil), M.Sc., dr. agr. univ., Ph.D.**

tanszékvezető, egyetemi docens

Állatorvostudományi Egyetem, Budapest

Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-tudományi Intézet

Állattenyésztési és Genetikai Tanszék

*témavezető*

*Készült 4 példányban, ez a ..... sz. példány.*

**Doktorjelölt:**

.....  
**dr. Harmat Levente**

tanszéki állatorvos

Állatorvostudományi Egyetem

Tangazdaság

# Tartalomjegyzék

Rövidítések jegyzéke .....	4
<b>1. Összefoglalás</b> .....	6
Summary .....	9
<b>2. Bevezetés</b> .....	11
<b>3. Irodalmi áttekintés</b> .....	12
3.1 A szamár faj és a magyar parlagi szamár helyzete .....	12
3.2 A magyar parlagi szamár fajtastandardjának alapelvei, küllemi és alkattani sajátosságai.....	15
3.3 Az őshonos cigája juh fajta .....	19
3.4 A melatonin.....	21
3.4.1 A melatonin élettani szerepe és jelentősége a háziszamár esetében.....	27
3.4.2 A melatonin szerepe a juhok szaporodásélettanában .....	32
<b>4. Célkitűzések</b> .....	39
<b>5. Saját vizsgálatok</b> .....	40
<b>5.1 Küllem- és alkattani vizsgálatok a magyar parlagi szamárban</b> .....	40
5.1.1 Alkattani vizsgálatok anyag és módszere.....	40
5.1.2 Alkattani vizsgálatok eredményeinek bemutatása .....	44
5.1.3 Alkattani eredmények megbeszélése .....	51
<b>5.2 Vemhességi vérplazma melatoninkoncentráció alakulására vonatkozó vizsgálatok őshonos szamárkancákban</b> .....	54
5.2.1 Szamárkancák vizsgálatának anyag és módszere.....	54
5.2.2 Szamárkancák vizsgálati eredményeinek bemutatása .....	57
5.2.3 Szamárkancák eredményeinek megbeszélése .....	62
<b>5.3 Vemhességi vérplazma melatoninkoncentráció alakulására vonatkozó vizsgálatok őshonos anyajuhokban</b> .....	64
5.3.1 Anyajuhok vizsgálatának anyag és módszere .....	64
5.3.2 Anyajuhok vizsgálati eredményeinek bemutatása .....	68
5.3.3 Anyajuhok eredményeinek megbeszélése .....	74
<b>6. Új tudományos eredmények</b> .....	77
7. Irodalomjegyzék .....	78
8. A doktori értekezés témájában született közlemények.....	95
9. A doktori kutatás témájához nem kapcsolódó tudományos közlemények .....	97
10. Köszönetnyilvánítás.....	98

## Rövidítések jegyzéke

°C	Celsius fok
AANAT	aryl-alkil-amin N-acetil-transzferáz
ADH	Antidiuretic Hormone (antidiuretikus hormon, vazopresszin)
ANOVA	Analysis of Variance (varianciaanalízis)
BW	Body Weight (testsúly)
DAD-IS	Domestic Animal Diversity Information System (Háziállatok Biológiai Sokféleségének Információs Rendszere)
DBCSC	Donkey Body Condition Score Chart (az angliai The Donkey Sanctuary által is használt és javasolt pontozási rendszer)
DNA	Deoxyribonucleic Acid (dezoxiribonukleinsav)
DS	Donkey Sanctuary
E2	ösztadiol hormon
EDTA	Etilén-diamin-tetraecetsav
é.n.	év nélkül – a hivatkozott mű kiadási éve ismeretlen
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezet)
Fmol	femtomol $10^{-15}$ mol
FNS	Fatty Neck Score
FSH	Follikulus-stimuláló hormon
FVM	Földművelésügyi- és Vidékfejlesztési Minisztérium
FVM–KvVM	Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium- Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
GHB	gamma-hydroxybutyrate ( $\gamma$ -hidroxibutirát)
GLM	General Linear Model
GnRH	Gonadotropin-releasing hormone (gonadotropin-felszabadító hormon)
GPCR	G-protein-coupled receptor (G-fehérje-kapcsolt receptor; receptorcsalád)
HFDA	Hungarian Fallow Donkey's Association
HPO	Hipotalamusz–hipofízis–ovárium tengely
HSD	Honestly Significant Difference (Tukey-féle) „őszintén szignifikáns különbség” tesztje
Jet lag	időzónaváltási szindróma
KSH	Központi Statisztikai Hivatal

LH	Luteinizáló hormon
LSM	Least Square Means (legkisebb négyzetek átlaga)
Lux	1 lumen per négyzetméter (1 lx = 1 lm/m <sup>2</sup> )
MOET	Multiple Ovulation Embryo Transfer (többszörös ovuláció és embrióátültetés technika)
mRNS	messenger Ribonucleic Acid (hírvivő RNS; a genetikai információt a DNS-ről a fehérjeszintézis helyére szállító molekula)
MRR	Melatonin Related Receptor (melatoninnal rokon receptor)
MSZE	Magyarországi Szamarényésztők Egyesülete
MT1, MT2	melatoninreceptorok (a melatonin hatásainak közvetítése)
mtDNA	Mitochondrial DNA (mitokondriális DNS)
NE <sub>m</sub> :	Net Energy for Maintenance (nettó energia a fenntartásra)
NO	Nitric Oxide (nitrogén-monoxid; sejtjelel-molekula)
OMICS	” „Omika” módszerek - Az élő szervezetek sejtjeit felépítő molekulák teljeskörű elemzésére alkalmazott nagyteljesítményű technológiák; pl. a teljes genom tanulmányozása a genomika, míg a proteomika egy biológiai mintában lévő fehérjék komplett rendszerét elemzi” (Nébih, é.n.).
P4:	progeszteron hormon
PGF <sub>2α</sub> :	Prostaglandin F <sub>2α</sub> (prostaglandin F2-alfa; luteolitikus prosztoglandin)
PRL	prolaktin hormon
pg/ml	pikogramm (10 <sup>-12</sup> gramm) per milliliter
RIA	radioimmunoassay (radioaktív izotóppal végzett, antitest-alapú mennyiségi analitikai módszer)
ROS	reaktív oxigén gyökök
SCN	suprachiasmaticus nucleus (szuprakiazmatikus mag)
SD	Standard Deviation (szórás)
SEM	Standard Error of Mean (átlag standard hibája)
TNF-α	Tumor Necrosis Factor alpha - proinflammatorikus (gyulladásos) citokin
TRH	Thyrotropin-Releasing Hormone (tirotropin-felszabadító hormon)

# 1. Összefoglalás

Az értekezés az őshonos magyar parlagi szamarakon (*Equus asinus*) és a szintén őshonos cigája juhokon (*Ovis aries*) elvégzett vizsgálataink eredményeit összegzi. A kombinált feldolgozás elsődleges célja a magyar parlagi szamár törzsállományának bővítését elősegítő, küllemteni szempontból értékes kutatási eredmények ismertetése volt. Ennek keretében elemeztük a regisztrált egyedek színváltozatait, néhány főbb testméretét és testméret-indexét, valamint javaslatot tettünk egy új bírálati szempontrendszer bevezetésére.

A vizsgálatok másik fő iránya a két faj őshonos fajtáinak – a magyar parlagi szamár és a cigája juh – vemhességhez kapcsolódó természetes melatonin termelődésének feltárására irányult, különös tekintettel annak cirkadián és cirkannuális szabályozására. A kutatások olyan élettani állapotban valósultak meg, melyeknek bizonyos vonatkozásait elsőként tanulmányoztuk.

Alkattani vizsgálataink során összesen 65 magyar parlagi szamár kanca testméreteit és küllemi tulajdonságait értékeltük az adatfelvételi időszak során, 2020–2021-ben. A felmérések keretében testméreteket, testméret-indexeket, élősúlyt és kondíciót határoztunk meg, továbbá lineáris küllemi bírálatot végeztünk. A statisztikai és küllemi értékelések alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált kancaállomány viszonylag egységes és megfelelő alapot biztosít a rekonstrukciós program számára. Eredményeink felhasználhatók a fajta fajtastandardjának pontosításához és kialakításához. A három fő színváltozat (szürke, barna, fekete) között nem mutatkozott jelentős alkati eltérés, mely tendenciát a tömegességi és testkapacitás-indexek is alátámasztották. Eredményeink szerint a tartási hely szignifikánsan befolyásolta a testméreteket és a testméret-indexeket, ami a gazdaságok eltérő tenyésztési preferenciáit és hasznosítási céljait tükrözi. Kisebb testű szamarakat elsősorban gyermeklovagoltatásra, míg a nagyobb testméretű egyedeket látvány-, vagy hústermelési célokra tartják. Az állomány egészére jellemző a keskeny szegy és a szélesebb medencetájék, amely az ivari dimorfizmusra utalhat. A vizsgált kancák átlagos marmagassága 117 cm volt; testfelépítésük zömök, sekély mellkassal és viszonylag hosszú végtagokkal. A lineáris küllemi bírálat eredményei azt mutatták, hogy a legtöbb tulajdonság a mértani átlag körül alakult, ugyanakkor szélsőséges értékek is előfordultak, amelyek az állományon belüli változatosságot tükrözik. Gyakori hibák közé tartozott a kevésbé izmolt nyak és far, a lapos mar, a meredek lapockaállás, a keskeny mellső paták és a gacsos hátsó lábállás.

Összességében eredményeink megerősítik a lineáris küllemi bírálat alkalmazásának lehetőségét a magyar parlagi szamár tenyésztésében. Javasoljuk jövőbeli alkalmazását, mivel a módszer elősegítheti az alkati hibák és kóros elváltozások korai felismerését, ezáltal hosszú távon hozzájárulhat a fajta genetikai értékeinek megőrzéséhez, valamint gazdasági és ökológiai hasznosításához.

A melatonin multifunkcionális hormon, amelynek szintézise szoros kapcsolatban áll a fény–sötétség ciklussal. Produkciója alapvető szerepet játszik a napi és évszakos biológiai ritmusok szabályozásában, a szaporodási ciklus időzítésében, valamint az antioxidáns védelemben. Termelődése mind az emberi, mind az állati szervezetekben kifejezett szezonális ingadozást mutat.

A háziszamár, a lóhoz (*Equus caballus*) hasonlóan, hosszúnappalos viselkedést mutató faj, szaporodása az endogén cirkannuális ritmus által szabályozott. Nyilvánvaló, hogy az évszakok változása és az ezzel összefüggésben változó nappali megvilágítási idő jelentős hatást gyakorol az endogén ritmus kialakulására. Az endogén ritmus, mint élettani folyamat közvetlen szabályozás alatt áll, amelynek elsődleges mediátora a melatonin hormon, időszakonként változó termelődése révén. A háziszamár vérplazmájában mérhető melatoninkoncentráció meghatározása és annak cirkadián, illetve cirkannuális változásainak feltárása során 15 szamárkancától gyűjtöttünk vérmintát az év különböző időpontjaiban, lefedve a 24 órás napi periódust, különös tekintettel az éjszakai (12 órás időtartamban) szakaszra. A mintavételezés és statisztikai feldolgozás lehetővé tette az éjszakai ritmus meghatározását az év kitüntetett időpontjaira (napfordulók, napéjgyenlőségek) is. A melatoninszintek meghatározására, radioimmunoassay (RIA) módszert alkalmaztunk, az adatok feldolgozása előtt korrekciós számításokkal.

A korrigált vérplazma-melatoninkoncentrációk tartománya 10–50 pg/ml között alakult. Az éjfélkor mért melatoninszint (36,6 pg/ml) szignifikánsan magasabb volt, mint a 06:00 (24,6 pg/ml) és a 18:00 órakor (24,1 pg/ml) mért értékek ( $p < 0,001$ ). A téli napforduló, éjféle melatoninszintje (45,2 pg/ml) bizonyult a legmagasabbnak, jelentősen meghaladva a nyári napforduló és a tavaszi napéjgyenlőség értékeit (34,2 és 30,7 pg/ml), ugyanakkor nem különbözött szignifikánsan az őszi napéjgyenlőség idején meghatározott szinttől (36,3 pg/ml). Mivel a vizsgált állományt a kísérlet alatt istállóban tartottuk, ahol a nappali fényintenzitás nem haladta meg a 100 Lux-ot, lehetőség nyílt a melatoninszintek nappali mérésére is. Ezáltal a cirkadián és cirkannuális ritmusok szűkebb tartományban jelentkeztek; nagyobb természetes megvilágítás mellett valószínűleg szélesebb értéktartományban mutatkoztak volna.

Vizsgálataink megerősítették a faj cirkannuális és cirkadián ritmusának meglétét, a lovaknál megfigyelt melatoninszint-ciklikusság a szamarak esetében is fennáll. Fontos megállapítás, hogy a vemhesség előrehaladtával a vérplazma-melatoninszint nem változott, ami ellentétben áll az emberi megfigyelésekkel.

Eredményeink jelentős mértékben hozzájárulnak a háziszamár vérplazma melatoninkoncentrációjának szezonális alakulásáról eddig rendelkezésre álló, meglehetősen szűk körű adathalmaz bővítéséhez.

A cigája juhokkal végzett vizsgálatban 16 vemhes egyedről vettünk vérmintát az éjszakai órákban, a vemhesség különböző szakaszaiban, majd az ellést követő napokban. A

melatonin szintek kimutatása RIA módszerrel történt, a változások becsléséhez populációgenetikai statisztikai elemzést alkalmaztunk. Meghatároztuk, hogy az adott időszakra jellemző átlagos éjszakai melatonin szint 134 pg/ml volt, amely az őszi napéjegyenlőségtől a téli napfordulóig emelkedést mutatott. Az éjfélre korrigált átlagérték 162,4 pg/ml volt és mérsékelt éjszakai ingadozás volt megfigyelhető. Eredményeink szerint a vemhesség előrehaladtával a melatonin koncentráció nem változik, így megállapítottuk, hogy a vérplazma-melatonin szint és a vemhességi kor között nincs összefüggés a közép-európai cigája anyajuhok esetében, továbbá kimutattuk, hogy az ellést követő korai időszakban a hormon koncentrációja mind az anyajuhokban, mind a bárányaikban egyaránt alacsony szintre (30 pg/ml) csökken, éjszakai ingadozás nélkül. Ez a jelenség magyarázható a méhlepény kiürülésével, az anya–bárány kapcsolatban megfigyelhető fokozott éberséggel, valamint a melatonin és prolaktin ellentétes hatásával.

A kutatások hat önálló, tudományosan releváns eredményt szolgáltatottak, amelyek a magyar parlaji szamarak küllemének részletesebb megismerését és bírálati szempontrendszerének újragondolási lehetőségét teremti meg, továbbá a két állatfaj hormonális ritmusainak eddig nem ismert szezonális és élettani jellemzőit világítják meg.

## Summary

This dissertation summarizes the results of our studies conducted on two indigenous breeds: the Hungarian donkey (*Equus asinus*) and the Tsigai sheep (*Ovis aries*). The primary aim of the combined analyses was to provide conformation-based research findings that contribute to the expansion of the breeding stock of the Hungarian indigenous donkey. To this end, we examined registered individuals regarding to coat colour variations, selected body measurements and body indices, and proposed the introduction of a novel conformation evaluation system. A second major objective was the examination of natural melatonin production associated with pregnancy in both native species, with special emphasis on its circadian and circannual regulation. These studies were conducted under physiological conditions, certain aspects of which had not previously been investigated.

During the conformation studies, we assessed the body measurements and exterior traits of 65 donkey mares across the recording period 2020–2021. Measurements included body dimensions, body indices, live weight, and body condition scores, complemented by linear conformation evaluation. Statistical analyses revealed a relatively homogeneous mare population, providing a solid foundation for the reconstruction program and the refinement of the breed standard. No major conformation differences were observed among the three main coat colour variants (grey, bay, black), and this finding was supported by body mass and capacity indices. The keeping location significantly influenced body size and indices, reflecting farm-specific breeding preferences: smaller donkeys were typically kept for children's riding, while larger ones served exhibition or meat production purposes. The population was generally characterised by a narrow chest and a wider pelvic region, indicative of sexual dimorphism. The average withers height was 117 cm; individuals displayed compact builds with shallow chests and relatively long limbs. Linear conformation evaluation showed that most traits clustered around the geometric mean, but extreme values occurred, indicating intra-population variability. Frequent faults included poorly muscled necks and rumps, flat withers, steep scapulae, narrow front hooves, and cow-hocked hind limbs. We propose the regular implementation of linear conformation scoring in breeding, as it facilitates the early detection of conformation faults and pathological changes, thereby supporting long-term preservation and sustainable utilisation of the breed.

Melatonin, a multifunctional hormone, is closely linked to the light–dark cycle and plays a fundamental role in regulating daily and seasonal biological rhythms, reproductive cycles, and antioxidant defence.

Like the horse (*Equus caballus*), the domestic donkey is a long-day breeder, with reproduction regulated by an endogenous circannual rhythm mediated primarily by melatonin

secretion. To determine the circadian and circannual variation of plasma melatonin, we collected blood samples from 15 donkey mares across different times of the year, covering a full daily cycle (with particular attention to its night half - 12 hours). Radioimmunoassay (RIA) and statistical analyses revealed corrected plasma melatonin concentrations ranging between 10 and 50 pg/ml. Midnight concentrations (36.6 pg/ml) were significantly higher than those measured at 06:00 (24.6 pg/ml) and 18:00 (24.1 pg/ml) ( $p < 0.001$ ). The highest value was estimated at midnight on the winter solstice (45.2 pg/ml), significantly exceeding those at the summer solstice and spring equinox (34.2 and 30.7 pg/ml, respectively), while not differing from the autumn equinox (36.3 pg/ml). Since the animals were housed indoors under light intensity below 100 Lux, daytime melatonin levels could also be measured, resulting in narrower circadian and circannual ranges than would likely occur under natural daylight. Our investigations confirmed the presence of both circannual and circadian rhythms in the species, demonstrating that the melatonin level cyclicity observed in horses is also evident in donkeys. Importantly, plasma melatonin levels remained unchanged throughout pregnancy, in contrast to human findings.

In Tsigai sheep, blood samples were collected from 16 pregnant ewes at different stages of gestation and early postpartum. RIA measurements combined with population genetic statistical methods showed that average nocturnal melatonin concentration was 134 pg/ml, increasing between the autumn equinox and winter solstice. Midnight-adjusted levels averaged 162.4 pg/ml, with moderate nocturnal variation. Concentrations did not change as pregnancy progressed, confirming no correlation between gestational stage and melatonin level. Remarkably, during the early postpartum period, melatonin dropped to similarly low levels (30 pg/ml) in both ewes and lambs without nocturnal fluctuations, likely due to placental clearance, heightened maternal vigilance, and the antagonistic relationship between melatonin and prolactin.

Altogether, these studies yielded six independent, scientifically relevant findings: they provide a more detailed characterisation of Hungarian indigenous donkeys and support the reconsideration of conformation evaluation systems, while also revealing previously unknown seasonal and physiological characteristics of hormonal rhythms in two native livestock species.

## 2. Bevezetés

Világszerte a szamarakkal kapcsolatos statisztikák legtöbbször becsült adatokon alapulnak, általánosságban véve a faj nyilvántartása jellemzően nem kidolgozott, így az alacsony létszámban jelenlévő fajták, a nem megvalósuló, vagy nem megfelelően végrehajtott fajtarekonstrukciós programok következményeként kihalhatnak, átkereszteződhetnek, ezáltal csökkentve a biológiai diverzitást.

A magyar parlagi szamár az egyetlen szamárfajtaként szereplő fajta a védett őshonos mezőgazdasági állatfajták és a veszélyeztetett mezőgazdasági állatfajták körének megállapításáról szóló 4/2007. (I. 18.) FVM-KvVM együttes rendeletben.

Az azonosítási feladatok és a fedeztetési dokumentumok nyilvántartása jelenleg nehézségekbe ütközik, így szükségessé vált a tenyésztési program felülvizsgálata és jelenkori, speciális intézkedéseket tartalmazó, úgynevezett fajtarekonstrukciós program kidolgozása.

Az eddigi tudományos közlésekben nem lelhető fel védett őshonos fajtánkkal, a magyar parlagi szamárral és a hazai állománnyal, valamint az őshonos cigája juhokkal foglalkozó olyan komplex kutatás, ami jelen vizsgálatainkhoz hasonlóan, többirányú tudományos eredményekkel szolgálna és az ezek közötti összefüggéseket keresné.

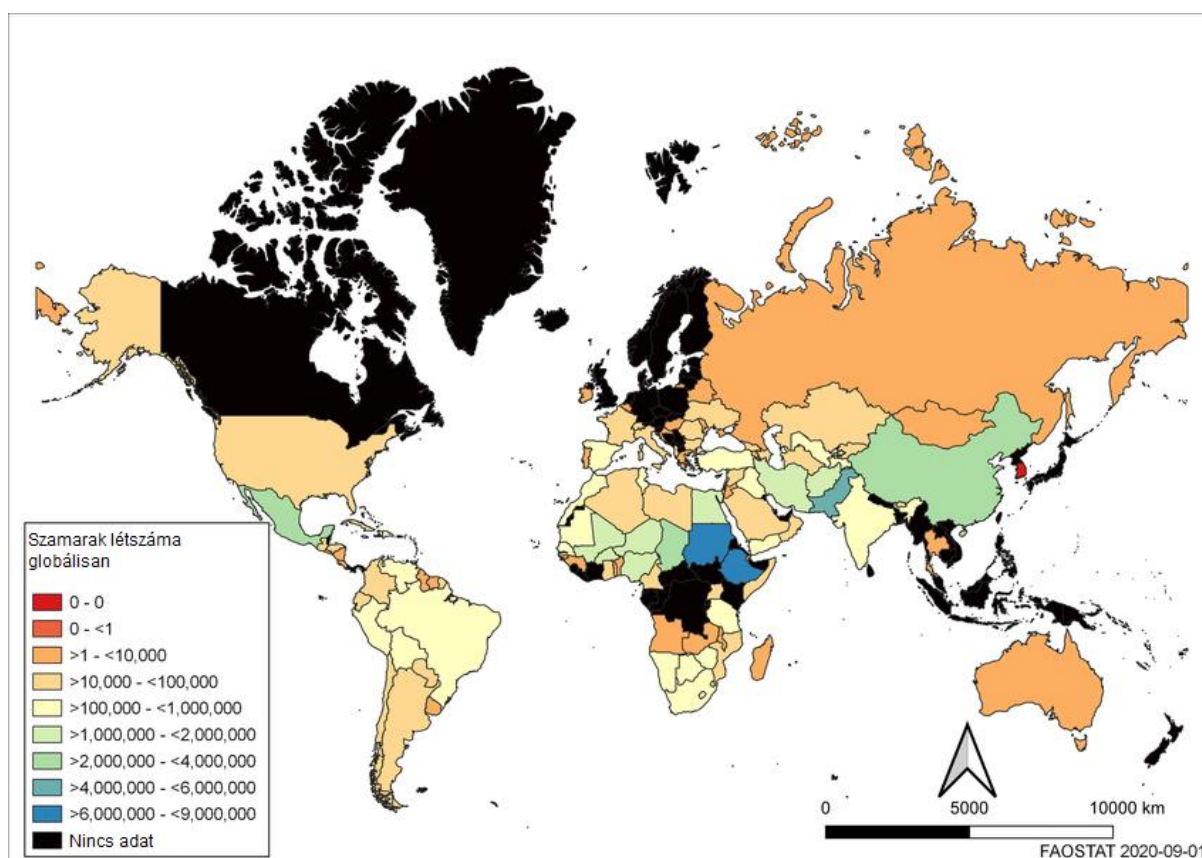
Az alkat- és küllemtani vizsgálatok a fajtafenntartás lehetőségeit segítik, a parlagi szamárállomány helyes tenyésztési koncepciójának kiválasztásához, a minőségi csikóállomány létrehozásához járul hozzá. A küllemi és állományszerkezeti adatokat egyedszinten összegezve kapcsolatokat megállapításokat tehetünk a fajta különböző tulajdonságaira, főtörzskönyvbe felvehető egyedeket találhatunk, segíthetjük a Magyar Szamártenyésztők Egyesületének munkáját, a fajtarekonstrukciós program haladását és lépést tehetünk őshonos fajtánk megmentése érdekében.

A melatonin hormon a szervezet napi és éves élettani ciklusainak szabályozója, melyeket elsősorban a megvilágítás időtartama befolyásol. Szerepe sokrétű az állati és emberi szervezetekben egyaránt. Részt vesz a szaporodási folyamatok irányításában, valamint az immunrendszer és az anyagcsere működésének szabályozásában. Emellett erőteljes antioxidáns hatással rendelkezik, hozzájárul a sejtek oxidatív stresszel szembeni védelméhez, és fontos szerepet játszik a gyulladáshoz kapcsolódó folyamatok modulálásában is. Mindezek miatt a melatonin kutatása kiemelt jelentőségű nemcsak az élettani és ökológiai alkalmazások, hanem a stresszre adott válaszreakciók, a szezonális viselkedésformák, a metabolikus egyensúly fenntartása és az egészségmegőrzés szempontjából is.

## 3. Irodalmi áttekintés

### 3.1 A szamár faj és a magyar parlagi szamár helyzete

A szamár (*Equus asinus*) Afrikából eredeztethető faj, amely kiválóan alkalmazkodik a meleg, száraz éghajlati viszonyokhoz. Ennek köszönhetően a globális klímaváltozás hatásai kevésbé érintik, valamint extenzív tartási körülmények között is jól hasznosítható. A világ szamárállományát a XX. század végén még 41 millió – létszámuk jelenleg növekvő tendenciát mutat – napjainkban már mintegy 51,7 millió egyedre becsülik (Vlaeva és mtsai., 2017; Norris és mtsai., 2021; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023) és döntő többségük a fejlődő országokban található (Meutchieye és mtsai., 2014), ugyanakkor Európában egyedszámuk mára alig több mint félmillió (Camillo és mtsai., 2017). Nyilvántartásuk gyakran nehézségekbe ütközik, illetve számos országban nem áll rendelkezésre hiteles adat a szamárállomány méretéről (1. ábra).

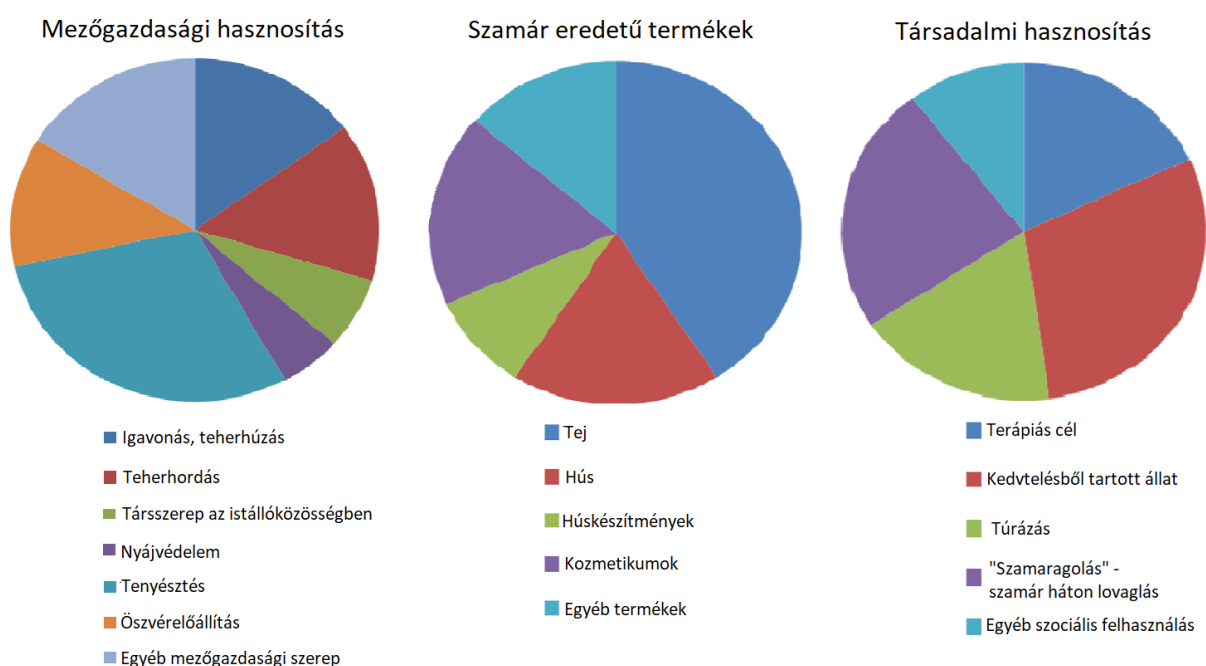


1. ábra: A szamarak eloszlása országonként világszerte a FAO nyilvántartási adatok alapján (Forrás: Norris és mtsai., 2021)

A fejlett országokban a faj tradicionális mezőgazdasági szerepe jelentősen átalakult: míg korábban igavonó, nagy teherbírású, alacsony takarmányigényű állatként alkalmazták, valamint öszvérek előállításához hasznosították, napjainkban gyakran hobbi-, vagy

társállatként tartott fajként jelenik meg Európa középső és északi régióiban (**2. ábra**) (Kost'uková és mtsai., 2015). A hagyományos, munkavégzéshez kötődő hasznosítási módok kontinensünkön napjainkban leginkább Albániára jellemzőek (Papa és Kume, 2012).

A szamár gazdasági hasznosítási irányjai közé sorolható a húsfeldolgozás is, mivel húsa nyenc terméknek számít. Hazánkban több manufaktúra foglalkozik szamárhúsból készült termékek előállításával és egyes vendéglátóhelyek kínálatában is szerepel. A szamárhús jellemzően prémium kategóriába sorolható. Bár a KSH által közölt statisztikai adatok között nem található szamárhúsról vonatkozó információ, 2025-ben a magyar piacon a lédig hús kilogrammonkénti ára, az egyetlen nyilvános árlistával rendelkező hazai termelőnél a bélszín



**2. ábra:** A szamár hasznosítási irányjai és ezek hozzávetőleges megoszlása a hasznosítás jellege szerint csoportosítva Európában (Forrás: Kugler, 2013)

esetében elérte a 16 000 Ft-ot, hátszínél 7200 Ft-ot, míg a comb, lábszár és lapocka ára 7000 Ft körül mozgott (Virágoskút Biogazdaság, 2025). A szamártej szintén különleges, magas piaci értékkel bíró termék: 2024-ben 1 liter pasztörözött szamártej ára elérte a 12-16 eurót (Meena és mtsai., 2024), emellett keresett alapanyaga a kozmetikai iparnak is (Karatosi és mtsai., 2013; Kugler, 2013).

Az ezredforduló óta eltelt időszakban Dél- és Kelet-Európa több országában jelentős állománycsökkenés figyelhető meg, különösen Bulgáriában (Vlaeva és mtsai., 2017), Törökországban (Yilmaz és Wilson, 2013), valamint Montenegróban, ahol a szamárpopulációt már a kipusztulás veszélye fenyegeti (Marković és mtsai., 2017).

Bár a szamár világszerte elterjedt és nagy egyedszáma miatt az elmúlt évezredek során számos különböző fajta alakult ki, a modern tenyésztés sok helyen szervezetlen keretek között zajlik. Az idők során sok helyi kis teljesítményű fajta kiszorult a termelésből, ahogy erről több korábbi kutatás is megemlékezett (Maijala, 1970; Sambreus 2016). Sok populáció esetében nem áll rendelkezésre részletes származási adat vagy nyilvántartás és a kevert génállományú, fajtajegyeket nem viselő egyedek aránya meghaladja a dokumentált, célzott tenyésztési programban részt vevő állatokét (Kost'uková és mtsai., 2012).

A genetikai sokféleség megőrzésére irányuló törekvések egyik jelentős lépése a FAO által működtetett „Domestic Animal Diversity Information System” (DAD-IS) létrehozása, amelynek adatai szerint 1995-ben világszerte 77, 2000-ben 97, míg 2011-re már 189 elismert szármáfajtát tartottak nyilván (Papa és Kume, 2012). A genetikai diverzitás feltérképezésére pedig analízis, valamint mikroszatellita markerek és a mitokondriális D-loop szekvencia vizsgálatára több esetben is vállalkoztak (Ivanković és mtsai., 2002; Ivanković és mtsai., 2022). A háziszamár genetikai erőforrásának omics-feldolgozási lehetőségeiről is készült már összefoglaló publikáció (Khan és mtsai., 2024). Ezek az adatok elősegítik a fajták azonosíthatóságát és alapot biztosítanak a megfelelő genetikai megőrzési és tenyésztési programok kidolgozásához.

Hazánkban a magyar parlagi szamár az egyetlen szármáfajtaként szereplő fajta a védett őshonos mezőgazdasági állatfajta és a veszélyeztetett mezőgazdasági állatfajta körének megállapításáról szóló együttes rendeletben (4/2007. (I. 18.) FVM-KvVM).

Történelmi adatokat felkutatva kiderül, hogy a szamarak közel két évezrede jelen vannak hazánk területén. Egy a jelen évezredünk elején íródott könyv 4 ezres magyarországi állományt említ (Mihók és mtsai., 2001), de a 2007. és 2008. év között készült európai felmérés alapján 2-3 ezres a magyarországi szármárpuláció hozzávetőleges nagysága (Kugler és mtsai., 2008). Napjainkban a FAO adatai alapján Magyarországon 2023-ban mintegy 3100 szamár élhetett (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023).

A „magyar parlagi szamár” megnevezés a Magyar Királyi Állami Ménes mezőhegyesi törzskönyvében került először használatra 1913-ban, amikor a Mezőhegyesen tenyésztett szamarakat nagy testű import állatokkal (martina franca és ragusa olasz fajtákkal) nemesítették (Becze, 1955). Mezőhegyesen 1960-ban felszámolódott a szármárállomány, mint ahogyan a bábolnai és a kisbéri is, a jelenlegi típusba sorolás jószerével csak az alkati tulajdonságok alapján tehető meg, hiszen a földrajzi és genetikai háttérre nem támaszkodhatunk (Mihók és mtsai., 2001). Jelenleg az országszerte szétszórtan tenyésztett, gyakran más haszonállatfajokkal együtt tartott szamarak és a hazánk egyéb területein tenyésztő szamarak utódainak tekinthetjük a mostani populációt, mely a mezőgazdasági

génbankhoz tartozva a hazai géntartalék és a nemzeti örökség részét képezi (Ernst, 2004). A konkrét származási adatokkal nem rendelkező szamarak csoportosításához egyelőre csak típusokat különíthetünk el.

A néhány aktív számartartó és tenyésztő, valamint a magyarországi számartartás helyzetén javítani igyekvő támogatók részvételével 2002-ben létrehozott Magyarországi Szamártenyésztők Egyesülete (MSzE) megalakulása után, 2003-ban a magyar parlagi szamarat külön fajtaként, az MSzE-t pedig fajtatenyésztő egyesületként ismerték el, ezt követően 2004-ben lett államilag elismert számafajta a magyar parlagi szamár, 2005-ben pedig a magyar parlagi szamarat védett őshonos fajtának nyilvánították (MSzE, é. n.).

A következő években az MSzE a fajtaelismeréssel egyidejűleg megkezdte a már meglévő állomány egyedi azonosítását, jelölését, nyilvántartásba vételét és a fajtába illő további egyedek felkutatását, aminek sikerességét a 2008-as a védett őshonos állatfajták genetikai fenntartásának rendjéről szóló rendelet bizonyítja, amelyben a magyar parlagi szamár is szerepel. Az erőfeszítések eredményeit jól mutatja az a tíz éves tendencia is, hogy 2006-ban, a fajtaelismerést követő első felülvizsgálatkor 75 jelölt kancát és 17 jelölt mént tartott nyilván az egyesület, a 2016-os tenyésztőszervezeti felülvizsgálatkor viszont már 101 tenyésztőnél 718 kancát és 36 tenyésztésre használt mént dokumentált (Fajtarekonstrukciós program, 2017). 2017-ben az első fajtarekonstrukciós tenyésztési program létrehozása majd ezt követően 2021-ben és 2023-ban is megtörtént a fajtarekonstrukciós program megújítása, a nyitott nukleuszállomány elfogadása és időszerű módosítása (Fajtarekonstrukciós program, 2021; 2023).

Ennek ellenére a magyar parlagi szamár fajta kritikus helyzetben van, a jelenleg is hatályos a védett őshonos állatfajták genetikai fenntartásának rendjéről szóló kormányrendelet mellékletében rögzített értékek alapján, egyetlen nőivarú és egyetlen hímivarú egyed sem sorolható a főtörzskönyvi részbe, tekintettel arra, hogy a főtörzskönyvbe sorolhatósághoz szükséges ismert származási sorokkal nem rendelkeznek hiánytalanul (188/2019. (VII. 30.) Korm. rendelet).

### 3.2 A magyar parlagi szamár fajtastandardjának alapelvei, küllemi és alkattani sajátosságai

A hazai számarállományon belül jelentős fenotípusos változatosság figyelhető meg, amely lehetővé teszi több, (elsősorban) testméret alapján elkülöníthető típus meghatározását. A különböző típusok esetében egyaránt alapvető elvárás a harmonikus testfelépítés, az egészséges testtájak egymáshoz viszonyított arányos megjelenése, valamint a megfelelő funkcionális alkalmasság. A magyar parlagi szamár fajta genetikai és morfológiai sokszínűségéből fakadóan klasszikus értelemben vett, egységes fajtajellelleggel ritkán

rendelkezik. A jelenlegi tenyésztési koncepció ezt a variabilitást kisebb korlátok között elfogadja, amely lehetőséget teremt a populáció fokozatos nemesítésére, a tenyésztésre szánt egyedek szelektív kiválasztásával és a gyakori hibák kiszűrésével (Fajtarekonstrukciós program, 2023).

A történeti források szerint, például Becze József feljegyzéseiben, a magyarországi állományban az apróbb termetű szürke szamaraktól a nagyobb, robusztusabb testfelépítésű sötét színű egyedekig, széles változatosság volt tapasztalható, a végleges színezet pedig rendszerint az első életév után, a nyári hónapokban alakul ki, azonban a szőrzet hossza és típusa ezt a megítélést sok esetben megnehezíti (Becze, 1955).

A fajtaszabályzat értelmében a magyar parlagi szamár elfogadott alapszínei közé tartozik a barna, fekete, szürke, valamint az albínó forma. Azonban, a magyar parlagi szamár színezete ennél nagyobb változatosságot mutat. Ezt a színbeli sokféleséget Ernst József írja le részletesen, aki a populációban előforduló egyéb változatokat is megemlíti, mint például a nyári fekete, világos szürke, penészszerű, foltos szürke, valamint az egérfakó (Mihók és mtsai., 2001).

A fenti színek valamennyi árnyalata elfogadható, kivéve a tarka színváltozatokat, amelyek kizáró okot jelentenek a törzskönyvi nyilvántartásból, viszont a pigmenthiányos jegyek, például fehér fedőszőrzet, rózsaszín bőr, viaszolt paták vagy csókaszem előfordulása kancák esetében tolerálható, azonban ilyen tulajdonságú mének tenyésztésből való kizárása indokolt (Fajtarekonstrukciós program, 2023). Az alapszínek az idő előrehaladtával, különösen az öregedés során tűzötté válhatnak, amely a szőrszálak fokozatos kivilágosodását eredményezi. A végtagok színezete eltérhet a törzstől: gyakori a világosabb színű láb, de sötét lábvég is előfordul. Az úgynevezett „fecskehas” (a világos hasalj) szintén gyakori megjelenésű jegy (Mihók és mtsai., 2001).

A hátszíj (gerincvonalon futó sötét sáv) és a vállkereszt (**3. ábra**) jelenléte a magyar parlagi szamárállományának meghatározó küllemi sajátosságai közé tartoznak. A szemkörnyéki világos szőrzet („ókula”), valamint az orr és száj világos pigmentációja („rigószáj”) nem kötelező, de elterjedt jegyek.

A lábakon jelentkező zebroid mintázat leggyakrabban szürke színváltozatoknál figyelhető meg, de más alapszíneknél sem kizárt. Fehér szőrjegyek a fej és a lábak területén a fajta szempontjából nem elfogadottak (Becze, 1955).



**3. ábra:** Számos küllemi jegyet magán viselő magyar parlagi szamárférfi egyed Szenna térségében – kutatási helyszín (forrás: saját felvétel, 2021)

Az eszményi magyar parlagi szamár jellegzetességei közé tartozik a száraz fej, kifejező szemek, felálló fülek és szabályos fogazat. A fajtajellegnek megfelelő egyedek nyaka közép magas illesztésű, marmagasságuk jól izmolt, hát- és ágyékvonaluk hosszú, egyenes és feszes. A mellkas közepesen mély, a szügy közepesen széles, a far közepes hosszúságú, jól izmolt, kissé lejtős. A végtagok legyenek egészséges ízületekkel rendelkezők, a paták pedig kemények, szabályos alakúak és jó teherbírásúak. Az ilyen küllemmel rendelkező egyedek alkalmasak mind használati, mind tenyésztési célokra. A testfelépítés általános harmóniája alapvető esztétikai és funkcionális elvárás (Fajtarekonstrukciós program, 2023).

A mozgás bírálatakor az élénk, ütemes, szabályos jármód a kívánatos, különös tekintettel a helyes lábsorrendre. A fajtaszabvány szerint az ideális egyed harmonikus testarányokkal, kifejezett nemi jellegekkel és esztétikus megjelenéssel rendelkezik. A fajtaszabályzat értelmében a kissé durvább vagy finomabb felépítésű, de arányaiban megfelelő egyedek „megfelelő” minősítést kaphatnak, míg az aránytalan, durva vagy túl finom testalkatú, nemi jellegeket nélkülöző egyedeket a tenyésztésből ki kell zárni (Fajtarekonstrukciós program, 2023).

A végtagok alakulásának elbírálása — a lótenyésztés gyakorlatához hasonlóan — az elülső végtagoknál előlről és oldalról, míg a hátsóknál hátulról és oldalról történik. A korrekt lábszerkezet kívánalom, ugyanakkor kisebb eltérések tolerálhatóak. Az ideális

végtagfelépítéshez rövid szárok, száraz és fejlett ízületek társulnak; azonban kissé hosszabb szár és csüd is elfogadható tenyészállatok esetén. A patáknak épnek, erősnek és szabályos formájúnak kell lenniük, a kívánatos végtagállás mind előlnézetből, mind oldalnézetből arányos képet mutat, a megfelelő pataápolás pedig elengedhetetlen feltétele a helyes teherviselésnek és mozgásképnek (Fajtarekonstrukciós program, 2023).

A szamarak küllemi bírálatának fejlődését elősegítő idegennyelvű tudományos közlemények az elmúlt években, különösen a pata- és testtartásbeli sajátosságok objektív értékelésében hoztak jelentős előrelépést.

A pata értékelését befolyásolja a szaru aktuális állapota is, mivel a körmölést megelőző és követő méretkülönbségek mérési torzítást eredményezhetnek, ezért a bírálat során ezt figyelembe kell venni (Mostafa és mtsai., 2020; Schaus és mtsai., 2024). Radiográfias mérések alapján meghatározhatók az egészséges szamarak elülső végtagjaira jellemző referenciaértékek, amelyek hozzájárulnak a szakszerű küllemi bírálatához, valamint elősegítik a fajtastandardhoz való illeszkedést. A pata egészsége, formája és ápoltsága alapvetően befolyásolja az állat mozgásképességét, élettani teljesítményét, használhatóságát és jóllétét (Wacker és mtsai., 2024; El-Shafaey és mtsai., 2018). A geometriai és morfometriai módszerek pedig új lehetőségeket kínálnak a testkondíció objektív meghatározására (Maško és mtsai., 2021). Mivel a szamarak anatómiai sajátosságai több ponton jelentősen eltérnek a lovakétól, küllemi bírálatuk önálló kritériumrendszer igényel (Maško és mtsai., 2022).

A küllemi bírálat tudományos alapokkal való alátámasztása elősegítheti a szamarartenyésztés szakmai színvonalának emelését, valamint hozzájárulhat a genetikai állomány fenntartható fejlesztéséhez.

A hazai szamarállomány egységesítése érdekében sikeresen elindult a magyar parlagi szamar fajtarekonstrukciós programja. Több elemből áll, pl. a fajtastandard szerint a törzskönyv nukleusz részébe felveendő egyedek kiválasztása többek között genetikai kutatás (pl. mikroszatellita diverzitás, mtDNS-alapú leszármazás) (Záborszki, 2005), ill. felépítésük és alkati jellemzőik alapján (Lénárt és mtsai., 2017). A genetikai vizsgálatokhoz sorolható a magyar parlagi szamar molekuláris genetikai nyomkövethetősége is, mely az élelmiszerlánc-biztonság szempontjából elengedhetetlen (Dall'Armellina, 2019).

A nukleuszállományba mindkét nemből csak és kizárólag ismert eredetű (molekuláris származási ellenőrzés) egyedek kerülhetnek, amelyek megfelelnek a fajtastandardnak és kielégítő eredményeket érnek el megjelenés, viselkedés és mozgás tekintetében, komplex bírálat eredményei alapján. A nukleuszállomány létrehozása először a bőszenfai Vadgazdálkodási Tájékoztatópontban kezdődött (Fajtarekonstrukciós program, 2023) (4. ábra).



**4. ábra:** A bőszenfai magyar parlagi szamár nukleuszállomány kisebb csoportja – kutatási helyszín  
(forrás: saját felvétel, 2021)

### 3.3 Az őshonos cigája juh fajta

A cigája juh hazánk egyik legjelentősebb, őshonosnak tekintett juh fajtája, amely történelmileg főképp a Kárpát-medence déli, délkeleti területein terjedt el. Feltételezhető, hogy a fajtát a török hódoltság idején balkáni közvetítéssel honosították meg a magyar területeken (Gáspárdy, 2000).

Az őshonos cigája juh úgynevezett „többeshasznú” közepes testméretű, félig finomgyapjas fajta, amelyet egyaránt értékelnek tejelő-, hústermelő- és gyapjútermelő képessége miatt (Gáspárdy, 2001). A fajtán belül a tenyésztési cél szerint el is különül két változat, az őshonos cigája és a tejelő cigája (Fésüs, 1974), a típusok a hazai állományok biokémiai- és DNS polimorfizmusokra alapozott összehasonlító vizsgálata alapján allélösszetételüket tekintve is eltérést mutatnak (Gáspárdy és mtsai., 2004). Az őshonos cigája megfelelő gyapjútermelésre is, bundája jellegzetesen hosszabb pehelyszálakból áll, mely a merinó típusokénál durvább, ellenben a racka juhokénál finomabb. Színe egységesen fehér, a fej és a lábak pigmentáltak, általában barna vagy fekete, esetenként foltos mintázattal. Mellkasa viszonylag keskeny, dongásság nem jellemző rá (Gáspárdy és mtsai., 2001) (**5. ábra**). A fajta küllemileg és funkcionálisan is jól alkalmazkodik a kontinentális klímához, extenzív tartási körülmények között is eredményesen tartható (Németh és mtsai., 2003).

A cigája juh jelentős szerepet játszik a fenntartható, tájhasználatra épülő állattartási rendszerekben. Jól tűri a gyengébb minőségű legelőket, mozgékony, jó anyai tulajdonságokkal rendelkező fajta, így kedvelt a legeltetési állattartásban. Termelése során mind a tej, mind a

hús gazdaságilag értékesíthető: a tejéből készült juhsajt a Balkánon és hazánk déli területein tradicionális élelmiszer (Kukovics, 2004).



**5. ábra:** Öshonos cigáják, - Állatorvostudományi Egyetem Tangazdaság – kutatási helyszín (forrás: saját felvétel, 2023)

A fajta mérsékelt szezonális ivari ciklussal rendelkezik, jellemzően ősszel mutat fokozott ivarzási aktivitást, ami jól illeszkedik a természetes fényviszonyok által meghatározott melatonin-ritmushoz (Bittman és mtsai., 1983; Rosa és Bryant, 2003). Tehát, a cigája juhok ivari aktivitása alapvetően függ össze a fényperiódus változásaival. Az őszi fénycsökkenés következtében emelkedő melatoninszint serkenti a GnRH-kiválasztást, ezáltal aktiválva az LH és FSH hormonok termelését, melyek kulcsszerepet játszanak a tüszőérésben és az ovulációban (Bittman és mtsai., 1983; Reiter és Sharma, 2021). A juhok általában szezonálisan poliösztroszos ciklust követnek, bár az Ile-de-France fajta esetében egyes állományok hosszabb ivarzási időszakot is mutathatnak a genetikai variabilitásnak köszönhetően (Zarazaga és mtsai., 1998).

A juhok vemhességi ideje átlagosan 147–150 nap, leggyakrabban egy vagy két bárányt ellenek, de megfelelő takarmányozás és tenyésztési menedzsment mellett a többszörös ellés is elérhető (Bartlewski és mtsai., 2011).

Továbbá a fajta genetikai szelekciója során kiemelt szerepet kapnak a szaporodásbiológiai tulajdonságok, mint a termékenység, ellési intervallum és az utódok életképessége (Kárpáti és mtsai., 2023). A korszerű tenyésztési programok a fajta fenntartható fejlesztése érdekében kombinálják a hagyományos szelekciós módszereket és a molekuláris genetikai vizsgálatokat.

A fajta megőrzése nemzetgazdasági és ökológiai szempontból is kiemelt jelentőségű. A cigája szerepel a magyar parlagi szárnál már említett 4/2007. (I.18.) FVM-KvVM rendeletben, amely meghatározza a védett őshonos és veszélyeztetett mezőgazdasági állatfajták körét. A Nemzeti Parki Igazgatóságok, valamint a Magyar Juh- és Kecsketenyésztő Szövetség több programban is dolgozik a fajta génmegőrzésén, populációjának stabilizálásán és piaci lehetőségeinek bővítésén (Kukovics, 2012) (**6.ábra**).



**6. ábra:** Őshonos cigája anyajuhállomány tenyésztésbe vont csoportja, a sötétítési fényprogram kezdetekor, az Állatorvostudományi Egyetem Tangazdaságában – kutatási helyszín (forrás: saját felvétel, 2023)

### 3.4 A melatonin

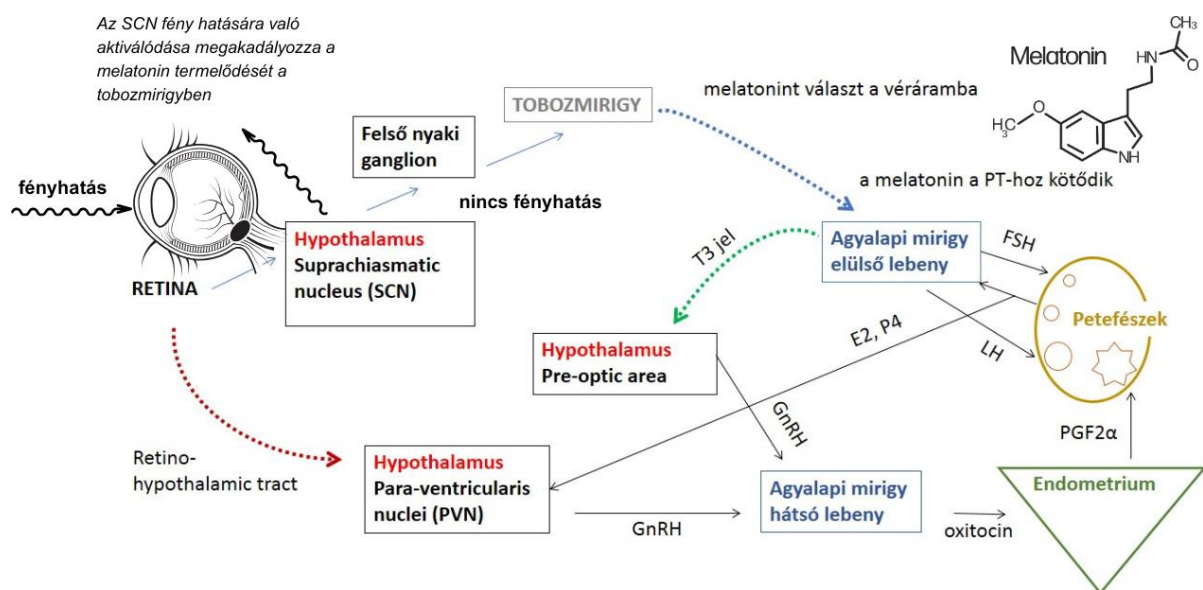
A melatonin a szervezet napi (cirkadián) és éves (cirkannuális) élettani ciklusainak kulcsfontosságú szabályozója emberekben és állatokban egyaránt (Malpoux és mtsai., 2001; Pandi-Perumal és mtsai., 2008). Termelődését a világos órák hossza erőteljesen befolyásolja. Nemcsak a napi és szezonális ritmusok alakulására van hatással (Megha és mtsai., 2024; Pfeffer és mtsai., 2022), hanem a szaporodásbiológiai folyamatok működésére is (Beersma és Gordijn, 2007). Ezen túlmenően a melatonin antioxidáns és immunmoduláló tulajdonságokkal is rendelkezik, valamint részt vesz egyes anyagcsere-folyamatok szabályozásában is (Basini és Grasselli, 2024).

Az 1958-ban először izolált melatonin (N-acetil-5-metoxitriptamin), egy 232 g/mol tömegű indolamin típusú fehérjetermészetű hormon (Lerner és mtsai., 1958), melynek szintetizálódása

részben a hypothalamus közelében elhelyezkedő epifízisben, vagy másnéven tobozmirigyben (*epipysis cerebri / glandula pinealis*) történik. Szövettanát tekintve a tobozmirigy két egységre osztható – pinealocytákból és gliasejtekből – tevődik össze. Méretét tekintve állatfajonként eltérő nagyságú, de a fajokon belül – fajtánként és ivaronként – is előfordulnak eltérések (König és Liebig, 2012). A vérkeringés irányából bejutó noradrenalin a fő szabályozója a melatonin szintézisnek a tobozmirigyben: az éjszakai időszakban felszabaduló noradrenalin  $\beta$ - és  $\alpha_1$ -receptorokon keresztül fokozza az AANAT (aryl-alkil-amin N-acetil-transzferáz) enzim aktivitását, ami a melatonin bioszintézisének kulcsfontosságú lépése (Klein és Weller, 1970). Ugyanakkor számos más klasszikus neurotranszmitter és neuropeptid, például glutamát, acetilkolin, szerotonin és különböző a pinealocyták által tartalmazott peptidok modulálhatják a melatoninintermelést közvetve, például azáltal, hogy befolyásolják a noradrenalin hatását a pinealocytákra (Simonneaux és Ribelayga, 2003). A glutamát például az astrocyták közvetítésével gátolja a melatonin kiválasztását, részben TNF- $\alpha$  serkentésén keresztül (Kus és mtsai., 1994), míg a szerotonin önjáró (autokrin) szabályozóként is szerepel a mirigyben (Ganguly és mtsai., 2002). Összességében tehát a melatonin szintézise nemcsak a noradrenerg jelzéstől függ, hanem a tobozmirigybe bejutó és ott integrálódó többféle neurotranszmissziós és peptid eredetű inger által is szabályozott folyamattól. A tobozmirigy nem áll közvetlen anatómiai kapcsolatban a központi idegrendszerrel, működését elsősorban posztganglionáris szimpatikus idegrostok beidegzése szabályozza (Moore, 1996). Emellett a pinealocyták több hypothalamicus peptidben is gazdagnak bizonyultak, így például GnRH-t, TRH-t, szomatosztatint és neurofizint is tartalmaznak (Reiter, 1991).

A tobozmirigy endokrin működését jelentős mértékben meghatározza a fényintenzitás, illetve a fényhatások, különösen a megvilágítás időtartama, ezért a melatoninintermelés a fotoperiódus változásainak kifejezetten érzékeny jelzője, így a tobozmirigy egyfajta „endokrin transzducerként” is értelmezhető, amely a külső fényinformációt „az endokrinológia nyelvére fordítja” (Rudas és Frenyó, 1995).

A fényinger (**7. ábra**) a retina melanopszin expresszáló ganglionsejtjeiből a *nervus opticus* (látóideg) révén jut el a *nucleus suprachiasmaticus*-hoz (SCN) a retinohipotalamikus pályán keresztül. Innen a jel szimpatikus, noradrenerg idegrostok útján, a felső nyaki ganglionon (*ganglion cervicale craniale*) áthaladva éri el a tobozmirigyét (*glandula pinealis*), ahol a melatonin szintézise elsődlegesen történik (Borjigin és mtsai., 2012). A fény jelenléte a retinán keresztül gátolja a tobozmirigy melatoninintermelését, miközben elősegíti a szerotonin aktivitását, fényhiányban viszont a szerotoninból kiindulva – N-acetilációs és metilézési lépések révén – melatonin szintetizálódik, így a két hormon termelődése szorosan összekapcsolódik a cirkadián ritmus szabályozásában (Lieblich, 2010).



**7. ábra:** A melatonin termelődése és a hormonháztartásra gyakorolt szabályozó hatásai (Bartha és mtsai., 2021 nyomán)

A fényinger gátolja a hormon termelődését és kiválasztását, ezért a melatonin legmagasabb koncentrációja sötétségben, természetes körülmények között, az éjszakai órákban éri el a legmagasabb szintet elősegítve az alváskezdeményezést és a mély alvási fázis fenntartását, ezáltal a cirkadián ritmus szabályozásán keresztül alapvetően befolyásolja az alvás–ébrenlét ciklust (Zhdanova és mtsai., 1997). Humán klinikai vizsgálatok igazolták, hogy az exogén melatonin-kiegészítés javíthatja az elalvás idejét és az alvás minőségét, különösen alvászavarokkal küzdő vagy melatoninszintjükben eltérést mutató egyének esetében (Ferracioli-Oda és mtsai., 2013). A melatonin alkalmazása hatékonyan bizonyult cirkadián ritmus zavarok (pl. késleltetett alvásfázis szindróma), inszomnia, valamint „jet lag” (időzónaváltási szindróma) kezelésében is (Sack és mtsai., 2007). A hormon alvásra gyakorolt hatása elsősorban az MT1 és MT2 receptorokon keresztül érvényesül, amelyek az agy alvásért felelős központjaiban, többek között a *nucleus suprachiasmaticus*-ban helyezkednek el (Dubocovich és Markowska, 2005). Ezek alapján a melatonin tehát nemcsak az alvás kezdetét segíti elő, hanem a belső biológiai óra szinkronizálásán keresztül hosszú távon is fenntartja az alvásritmus egyensúlyát.

Az epifízis által a neuroendokrin rendszerben termelt melatonin modulálja az agyalapi mirigy működését és befolyásolja többek között a prolaktin, az oxytocin és a vazopresszin elválasztását, mivel a hormon hidrofil és lipofil molekularészekkel is rendelkezik, így könnyen átmegy a vér-agy gáton és a placentán, emellett fontos szerepe van a szexuális érés szabályozásában és serkenti a hipotalamusz–hipofízis–ovárium (HPO) tengely működését (Talpur és mtsai., 2018). A vérplazmában a melatonin nagyjából 60–70 %-a szérumalbuminhoz

kötött formában található, amely stabilizálja a hormont, míg a fennmaradó 30–40 % szabad melatonin képes a központi idegrendszeri, valamint a perifériás szövetek sejtjeinek felszínén elhelyezkedő receptorokon keresztül hatni és klinikai bioaktivitást kifejteni (Pandi-Perumal és mtsai., 2006).

A melatoninreceptorok a G-fehérje-kapcsolt receptorcsaládba soroltak (G-protein-coupled Receptors, GPCR). Csoportjuk három, melatoninkötésre képes altípust foglal magában, továbbá ide sorolható egy melatoninnal rokon receptor is (Melatonin Related Receptor, MRR), amely jelentős mértékű szekvenciaazonosságot mutat (>40%) a három altípussal, ugyanakkor a melatonint nem képes megkötni (Barrett és mtsai., 2003; Dubocovich és mtsai., 2003). A melatonin közreműködésével zajló élettani folyamatokban legalább két, nagy affinitású G-fehérje-kapcsolt receptor, az emlősökben legjellemzőbb MT1 és MT2 receptorok aktivációja szükséges. Az MT1 receptorok hatásai kiterjednek többek között a neurális válaszok modulálására, befolyásolják az artériás érszűkületet, kapcsolatba hozhatók a daganatos sejtek proliferációjával, valamint meghatározó szerepet töltenek be a reprodukciós hormonális folyamatok szabályozásában; emellett működésük a metabolikus funkciókra is kihat. Ezzel szemben az MT2 receptorok elsődleges feladata a neurális válaszok és a cirkadián ritmus összehangolása az SCN területén, továbbá gátolják a dopamin felszabadulását a retinában, értágulatot idézhetnek elő, és gyulladásszerű folyamatok során elősegíthetik a leukociták kitapadását az endothélhez, támogatva az immunválasz kialakulását (Dubocovich és Markowska, 2005). Emlősökben a melatoninreceptorok expressziója a legnagyobb sűrűséget a *pars tuberalis* területén mutatja, amely az agyalapi mirigy egy olyan anatómiai régiója, amely a hypothalamus és a *pars distalis* között helyezkedik el. Juhban ezen a területen hozzávetőlegesen 100 fmol/mg fehérje receptorsűrűséget írtak le (Morgan és mtsai., 1989). A melatoninreceptorok genetikai változatosságára utal, hogy több fajban is polimorfizmusokat azonosítottak (Barrett és mtsai., 1997; Carcangiu és mtsai., 2009), amelyek bizonyos élettani és kórélettani jelenségekkel kapcsolatba hozhatók: emberben például alvászavarok előfordulásával, míg juhokban a szaporodás szezonálisával mutattak összefüggést (Ebisawa és mtsai., 1999; Chemineau és mtsai., 1988).

Hosszú nappalos fajokban (például lóban és hörcsögben) a fényhiány hatására fokozódó melatoninintermelés gátolja a hypothalamicus GnRH felszabadulását, és ennek következtében csökken, illetve elmarad a hypophysealis FSH- és LH-elválasztás. Ezzel szemben rövidnappalos állatoknál (például juhban és kecskében) a melatonin hatásmechanizmusa ellentétes irányú, vagyis a rövidülő nappalokhoz társuló melatoninjel a reprodukív hormonális aktivitás fokozódásával jár (Malpoux és mtsai., 1997). Azt is leírták, hogy a juh esetében a melatonin intracerebrális adagolása előre hozza ivari ciklus kifejeződését (Kárpáti és mtsai., 2021b), ugyanakkor lóban az ivari ciklus manifesztálódását gátolja a melatonin (Arendt, 1998).

Ennek tükrében kijelenthetjük, hogy a melatonin alapvetően meghatározza a szezonálisan ivarzó állatok ivari tevékenységét. A fajonként eltérő hatásért feltehetően a receptorok elhelyezkedésében és számában lévő különbségek a felelősek (Rudas és Frenyó, 1995). Az emlős magzatok számára a melatonin időzítő jelként működik: periodikus mintázatot közvetít, amelynek révén a fejlődő szervezet képes érzékelni az aktuális évszakot, és feltehetően a nappal–éjszaka váltakozásáról is információt kap. Emellett valószínű, hogy a hormon a kialakuló cirkadián ritmus szabályozásának idegi „beállításában” is szerepet játszik (Davis, 1997). Az embrionális és magzati fejlődés alatt a melatonin a felnőttkori működéséhez képest feltehetően összetettebb és részben eltérő feladatokat lát el, amit az is alátámaszt, hogy ebben az életszakaszban a melatonin kötőhelyek sűrűsége és affinitása magasabb (Morgan és mtsai., 1994). Emlősök esetében a méhen belüli fejlődés során megfigyelhető melatoninhatások döntően az anyai eredetű hormon jelenlétével magyarázhatók, mivel a vemhesség alatt a melatonin termelődése kifejezett napi ritmicitást mutat (Kivelá, 1991). Az állatfajok közötti különbségek elősegítik, hogy az utód nem mesterséges körülmények között tartva olyan ideális időpontban jöjjön világra, mely a környezeti hőmérséklet és a természetes táplálékforrások ellátottsága szempontjából lehetőleg optimális (Ortavant és mtsai., 1985; Malpoux és mtsai., 2001; Chemineau és mtsai., 2008).

Az anösztruszos (nem ivarzó) időszakban alacsony a hipotalamikus gonadotropin-felszabadító hormon (GnRH), valamint az agyalapi mirigyben termelődő luteinizáló hormon (LH) (Hart és mtsai., 1984) szintje. A melatonin jelenléte kulcsfontosságú ennek a szaporodási szempontból nyugalmi állapotnak a fenntartásához. A szaporodási időszak kezdete késleltethető az epifízis eltávolításával (Grubaugh és mtsai., 1982; Bittman és mtsai., 1983) vagy annak szimpatikus beidegzésének megszakításával (Sharp és mtsai., 1979).

Bár a hormon szintézise elsődlegesen az epifízishez köthető, extrapineális (azaz tobozmirigyen kívüli) formában is nagyobb mennyiségben megtalálható a szervezet különböző szerveiben, többek között a gyomor-bél traktusban (Bubenik, 2002), a májban (Sato és mtsai., 2020), a vesében, a szívben, a csecsemőmirigyben (Sanchez-Hidalgo és mtsai., 2009), a mellékvesében (Campino és mtsai., 2011), az agyban (Jimenez-Jorge és mtsai., 2007), a gonádokban, a placentában, a méhben (Reiter és mtsai., 2009), valamint a vérlemezékben, fehérvérsejtekben és más immunsejtekben (Kvetnoy, 1999), csontvelőben, továbbá a bőrben és a légúti hámsejtekben (Hardeland, 2017).

Az eukarióta sejtek mitokondriumában szintetizálódó melatonin egyedülálló védelmet nyújt, antioxidáns hatása révén az oxidatív károsodással szemben és jelentős szerepet játszik a sejtek fiziológiás működésének, azaz a sejt szintű homeosztázis fenntartásában (Bonfont-Rousselot és Collin, 2010). A melatonin antioxidáns hatásának mértéke szorosan kapcsolódik

egyrészt a szabadgyökök semlegesítésére irányuló megkötő képességéhez (Galano és mtsai., 2011), másrészt a mitokondriális károsodások mérsékléséhez (García és mtsai., 2014; Zhang és Zhang, 2014), továbbá az antioxidáns enzimek génexpressziójának fokozásához (Rodríguez és mtsai., 2004). Emellett jelentős immunmoduláló szerepet is tulajdonítanak neki, és több adat utal arra, hogy a sejtmembránok stabilizálásával hozzájárul az oxidatív eredetű károsodások megelőzéséhez (Kurutas, 2016).

A perinatális időszakra vonatkozólag, a szérum melatonin ellés körüli szintjéről nem, vagy csekély mértékben állnak rendelkezésre adatok háziállatokkal kapcsolatosan, így humán kutatások eredményeit foglalom össze a következőkben.

A melatonin cirkadián szekréción ritmusa fontos szerepet tölt be a magzat fenntartásában és gyulladáscsökkentő hatással is bír. Emberi vizsgálatok alapján a melatonin részt vesz a beágyazódásban, a placenta fejlődésében, valamint annak neuro-immuno-endokrin szabályozásában, melyek célja a magzati életfontosságú rendszerek megfelelő kifejlődése. A melatonin szabályozza az apoptózist, így fenntartja a cyto- és syncytiotrophoblast sejtek egyensúlyát, ezáltal a placenta homeosztázisát (Reiter és mtsai., 2013). A placenta által termelt melatonin az amnionfolyadékba kerül, ahol antioxidáns, gyulladáscsökkentő és fájdalomcsillapító hatást fejt ki (Tarocco és mtsai., 2019; Wilhelmsen és mtsai., 2011). Emberekben a vérplazma melatoninszintje a várandósság során, különösen a 24. héttől emelkedik és a legmagasabb koncentrációt a vajúrást megelőzően éri el (Kivelá, 1991; Ejaz és mtsai., 2021).

Kimutatták, hogy a melatonin az MT2 receptorokon keresztül, a protein-kináz C jelátviteli útvonal befolyásolásával fokozza az oxitocin által kiváltott méhösszehúzóerőket (Ejaz és mtsai., 2021). Emellett a hormon növeli a myometrium sejtjeinek oxitocinérzékenységét, valamint parakrin hatásán keresztül elősegíti a simaizomsejtek összehangolt, egyidejű megrövidülését (Olcese, 2020). A melatonin továbbá a GHB ( $\gamma$ -hidroxibutirát), valamint az MT1, MT2 és  $\mu$ -opioid receptorok közvetítésével szorongásoldó és fájdalomcsillapító hatást is kifejthet (Marseglia és mtsai., 2015).

A méhen belüli melatonin receptor expressziója az oxitocin koncentrációváltozással egyenértékű, ezért emberben az éjszaka folyamán megnövekedett melatonin szint hozzájárul a vajúrást és szülést normál lefolyásához (Cagnacci és mtsai., 1998). Vemhes és nem vemhes rágcsálók méhében egyaránt kimutatták a cirkadián génexpressziót, ami megerősíti, hogy a melatonin cirkadián jelként szerepet játszik a fialás beindításában (Olcese, 2012), ami többnyire késő este vagy kora reggel indul meg, amikor a melatonin szintje emelkedett (Cagnacci és mtsai., 1998).

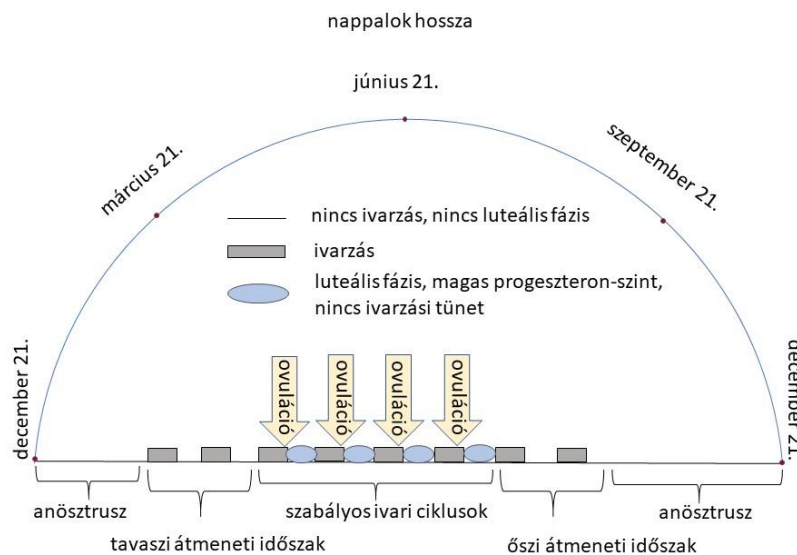
### 3.4.1 A melatonin élettani szerepe és jelentősége a háziszamár esetében

A háziszamár (*Equus asinus*) hosszúnappalos, szezonálisan poliösztroszos faj, amelynek szaporodása endogén cirkannuális ritmusokhoz kötődik, mely tulajdonságában hasonlóságot mutat a taxonómiailag azonos rendbe (Páratlanujjú patások – *Perissodactyla*) és azon belül a Lófélék (*Equidae*) családjába tartozó lóval (*Equus caballus*) (Miragaya és mtsai., 2018).

A fő évszakos változások, különösen a tél és nyár közötti átmenet, jelentős hatást gyakorolnak a szaporodási ritmus kialakulására, tenyészidőszaka márciustól májusig tart, melynek kialakulását a nappalok hosszának növekedése, a hőmérséklet emelkedése, valamint a takarmány energiaértéke egyaránt befolyásolja (Taberner és mtsai., 2008), de az Egyenlítő táján akár egész évben aktív ciklusok figyelhetők meg (Segabinazzi és mtsai., 2023).

A samár fő szaporodásbiológiai jellegzetességei hasonlóak a lóéhoz, de a samárkanca sárlási (ösztrosz) idejének hossza (10-14 nap), mind a vemhességi ideje (365-395 nap) is hosszabb, mint a kancáké (Miragaya és mtsai., 2018). Megfigyelték, hogy vemhességi idő hosszát befolyásolhatja a termékenyülés időpontja, a tenyészszezonon belül a korai tenyészidőszakban megtermékenyített egyedekben hosszabb vemhességet észleltek (Galisteo és Pérez-Marín, 2010). A spontán ovuláció jellemzően a sárlás 2–4. napján következik be, és az ellést követően már a 9–11. napon megfigyelhető az első ivarzás, az úgynevezett csikósárlás. Ennek kihasználása szoptatás mellett ugyanakkor a csikó hasmenésének kockázatával járhat (Fielding, 1988). A vemhesítés szempontjából viszont a csikósárlás fedeztetési célú alkalmazása kedvező lehet, különösen akkor, ha rövid két ellés közötti intervallum fenntartása a cél (Carluccio és mtsai., 2017). A fedeztetések időszaka leggyakrabban március és május közé esik. A nem megfelelő takarmányozás, illetve a hiányos szaporodásbiológiai menedzsment (például a késői vemhesítés és a hosszú, megközelítőleg egyéves vemhességi idő) azt eredményezheti, hogy a csikózási időszak áthúzódik a tenyészszezonra, ami a gyakorlatban gyakran egy teljes tenyészév kieséséhez vezethet (Deng és mtsai., 2020). Az öszvér vemhességére vonatkozóan ugyan rendelkezésre állnak történeti feljegyzések és elszórt esetleírások, genetikai okok miatt (a szülőfajok eltérő kromoszómaszámából adódóan) mind a lóöszvér, mind a samáröszvér jellemzően terméketlen. Mindazonáltal az öszvérek melatoninintermelésében is kimutatható szezonális jelleg: a vérben mért melatoninkoncentrációk ősszel magasabbak, mint tavasszal (Cozzi és mtsai., 1991). Ugyanakkor az a megfigyelés, hogy tavasszal is magas maradhat a melatoninszint, arra utal, hogy a tobozmirigy melatoninintermelése és a fényviszonyok közötti kapcsolat valószínűleg szorosabb és evolúciósan korábbi eredetű, mint a hormon szaporodással összefüggő szerepe.

A szezonálisan ivarzó állatfajok esetében a fotoperiódus-érzékenység kulcsszerepet játszik az élettani folyamatok szezonális szabályozásában. A hosszúnappalos fajoknál a nappali megvilágítás időtartamának növekedése nemcsak az ovuláció megindulását és a szaporodási ciklus aktiválódását segíti elő, hanem hatással van a téli szőrzet vedlésének időzítésére, valamint az ellés bekövetkeztének szezonális eloszlására is (Murphy, 2019; Kunii és mtsai., 2015). A növekvő nappalok kedvezően befolyásolják a kancák szaporodási ciklusának újraindulását, míg a rövid nappali megvilágítás gátolja a hipotalamusz–hipofízis–gonád (HPO) tengely aktivitását. Az ivari inaktivitás időszakában a hipotalamusz által termelt gonadotropin-felszabadító hormon (GnRH) (Sharp és Grubaugh, 1987), valamint az agyalapi mirigyben szintetizálódó luteinizáló hormon (LH) (Hart és mtsai., 1984) szintje alacsony marad. A melatonin fokozott termelődése ebben az időszakban fontos szerepet játszik az anösztrozus fenntartásában (8. ábra).



**8. ábra:** A kancák szaporodási ciklusát a fotoperiódus szabályozza: a nappalok hosszabbodása elősegíti, míg a rövid nappalok a HPO tengelyen keresztül gátolják a reprodukív aktivitást (Forrás: Bartha és mtsai., 2021)

A tavaszi időszakban a nappali világosság időtartamának fokozatos növekedése közvetve csökkenti a melatonin szintézisét, amelynek következtében újraaktiválódik a HPO tengely és megkezdődhet a szaporodási ciklus (Nagy és mtsai., 2000; Murphy, 2019).

A tobozmirigy sebészi eltávolítása (Grubaugh, 1982), vagy annak szimpatikus beidegzésének megszüntetése (Roche és mtsai., 1970) a melatoninszekréció ritmusának megzavarásával a tenyésztési időszak kezdetének eltolódását eredményezi (Kilmer és mtsai., 1982).

A méhen belüli fejlődés során a magzat hormonális szabályozása kezdetben teljes mértékben az anyai szervezet kontrollja alatt áll. A magzati környezetet befolyásolja a kanca

testhőmérséklete, valamint azok a hormonok, amelyek a placentán keresztül képesek átjutni a magzati keringésbe. Irodalmi adatok igazolják, hogy egyes prolaktin- és növekedési hormon (GH) családba tartozó fehérjék transzplacentárisan is elérhetik az emlős magzatot és ott biológiai hatást fejthetnek ki (O'Brien és mtsai., 2020).

A nappali megvilágítás időtartamának tavaszi fokozatos növekedése jelentősen csökkenti a melatonin szekrécióját, amely egyúttal a kék hullámhosszú fény intenzitásának növekedésével együtt stimulálja a prolaktin elválasztását, ezáltal fokozva a keringésben mért koncentrációját lóban (O'Brien és mtsai., 2020).

A szezonális és nemi különbségeket vizsgálva lovaknál megállapították, hogy a kancák és mének szérum-melatonin szintje júniusban (15 óra világos / 9 óra sötét) szignifikánsan alacsonyabb volt (23,52 és 17,22 pg/ml), mint decemberben (9 óra világos / 15 óra sötét), amikor a koncentrációk 42,41 és 37,68 pg/ml értéket mutattak (Altinsaath és mtsai., 2009). A kancák éjszakai szérum-melatonin szintje általában 10 és 20 pg/ml közötti tartományban mozog, noha bizonyos esetekben ennél magasabb, akár 50 pg/ml -t is meghaladó értékek is mérhetők (Rapacz és mtsai., 2010; Guerin, 1995; Haritou és mtsai., 2008). Ugyanakkor a kancák mind a tenyész-, mind a nem-tenyészidőszakban magasabb melatoninkoncentrációval rendelkeztek, mint a mének, ami szintén az ivari különbségek szezonális hormonális szabályozásban betöltött szerepére utal (Altinsaath és mtsai., 2009).

Megfigyelték, hogy a melatonin éjszakai csúcserkének időzítése szoros kapcsolatban áll a nappalok hosszával – minél hosszabb a nappali megvilágítás, annál később következik be a szekréciós csúcs (Rapacz és mtsai., 2010) –, egy másik kutatásban nem találtak szignifikáns különbséget a sárló kancák folliculáris (24,66±2,47 pg/ml) és luteális (23,28±1,96 pg/ml) fázisa közötti melatonin szintben ( $p > 0,05$ ) (Altinsaath és mtsai., 2009).

Természetes fényviszonyok mellett tartott pónik esetében végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a kancáknál az ellést követő 1–11. hét során időbeli változások figyelhetők meg a melatonin szintekben, míg a csikók esetében a 7–11. hetes életkorig a szérum-melatoninkoncentráció stabilnak bizonyult (Kilmer és mtsai., 1982).

A cirkadián ritmust és földrajzi elhelyezkedés hatását figyelembe véve több vizsgálat is megerősítette, hogy a ló vérplazmájának melatonin szintje természetes környezetben 24 órás ciklikusságot mutat (Guerin és mtsai., 1995; Piccione és mtsai., 2013). Ez a mintázat a nappali világosság és éjszakai sötétség váltakozásához igazodik. Murphy és munkatársai ugyanakkor megállapították, hogy 24 órás sötétség alatt, kétóránként vett minták alapján, nem volt számottevő eltérés a szérum-melatonin szintben, ami arra utal, hogy ebben a fajban a melatonin önmagában nem elegendő a cirkadián folyamatok szabályozásához, ezzel szemben a kortizolszint ciklikussága folyamatos sötétség mellett is fennmaradt, ami tovább

erősíti azt a feltételezést, hogy a melatoninszekréció főként a környezeti fényhez igazodik, nem pedig endogén mechanizmushoz (Murphy és mtsai., 2011).

A melatonin ritmusának a napi ciklushoz való illeszkedése szorosabb, amikor az állat a szaporodási időszakhoz közeledik (Rapacz és mtsai., 2010).

További kutatások alapján, amelyek a melatonin plazmaszintjét, testhőmérsékletet és nátriumszintet mérték világos–sötét váltakozás során, mindhárom paraméter esetében cirkadián ritmicitás volt kimutatható, a testhőmérséklet és nátriumszint ritmikája a sötét periódus alatt is állandó maradt, míg a melatoninszint változása jelentős volt, megerősítve, hogy a ló melatonintermelése elsősorban a fényhatásokhoz igazodik (Piccione és mtsai., 2013).

Egy a földrajzi elhelyezkedést vizsgáló az Egyesült Államok Missori államában végzett tanulmány szerint kizárólag júniusban volt kimutatható éjszakai melatoninszint emelkedés szintén lovak esetében az év során (Diekman és mtsai., 2002).

#### **3.4.1.1 Szamarakhoz és öszvérekhez mért faji hatás vizsgálatok**

Faji különbségeket vizsgálva az öszvérek és szamárkancák esetében is végeztek méréseket, előbbieket esetében magasabb, átlagosan 169 pg/ml-es melatoninszinteket találtak, mely összhangban volt más korábbi eredményekkel (Cozzi és mtsai., 1991). A szamárkancák éjszakai melatoninszintje átlagosan 90 pg/ml volt (Guillaume és mtsai., 2006). Ezen eredmények azt jelzik, hogy a szamarak és öszvérek esetében az átlagos melatoninszintek magasabbak, mint a lovaknál. Ezzel ellentétben, a fedezési időszakban (március–június) gyűjtött hímivarú szamarak és lovak ondóplazmájában közel azonos és egyaránt alacsony melatoninszinteket mértek (2,82 és 2,48 pg/ml) (Gonzalez-Arto és mtsai., 2016).

Brazíliában Messias és munkatársai reggeli fejésből származó samártej mintáiban 4–5 pg/ml közötti melatoninkoncentrációt mutattak ki, a magas laktóz-, fehérje- és aminosav-tartalom, valamint a kedvező zsírsavprofil a tej tápértékét erősíti, ezek alapján emberi fogyasztásra is javasolják (Messias és mtsai., 2022).

A ló és a szamár közötti különbségek genetikai eredetű faji eltérésre utalnak és az öszvérek esetében akár a heterózis hatás jelensége is feltételezhető (Wakchaure és mtsai., 2015). A mintákon belül megfigyelt jelentős egyedi eltérések a genetikai háttér különbségeire vezethetők vissza, így feltételezhető, hogy a lovak között is található kisebb arányban olyan egyed, vagy populáció melyek genetikailag magas melatonintermelésre képesek, mivel a melatonintermelést egy nagyhatású génhely szabályozza, amelynek nagy hatású additív alléljai befolyásolják a hormon szintjét (Wetterberg és mtsai., 1983).

### **3.4.1.2 A mesterséges beavatkozások hatásai a melatoninintermelésre és a mesterségesen alkalmazott melatonin hatásai**

#### **3.4.1.2.1 Exogén melatonin vagy melatonin-implantátum:**

Afrikai teherhordással járó terheléses vizsgálatok során exogén melatonin adása kiegyensúlyozta az ezzel járó stressz hatására fellépő szív- és légzésritmus-ingadozást és csökkentette az oxidatív stressz jeleit és a terhelés viselkedésre gyakorolt hatását, emellett a melatoninnal kezelt szamarokban a hőstresszhez kapcsolódó testhőmérséklet-emelkedés mérséklődött, valamint megőrizték jobb fiziológiai homeosztázisukat a kísérleti időszak alatt (Ake és mtsai., 2023; Ake és mtsai., 2024). Hasonló körülmények között végzett - fizikai megterhelést modellező - kísérlet során nem csökkentek jelentősen a vizsgált vérparaméterek (hematokrit érték, hemoglobin koncentráció, vörösvértest szám) és a laktát-dehidrogenáz szintje sem emelkedett, ellentétben a kezeletlen csoporttal. A melatonin alkalmazása továbbá szignifikánsan befolyásolta a cirkadián ritmust, jelezve védő és ritmusszabályozó szerepét stresszhelyzetben (Ake és mtsai., 2023).

A nyári időszakban alkalmazott melatonin exogén szteroidos kezelés nélkül is alkalmas lehet az anösztrusz mesterséges előidézésére a lóban, mely lehetőséget teremt a sárlási ciklus elnyomására olyan esetekben, amikor a kancák kiállításokon, versenyeken vagy munkában vesznek részt. Egy kutatás során a tenyészszezonban 20 mg-os melatonin-implantátumot alkalmaztak négy héten keresztül, amely jelentős emelkedést eredményezett a nappali melatonin szintben a placebo-csoporthoz képest ( $76,51 \text{ pg/ml} \pm 34,29 \text{ SEM}$  vs  $9,97 \text{ pg/ml} \pm 30,05 \text{ SEM}$ ) és az LH-szint emelkedését figyelték meg az ivarzási szakasz környékén (Peltier és mtsai., 1998). Emellett a proösztrusz fázisban beadott, farmakológiai dózisú melatonin intravénás alkalmazása csökkentette a következő ivarzási ciklusban mért ösztadiol (E2) szintjét, ugyanakkor növelte a progeszteron (P4) szintjét a rákövetkező luteális fázisban (Cleaver és Sharp, 1993). További beszámolók szerint az exogén melatonin beadása csökkenti a mének vérplazma tesztoszteronszintjét is (Peltier és mtsai., 1998).

#### **3.4.1.2.2 Kiegészítő fény:**

Kiegészítő fény alkalmazásának lehetőségeit lovak esetében vizsgálták. A hosszúnappalos fotoperiódus alkalmazása elősegíti, hogy a reprodukív nyugalmi állapotban lévő kancák hamarabb belépjenek a tenyészidőszakba (Burkhardt, 1947). Megállapították, hogy a tenyészidőszak vége meghosszabbítható mesterséges hosszúnappalos világítási rendszerrel, függetlenül a szezon kezdetének időpontjától (Kooistra és Ginther, 1975).

A „jet lag” az emberekhez hasonlóan a lovaknál is megfigyelhető jelenség, különösen, ha rövid időn belül több időzónán keresztül utaztatják őket verseny céljából. Egy vizsgálat során azt

tanulmányozták, hogyan hat az időzóna változása a melatonintermelésre fényprogram mellett. Megállapították, hogy amikor az éjszakai sötétséget hat órával lerövidítették, majd ezt követően egy több napon át fenntartott 12 óra világos – 12 óra sötét ciklust alkalmaztak, a lovak már az első napon teljes mértékben alkalmazkodtak, mivel a lovak melatonintermelése az új fényciklushoz igazodott az istállókörnyezetben, nem pedig a külső természetes fényviszonyokhoz (Murphy és mtsai., 2007).

Igazolták, hogy nincs szignifikáns különbség a melatonintermelés gátlásában attól függően, hogy az 1 órás kék fényű LED világítás (468 nm), amely a sötét periódust megszakítja, mindkettő, vagy csak egyik szemre került felhelyezésre. A kutatócsoport azt is megállapította, hogy a < 0,1 és 3 lux közötti megvilágítás tekinthető elég sötétnek ahhoz, hogy a lovak éjszakai melatonintermelése zavartalan maradjon (Walsh és mtsai., 2013).

A mesterséges fotostimuláció hatására a mének tesztoszteronszintje jelentősen megemelkedett (Argo és mtsai., 1991).

### 3.4.2 A melatonin szerepe a juhok szaporodásélettanában

A juh a szezonálisan poliösztroszos, rövid nappalos ivarzők közé tartozó állatfaj (Vasantha, 2016) ivari ciklusának fő szabályozó tényezője a fotoperiódus (Larsen, 2021), bár más környezeti tényezők – mint a hőmérséklet, tápláltsági állapot vagy szociális ingerek – is befolyásolhatják annak hatékonyságát (Kumar és mtsai., 2022). Az ivarzási és az anösztroszos periódusok váltakozását rövid (8 órás világosság) és hosszú (16 órás világosság) nappalok idézik elő (Chemineau és mtsai., 1988). Amint a nyári napforduló után kellő mértékben lecsökken a megvilágítás hossza, a melatonintermelés fokozódik, ami serkenti a GnRH és később az LH termelést, így a juhokban a hosszabb nappalok – jellemzően nyáron – gátolják az ivari ciklust, míg a rövidebb nappalok újraindítják azt (Larsen, 2021). A tartósan serkentő (rövid nappalok) vagy gátló (hosszú nappalok) hatású fényviszonyok képesek a juhok szaporodási állapotát megváltoztatni (Robinson és Karsch, 1984, Robinson és mtsai., 1985). A fotoperiódus érzékelésében kiemelt szerepet játszik a tobozmirigy, amely a retina felől a korábban már említett úton kapja az információt és ezáltal szabályozza a melatoninszekréció ritmusát (Karsch és mtsai., 1984).

A juhok melatonin előállításához szükséges szerotonin szintéziséhez elengedhetetlen a triptofán mint esszenciális aminosav, amelyet szervezetük nem képes előállítani (Cardinali és Pévet, 1998), így azt a legelés során, különféle fű- és növényfajok fogyasztásával veszik fel (Zhao és mtsai., 2019).

A melatonin fotoperiódussal kapcsolatos információt továbbít a szaporodásélettani folyamatokat is szabályozó endokrin rendszer felé és alapvetően a fotoperiódus határozza

meg a szexuális aktivitásuk korlátozott időszakát (Bartlewski és mtsai., 2011; Pampori és mtsai., 2020; Zarazaga és mtsai., 2011). Ugyanakkor trópusi és szubtrópusi régiókban, ahol a takarmány minősége és elérhetősége megfelelő, a juhok ivarzása nem feltétlenül szezonális, hanem egész évben vagy szakaszosan is előfordulhat (Rosa és Bryant, 2003).

A melatonin jelentős szerepet játszik a reaktív oxigén gyökök (ROS) semlegesítésében is, így közvetett antioxidánsként viselkedik. Ez a funkció különösen fontos a reprodukív rendszer védelmében, mivel csökkenti az ivari gonádokat érő oxidatív stresszt (Cruz és mtsai., 2014). A melatonin jótékony hatással van a vemhesülésre, a tüszőérés és ovuláció szakaszától kezdve egészen az embrió- és magzatvédelmen keresztül az anyai felismerésig. Gátolhatja a sárgatest idő előtti lebomlását, ezzel elősegítve a vemhesség zavartalan fennmaradását az ellésig (Reiter és mtsai., 2013).

A hormon hatását az MT1 és MT2 típusú melatoninreceptorokhoz való kötődés révén fejti ki (Gonzalez-Arto és mtsai., 2017), különösen az ováriumokban és az endometriumban (Sosa és mtsai., 2023). A melatoninreceptorok jelenléte a juhok blasztocisztáiban arra utal, hogy a hormon közvetlen szerepet játszik a placenta fejlődésében is (Viola és mtsai., 2024).

#### **3.4.2.1 Melatonin alkalmazása a juhtenyésztésben:**

Az állattenyésztési gyakorlatban a melatonin-készítmények széles körű alkalmazására került sor a juhok termékenységének fokozása érdekében (Palacin és mtsai., 2011; Kárpáti és mtsai., 2023). Az exogén melatonin-implantátumok használata elterjedt módszer a szaporodási teljesítmény javítására, amely magasabb számú életképes embriót, kevesebb vetélést, több ellést és jobb eredmények elérését teszi lehetővé szezonon kívüli fedeztetések során (így az ivarzási időszak meghosszabbítását vagy előidézését szolgálják), vagy a kérődző állatok szaporodásbiológiai mutatóit kifejezetten károsító hőstresszt okozó nyári időszak elkerülését segíti elő (Durotoye és mtsai., 1991; Abecia és mtsai., 2011). Már évtizedekkel ezelőtt többen bizonyították, hogy szubkután melatonin-implantátumokkal előrébb hozható a juhok ivarzási időszaka (Haresign és mtsai., 1990; Wheaton és mtsai., 1990; Forcada és mtsai., 1995), majd ezt követően a melatonin-implantátummal kezelt anyajuhok plazma-melatonin szintjét már több vizsgálatban is meghatározták (DeNicolo és mtsai., 2008; Bouroutzika és mtsai., 2021).

Emberi vizsgálatok szerint a vemhesség előrehaladtával az anyai melatonin szint jelentősen emelkedik, majd a placenta eltávolítását követően visszaesik (Kivelá, 1991; Ejaz és mtsai., 2021). Ezzel szemben egy korai vemhes juhokkal végzett tanulmány arra a megállapításra jutott, hogy a melatonin szint a vemhesség során nem változik (Zarazaga és mtsai., 1997). A vemhesség alatti hormonális változások – különösen a progeszteron és melatonin szintek – jelentős hatással vannak az embrió beágyazódására és a vemhesség fenntartására (Ejaz és mtsai., 2021; Reiter és mtsai., 2009).

A szezonális a termelés gazdaságosságát is befolyásolja, mivel a hús- és tejpiacokon is érzékelhető az évszakok hatása a kereslet-kínálat tekintetében. A természetes ciklus mesterséges befolyásolása többféleképpen történhet: gesztagének, gonadotropinok alkalmazásával történő ivarzásindukcióval és -szinkronizálással, fényprogramokkal vagy újabban exogén melatoninkészítményekkel (injekció vagy implantátum). A korábban említett alkalmazási lehetőségek mellett, lehetővé teszik a tejsírtartalom növelését is (Abecia és mtsai., 2021).

A melatonin-implantátumok tartósan magas plazmaszintet biztosítanak a hormonból anélkül, hogy gátolnák az endogén éjszakai szekréciót és ezáltal rövid nappali fotoperiódushoz hasonló élettani választ idéznek elő (Malpoux és mtsai., 1997). Egyes mediterrán és más juhajtók esetében is az MT1 receptor gén polimorfizmusának megléte vagy hiánya összefüggést mutat a szezonon kívüli tenyésztésbevitel hatékonyságával (Carcangiu és mtsai., 2009; Martínez-Royo és mtsai., 2012; Mateescu és mtsai., 2009). Megállapították, hogy a melatonin receptorai, az MT1 és MT2 is expresszálódnak a petesejtekben, valamint a kumulusz- és granulózasejtekben, de a petesejt érésének szabályozásában döntően az MT1 receptor közvetít (Tian és mtsai., 2017).

Az emlős magzat számára a melatonin érzékelési lehetőséget nyújt a környezeti időviszonyokról, például az évszakokról és a napszakokról, emellett valószínűleg szerepet játszik a cirkadián ritmus kifejlődéséért felelős idegkapcsolatok kialakításában is (Davis, 1997). A magzati élet során megfigyelhető fokozott receptorsűrűség és -affinitás arra utal, hogy ebben az életszakaszban a hormon szerepe eltérő és változatosabb, mint felnőttekben (Helliwell és Williams, 1994).

Pinealectomizált (tobozmirigy-eltávolított) anyajuhok magzataiban nem mutatható ki melatonin a vérplazmában, szemben az ép tobozmiriggyel rendelkező kontrollállatokkal, így a vemhesség alatti a magzatot érő melatonin jelenlétéhez köthető hatások főként az anyától származó hormonnak köszönhető (Yellon és Longo, 1988). A báránymagzatok melatonintermelésének ritmusa függetlenül attól, hogy anyjuknak van-e tobozmirigye, 3-4 hetes korban alakul ki (Nowak és mtsai., 1990). Az anyai tobozmirigy eltávolítása azonban kedvezőtlenül befolyásolja a magzati légzőmozgások ritmusát, amit melatoninnal részben helyre lehet állítani (Houghton és mtsai., 1993). Emellett az anyajuh folyamatos megvilágítása, amely elnyomja a melatonin termelődést és annak ritmicitását, hatást gyakorol az ADH (vazopresszin) a magzati liquor koncentrációjának változásait is (Stark és Daniel, 1989). A tavasszal született bárányciklus ivarérése az őszi időszakban megy végbe, amelyet elsősorban a fényviszonyok szezonális változása indukál, így a hosszabb nappalok nyári periódusa után a rövidülő nappalok serkentik az ivari működés beindulását (Yellon és Foster, 1986). A tobozmirigy sebészi eltávolítása megzavarja a melatonin szekrécióját, ami késlelteti a

tenyésztési időszak kezdetét és az ivaréretet. Ezzel szemben az exogén melatonin adagolása a fényviszonyok által szabályozott hormonális válaszok előidézésével képes megrövidíteni az anösztruszt és előrehozza az ivaréretési időpontot juhokban és más szezonálisan ivarzó fajokban (Foster és mtsai., 1985; Yellon és Foster, 1986). A fényviszonyok ezen kívül befolyásolják a fiatal állatok növekedését is (Foster és mtsai., 1989).

Antioxidáns tulajdonságai révén védi az ivarsejteket és embriókat az oxidatív és nitrozatív stressztől, gátolja a mitokondriális apoptózis útját, valamint fokozza az antioxidáns hatású enzimek aktivitását (Loren és mtsai., 2017).

Idősebb állatok esetén, ahol a melatoninszint természetes módon csökken (Reiter, 1992), a hormon pótlása segíthet helyreállítani a csökkent szaporodási képességet így idős anyajuhok is alkalmasak genetikai szempontból értékes embriók előállítására (Forcada és mtsai., 2006). Idősebb egyedeknél az exogén melatonin alkalmazása növelte az LH-szintet a GnRH-kezelést követően, ami arra utal, hogy a melatonin képes kompenzálni az öregedéssel járó neuroendokrin zavarokat (Forcada és mtsai., 2007).

A MOET-technika (Multiple Ovulation Embryo Transfer) tenyésztési időszakon kívüli alkalmazása növeli a biotechnológiai beavatkozás hatékonyságát és gazdasági hasznát a juhágazatban (Abecia és mtsai., 2019). Több kutatás során melatonin-implantátumokkal kezelték az anyajuhokat (Forcada és mtsai., 2006; Buffoni és mtsai., 2014), vagy magát a tenyésztőközeget egészítették ki a hormonnal annak érdekében, hogy javítsák az embriók életképességét és az embrió transzplantációra való alkalmasságát (Zhang és mtsai., 2013). Egy másik vizsgálatban különböző fejlődési stádiumú fagyasztott embriókat *in vitro* körülmények között és a blasztociszta stádiumban 24 órás melatoninkezelésnek vetettek alá, amely intenzív magzati fejlődést eredményezett, miközben csökkent a degenerált embriók aránya (Abecia és mtsai., 2002). A kriokonzervált embriókat érő oxidatív stressz lipidperoxidációt, membránsérülést és szerkezeti károsodást okozhat. Különböző melatoninkoncentrációk hatását tesztelték MOET-technika alkalmazása mellett, ezen folyamatok ellensúlyozására, mely vizsgálat során legalacsonyabb dózis ( $10^{-9}$  M) kedvező hatást mutatott az embriófejlődésre, ellenben a magasabb koncentrációk már toxikusnak bizonyultak, amit a blasztociszta apoptotikus indexének növekedése is alátámaszt (Succu és mtsai., 2014).

#### **3.4.2.2 A melatonin hatása a nőivar esetén kiskérődzőkben:**

A nőivarú juhok (anyák) esetén a granulosa sejtekben jelen lévő melatoninreceptorok azt jelzik, hogy a melatonin szerepet játszhat a petesejtek érésében *in vivo* is, hiszen ezek a sejtek állandó kapcsolatban állnak az oocytával a tüsző fejlődésének teljes folyamata során és antioxidánsként is védelmet nyújthatnak az oxidatív stresszel szemben (Tamura és mtsai.,

2009; 2012). Anősztruszos juhokban vizsgálva a tüszőfejlődést és a petesejtek minőségét, megállapítást nyert, hogy a melatoninnal kezelt egyedekből származó petesejtek nagyobb arányban termékenyültek meg és fejlődtek tovább *in vitro* (Tsiligianni és mtsai., 2009). Más kutatók ugyanakkor arra a következtetésre jutottak, hogy jobb eredmények érhetőek el melatoninkezeléssel a tenyésztidőszakhoz közeli időpontokban (Faigl és mtsai., 2012a).

A melatonin a méhre is hatással van, különösen a méhreceptorokra, a PGF2 $\alpha$  termelésére és az uteroplacentáris vérkeringésre, 5 mg/nap melatoninnal kiegészített takarmányozású közép- és késői vemhes juhokon vizsgálták az uteroplacentáris véráramlást és magzati növekedést és a köldökartériás véráramlás növekedését tapasztalták (Lemley és Vonnahme, 2017). Egy kutatócsoport tanulmányai szerint a melatoninkezelés növelte az egészséges petesejtek számát és javította az embriók minőségét az anősztruszos időszakban, különösen az alacsonyabb szintű takarmányozás mellett (Vázquez és mtsai., 2009; 2010).

### **3.4.2.3 A melatonin elléskörüli és újszülöttkori hatásai kiskérődzőkben:**

A neonatológia területén a perinatális hipoxia és az oxidatív stressz okozta károsodások megelőzésében a melatonin fontos szerepet játszhat, mivel a hormon átjut a placentán és antioxidánsként hat, szerint ez lehetőséget kínál a hipoxiára hajlamos újszülöttek megelőző kezelésére (Robertson és mtsai., 2012). *Per os* (szájon át) alkalmazott melatoninkezelés 1 mg/kg dózisban javítja a pulmonális érrendszeri funkciókat 4–11 napos bérányokban (Torres és mtsai., 2015).

Az újszülöttkori asphyxia gyakran társul koraszüléssel és szerepet játszik a csecsemőhalandóságban és az idegrendszeri fejlődési zavarokban (Edwards és mtsai., 2010). A folyamatban szabadgyökök, lipidperoxidáció és mitokondriális károsodás is megjelenik (Khwaja és Volpe, 2008). Kimutatták, hogy koraszülött bérányokban a melatonin csökkentette az idegrendszeri károsodás mértékét asphyxia után. A hormon kedvezően befolyásolta az EEG-t (elektroenkefalográfia; agyi elektromos aktivitás mérése), a véráramlást, a neuronok túlélését, valamint csökkentette a gyulladást jelző mikroglia aktivációt (Drury és mtsai., 2014).

Egy juhmagzatokon végzett vizsgálat szerint a melatonin akut hipoxia során a magzati keringés szabályozását is befolyásolja: a kutatók a juhmagzatok kardiovaszkuláris rendszerének hipoxiára adott védekező reakcióit elemezték. A melatonin hatására mérséklődött a véráramlás perifériás keringésből történő átcsoportosítása, továbbá csökkentek az akut hipoxiára adott glikémiás és plazma-katecholamin válaszok is, amelyek a magzati agy hatékony alkalmazkodásának fontos elemei. A hormon emellett csökkentette az artériás vérnyomást és a perifériás ellenállást, valamint mérsékelte a vércukor- és laktátszintet, illetve a katecholaminszint emelkedését. A megfigyelt hatások hátterében NO-függő mechanizmusok álltak: a melatonin a nitrogén-monoxid biohasznosulásának fokozásán

keresztül képes modulálni a magzati kardiometabolikus válaszokat akut hipoxia esetén, amit *in vivo* NO-blokád alkalmazásával gátolni tudtak. Összességében eredményeik arra utalnak, hogy a melatonin a NO biohasznosulásának növelésén keresztül számottevően alakítja a magzati védekező választ akut hipoxiás stresszhelyzetben (Thakor és mtsai., 2015). Egy magzati élet utáni túlélés szempontjából kulcsfontosságú tanulmányban bizonyították, hogy a materiális melatoninszint elnyomása jelentősen befolyásolja az újszülött bárányok barna zsírszövetének mennyiségét és működését, ami közvetlen hatással lehet a születés utáni hőháztartásra és adaptációra (Seron-Ferre és mtsai., 2015).

Az állattenyésztés gyakorlati oldaláról szintén fontos megállapítást tett egy másik kutatás, mely szerint a vemhesség második felében adott melatoninkezelés javította az ikerbárányok túlélését második ellésből származó anyajuhoknál, azonban az első ellésből származók ikrek esetében, vagy egy bárány születése esetén nem volt kimutatható hatása (Flinn és mtsai., 2020).

A kolosztrum minősége is befolyásolható melatoninnal, a vemhesség negyedik hónapjában történő behelyezett implantátum növelte a kolosztrum IgG-tartalmát (Immunoglobulin G/ellenanyag), különösen, ha kosbárány született (Abecia és mtsai., 2020). Ugyanakkor hosszú távú melatoninkezelés a laktáció alatt negatívan befolyásolhatja a tejtermelést, valószínűleg a GH (Growth Hormone / növekedési hormon) és IGF-I (Insulin-like Growth Factor-I / inzulinszerű növekedési faktor-1) gátlása révén, emlőszöveti biopsziák szerint csökkent a  $\beta$ -laktalbumin mRNS-expresszió és fokozott apoptózis jelei mutatkoztak (Faigl és mtsai., 2012b).

Egy a juhok ellésekor lefolytatott kutatásban megállapították, hogy az ellés után közvetlenül alkalmazott melatoninkezelés szignifikánsan növelte a tej zsír- és szárazanyag-tartalmát, a melatoninnal kezelt juhok tejének zsírtartalma magasabb maradt a laktáció korai szakaszában, mint a kontrollcsoport esetében. A kezelt anyák bárányai szignifikánsan nagyobb testtömeget értek el az első hetekben, ami ebből a perspektívából is jelezte a hormon pozitív hatását a tej táplálóértékére (Abecia és mtsai., 2021).

#### **3.4.2.4 Melatonin hatása a hímivar esetén kiskérődzőkben:**

Kosok esetében az évszakos változások, illetve a nappalok hosszának alakulása számottevően befolyásolja a herekörméretet, ami közvetve a tenyészállatok termékenyítőképességére is hatással van (Sarlós és mtsai., 2013). Kísérletesen igazolták továbbá, hogy a melatonin *in vivo* körülmények között képes áthatolni a vér–here gáton, és bejut a hereszövet sejtjeibe, így valószínűsíthetően részt vehet a spermatogenezis szabályozásában, valamint a sejtdifferenciálódási folyamatok alakításában (Smirnov, 2001). A melatonin jelentős szerepet tölt be a hímivarsejtek oxidatív stresszel szembeni védelmében,

támogatja azok motilitását, valamint fokozza a termékenyítőképességüket (Cruz és mtsai., 2014). Kulcsfontosságú szabályozóként működik a herék élettani folyamataiban – például a szteroidogenezis és spermatogenezis során –, különösen a szezonális szaporodású fajok esetében (Frungeri és mtsai., 2017). Melatonin-implantátum alkalmazásával jelentősen javíthatók a kosok heréinek endokrin és exokrin funkciói, függetlenül az aktuális tenyészszezontól (Egerszegi és mtsai., 2014; Faigl és Cseh 2015). A kezelés következtében nő a vérplazma FSH-, LH- és tesztoszteron-koncentrációja (Rekik és mtsai., 2015), továbbá hosszú távú melatonin-expozíció után a herék szomatikus sejtjei nagyobb mennyiségű tesztoszteront választanak ki (Deng és mtsai., 2016).

*In vitro* kísérlet igazolta, hogy melatonin jelenlétében a Sertoli-sejtek fokozzák a Leydig-sejtek androgén hormon szintézisét közös sejtenyészetben. A  $10^{-7}$  M koncentrációjú melatonin szignifikánsan növelte a tesztoszteronprodukción a juh Leydig- és Sertoli-sejtek kokultúrájában, emellett emelkedett az össejt faktor és az IGF-1 expressziója, miközben csökkent az ösztrogénszintézis a Sertoli-sejtekben. A melatonin ezen hatásait az MT1 membránreceptor közvetíti, amely elősegíti az IGF-1 kifejeződését és gátolja az ösztrogéntermelést (Deng és mtsai., 2018).

További vizsgálatok igazolták, hogy a melatonin bioszintéziséért felelős enzimek megtalálhatók a kosok heréiben, elsősorban a Leydig-sejtekben, spermacitákban és spermátidákban (Gonzalez-Arto és mtsai., 2016). Emberi tanulmányok szerint a herében jelen lévő melatonin védelmet nyújt a spermiumok számára az oxidatív károsodásokkal szemben (Bejarano és mtsai., 2014). A rövidnappalos fotoperiódus melatonin kezelés akár a szaporodási időszakon kívül is jelentős mértékben fokozta a herék térfogatát és a járulékos nemi mirigyek (ondóhólyag, Cowper-mirigy) méretét. Ezek a kezelések javították a spermasűrűséget és mozgékonyt is, továbbá a melatoninnal kezelt egyedek szaporodási paraméterei szezonon kívül is megközelítették a tenéyzidőszakban mért értékeket (Santiago-Moreno és mtsai., 2013). A melatonin kezelés jelentős morfológiai és funkcionális aktivációt idézett elő az ondóhólyagban, így megnövekedett sejtterület és sejtszám és kifejezettebbé vált szekréciós aktivitás is (több vezikula, mitokondrium, endoplazmatikus retikulum), mely bizonyítja, hogy a melatonin reaktiválja a nemi mirigy működését a tenéyzidőszakon kívül is (Mokhtar és mtsai., 2016).

## 4. Célkitűzések

A PhD-kutatás egyik célkitűzése, hogy összehasonlítsuk a regisztrált szamarak színváltozatait néhány főbb testméret és testméret-index alapján, amivel szeretnénk hozzájárulni a magyar parlagi szamárhoz kapcsolódó ismeretek bővítéséhez. A hazánkban megtalálható főtörzskönyvbe felvehető egyedeken végzett mintagyűjtés, küllem- és alkattani vizsgálatok következtetései alapján a fajtastandard meghatározását segítjük elő. Ez elengedhetetlen ahhoz, hogy a tenyésztőegyesület a fajtarekonstrukciós program során a főtörzskönyvi részbe sorolható, 2 ősi sorral rendelkező nőivarú egyedek számát a fajtára meghatározott kritikus fenyegetettség szintre emelje. Kutatásunk irányult a lineáris küllemi bírálati rendszer sikeres adaptálására, valamint rendszerezi az alkati gyengeségeket, hibákat is. A kapott eredmények iránymutatásként szolgálnak a tenyésztőegyesületnek és segítséget nyújthat a jövőbeni tenyészcélok (küllemi és funkcionális) meghatározásában.

Kutatásunk másik célkitűzése, hogy teljesebb képet kapjunk a vérplazma melatoninkoncentrációjáról vemhes szamárkancákban és anyajuhokban. Humán kutatások alapján hipotézisünk szerint, a vemhes egyedek vérplazmájában a melatoninkoncentráció a késői vemhességi időszakban, az ellést megelőzően emelkedik. Továbbá feltételeztük, hogy a lovakban megfigyelhető hormonális ciklicitás a szamár esetében is fennáll.

Ezen feltevések megerősítésére a vemhes és nem vemhes szamárkancák és anyajuhok melatoninkoncentrációját határoztuk meg, hasonlítottuk össze és az adatok statisztikai feldolgozását úgy alakítottuk ki, hogy a napi és éves ritmusok egyaránt értékelhetőek legyenek.

Célul tűztük ki továbbá az ellést közvetlenül követő időszakban, az anyajuhok és az újszülött bárányok éjszakai melatoninszintjének meghatározását is.

A kutatás eredményei a magyar parlagi szamár – mint a klímaváltozás ökológia állattartásban is fenntartható kedvező állata – biológiai diverzitásának és az élelmiszerláncban betöltendő szerepének ellenőrzéséhez járulnak hozzá, továbbá a két őshonos állatfaj endokrin rendszeréhez kapcsolódó tudományos ismeretanyag bővítéséhez, megismeréséhez.

## 5. Saját vizsgálatok

### 5.1 Küllem- és alkattani vizsgálatok a magyar parlagi számárban

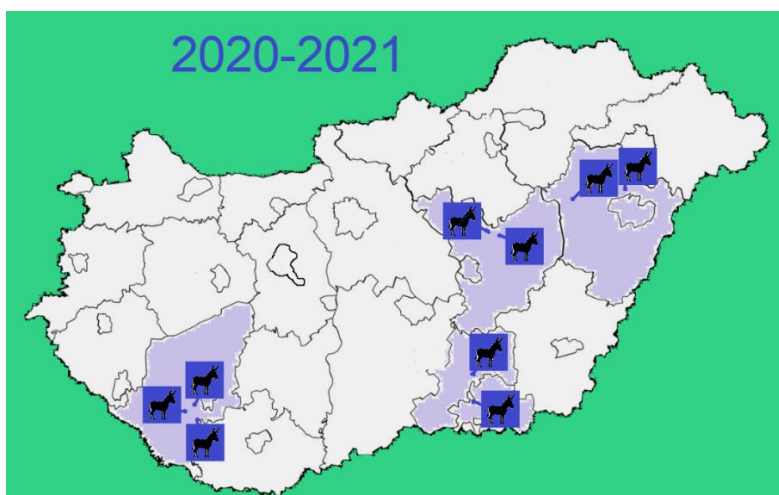
#### 5.1.1 Alkattani vizsgálatok anyag és módszere

##### 5.1.1.1 A kijelölt számárkancaállomány

A Magyar Szamártenyésztők Egyesülete (MSzE) biztosította számunkra az állattulajdonosok elérhetőségét. Összesen 9 gazdaságot látogattunk meg a 2020-as és 2021-es évek folyamán és végeztük el a testméretfelvételeket, illetőleg a küllemi bírálatot a számárkancákon (n=65). Az **1. táblázat** mutatja be a vizsgálatba bevont gazdaságokat a kancák létszámával, a hozzá tartozó **9. ábra** a gazdaságok Magyarországon belüli változatos földrajzi elhelyezkedését szemlélteti.

**1. táblázat:** A testméretfelvételezésben és a küllemi bírálatban résztvevő gazdaságok egyedeikkel

Település	2020 és 2021 között
Vókonya	12
Jászkisér	6
Szeged (Mácsai-tanya)	8
Csanytelek	10
Bőszénfa	15
Besenyszög	2
Szena	4
Patca (Katica-tanya)	5
Bodaszőlő	3



**9. ábra:** A vizsgált magyar parlagi számárállományok földrajzi elhelyezkedése (saját ábra)

A vizsgált kilenc hazai gazdaságban az átlagos kancalétszám 7 egyed volt. A kancákat az egyedi azonosító számuk alapján azonosítottuk (microchip szám – elektronikus transzponder), amellyel minden vizsgálatba vont egyed rendelkezett.

### 5.1.1.2 A rögzített és számított alkati tulajdonságok

A testméretek felvételéhez szükséges eszközöket (mérőbot, mérőszalag, ívkörző) az Állatorvostudományi Egyetem Állattenyésztési, és Genetikai Tanszéke biztosította. A felvett testméretekről a **2. táblázat** ad tájékoztatást.

**2. táblázat:** A vizsgált szamarékaállományban rögzített testméretek és azok meghatározása korábbi forrásmunkák alapján (Aluja és mtsai., 2005; Novotni, 2009; Mendoza és mtsai., 2015; Yilmaz és Ertuğrul, 2012)

Testméret (paraméter)	Mérés anatómiai helye, mérőeszköz
1. Marmagasság	A baltavágás mögött mérve, a mar legmagasabb pontján, mérőbottal
2. Mellkasmélység	A <i>sternum</i> és a mar utáni hátcsigolya közötti távolság, mérőbottal
3. Keresztcsonti magasság	A <i>sacrum</i> legmagasabb pontja, egyenes talajtól mérve, mérőbottal
4. Övméret	A mellkaskörméret közvetlenül a mar mögött mérve, szalaggal
5. Szárkörméret	A bal első lábon, a láb, a szár lábtőtől számított egyharmadánál mérve, szalaggal
6. Ferde törzshossz	A <i>humerus tuberculum major</i> -ja és a <i>tuber ischiadicum</i> közötti távolság, mérőbottal
7. Fülhossz	A fül hossza a fül alapjától ( <i>dorsalis</i> oldalon mérve), szalaggal
8. Fejhossz	<i>Crista nuchae</i> és az <i>os nasale rostralis</i> végpontja közötti távolság, szalaggal
9. Fejszélesség	Az <i>os frontale</i> két laterális pontjának távolsága, távolságmérő ívkörzővel
10. Vállszélesség	A két oldali <i>tuberculum majus</i> -ok távolsága, távolságmérő ívkörzővel
11. Farszélesség-I.	A két oldali <i>tuber coxae</i> -k távolsága, távolságmérő ívkörzővel
12. Farszélesség-III.	A két oldali <i>tuber ischiadicusok</i> távolsága, távolságmérő ívkörzővel
13. Pata szélesség	A bal elülső talpon, a pata két szélé között, a középvonalban mérve, vonalzóval
14. Patahosszúság	A bal elülső talpon a hegyfaltól a sarokvánkos kezdetéig mérve, vonalzóval

Az élősúlyt minden egyed esetében üzemi mérleggel határoztuk meg.

A magyar parlagi szamaréka alkatának, testarányainak plasztikusabb jellemzésre a rögzített testméretek felhasználásával testméret-indexeket képeztem (**3. táblázat**). Az index elnevezése kapcsolatban áll annak értékével, minél nagyobb az index értéke, annál kifejezettebb az egyed indextulajdonsága.

**3. táblázat:** A testméretekből számolt testméret-indexek korábbi kutatásokra alapozottan (Gáspárdy és mtsai., 2001; Záborszki, 2005; Ungváry, 2011; Gáspárdy és mtsai., 2012; Bene és mtsai., 2013)

Testméret-index	Testméret-index képzése
Erősség hátul index	$(\text{csípőszöglet szélesség/vállszélesség}) * 100$
Fejhosszúsági index	$(\text{fejhossz/marmagasság}) * 100$
Fülhossz index	$(\text{fülhossz/marmagasság}) * 100$
Hosszúlábúsági index	$(\text{marmagasság/mellkasmélység}) * 100$
Keskenységi index	$(\text{ferde törzhossz/vállszélesség}) * 10$
Kvadratikusági index	$(\text{marmagasság/ferde törzhossz}) * 100$
Szárkörméret index	$(\text{szárkörméret/marmagasság}) * 100$
Szárterhelés index	$(\text{szárkörméret/övméret}) * 1000$
Tömegességi index	$(\text{övméret/marmagasság}) * 100$
Túlnőttégi index	$(\text{keresztcsonti magasság/marmagasság}) * 100$
Testkapacitás index	$(\text{vállszélesség+far-l}) / 2 * \text{mellkasmélység} * \text{ferdetörzhossz} / 1000$
Kaliber index	$(\text{övméret/marmagasság}) * (\text{szárkörméret/marmagasság}) * 1000$

#### **5.1.1.3 A lineáris (leíró kódos) küllemi bíráló és kondícióbecslés**

A szarvasmarha és ló bírálóiban már ismert leíró jellegű lineáris bíráló rendszer (Gáspárdy és Bozó, 2000), saját elképzelésünk szerint alkalmaztuk a szarvasmarha testtájainak, funkcionális küllemi tulajdonságainak rögzítéséhez, a magyar parlagi szarvasmarha jellemzéséhez. Minden tulajdonságot egy 1-től 9-ig terjedő skálán pontoztam.

Az 5 pont a skála közepén elhelyezkedő érték a tulajdonság nem rendellenes, biológiailag lehetséges megnyilvánulási tartományának mértani közepén lévő megnyilvánulás mértékének felel meg. Az ettől lefelé vagy fölfelé adott értékek az adott tulajdonság egyik, vagy másik véglet, azaz annak két szélsőséges állapota irányába való elmozdulásának mértékét jelölik.

A bírálóira egyenes talajon került sor, a végtagok egyenletes terhelésével. Az állatok mozgásban való értékelését nem vontuk be.

A lineáris (leíró kódos) bíráló során a **4. táblázatban** feltüntetett küllemi tulajdonságokat értékeltem, valamint az elbíráló egyedekről fényképfelvételt készítettünk oldalnézetből. A leíró küllemi bíráló során néhány tulajdonságban adott szélső pontértékek (szöveges kiegészítéssel) súlyos alkati hibákat jeleznek. Fokozottan odafigyeltünk a végtagok, a far és a mellkas alakulására, mint ún. funkcionális küllemi bíráló tulajdonságokra, hiszen ezek szoros kapcsolatban állnak az egyed használhatóságával, szélsőséges esetekben az egyed szervi megbetegedéseivel.

**4. táblázat:** A magyar parlagi szamar bírálataiban figyelembe vett lineáris küllemi tulajdonságok és magyarázatok Lénárt és munkatársai (2017) után átdolgozott változatban

Küllemi tulajdonság	megnyilvánulás mértéke, ponttartomány		
	1-3	4-6	7-9
Fej jellege	finom	közepes	durva
Fejtűzés	alacsony-	középmagasan-	magasan tűzött
Nyakillesztés	alacsony	középmagas	magas
Nyak hossza	rövid	közepes	hosszú
Nyak izmoltsága	izomszegény	közepes	túlizmolt
Szügy izmoltsága	izomszegény	közepes	túlizmolt
Mar jellege	lapos	közepes	magas
Törzs	sekély	közepes	mély
Váll szögelése	dőlt	közepesen dőlt	meredek
Hát hossza	rövid	középhosszú	hosszú
Ágyék hossza	rövid	középhosszú	hosszú
Farlejtés	csapott	vízszintes	túlnőtt
Far izmoltsága	izomszegény	közepes	túlizmolt
Elülső lábállás, oldalnézet	előrehajlott	egyenes	hátrahajlott
Elülső csüdállás	puha	közepes	meredek
Elülső lábállás, elől nézet	hegyfaltipró	párhuzamos	franciás
Hátulsó lábállás, oldalnézet	kardos	közepes	nyitott csánk
Hátulsó csüdállás	puha	közepes	meredek
Hátulsó lábállás, hátul nézet	dongás	párhuzamos	gacsos
Paták szöge	lapos/hegyesszögű	közepes	meredek/bakpata
Paták terültsége	szűk	közepes	terült

Az egyedi aktuális testkondíciót a The Donkey Sanctuary (2021) ajánlását követve pontozásos rendszerben (5 pontos skálán) állapítottuk meg a felvételezések idejében. Az alultáplált, rossz kondíciót az 1-es érték, míg az elhízott állatokat az 5-ös érték jelölte. A pontok kiosztásához a kancák nyakát, marját, hátát, farát és mellkasát, azok izommal és zsírral való fedettségét a megtekintést követően tapintással is vizsgáltuk.

A szamarak körültekintő részletes leírásához eltérő pontértékű skálákat (5-ös és 9-es) fejlesztettek ki (Pearson és Ouassat, 2000; Burden, 2012), de a nyak zsírdepóinak pontozására (Fatty Neck Score) szintén kidolgozásra került egy rendszer (Valle és mtsai., 2017).

#### 5.1.1.4 Statisztikai feldolgozás

A felvételezési alkalmak során nyert testméret, testméret-index, küllemi tulajdonságok, továbbá az élősúly és a kondíció adatok egyesítésével hoztuk létre a statisztikai feldolgozáshoz szükséges alaptáblázatot. Az alaptáblázat ezeken kívül tartalmazta az egyedi azonosítót, az ivart (ebben a feldolgozásban csak kanca fordult elő), az egyed színét, az egyed születési dátumát, a felvételezés idejének dátumát, az egyed tartási helyét, továbbá az egyed életkorát a felvétel idejében.

A testméret és testméret-index adatokat lineáris modell alkalmazásával vizsgáltuk, fix hatások és kovariánsok bevonásával. Fix hatás volt az alapszín (három osztállyal: barna, fekete és szürke; az árnyalatot és a színváltozatot kis előfordulásuk okán nem tudtuk figyelembe venni) és a tartási hely (9 gazdaság). A modellbe kovariánsként az egyed életkorát (a kancák 2,1 és 19,5 éves kor közöttiek voltak) és születési évét (a kancák 2001 és 2019 között jöttek a világra) építettük be.

A vizsgált testméretek és testméret-indexek esetében a legkisebb négyzetek elvén számított átlagot (LSM - Least Square Means) és annak hibáját (SEM - Standard Error of Mean) a kovariánsok segítségével 8 éves életkorra és 2012-es születési évjáratra korrigálva adjuk meg a színváltozat osztályaira. Az osztályátlagok közötti különbség és a szignifikanciaszint megállapításához Fisher-féle post-hoc tesztet végeztünk. A hatások szignifikanciaszintjét p-értékként közöljük.

Az életkor, a kondíció és valamennyi küllemi pontérték összevetéséhez a Kruskal-Wallis medián próbát alkalmaztuk a fentebb használt fix hatások szerint. A medián mellett megadjuk az egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) átlagait, minimumát és maximumát is.

Az alaptáblázat kezeléshez és a statisztikai feldolgozáshoz a Statistica szoftvert (version 14., TIBCO Software Inc., 2020, Palo Alto, CA, USA) használtuk.

## 5.1.2 Alkattani vizsgálatok eredményeinek bemutatása

### 5.1.2.1 Testméretek, élő súly és életkor eredményei

Amint az **5. táblázat**ban látható, színváltozatonként nem volt statisztikailag igazolt különbség a marmagasságban, mellkasmélységben, a keresztcsonti magasságban és az övméret esetén sem. Statisztikailag igazolt különbség a mellkasmélységben adódott.

Ugyancsak nem bizonyult az életkor és a születési év hatása igazoltnak. Ez azt jelenti, hogy a kancaállomány testalkatában már fiatalon (néhány évesen) kifejelettnek tekinthető, az életkor előrehaladtával a testméretei nem nagyon változnak. A születési év értékeléséből azt gondoljuk, hogy a számartartó gazdaságokban nincsen a szamarak méreteinek megváltoztatására irányuló törekvés, legalábbis a megfigyelt két évtizednyi időtartam során.

Ugyanakkor, az **5. táblázat**ban bemutatott testméretekre a tartási hely igazolt hatást mutatott, ami alapján lényeges méretbeli különbségek adódnak üzemenként. Ez röghatásnak tekinthető, illetve a tulajdonos tenyésztői preferenciáját tükrözheti, miszerint a kisebb vagy nagyobb egyedeket részesíti előnyben a gazdaság számarállományának hasznosítási jellege, céljai szerint.

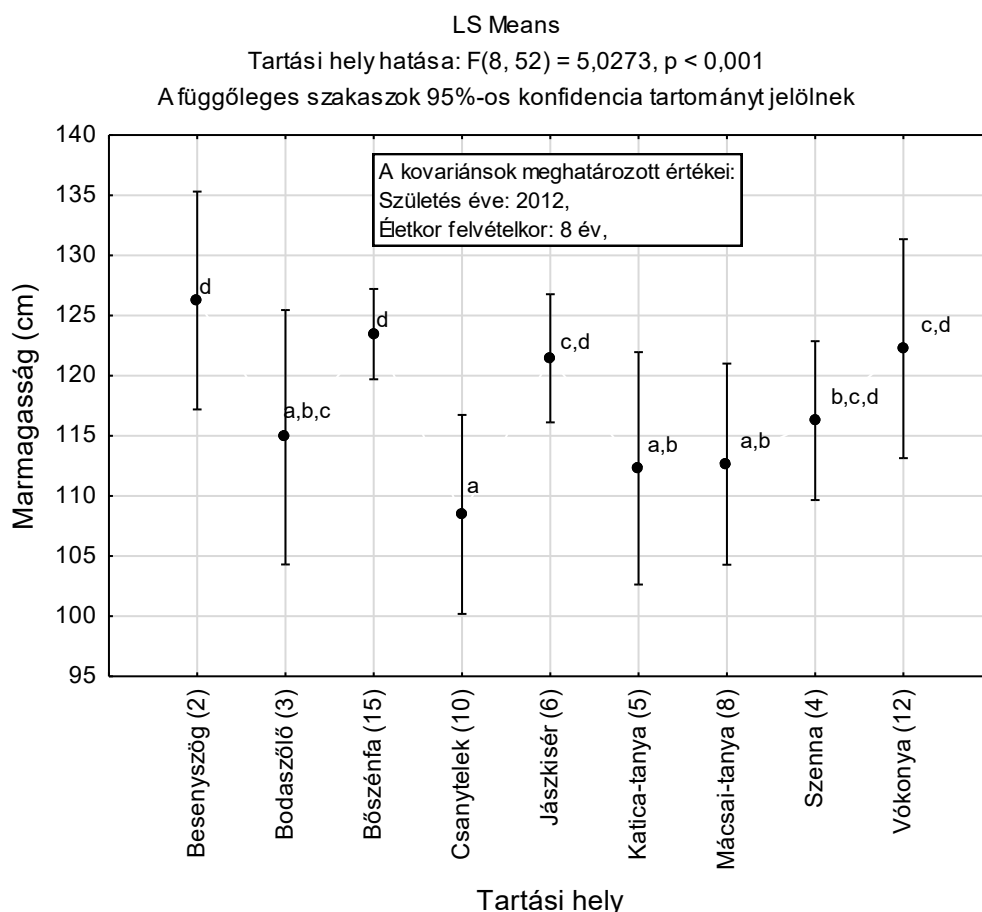
**5. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák 8 éves életkorra és 2012-es születési évre korigált testméret átlagai (cm)

Hatás	Marmagasság		Mellkasmélység		Keresztcsonti magasság		Övméret	
	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM
Színváltozat, p =	0,784		0,360		0,710		0,839	
barna (n=27)	117,5	2,82	51,1	1,59	121,2	3,02	138,8	3,66
fekete (n=12)	116,8	2,83	49,0	1,59	121,2	3,02	138,8	3,66
szürke (n=26)	118,4	2,59	50,2	1,46	122,8	2,77	137,4	3,36
Tartási hely, p =	< 0,001		0,003		0,003		< 0,001	
Életkor, p =	0,714		0,752		0,499		0,334	
Születési év, p =	0,757		0,788		0,529		0,346	
Főátlag	117,5		50,1		121,8		138,3	

LSM – legkisebb négyzetek átlaga

SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

A korigált marmagasság üzemenkénti alakulását szemlélteti a **10. ábra**. Egyúttal látható a konfidencia határok méretéből, hogy az üzemek a marmagasság vonatkozásában, szinte az üzemi mérettől függetlenül, viszonylag egyöntetű állományokat tükröznek.



**10. ábra:** A magyar parlagi szamár kancák 8 éves életkorra és 2012-es születési évre korigált marmagasság átlagai (cm) tartási helyenként. A tartási hely után a létszámok szerepelnek a zárójelben. Az a,b,c,d betűk a tartási helyek közötti szignifikáns ( $p < 0,05$ ) különbségeket jelölik (Fisher-féle post-hoc test)

Nem jelentkezett szignifikáns különbség a színváltozat szerinti szárkörméret, ferde törzshossz, fülhossz és fejhossz testméretekben (**6. táblázat**). A két kovariáns esetében (életkor és születési idő) a fülhossz esetében találtunk igazolt különbséget. A tartási hely hatása volt két testméretre volt szignifikáns, szintén a fülhossz, továbbá a fejhossz esetében.

**6. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák 8 éves életkorra és 2012-es születési évre korigált testméret átlagai (cm)

Hatás	Szárkörméret		Ferde törzshossz		Fülhossz		Fejhossz	
	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM
Színváltozat, p =	0,720		0,648		0,458		0,893	
barna (n=27)	14,9	0,57	97,5	2,04	30,3	1,21	51,3	1,65
fekete (n=12)	14,9	0,57	95,8	2,04	29,5	1,21	51,2	1,66
szürke (n=26)	15,2	0,52	96,4	1,87	30,8	1,11	51,7	1,52
Tartási hely, p =	0,123		0,732		0,006		0,011	
Életkor, p =	0,610		0,303		0,078		0,871	
Születési év, p =	0,600		0,364		0,079		0,878	
Főátlag	15,0		96,6		30,2		51,4	

LSM – legkisebb négyzetek átlaga

SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

A **7. és 8. táblázat**okban feltüntetett, alapvetően szélességi testméretekben (fejszélesség, vállszélesség, pataszélesség, patahossz, farszélesség-I. és farszélesség-II.) is csak a tartási hely hatását találtuk szignifikánsnak a pataszélesség kivételével.

**7. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák 8 éves életkorra és 2012-es születési évre korigált testméret átlagai (cm)

Hatás	Fejszélesség		Vállszélesség		Pataszélesség		Patahossz	
	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM
Színváltozat, p =	0,836		0,921		0,463		0,476	
barna (n=27)	19,4	0,57	28,4	1,22	8,33	0,37	8,90	0,44
fekete (n=12)	19,6	0,57	28,0	1,22	7,90	0,37	9,01	0,44
szürke (n=26)	19,6	0,52	28,0	1,12	8,19	0,34	8,61	0,41
Tartási hely, p =	0,047		0,022		0,382		< 0,001	
Életkor, p =	0,697		0,851		0,368		0,610	
Születési év, p =	0,638		0,850		0,326		0,649	
Főátlag	19,6		28,1		8,14		8,84	

LSM – legkisebb négyzetek átlaga

SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

A **8. táblázat** a vizsgált kancák élősúlyát és életkorát mutatja be. Az élősúlyra nem volt hatása a színváltozatnak. Az élősúly jelentősen változik gazdaságonként (a tartási hely hatása  $p < 0,001$ ), ami a korábbi üzemek közötti különbségeket alátámasztja. A teljes mintázott kancaállomány életkorának mediánja 7,8 év volt, ezért választottuk a testméretek és egyéb mutatók korrekcióját a 8. életévre elvégezni és bemutatni. Az életkor nem függ sem a színváltozattól, sem a tartási helytől. Ez a tény a mintázott kancaállomány kiegyenlítetttségét igazolja, ami a felmérésünk szempontjából kedvezőnek tekinthető. A születési év hatása

érthetően szignifikáns az életkorra, hiszen minél korábban jött világra az egyed, annál idősebb lesz a születési időtartományánál szűkebb időtartományban végzett felvételezés alkalmával.

**8. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák 8 éves életkorra és 2012-es születési évre korrigált testméret átlagai (cm)

Hatás	Farszélesség-I		Farszélesség-III		Élősúly		Életkor felvételtkor	
	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	Átlag	medián*
Színváltozat, p =	0,871		0,953		0,849		< 0,064	
barna (n=27)	38,8	1,31	17,4	0,95	298	19	6,1	6,0
fekete (n=12)	38,2	1,31	17,2	0,95	307	19	9,5	8,5
szürke (n=26)	38,7	1,20	17,1	0,87	299	17	10,1	9,9
Tartási hely, p =	< 0,001		< 0,001		0,004		0,104	
Életkor, p =	0,344		0,831		0,599		-	
Születési év, p =	0,373		0,833		0,611		< 0,001	
Főátlag	38,6		17,2		301		8,3 7,8	

\*Kruskal-Wallis medián próba

LSM – legkisebb négyzetek átlaga

SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

### 5.1.2.3 Testméret-indexek eredményei

Az első négy testméret-index átlagait a **9. táblázat** tárja elénk. A szárterhelés és fülhossz indexre kizárólag a tartási hely volt igazolt hatással a figyelembe vett tényezők közül. A túlnőtttségi és a szárkörméret index esetében a tartási hely hatása sem bizonyult szignifikánsnak. Az előbbi indexnek a 103-104 körüli értéke azt jelzi, hogy a szamarak mindhárom színváltozatban azonos arányát mutatják a mar és a keresztcsont magasságának, így a vizsgált szamarak esetében erősen túlnőtt farról egyáltalában nem beszélhetünk.

**9. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák 8 éves életkorra és 2012-es születési évre korrigált testméret-index átlagai

Hatás	Szártérhelés index		Túlnőtttségi index		Fülhossz index		Szárkörméret index	
	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM
Színváltozat, p =	0,227		0,833		0,516		0,863	
barna (n=27)	107,9	2,80	103,3	1,29	25,8	0,85	12,7	0,38
fekete (n=12)	108,0	2,81	103,9	1,29	25,3	0,86	12,8	0,38
szürke (n=26)	111,1	2,57	103,8	1,18	26,1	0,78	12,9	0,35
Tartási hely, p =	< 0,001		0,809		0,008		0,435	
Életkor, p =	0,091		0,510		0,058		0,767	
Születési év, p =	0,092		0,503		0,054		0,722	
Főátlag	109,0		103,7		25,7		12,8	

LSM – legkisebb négyzetek átlaga

SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

A következő négy testméret-index eredményei a **10. táblázatban** láthatók. Ezekre, a fejhosszúsági index kivételével, kizárólag a tartási hely volt szignifikáns hatással. A kaliber index 109-112 közötti értéke finomabb, keskenyebb alkatú állatot jellemez. A kvadratikussági index 120-123 körüli értéke azt jelzi, hogy a parlagi szamárállomány törzse rövidebb, mint a marmagassága, vagyis a szamarak (leginkább a barna színváltozat) alakja oldalról nézve

inkább enyhén megrövidült, mint szabályos négyzet alakú. A tömegességi- és a fejhosszúsági indexben sem volt igazolt különbség színváltozatok szerint. Összességében a vélhető, de nem igazolt testméret-különbségek a belőlük számolt testméret-indexekben nem eredményeztek statisztikailag igazolható különbségeket színváltozatokként.

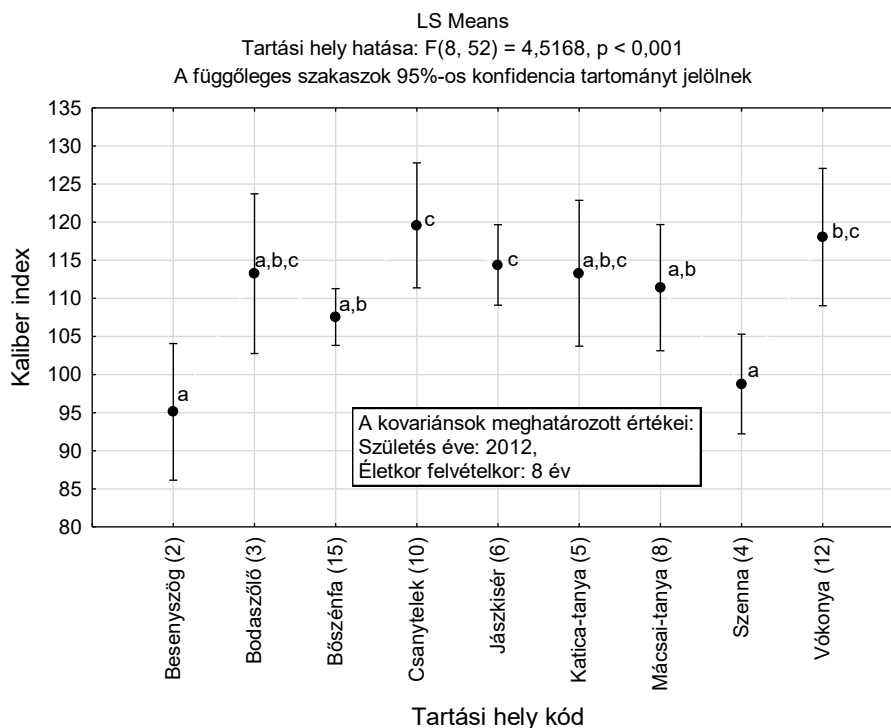
**10. táblázat:** A magyar parlagi számár kancák 8 éves életkorra és 2012-es születési évre korrigált testméret-index átlagai

Hatás	Kaliber index LSM SEM	Tömegességi index LSM SEM	Kvadratikusági index LSM SEM	Fejhosszúsági index LSM SEM
Színváltozat, p =	0,231	0,306	0,673	0,982
barna (n=27)	109,1 2,80	118,0 2,49	120,7 3,19	43,7 1,05
fekete (n=12)	109,2 2,80	118,7 2,50	122,1 3,20	43,8 1,05
szürke (n=26)	112,2 2,57	115,8 2,29	122,9 2,93	43,7 0,97
Tartási hely, p =	< 0,001	0,004	< 0,001	0,340
Életkor, p =	0,094	0,083	0,606	0,696
Születési év, p =	0,094	0,100	0,643	0,678
Főátlag	109,2	117,5	121,9	43,7

LSM – legkisebb négyzetek átlaga

SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

A **11. ábra** a kaliber index alakulását szemlélteti üzemenként. Ebből kiderül, hogy a kutatás során egészen finom szervezetű egyedeket tartó üzemeket is találtunk (100 alatti átlagos index értékkel), így Besenyszög és Szenna.



**11. ábra:** A magyar parlagi számár kancák 8 éves életkorra és 2012-es születési évre korrigált kaliber index átlagai tartási helyenként. A tartási hely után a létszámok szerepelnek a zárójelben. Az a,b,c,d betűk a tartási helyek közötti szignifikáns ( $p < 0,05$ ) különbségeket jelölik (Fisher-féle post-hoc test)

A **11. táblázat** tartalmazza a további négy testméret-index eredményeit. Az erősség hátul-, a hosszúlábúsági- és keskenységi indexekre ható tényezőkkel kapcsolatban a korábbi megfigyeléseinket ismételhetjük meg. A 136-139 körüli erősség hátul index érték azt mutatja, hogy a kancaállománynak lényegesen szélesebb a medence öve, mint a vállöve. A 34-35 körüli keskenységi index érték azt jelzi, hogy a törzs lényegesen hosszabb a vállszélességnél. Mindkét indexből az következik, hogy a parlagi számárra keskeny szűgy és vállrégió jellemző. A hosszúlábúsági index átlagértéke körülbelül 230-240. Ez az érték azt jelzi, hogy a magyar parlagi számár mellkasmélységéhez képest viszonylag hosszú mellső végtagokkal rendelkezik.

A testkapacitás index esetében sem mutatta ki a variancia-analízis a színváltozatok közötti különbségeket. A tartási hely igazoltan hat a két esetben, vagyis az üzemek, bizonyos tulajdonságok, azaz a testkapacitás és az erősség hátul indexek tekintetében eltérő méretű számárokat tartanak.

**11. táblázat:** A magyar parlagi számár kancák 8 éves életkorra és 2012-es születési évre korrigált testméret-index átlagai

Hatás	Erősség hátul index		Hosszulábúsági index		Keskenységi index		Testkapacitás index	
	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM
Színváltozat, p =	0,830		0,153		0,984		0,490	
barna (n=27)	136,7	5,28	230,7	5,18	34,5	1,73	167,5	10,3
fekete (n=12)	137,1	5,29	239,8	5,19	34,6	1,74	155,9	10,3
szürke (n=26)	138,9	4,84	236,8	4,76	34,7	1,59	161,6	9,43
Tartási hely, p =	0,040		0,479		0,114		0,002	
Életkor, p =	0,309		0,350		0,846		0,887	
Születési év, p =	0,328		0,421		0,895		0,886	
Főátlag	137,6		235,8		34,6		161,7	

LSM – legkisebb négyzetek átlaga

SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

#### **5.1.2.4 A leiró küllemi bírálat és a kondícióbecslés eredményei**

A lineáris küllemi tulajdonságok számszerű eredményei a **12-17. táblázatokban** szerepelnek. Megállapítható, hogy legtöbbjük medián értéke 5, vagyis a pontskála közepén elhelyezkedő szám. Ez azt is jelenti, hogy a magyar parlagi számár kancaállomány küllemi tulajdonságainak megnyilvánulási mértéke a lehetséges pontozási tartomány közepére esik. Mindemellet ezekről fölfelé és lefelé is keletkeztek pontok, ami az alkat változatosságát, kirívó esetben annak hibáját is megjeleníti.

A fej jellegére a nyakillesztésre és a nyak hosszára is igazolt hatást gyakorolt a testméret indexek esetében tapasztaltakhoz hasonlóan a tartási hely, míg a színváltozatoknak ilyen tekintetben sem volt statisztikailag igazolható hatása (**12. táblázat**).

**12. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák lineáris küllemi tulajdonságainak átlagai (a legkisebb és legnagyobb értékekkel kiegészítve (*dőlt, csökkentett betűméret*)) és mediánjai; pontértékek

Hatás	Fej		Fejtűzés		Nyakillesztés		Nyak hossza	
	átlag	medián	átlag	medián	átlag	medián	átlag	medián
Színváltozat, p =	0,763		0,305		0,216		0,376	
barna (n=27)	3	5,1	7	5,0	4	5,1	8	5,0
fekete (n=12)	2	4,9	7	5,0	4	4,7	5	5,0
szürke (n=26)	3	5,0	7	5,0	4	4,8	6	5,0
Tartási hely, p =	0,389		0,019		0,042		0,068	
Főátlag	5,0		5,0		4,9		4,9	

A **13. táblázat**ban található hatások esetében a tartási hely hatása (a nyak izmoltsága, a szügy és a mar tulajdonságokat vizsgálva) szignifikáns. Értékelésünk szerint a fekete színváltozat marja a leglaposabb, ám a barna és szürke egyedek marja sem oly kifejezett, mert ezek értékei sem emelkednek 5 fölé.

**13. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák lineáris küllemi tulajdonságainak átlagai (a legkisebb és legnagyobb értékekkel kiegészítve (*dőlt, csökkentett betűméret*)) és mediánjai; pontértékek

Hatás	Nyak izmoltsága		Szügy		Mar		Törzs	
	átlag	medián	átlag	medián	átlag	medián	átlag	medián
Színváltozat, p =	0,531		0,111		0,179		0,435	
barna (n=27)	3	4,7	6	5,0	4	5,0	7	5,0
fekete (n=12)	4	4,8	6	5,0	4	4,7	5	5,0
szürke (n=26)	3	4,7	7	5,0	3	4,8	7	5,0
Tartási hely, p =	0,016		0,021		0,024		0,273	
Főátlag	4,7		4,9		3,6		4,8	

A **14-17. táblázatok**ban lévő küllemi tulajdonságok esetében a tartási hely ismételtén több esetben is igazolt hatással bírt.

Általánosságban elmondható a mintázott kancaállományról, hogy lapockájuk többnyire kissé meredek szögellésű. Az elülső végtagok állása a franciás álláshoz közelít, mely a mellső végtagok *distalis* szakaszának kifelé irányuló tengelyeltérésében nyilvánul meg. A hátulsó végtagok állása enyhén gacsos (más néven: tehénállás), amelyet a csánkok tengelyeltérés miatti szabályosnál közelebbi elhelyezkedése, valamint a lábvégek kifelé irányuló állása jellemez. Emellett az elülső végtagok patái kifejezetten keskenyek.

**14. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák lineáris küllemi tulajdonságainak átlagai (a legkisebb és legnagyobb értékekkel kiegészítve (*dőlt, csökkentett betűméret*)) és mediánjai; pontértékek

Hatás	Váll szögelése		Hát hossza		Ágyék hossza		Farlejtés	
	átlag	medián	átlag	medián	átlag	medián	átlag	medián
Színváltozat, p =	0,384		0,710		0,459		0,793	
barna (n=27)	3	5,5	7	6,0	4	5,3	8	5,0
fekete (n=12)	4	5,7	7	6,0	1	5,1	8	4,5
szürke (n=26)	4	5,6	7	6,0	4	5,5	7	5,0
Tartási hely, p =	0,049		0,009		< 0,001		0,001	
Főátlag	5,6		5,4		5,6		4,2	

**15. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák lineáris küllemi tulajdonságainak átlagai (a legkisebb és legnagyobb értékekkel kiegészítve (*dőlt, csökkentett betűméret*)) és mediánjai; pontértékek

Hatás	Far izmoltsága		Elülső láb oldalnézet		Elülső láb csüdállás		Elülső láb elől nézet	
	átlag	medián	átlag	medián	átlag	medián	átlag	medián
Színváltozat, p =	0,088		0,293		0,795		0,232	
barna (n=27)	2	4,6	7	4,0	1	5,0	6	5,0
fekete (n=12)	3	4,1	5	4,0	4	5,2	6	5,0
szürke (n=27)	3	4,9	8	5,0	1	4,9	6	5,0
Tartási hely, p =	0,052		0,113		0,041		0,079	
Főátlag	4,6		5,0		4,7		5,4	

**16. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák lineáris küllemi tulajdonságainak átlagai (a legkisebb és legnagyobb értékekkel kiegészítve (*dőlt, csökkentett betűméret*)) és mediánjai; pontértékek

Hatás	Hátulsó láb oldalnézet		Hátulsó láb csüdállás		Hátulsó láb hátulnézet	
	átlag	medián	átlag	medián	átlag	medián
Színváltozat, p =	0,209		0,613		0,189	
barna (n=27)	3	5,1	7	5,0	3	4,6
fekete (n=12)	3	5,6	7	6,0	4	5,1
szürke (n=26)	4	5,4	7	6,0	3	5,0
Tartási hely, p =	0,011		0,082		0,418	
Főátlag	5,3		4,8		5,9	

A kancaállomány kondíciójának átlaga közel 3, mediánja szintén 3 volt, vagyis az állatok átlagosan jó kondícióban voltak, de tenyésztől függően hol soványabb, hol különböző mértékben elhízott egyedeket lelhattunk fel.

**17. táblázat:** A magyar parlagi szamár kancák lineáris küllemi tulajdonságainak és kondíciójának átlagai (a legkisebb és legnagyobb értékekkel kiegészítve (*dőlt, csökkentett betűméret*)) és mediánjai; pontértékek

Hatás	Pataállás		Pata területe		Kondíció	
	átlag	medián	átlag	medián	átlag	medián
Színváltozat, p =	0,694		0,588		0,231	
barna (n=27)	3	5,2	8	5,0	4	7,6
fekete (n=12)	4	4,9	7	5,0	2	6,8
szürke (n=26)	3	5,0	6	5,0	3	7,7
Tartási hely, p =	0,230		0,021		< 0,001	
Főátlag	5,1		7,5		3,0	

### 5.1.3 Alkattani eredmények megbeszélése

Alkattani feldolgozásunkat sikeresen elvégeztük. A testméretek felvételével, a testméret-indexek kiszámolásával és a küllemi pontozás bevezetésével hozzájárultunk a rekonstruált magyar parlagi szamárállomány jellemzéséhez és a Magyarországi Szamártenyésztők Egyesületének (MSZE) munkájához. Megállapítható, hogy az MSZE által kijelölt kancaállomány viszonylag egynemű, megfelelő alapját képezi a rekonstrukciós programnak.

A kapott eredmények felhasználhatók a magyar parlagi számár fajtastandardjának megállapításához.

Feldolgozásunk összehasonlította a kancaállományt a három fő szín tekintetében. A színváltozat és a testméretek közötti lehetséges kapcsolat magyarázatául felhozható, hogy a barna színű kancák a nagyméretű olasz számárfajta, a Martina Franca leszármazottjai, - amelyet régen az öszvér előállításához használtak Magyarországon (Kugler és mtsai., 2008), - míg a szürke egyedek kisebb méretű balkáni szamaraktól származnak. Vlaeva és munkatársai, (2016) azonban olyan adatokat publikáltak a bolgár számár ökotípusokról, amelyek közel megegyeztek a mieinkkel. Matiuti és munkatársai (2011) a Bánságban (Románia) élő számárpuláció jóval kisebb értékéről (marmagasság 105,0 cm) számolt be. Korábban Cecchi és munkatársai (2007) végeztek a miénkhez hasonló vizsgálatot olasz számárkancákkal, melynek során az Amiata számárkancák biometriai testméreteit és testméret-indexeit határozták meg, hasonlóképpen referenciát adva a fajta morfológiai jellemzéséhez és a későbbi összehasonlításokhoz.

Saját vizsgálatunk alapján, melynek során 2020 és 2021 között 65 hazai, a tenyésztőegyesület nyilvántartásában szereplő számárkanca testméretei kerültek rögzítésre, továbbá minden esetben elvégzésre került a küllemi bírlalat és pontozás is. Megállapítható, hogy a színváltozatok nem térnek el jelentősen egymástól, általánosságban véve az eltérő színű egyedek alkatilag hasonlóak egymáshoz. Így az egyes színváltozatok közötti esetleges testméretbeli különbségeket, mely kezdeti feltevésünk alapján fakadhat a fentebb említett eltérő származásukból is, vizsgálatunk nem igazolta. Perdomo-González és munkatársai (2022) lóban ellenőrizték a szőrzet színének és a lineáris morfofunkcionális tulajdonságoknak a genetikai összefüggését és megállapították, hogy létezik genetikai korrelációi ezek között, ami azt mutatja, hogy ezen tulajdonságok egyikének szelekciója befolyásolhatja (pl. növelheti vagy csökkentheti, az előjel és az érték szerint) a többi értékmérő tulajdonságot. Ez a tény és a rekonstruált állomány szélesebb körű jellemzése felhívja a figyelmet a magyar parlagi számárállomány különböző genetikai vizsgálatára, filogenetikai értékelésére.

Bízhatunk abban, hogy a fajta nagyobb országos populációja várhatóan az élelmiszerlánc (akár tejtermelése révén is) egy meghatározott szegmensét fogja betölteni a jövőben, mint a klímaváltozás és az ökológiai állattenyésztés kedvelt állata.

Ugyanakkor megállapítottuk, hogy a számártartó üzemek elérő méretű egyedeket tartanak, a gazdaságonkénti alkattani diverzitás számottevő, statisztikailag igazolt szinte mindegyik vizsgált tulajdonságban. A méretbeli különbségek a tenyésztői preferenciát tükrözik, ami a szamarak hasznosításával szorosan összefügg. Például, ahol a gyereklovagoltatás adja a használatot és a bevételt, ott kisebb testű egyedeket tartanak (Katica-tanya, 110 cm-es

marmagasság), ott, ahol a látvány és a húsrá történő értékesítés a fő szempont, ott nagyobb testűek az állatok (Vókonya, 120 cm-es marmagasság).

A teljes mintázott kancaállományra a keskeny szegy- és a szélesebb medence tájék jellemző. Elképzelhető, hogy ez a jelenség az ivari dimorfizmusban leli magyarázatát, ahogyan azt szamarak és lovak esetében is korábban már leírták (Košťuková és mtsai., 2015; Krebs és mtsai., 2021). Ebbe a feldolgozásba a méneket nem vontuk be, így erre pontos választ nem kaphatunk.

Megállapíthatjuk, hogy a magyar parlagi szamár kancák marmagasságukhoz képest viszonylag sekély mellkassal (ebből kifolyólag viszonylag hosszú végtagokkal) és rövid törzzsel rendelkeznek, vagyis zömökek. Marmagasságuk átlagosan 117 cm.

Druml és munkatársai (2015) a lineáris küllemi bírálat használhatóságát standard fényképek felhasználása mellett igazolták a lóban, a lipicai fajtában. Egyedi fényképeket mi is készítettünk, így a későbbiekben ezeket felhasználhatjuk az egyezés ellenőrzésére, valamint javasolható még a testméret és a küllemi tulajdonságok közötti fenotípusos korreláció meghatározása. Folla és munkatársai (2020) olasz hidegvérű lovak lineáris küllemi tulajdonságai között becsültek genetikai korrelációt. Reich és munkatársai (2024) a német melegvérű lovakban azonosították a marmagasság és a lineáris küllemi tulajdonságok kapcsolatát genomiális régiókkal.

A leíró küllemi bírálatot illetően kijelenthetjük, hogy a pontértékek feldolgozásával is fontos ismereteket szerezhettünk a magyar parlagi szamár kancáiról, továbbá gyakorlatiasabbá tettük, illetőleg igazoltuk ennek felhasználhatóságát a szamár fajban. A parlagi szamár kancák küllemi bírálatával kapott eredmények jellemzése során megállapítottuk, hogy azok számos lineáris küllemi tulajdonságai átlagosan a mértani átlagon nyilvánulnak meg, ám a tulajdonságokra szélső pontértékek is kiadásra kerültek. A magyar parlagi szamárakra általánosan elmondható, hogy nyakuk és faruk kevésbé izmolt, martájékuk nem kifejezett, a lapockájuk enyhén meredek állású, mellső lábuk patája keskeny, hátsó lábállásuk meglehetősen gacsos.

Kezdeti eredményeinkre alapozva javasoljuk a lineáris küllemi bírálat bevezetését a magyar parlagi szamár tenyésztése során. A küllem ezen aspektusból való figyelembevétele az olyan szélsőséges megnyilvánulási esetek, mint az alkati hibák, vagy a kóros elváltozások felderítését is erősen szolgálja.

## 5.2 Vemhességi vérplazma melatoninkoncentráció alakulására vonatkozó vizsgálatok őshonos szamárkancákban

### 5.2.1 Szamárkancák vizsgálatának anyag és módszere

#### 5.2.1.1 Kísérleti elrendezés

A kutatás elvégzése a PE/EA/01444-6/2022 állatkísérleti engedély számon lett jóváhagyva.

A vizsgálat az egyetlen őshonos magyar parlagi szamár törzstenyészetben zajlott (**4. ábra**), amely Bőszénfán található (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus Tangazdaság, Bőszénfai Szarvasfarm, cím: 7475 *Bőszénfa*, Malom utca 3.). Földrajzi elhelyezkedése 46,23° szélesség és 17,85° hosszúság szerint határozható meg. Meteorológiai adatok alapján az átlagos hőmérséklet decemberben 2 °C, júniusban 20 °C. A téli napforduló idején a napkelte és napnyugta időpontja 07:29, illetve 16:05, míg a nyári napfordulón 04:56 és 20:45.

A tenyészetben az összes szamárkancsa egész évben, szinte folyamatosan szabad tartásban volt, éjjel-nappal a legelőn tartózkodtak. Téli időszakban a takarmányozást szénával egészítették ki, az ivóvízhez állandó hozzáférést biztosítottak számukra. Az állomány egészségi állapota kifogástalan volt. Az állatok kondícióját ismételten vizuális megfigyeléssel és manuális tapintással állapítottuk meg, alkalmazva a The Donkey Sanctuary (<https://www.thedonkeysanctuary.org.uk>) szerinti irányelveket, melyek alapján az értékek 3 (ideális – a megfigyelések kétharmadában) és 4 (túlkondicionált) között változtak. Így az állatok jó vagy kissé túltáplált állapotban voltak. A kísérleti mintavétel kivitelezését, azaz a *vena jugularis* kitapintását és a vérvétel elvégzését a burkolt vastag nyak megnehezítette, ellenben az állatok kezes viselkedése jelentős előnyt jelentett. A tenyésztésbe vétel alapfeltétele a természetes ellenálló képesség megléte, ezért paraziták elleni rutinszerű kezelést nem alkalmaznak. A romló kondíciót mutató vagy terméketlen egyedeket selejteznek. A fedeztetési időszak áprilusra és májusra korlátozódik, az újravemhesítés természetes úton, háremben történik. A fedezőmének a vizsgálatban részt vevő kancákkal csak a fedeztetési időszak alatt tartózkodtak együtt, ezt követően a méncsoportba kerültek át.

A mintavételt megelőző napon valamennyi állatot az ottdolgozó személyzet betेरelte a szamarak kötetlentartású, fedett istállójába és ott tartották őket a mintavétel befejezéséig. A vizsgálathoz 15 kancát választottunk ki vemhességi állapotuk szerint; ettől eltekintve a kiválasztás véletlenszerűen történt a vizsgálat elején és ugyanazokat az egyedeket követtük nyomon a továbbiakban is. Július közepére a vemhes kancák megközelítőleg két hónapos magzatot hordoztak. Az egyedek vemhességi státuszát transzrektális ultrahang készülékkel (Easy-Scan:Go, IMV Imaging Ltd., Bellshill, UK) állapítottam meg. A mintavételezések három előre meghatározott időpontban történtek: 2022. július 14-én, 2022. november 12–13-án, valamint 2023. április 16–17-én. Mindhárom mintavételi dátum 24 órás periódust fedett le,

amelyben másfél óránként valósult meg egy újabb vérvétel kivitelezése. A vizsgálatban részt vevő állatok medián életkora 9 év volt (születési évük 2001 és 2017 között változott).

#### **5.2.1.2 Mintavétel és a melatonin meghatározása**

Az istállóban az éjszakai fényintenzitás mindig 10 lux alatt volt, míg nappal 100 lux alatt maradt. Ezt kézi fényerősségmérővel határoztunk meg (Testo 540, cikkszám: 0560 0540/0520 0010, Testo Ltd., Hampshire, Egyesült Királyság). Az éjszakai mintavételezéshez gyenge fényerejű vörös lámpát használtunk az állat közelében, így tudtuk biztosítani, hogy a kivitelezéshez szükséges és az istállón belüli orientációhoz elégséges fény mennyiség rendelkezésünkre álljon, de a melatonin hormon termelődését az éjszakai mintavételek során ne zavarjuk meg. A nappali mintavételezés során az állatok az istállóban maradtak, hogy a melatoninszint az alkalmazott eljárással kimutatható maradjon.

Mintavétel során kb. 8 mL vért vettünk a *vena jugularisból* EDTA-t tartalmazó vákuumcsövekbe (Premium Vacuette® K3E K3EDTA, cikkszám: 454086, Greiner Bio-One GmbH, Kremsmünster, Ausztria). A mintákat 5 °C alatti hőmérsékleten tároltuk. Egy napon belül a mintákat centrifugáltuk (Z 326 K univerzális centrifuga, HERMLE Labortechnik GmbH, Wehingen, Németország) 2000 × G erővel, 10 percen keresztül. A plazmát Eppendorf-csővekbe gyűjtöttük, majd ezt követően azonnal lefagyasztottuk és –18 °C-on tároltuk.

A melatoninkoncentráció (pg/ml) meghatározásához magas specificitása és szenzitivitása miatt egy Tecan RE29301 RIA készletet használtunk (RE29301, IBL International GmbH, Hamburg, Németország), amely jód-125 izotóppal jelzett antimelatonin antitestet tartalmazott (indirekt radioimmunoassay). A mintákat (200 µL) duplikátumban mértük és az átlagukat számítottuk. A méréseket gamma-számlálóval végeztük (Perkin Elmer Wallac Wizard 1470, Wallac Oy, Turku, Finnország).

#### **5.2.1.3 Statisztikai feldolgozás**

A melatonin teszteredményeket egyesítettük, majd Kolmogorov–Smirnov egy-mintás normalitás tesztet alkalmaztunk. A teszt megerősítette a melatonin adatok normál eloszlását ( $d = 0,1257$ ,  $p > 0,20$ ).

A melatoninszintek feldolgozásához az alábbi háttérváltozókat rögzítettük és számítottuk:

- Azonosítószám: az állatokban megtalálható elektronikus transzponder egyedi azonosítószáma, mikrochip-leolvasó segítségével meghatározva;
- Származás: a kancák származása két generációra visszamenőleg ismert volt;
- Mintavétel dátuma: a vérvétel napja;
- Mintavétel időpontja: a vérvétel órája és perce;
- Téli napforduló körüli napok: a 2022. december 21-i napfordulóhoz viszonyított napok száma (–160 és 128 között);

- Percek éjfél körül: az éjfélhez viszonyított pontos mintavételi időpont (-715 és 710 perc közötti intervallumban);
- Vemhességi állapot: ultrahangos vemhességvizsgálat alapján meghatározva 2022-ben; vemhes (ellő kancák, n = 8) vagy nem vemhes (nem ellő kancák, n = 7);
- Ellés időpontja: az a nap, amikor az ellés később bekövetkezett;
- Napok az ellésig: a vemhességi kor inverze, vagyis az ellés és a mintavétel közötti idő, napokban kifejezve. Ez a megközelítés kedvező, mivel a vemhesség hossza változó. A nem vemhes kancák esetében egy szimulált ellési időpontként május 15-ét vettük figyelembe, ami az adott állományról kapott ellési adatok alapján az átlagos ellési időpontjának felelt meg a vizsgálat helyszínén.

A melatoninszintek statisztikai feldolgozása két lépésben történt.

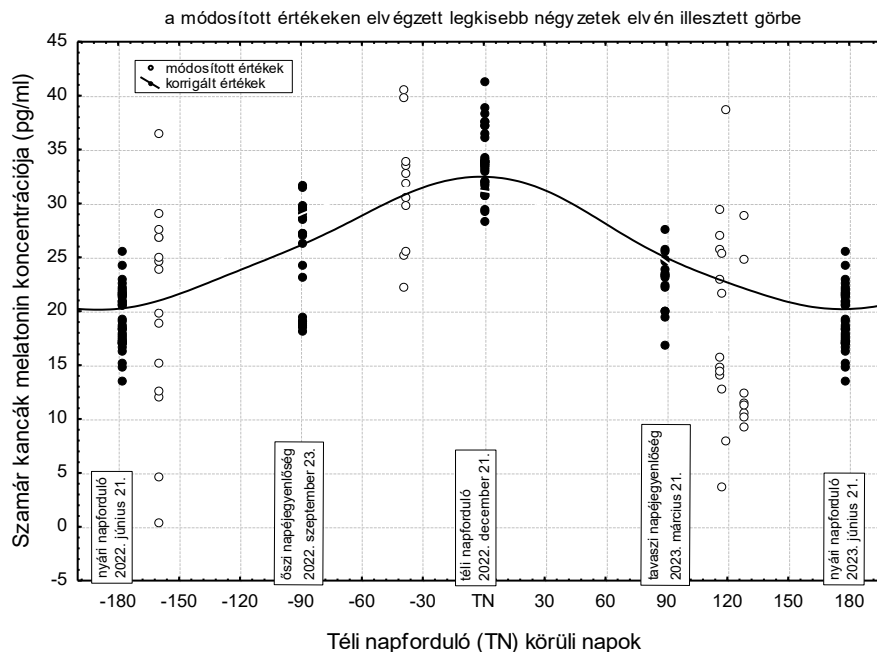
**Az első lépés során** korrigáltuk az értékeket a befolyásoló tényezők kizárásával, vagyis a korrekció során eltávolítottuk a modellt befolyásoló azon hatásokat, amelyek a melatoninkoncentráció lefutását torzíthatták volna. Egyed állatmodellt alkalmaztunk (Version 6.5f, Pedigree Viewer, University of New England, Sydney, Ausztrália), melyben a mintavétel sorszámát és a vemhességi állapotot fix hatásként, míg a téli napfordulótól, az éjféltől és az elléstől való távolságot kovariánsként kezeltük. Így kerültek meghatározásra a korrigált melatoninkoncentráció-értékek, amelyeket grafikusán szemléltettünk a cirkannuális ritmus, a cirkadián ritmus, valamint a vemhesség teljes időtartama szerint.

**A második lépésben** a korábban korrigált adatok alapján lineáris regresszió alkalmazásával becsléseket végeztünk meghatározott időpontokra, amelyek az évszakok közötti átmenetekhez, a napszakokhoz, valamint a vemhesség különböző szakaszaihoz kapcsolódtak. Az igazításokat elvégeztük a nyári és téli napfordulókra, továbbá a tavaszi és őszi napéjgyenlőségekre. A nap folyamán négy referenciaidőpontra számítottuk ki becsült értékeket: déli 12 órára, délután 18 órára, éjféltre, valamint reggel 6 órára. A vemhességi állapotról vonatkozóan az ellés dátumát megelőző 300, 150 és 5 nappal becsültünk értékeket. A korrigált koncentrációkat grafikusán is megjelenítettük, továbbá a kitüntetett dátumokhoz képest meglévő távolságokhoz súlyozott legkisebb négyzetes görbét illesztettünk, a cirkannuális ritmus, a cirkadián ritmus, valamint a vemhesség időbeli alakulásának függvényében. Az éjféli mintavételi időponthoz tartozó értékek közötti különbségek vizsgálatához egytényezős varianciaanalízist (one-way ANOVA) alkalmaztunk. A szignifikáns eltérések pontos azonosítását a Tukey-féle teszt (Tukey HSD) tette lehetővé. Az eredményeket átlaggal (mean) és annak standard hibájával (SEM) adjuk meg. A regressziós számításokat, a statisztikai összehasonlításokat és a grafikus megjelenítést a Statistica szoftverrel végeztük (version 14., TIBCO Software Inc., 2020, Palo Alto, CA, USA).

## 5.2.2 Szamárkancák vizsgálati eredményeinek bemutatása

### 5.2.2.1 Cirkannuális ritmus

A minden egyes mintavételhez tartozó korigált értékek, az évszakváltásokhoz igazított értékek, valamint a melatoninkoncentrációk becsült éves eloszlása az **12. ábrán** láthatók. A vizsgált kancapopulációban a legmagasabb melatoninszintet a téli napforduló idején mértük (megközelítőleg 32–33 pg/ml), míg a legalacsonyabb koncentráció a nyári napfordulókor volt jellemző (körülbelül 20 pg/ml). Az őszi és tavaszi napéjegyenlőség idején a melatoninkoncentrációk megközelítőleg azonos értéket mutattak (27, illetve 25 pg/ml), időarányosan elhelyezkedve a két napforduló értékei között.



**12. ábra.** A vérplazma melatoninkoncentrációjának éves eloszlása a vizsgált szamárkancák esetében (vemhes és nem vemhes egyedek együttesen)

A melatoninkoncentrációk évszakváltásokhoz igazított éjfélbeli értékeit, valamint ezek statisztikai vizsgálatának eredményeit az **18. táblázat** tartalmazza. Ezek az értékek a korábban meghatározott adatokhoz hasonló tendenciát mutatnak, azonban magasabbak, mivel az éjfél időpontjára történő korrekciót is tartalmazzák. A legalacsonyabb melatoninkoncentráció (27,67 pg/ml) a nyári napfordulón éjfélkor volt jellemző. Az őszi és tavaszi napéjegyenlőség idején hasonló koncentrációkat mértünk (33,35, illetve 31,23 pg/ml), melyek szignifikánsan különböztek a napfordulók értékeitől. A legmagasabb melatoninszint a téli napforduló éjfélbeli időpontjában alakult ki a vérplazmában (42,18 pg/ml).

**18. táblázat.** A szezonalitáshoz és éjfélhez igazított melatoninkoncentrációk a vizsgált számárkancáknál (vemhes és nem vemhes egyedek összevonva)

Esemény $p < 0,001$	Átlagos éjféli melatoninkoncentráció (pg/ml)	SEM*
Nyári napforduló (2022. június 21., 0:00)	27,67 <sup>a</sup>	0,459
Őszi napéjegyenlőség (2022. szeptember 24., 0:00)	33,35 <sup>b</sup>	1,071
Téli napforduló (2022. december 21., 0:00)	42,18 <sup>c</sup>	0,523
Tavaszi napéjegyenlőség (2023. március 20., 0:00)	31,23 <sup>b</sup>	0,683

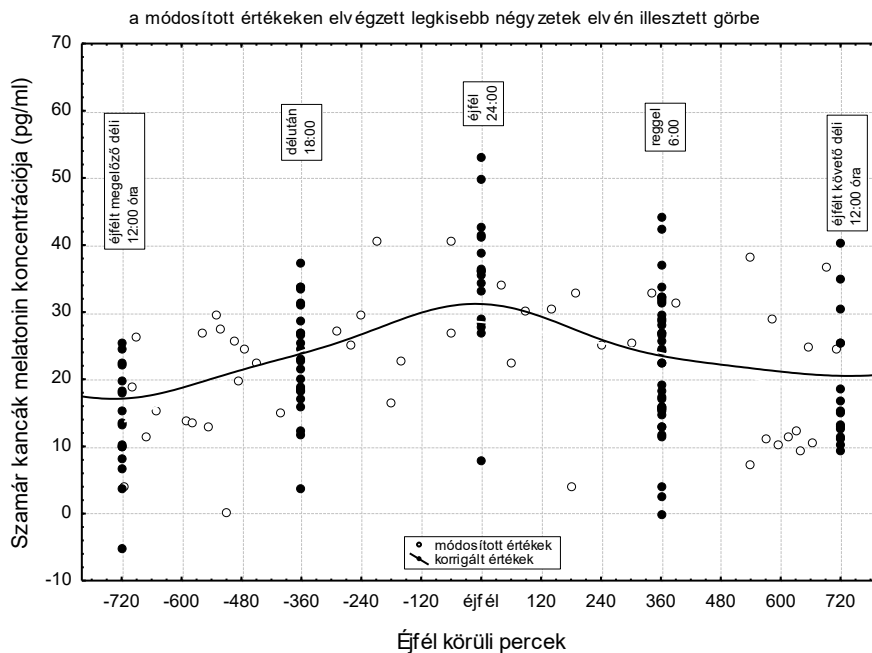
\* SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

abc: A különböző betűjelzések statisztikailag szignifikáns eltérést jeleznek az egyes események között (Tukey teszt,  $p < 0,05$ ).

### 5.2.2.2 Cirkadián ritmus

A **13. ábrán** láthatók az egyes mintavételekhez tartozó korrigált értékek, a napszakokhoz igazított értékek, valamint a melatoninkoncentrációk becsült napi eloszlása.

A vizsgált számárkancák esetében a legmagasabb melatoninszint éjfélkor volt megfigyelhető (megközelítőleg 32 pg/ml), míg a legalacsonyabb értékeket délben, illetve éjfél előtt és után mértük ( $\pm 720$  perc eltérés éjféltől számítva; kb. 17, illetve 20 pg/ml). Ezzel szemben éjfélhez képest  $\pm 360$  perces (azaz 6-6 órás) időeltolódásnál a koncentrációk hasonlóak voltak, rendre 24 és 23 pg/ml értékeket mutattak.



**13. ábra.** A vérplazma melatoninkoncentrációinak napi eloszlása a vizsgált számárkancákban (vemhes és nem vemhes egyedek összevont adatai alapján)

A napszakokhoz és a téli napfordulóhoz igazított melatoninkoncentrációk, valamint az ezekhez kapcsolódó statisztikai tesztek eredményei a **19. táblázat**ban találhatóak. Ezek az értékek megfelelnek a korábban bemutatottaknak (lásd **12. ábra**).

A legalacsonyabb értékeket délben mértük (23,85 és 28,81 pg/ml), amelyek szignifikánsan alacsonyabbak voltak a többi napszakhoz képest. A délutáni és reggeli értékek a középtartományba estek (33,17 és 32,63 pg/ml). Az előző fejezettel összhangban (lásd **18. táblázat**) a legintenzívebb melatonintermelést melatonintermelést (45,16 pg/ml) a téli napforduló éjszakáján figyeltük meg.

Fontos hangsúlyozni, hogy az itt szereplő értékek önállóan, a feldolgozás módjának megfelelően értelmezendők.

**19. táblázat.** A napszakhoz és a téli napfordulóhoz igazított melatoninkoncentrációk (pg/ml) a vizsgált számárkancákban (vemhes és nem vemhes állatok együtt)

<b>Esemény (napszakok szerint) p &lt; 0,001</b>	<b>Átlagos melatoninkoncentráció (pg/ml)</b>	<b>SEM*</b>
Éjfél megelőző déli időpont, 2022. december 21., 12:00	23,85 <sup>a</sup>	1,981
Délután, 2022. december 21., 18:00	33,17 <sup>b</sup>	1,607
Éjfél, 2022. december 22., 00:00	45,16 <sup>c</sup>	2,460
Reggel, 2022. december 22., 06:00	32,63 <sup>b</sup>	1,652
Éjfél utáni déli időpont, 2022. december 22., 12:00	28,81 <sup>ab</sup>	2,371

Megjegyzés: SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

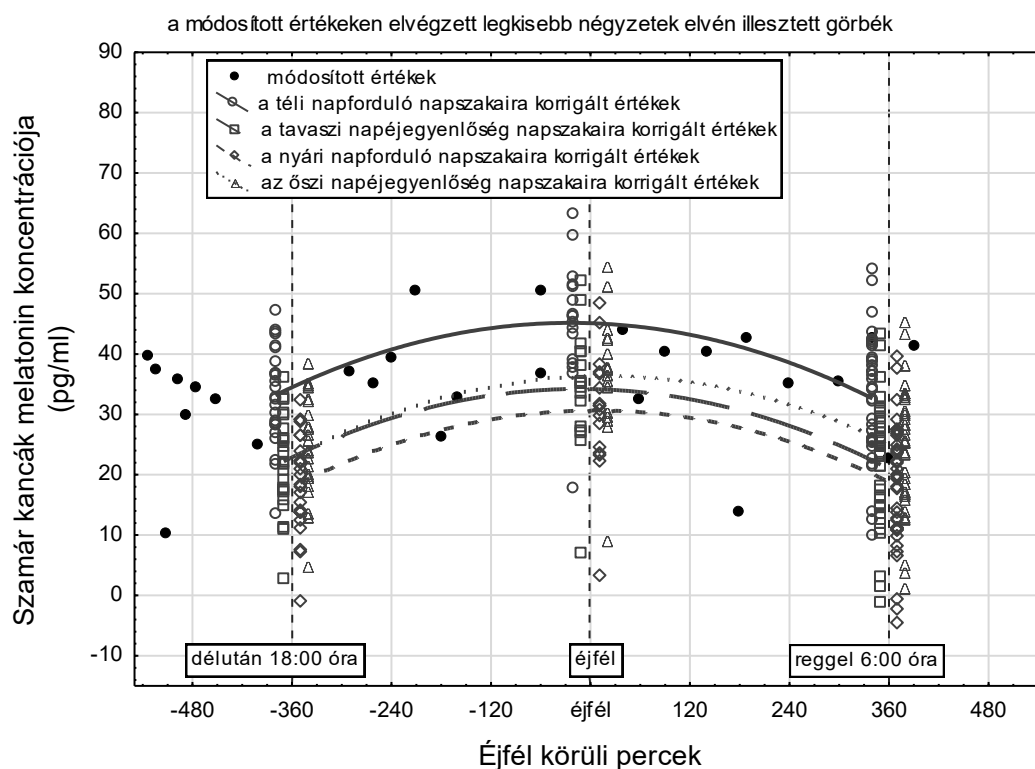
<sup>a-c</sup> Különböző felső indexek statisztikailag szignifikáns különbséget jeleznek (Tukey teszt, p < 0,05)

### **5.2.2.3 A magyar őshonos számár éjszakai vérplazma-melatoninszintjének szezonális alakulása az éjszakai félnap során**

A vérplazma melatoninkoncentrációinak korrigált értékei 10 és 50 pg/ml között mozogtak az előző vizsgálati fejezetekben.

Az éjszakai napszakhoz igazított melatoninkoncentrációk esetében szélesebb értéktartomány (0–60 pg/ml) volt megfigyelhető és az illesztett másodfokú görbék meggyőzően mutatták, az éjszakai órák során bekövetkező melatoninszint-emelkedést, majd csökkenést. A 18:00 órára és a reggeli 6:00 órára becsült vérplazma melatoninkoncentrációk alacsonyabbak és gyakorlatilag azonosak voltak.

A nyári és téli napfordulókra, valamint a tavaszi és őszi napéjegyenlőségekre számított vérplazma melatoninkoncentrációk szintén megerősítették a melatonin szezonális (cirkannuális) ritmusát (**14. ábra**). A legmagasabb vérplazma melatoninszint a téli napforduló idején, míg a legalacsonyabb a nyári napfordulón volt megfigyelhető.



**14. ábra** A vizsgált őshonos magyar samárkancák vérplazma-melatoninkoncentrációjának változása a nap és az év meghatározott időszakaiban, valamint annak lefutása kvadratikus egyenletekhez illesztve

A napszakokhoz és évszakokhoz igazított vérplazma melatoninkoncentrációk statisztikai feldolgozásának eredményeit az **20. táblázat** tartalmazza. Ezek az adatok szignifikánsan megerősítik a korábban említett trendeket.

Az átlagos melatoninkoncentráció 24,6 pg/ml volt 18:00 órakor, 36,6 pg/ml éjfélkor és 24,1 pg/ml reggel 6:00 órakor. Az éjféli koncentrációk szignifikánsan magasabbak voltak ( $p < 0,001$ ) mind a megelőző, mind az azt követő 6 órában mért értékekhez képest, azonban ez utóbbiak között nem volt statisztikailag igazolható különbség.

A téli időszakra jellemző korai sötétedés és késői világosodás, valamint a kancák sötét istállóban való tartása a téli napforduló idején jelentősen megnövelte a melatoninszintet, amely statisztikailag igazolhatóan eltért a nyári napfordulón, valamint a tavaszi és őszi napéjgyenlőségeken mért értékektől.

A téli napforduló éjszakáján mért korigált vérplazma melatoninkoncentráció 45,2 pg/ml volt, amely a vizsgálat során mért legmagasabb értéknek bizonyult.

**20. táblázat** A magyar őshonos szamárkancák vérplazma-melatoninkoncentrációjának (pg/ml) átlagértékei a napfordulók és a napéjegyenlőségek dátumaira számítva

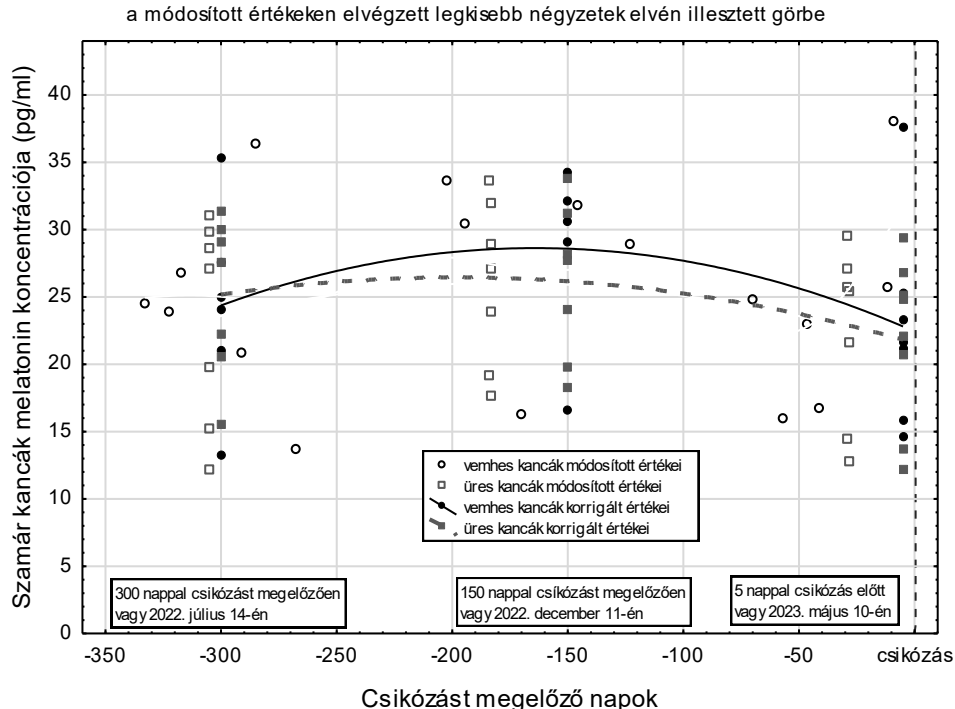
Év meghatározott napjai	Délután 18:00		Éjfél		Reggel 06:00	
	LSM <sup>1</sup> , p < 0,001	SD <sup>2</sup>	LSM, SD	LSM, SD	LSM, SD	SD
Nyári napforduló, 2022. június 21–22.	18,7 <sup>a</sup>	8,03	30,7 <sup>a</sup>	10,15	18,1 <sup>a</sup>	10,18
Őszi napéjegyenlőség, 2022. szeptember 23–24.	24,3 <sup>a</sup>	8,03	36,3 <sup>ab</sup>	10,15	23,8 <sup>a</sup>	10,18
Téli napforduló, 2022. december 21–22.	33,2 <sup>b</sup>	8,03	45,2 <sup>b</sup>	10,15	32,6 <sup>b</sup>	10,18
Tavaszi napéjegyenlőség, 2023. március 21–22.	22,2 <sup>a</sup>	8,03	34,2 <sup>a</sup>	10,15	21,7 <sup>a</sup>	10,18
Átlagérték, p < 0,001	24,6	9,57	36,6	11,28	24,1	11,42

LSM – legkisebb négyzetek átlaga, SD – szórás

a,b – a különböző felső indexű betűk szignifikáns különbségeket jeleznek az oszlopon belül (Tukey teszt, p < 0,05)

#### 5.2.2.4 A vemhesség ideje

A mintavételi időpontokra vonatkozó korrigált értékeket, a vemhesség meghatározott napjaira igazított adatokat, valamint az ellést megelőző utolsó 300 napban mért melatoninkoncentráció becsült eloszlását a **15. ábra** szemlélteti. A vemhes kancák melatoninszintje ebben az időszakban viszonylag állandónak tekinthető, körülbelül 25 pg/ml értéken. A kontrollidőszak alatt a nem vemhes állatok melatoninszintje szintén ezen a szinten stagnált.



**15. ábra** A vérplazma melatoninkoncentráció alakulása a vemhesség különböző szakaszaiban vemhes szamárkancákban, összehasonlítva a nem vemhes kontrollcsoporttal

A vizsgálati időszak során éjfélkor mért melatoninkoncentráció-értékek között nem mutatkozott statisztikailag igazolható különbség sem a vemhességi kor, sem a vemhességi státusz alapján (21. táblázat). Az értékek körülbelül 38 pg/ml körül mozogtak és a vemhesség előrehaladtával nem mutattak szignifikáns változást ( $p = 0,136$ ). Az észlelt eltérések a szezonális hatás korrekciója ellenére is maradványhibaként értelmezhetők.

**21. táblázat** A melatoninkoncentrációk éjfélhez igazított értékei a vemhesség különböző napjain

Ellésig hátralévő napok $p = 0,136$	Átlagos éjféli melatoninkoncentráció (pg/ml)	SEM*
<b>300 nappal ellés előtt</b> , $p = 0,830$	38,80	1,74
– Vemhes	38,37	2,971
– Nem vemhes	39,17	2,218
<b>150 nappal ellés előtt</b> , $p = 0,523$	41,17	1,757
– Vemhes	42,58	3,107
– Nem vemhes	40,16	2,169
<b>5 nappal ellés előtt</b> , $p = 0,771$	36,09	1,754
– Vemhes	36,67	2,922
– Nem vemhes	35,58	2,248

\* SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

### 5.2.3 Szamárkancák eredményeinek megbeszélése

A vizsgálati körülmények között a szamárkancák vérplazmájában mért melatonin csúcskoncentráció 45 pg/ml volt (éjfélkor, a téli napfordulón, az északi féltekén), amely megközelítőleg fele a Guillaume és munkatársai (2006) által ősszel, az éjszakai időszakban szamárkancákban megállapított 90 pg/ml átlagértéknek. Ez alapján a szamár vérplazma-melatoninszintje közelebb áll a lóéhoz, mint azt korábban feltételezték (Altinsaat és mtsai., 2009; Rapacz és mtsai., 2010; Gáspárdy és mtsai., 2023).

Vizsgálatunk egy teljes év során követte nyomon a vérplazma melatoninkoncentrációjának változását. Az őszi időszakra vonatkozóan Guillaume és munkatársai (2006) szintén megfigyelték a melatoninszint éjszakai emelkedését két egymást követő héten keresztül. Cozzi és munkatársai (1991) szerint az ősztér esetében is kimutatható a melatoninintermelés ciklikussága: tavasszal alacsonyabb, míg ősszel magasabb melatoninkoncentráció jellemző a vérplazmában. Hasonló jelenség figyelhető meg jelen tanulmányban is, azonban az említett két adott évszak közötti eltérés nem bizonyult szignifikánsnak. A szezonális különbségek élettani hátteret is sejtetnek, mivel az év eleji melatoninszint markáns csökkenése előfeltétele lehet a szaporodási időszak korai megindulásának, valamint a hosszúnappalos

szaporodásmenetű szamár fajban az ivari ciklus (ösztruz) beindulásának. Ezzel a jelenséggel összhangban vannak jelen vizsgálatunk eredményei is.

A napi ritmus megléte a vérplazma melatoninkoncentrációjában szintén igazolódott a jelen vizsgálat során. Fontos hangsúlyozni azonban, hogy a vizsgálat idején a nappali megvilágítás sosem haladta meg a 100 lux értéket. Ellenkező esetben a melatoninszint a kimutathatósági határ (0,5 pg/ml) alá csökkent volna, ahogyan azt lovaknál már korábbi kísérlet során megállapították (Murphy és mtsai., 2007). Cozzi és munkatársai (1991) öszvérek esetében szintén kimutatták a melatonintermelés cirkadián ritmusát is, melynek során a termelés növekedése ősszel 18 órakor, tavasszal 22 órakor indult meg, míg a csökkenés mindkét évszakban reggel 7–8 óra között következett be. Ez a vizsgálat is megerősítette, hogy a melatonintermelés szoros összefüggést mutat a természetes világos–sötét ciklussal, továbbá azt is kimutatták, hogy öszvérekben a melatoninszint délutáni emelkedése szezonálisan kifejezettebb volt, mint a reggeli csökkenés. Ezzel összhangban van a jelen vizsgálatunk. Az is megfigyelhető volt, hogy ugyanazon 6 órás időintervallum (éjfélről számítva) esetében a délutáni melatoninkoncentrációk magasabbak voltak, mint a reggeli értékek. A lófélék esetében több tanulmány igazolta a melatoninszint 24 órás ritmusát természetes körülmények között, vagyis egy többórás világos periódust, egy többórás sötét periódus követ és ezek összessége alkotja a teljes napot (Guerin és mtsai., 1995; Piccione és mtsai., 2013). Murphy és munkatársai (2011) 24 órán át sötétben tartott lovaktól kétóránként vett vérminták alapján nem találtak szignifikáns változást a szérum-melatoninszintekben az idő függvényében. A szerzők ebből arra következtettek, hogy a melatonin önmagában nem felelős a cirkadián folyamatok fenntartásáért a lovakban.

Az utolsó mintavétel időpontja a várható ellés előtt számított két hónapon belülre esett. A szamár csikó születését megelőző, megbízhatóbb időpontra (5 nappal ellés előtt) történt korrekció, a bizonytalanabb ellési időpontra viszont nem. A melatoninszintek pontos ismerete közvetlenül az ellés előtt, illetve annak időpontjában további vizsgálatokat igényel. Az eredmények arra engednek következtetni, hogy a Közép-Európában élő szamár melatoninszintjének változásai jelentős hasonlóságot mutatnak a ló (*Equus caballus*) esetében leírtakkal, mivel lófélék esetében rendelkezésre állnak adatok az éjszakai melatoninszintre vonatkozóan az ellés idején: március eleji átlagos ellési időpontra vetítve ez az érték 36,35 pg/ml volt (Gáspárdy és mtsai., 2023).

Kimutattuk, hogy a vizsgálati időszak során éjfélnélkor mért melatoninkoncentráció-értékek (körülbelül 38 pg/ml) között nem mutatkozott statisztikailag igazolható különbség sem a vemhességi kor, sem a vemhességi státusz alapján.

## 5.3 Vemhességi vérplazma melatoninkoncentráció alakulására vonatkozó vizsgálatok őshonos anyajuhokban

### 5.3.1 Anyajuhok vizsgálatának anyag és módszere

#### 5.3.1.1 Kísérleti elrendezés

A kutatás elvégzése a PE/EA/01444-6/2022 állatkísérleti engedély számon lett jóváhagyva.

Vizsgálatunkban tizenhat vemhes cigája juh vett részt, amelyek a Budapesti Állatorvostudományi Egyetemhez tartozó Tangazdaság (Cím: 2225 Üllő, Dóra major) állományából származtak (**5. ábra**) (földrajzi koordináták: 47° északi szélesség, 19° keleti hosszúság).

Az állomány tenyésztése a génmegőrzési szerepének betöltése és oktatási célú felhasználása mellett zajlik a gazdaságban. A cigája juhok más juhfajtáktól elkülönítve, önálló hodályban kerültek elhelyezésre a kísérleti időszak alatt. A fajta őshonos státuszát a **4/2007. (I.18.) FVM–KvVM rendelet** is rögzíti, amely a védett őshonos és veszélyeztetett mezőgazdasági állatfajták körét határozza meg.

A Tangazdaság cigájaállományában a bárányokat egységesen április 15-én választották le. Majd, a kísérletet megelőzően az anyajuhok közepes minőségű legelőn legeltek. A kísérlet kezdetekor testtömegük 53–57 kg között változott, átlagos testkondíció-pontszámuk 3,0 volt az 1–5-ig terjedő skálán.

2023 június 1-jétől a cigáják hodályában sötétítési fényprogramot vezettünk be. A juhállomány (35 felnőtt tenyésztésbe vont anyajuh) ettől kezdődően egyre kevesebb időt töltött a legelőn és egyre többet a hodályban. Egyúttal, a program első napján (június 1-én) engedtünk az anyajuhok közé tenyészkest, így háremszerű pároztatás valósult meg. Ekkor, a természetes nappali világosság hossza 15 óra 42 perc volt (napkelte 4:50, napnyugta 20:32). Ez a világossági periódus fokozatosan csökkent és a hónap végére elérte a szeptember 1-jére jellemző nappal hosszát, 13 óra 25 percet (napkelte 6:03, napnyugta 19:28). Ezt, a szeptember 1-jére jellemző világossági viszonyokat tartottuk fenn mesterségesen július és augusztus hónapban.

A juhok számított energia- és fehérjeszükséglete 2023 júniusa és szeptembere között 8–10 MJ NE<sub>m</sub>, illetve 110–133 g nyersfehérje között alakult. A becsült egyedi réti fűfogyasztás napi 3–3,5 kg volt. Kiegészítő takarmányként minden egyed fejadagra számolva naponta 50 g zabot, 50 g rozst, valamint 500 g lucernaszénát kapott a kísérlet kezdetétől (június 1.) kezdődően. Az állatok számára az ivóvízhez és a nyalósóhoz korlátlan hozzáférést (*ad libitum*) biztosítottunk. Alomanyagként búzaszalma került felhasználásra, melyet rendszeresen frissítettek a gondozók. A legelőhöz való napi hozzáférés a teljes kísérleti időszak alatt folyamatosan biztosított volt.

Szeptember 1-jétől azonban az állatokat ismét a természetes világos–sötét periódusnak tettük ki, így az anyajuhok napi aktivitása ettől kezdve a természetes nappali és éjszakai ritmust követte: a legelés hajnalban kezdődött és szürkületkor fejeződött be. Ettől az időponttól kezdve az állatok napi takarmányadagja 500 g abrakkeverékből és 1 kg lucernaszénából állt. E táplálékfelvétel fedezte a juhok szeptember és december közötti időszakra becsült szükségleteit, amelyek 12–13 MJ NE<sub>m</sub>, valamint 290–300 g nyersfehérje értékben határozhatók meg.

A vizsgálati tervet időbeli párhuzamosságra építettük, amelynek következtében a vemhesség időszaka átfedésbe került a téli napfordulóig hátralévő periódussal. Tehát, a kutatási protokoll kialakításakor az volt a célunk, hogy a vemhesség a természetes fényviszonyok csökkenésének szakaszára essen, miközben az ellések időben fokozatosan közelítsenek a téli napfordulóhoz (lásd: **17. ábra**).

A mintavételeket összesen ötször, öt különböző éjszaka során végeztük el ugyanazon egyedektől, 18:00 és 06:00 óra között, körülbelül 40 percenként.

A mintavételezési időpontok 2023. szeptember és december között, előre meghatározott dátumokon történtek, mégpedig az őszi napéjgyenlőség és a téli napforduló közé esve: szeptember 29-én (6 nappal az őszi napéjgyenlőség után), október 27-én, november 17-én, november 29-én, valamint végül december 9-én (13 nappal a 2023-as téli napforduló előtt). December 1-jén a nappali világosság hossza 8 óra 45 perc volt (napkelte: 07:09, napnyugta: 15:54). A mintavétel minden esetben a bal oldali *vena jugularisból* történt, szisztematikusan és következetesen.

Az első két mintavételi alkalom során a cigájaállomány valamennyi egyedétől vettünk vérmintát és ezzel egy időben vemhességi vizsgálatot is végeztünk. A vemhesség igazolására ultrahangos készüléket használtunk (Draminski - Animal Profi 2, Technology, 11-036 Szabruk, Lengyelország). A további mintavételezésekben, majd a vemhesség alatti plazma melatoninkoncentráció meghatározásában kizárólag az a 16 anyajuh vett részt, amelyek esetében a vemhesség már igazoltan fennállt.

A feldolgozásba bekerült 16 anyajuh átlagéletkora 4,9 év volt, születési idejük 2015 és 2020 közé esett. A különböző vemhesülési időpontok miatt az anyák a vizsgálati időszakban a vemhesség eltérő szakaszaiban voltak, illetve eltérő időpontban ellettek. Ez elengedhetetlen feltétele annak, hogy a vemhességi kor és az év napjai által okozott hatásokat a melatoninszintre egymástól elkülönítve vizsgálhassuk. A vizsgálat végére összesen 12 egyed hozott világra utódot, így 12 anya–bárány párost vizsgáltunk az ellés utáni időszakban, még a téli napfordulót megelőzően.

Az éjszakai mintavétel minden esetben teljes sötétségben történt. A mintavételezést megelőzte a tájékozódáshoz használt infravörös izzó fényintenzitásának ellenőrzése digitális

fénymérő készülékkel (Testo 540, Testo Saveris GmbH., 79822 Titisee-Neustadt, Németország); a megvilágítás mértéke valahányszor 5 lux alatti értéket mutatott (**16. ábra**).



**16. ábra** A kísérlet kivitelezéséhez biztosított megvilágítási körülmények - ÁTE-Tangazdaság (forrás: saját felvétel, 2023)

### **5.3.1.2 Mintavétel és a melatoninkoncentráció meghatározása**

Első lépésként a juhok nyaki régiójának egy kis területét lenyírtuk, majd körülbelül 8 milliliter vért vettünk a *vena jugularisból* EDTA-t tartalmazó vákuumos vérvételi csövekbe (Premium Vacuette® K3E K3EDTA Blood Collection Tube, Ref: 454086, Greiner Bio-One GmbH., 4550 Kremsmünster, Ausztria). A vérmintákat hűtőládában, 5 °C alatti hőmérsékleten tároltuk. A vérvételek elvégzését követően, aznap a mintákat univerzális centrifugával (Z 326 K, HERMLE Labortechnik GmbH, 78564 Wehingen, Németország) centrifugáltuk 4000 fordulat/perc sebességgel, 10 percen keresztül, +4 °C-on. A centrifugálást követően a plazmát Eppendorf csövekbe gyűjtöttük, majd azonnal -18 °C-ra fagyasztottuk és tároltuk a magas specificitású és szenzitivitású radioimmunoassay (RIA) analízisig.

A melatoninkoncentráció meghatározása pg/ml egységben történt. A koncentráció meghatározásához a gyártói protokollnak megfelelően a Tecan RE29301 RIA készletet használtuk (RE29301, IBL International GmbH, 22335 Hamburg, Németország), amely jódt-125 (<sup>125</sup>I) izotóppal jelölt antimelatonin antitestet tartalmazott (indirekt radioimmunoassay eljárás). A készlet érzékenysége 0,9 pg/ml volt; a vizsgálat intra-assay és inter-assay kimutatási tartománya 28,8–266, illetve 3,5–281 pg/ml volt, a hozzájuk tartozó variációs koefficiensek 3,9–6,8% és 6,2–16% értékek között mozogtak. A melatoninkoncentráció meghatározását gamma-számláló készülékkel végeztük (Perkin Elmer Wallac Wizard 1470,

Wallac Oy, 20750 Turku, Finnország). A mintákat (200 µL) duplikátumban mértük, majd az így kapott értékek átlagát számítottuk ki, amelyet nyers mintaértékként vettünk figyelembe.

### 5.3.1.3. Statisztikai feldolgozás

A kos beengedésétől a fogamzásig eltelt napok számát az ellés dátumából számítottuk vissza. A vemhesség hosszát 150 napnak tekintettük (Cunningham és mtsai., 2022). A kumulatív vemhesülési arány meghatározására túlélési analízist (Kaplan–Meier-módszer) alkalmaztunk. A melatonineredmények feldolgozásához háttérinformációként az alábbi adatokat rögzítettük és számoltuk ki:

- Azonosító szám: fülben lévő életazonosítóval ellátott jelölés;
- Mintavétel dátuma: a vérvétel napja;
- Mintavétel időpontja: a vérvétel pontos ideje (óra, perc);
- Napok a téli napfordulóig: a vérvétel időpontja és 2023. december 21. között eltelt napok száma (–83 és –13 nap között);
- Percek éjfél körül: az éjfél és a mintavétel pontos időpontja között eltelt percek száma (–345 és 323 perc között);
- Ellés dátuma: az ellés napja;
- Napok az ellésig: a vérvétel és az ellés dátuma között eltelt napok száma (–138 és –2 nap között);
- Napok az ellés után: az ellés és a mintavétel dátuma között eltelt napok száma (0 és 19 nap között).

A mért melatoninkoncentráció statisztikai feldolgozását két lépésben végeztük el.

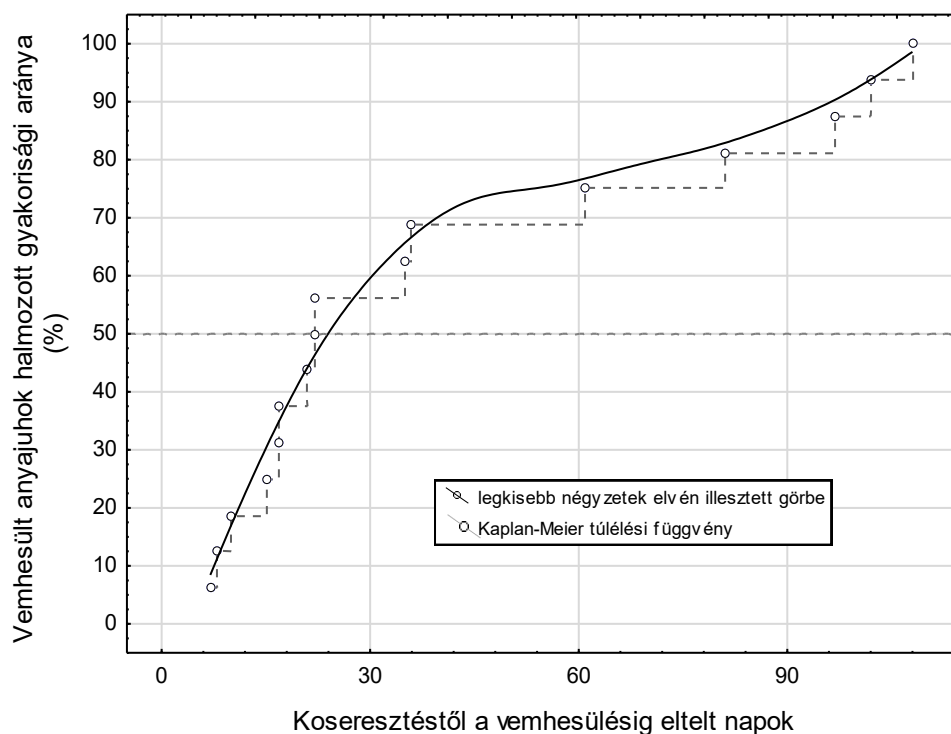
**Az első lépésben** a nyers mintaértékeket korrigáltuk oly módon, hogy kiküszöböltük a mintavétel napjának (napok a téli napfordulóig), időpontjának (percek éjfél körül), valamint a vemhességi kornak (az ellésig hátralévő napok inverze) befolyásoló hatását. Ehhez az egyed állatmodellt használtuk a Pedigree Viewer (Version 6.5f, Pedigree Viewer, University of New England, Sydney, Ausztrália, 2015) szoftverből. A feldolgozások során azt a hatást távolítottuk el aktuálisan a modelltől, amely függvényében vizsgáltuk a melatoninkoncentráció alakulását.

**A második lépésben** különböző specifikus időpontokra (pl. éjfél az őszi napéjnyelőség napján, délután 18:00 a középső időszakban, éjfél az ellés előtti 98. napon, illetve az ellést követő első napon) becsültünk értékeket. Ezek összehasonlításához egytényezős varianciaanalízist (ANOVA), valamint szignifikáns eltérések pontos azonosításához Tukey-féle tesztet (Tukey HSD) alkalmaztunk. Az eredményeként az átlagértéket és annak standard hibáját (SEM) jelenítettük meg. A regressziók, különbségek és grafikus ábrázolások számításához a Statistica szoftvert használtuk (version 14., TIBCO Software Inc., 2020, Palo Alto, CA, USA).

## 5.3.2 Anyajuhok vizsgálati eredményeinek bemutatása

### 5.3.2.1 Vemhesülési eredmények

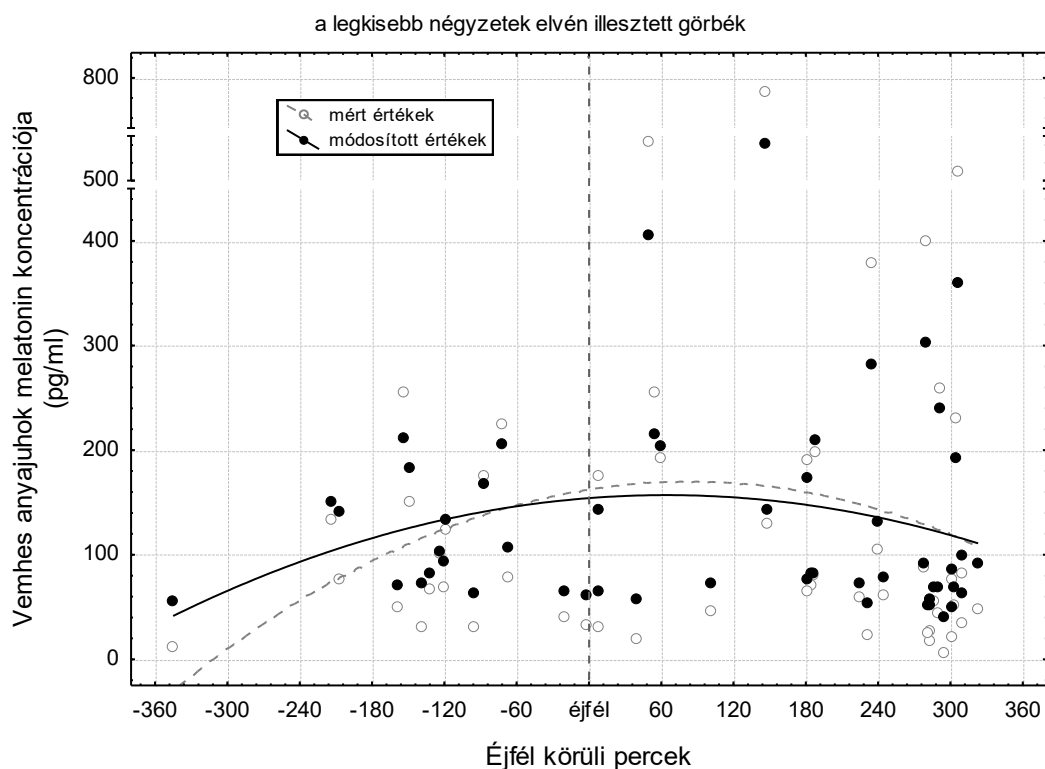
A 16 vemhes anyaállat esetében a hárem megnyitásától számított vemhesülések becsült átlaga 41,2 nap volt (minimum: 7 nap, maximum: 108 nap). Az **17. ábra** szemlélteti, hogy az anyák 50%-a a 22. napig (mediánérték) vemhesült és közel 75%-uk az első két hónap során. A vizsgálati időszak alatt 12 anyaállat ellett, további négy – amelyek vemhesülési ideje meghaladta a 80 napot – a vizsgálaton kívül eső időszakban hozta világra utódját. A 12 ellésből három ikerellés volt (kettő kosbárány-pár, valamint egy vegyes ivarú ikerpár). Összesen 15 bárány született, ebből 9 kosbárány és 6 jerkebárány.



**17. ábra.** Az anyajuhok kumulatív vemhességi arányának időbeli eloszlása a háremnyitástól kezdődően

### 5.3.2.2 Éjfél körüli időszak

Elsőként a melatoninkoncentráció éjszakai eloszlását mutatjuk be (**18. ábra**). A vemhesség alatt összesen 53 mintát értékeltünk a 16 juh egyedeitől, ami átlagosan 3,3 mintát jelent állatonként. A nyers és a korrigált értékek hasonló lefutást mutatnak: esti emelkedést, éjszakai csúcsot, majd hajnali csökkenést. A korrekció során figyelembe vettük a vemhességi kort, valamint a téli napfordulóig hátralévő napok számát. Ezzel a módszerrel lehetővé vált, hogy a melatoninkoncentrációt kizárólag az éjszakai órákhoz viszonyítva értékeljük. Az illesztett másodfokú görbék csúcspontjai megközelítőleg 60 perccel éjfél után helyezkednek el.



**18. ábra.** A vemhes juhok éjszakai plazma melatoninkoncentrációjának alakulása

A másodfokú görbeillesztés alapján a vizsgálati periódus közepére („középidő”, 2023. november 6–7.) eső éjszaka kiválasztott időpontjaira vonatkozóan meghatározott, korigált melatoninkoncentráció-értékeket a **22. táblázat** tartalmazza. Ezen az éjszakán a sötét időszak hossza 14 óra 17 perc volt (napnyugta: 16:18, napkelte: 06:35).

A korigált melatoninkoncentráció 2023. november 6-án 18:00 órakor 68,8 pg/ml volt. A november 7-én 01:00 órakor, valamint 06:00 órakor mért értékek ennél lényegesen magasabbak voltak (159,3, illetve 122,4 pg/ml). A különbségek annak ellenére, hogy érdeminek, a szignifikanciahatárhoz közelinek tekinthetők, statisztikailag nem bizonyultak szignifikánsnak ( $p = 0,085$ ).

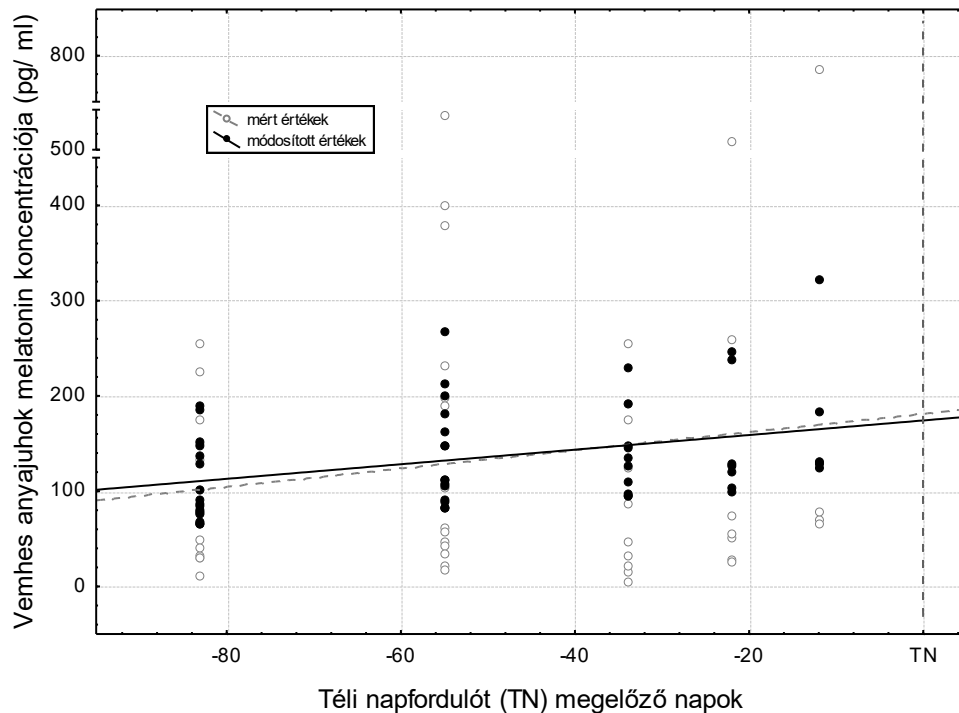
**22. táblázat.** A melatoninkoncentráció korigált értékei a vizsgálati időszak közepére eső, meghatározott napszakok szerint

Meghatározott napszak $p = 0,085$	Vizsgált minták száma†	Melatoninkoncentráció átlaga (pg/ml)	SEM*
Délután 18:00 (2023. november 6.)	11	68,8	15,71
Éjfél csúcs után 01:00 (2023. november 7.)	21	159,3	26,20
Reggel 06:00 (2023. november 7.)	30	122,4	20,60

† Azok a vemhes anyajuhok, amelyek mintavétele a megadott időpontokhoz esett a legközelebb. A mintavétel időpontja rendre:  $< -100$ ,  $> -150$  és  $< 150$ , illetve  $> 100$  perc éjfélhez viszonyítva. \* SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

### 5.3.2.3 Időszak az őszi napéjgyenlőség és a téli napforduló között

A vizsgált időszak során a nyers és a korrigált melatoninkoncentráció-értékek egyaránt emelkedő tendenciát mutattak (**19. ábra**). Ebben az elemzésben a korrigált értékek kiszűrték a vemhességi kor és a mintavételi időpont (éjfélhez viszonyított percek) hatását. Az értékekre illesztett lineáris regressziós görbék a trendet jól szemléltették és a korrigált adatok esetében a növekvő irányú változás statisztikailag is szignifikánsnak bizonyult ( $p = 0,011$ ).



**19. ábra.** A plazma melatoninkoncentráció alakulása a mintavételek alapján az őszi napéjgyenlőségtől a téli napfordulóig vemhes juhokban

A **23. táblázat** egyidejűleg mutatja be a melatoninkoncentrációkat éjfélkor és a téli napfordulóig hátralévő meghatározott napokon. Az értékbecslés lineáris görbeillesztéssel történt. Az igazított értékek számításához azok a megfigyelések kerültek felhasználásra, amelyek időben a legközelebb estek a kijelölt napokhoz.

A legalacsonyabb melatoninkoncentráció az őszi napéjgyenlőség éjszakájára jellemző (127,5 pg/ml). Ettől szignifikánsan eltérően a legmagasabb érték a téli napforduló éjszakáján alakult ki (188,3 pg/ml,  $p < 0,001$ ). A két érték közötti, közbenső koncentráció alakult ki az úgynevezett „középidő” éjjelén (158,1 pg/ml), azonban ez egyik másik időponttól sem tért el statisztikailag igazolható módon.

**23. táblázat.** A melatoninkoncentráció éjféli és a téli napfordulóig hátralévő napokhoz igazított értékei

Meghatározott napok p < 0,001	Figyelembe vett mintaszám†	Éjféli melatoninkoncentráció átlaga, pg/ml	SEM*
Őszi napéjegyenlőség (2023. szeptember 23–24.)	29	127,5 <sup>a</sup>	9,13
Középidő (2023. november 6–7.)	25	158,1 <sup>ab</sup>	10,24
Téli napforduló (2023. december 21–22.)	22	188,3 <sup>b</sup>	12,44

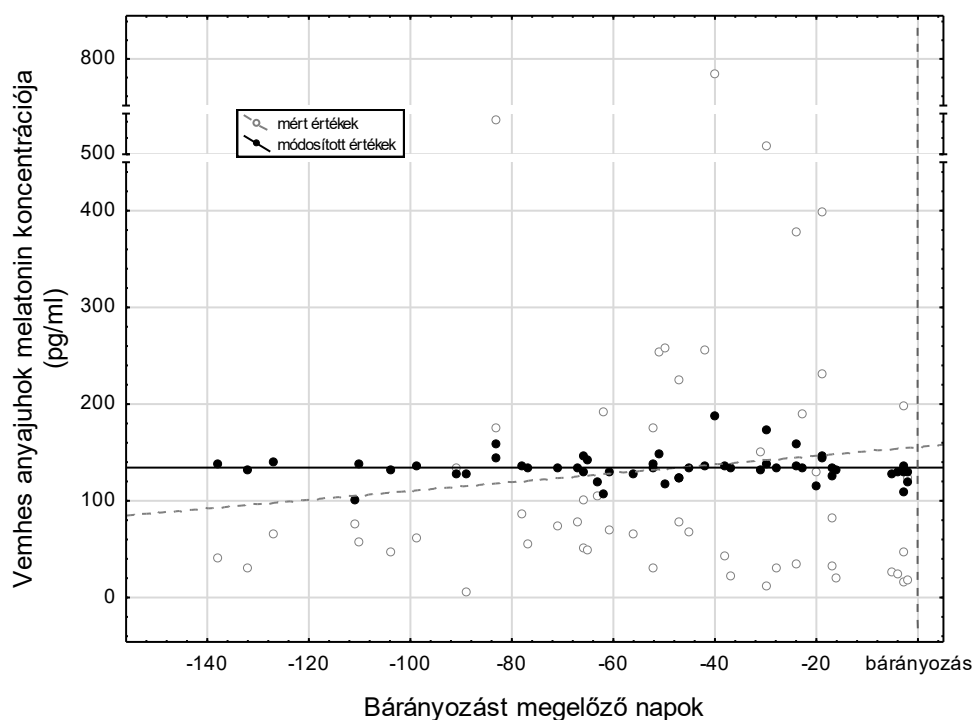
† Azok a vemhes juhok, amelyek vérvételének időpontja legközelebb esett az adott napokhoz. A mintavétel napjai < -50, > -50 és < -30, valamint > -40 nap között.

\* SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

<sup>a</sup>, <sup>b</sup> A különböző felső indexű betűk szignifikáns eltérést jeleznek (Tukey teszt, p < 0,001).

#### 5.3.2.4 Vemhességi időszak

A **20. ábrán** a nyers mintavételi értékek megoszlása látható az ellésig (bárányozásig) hátralévő napok szerint. A megfigyelési pontok eloszlása arra utalhatna, hogy a plazma melatoninkoncentrációja vemhességi korfüggő növekedést mutat, azonban az illesztett lineáris függvény statisztikai értékelése ezt nem támasztotta alá (p = 0,442). A korrigált (módosított) minták tekintetében a **20. ábra** egy vízszintes egyenest ábrázol. A korrekciót az éjféli körüli percek és a téli napfordulóig hátralévő napok hatásának kiszűrésével végeztük el. A statisztikai ellenőrzés igazolta, hogy a vérplazma melatoninszintje nem módosult szignifikánsan a vemhességi kor függvényében (p = 0,998).



**20. ábra** A vérplazma melatoninkoncentráció megoszlása a vemhesség alatt anyajuhokban

A módosított minták átlagértéke körülbelül 134 pg/ml volt, amely az illesztett lineáris egyenes első konstansából származik. Emellett az X tengelyen ábrázolt ellésig hátralévő napok alapján megállapítható, hogy a vizsgálat a juhok teljes vemhességi időszakát gyakorlatilag lefedte.

A **24. táblázat** a vérplazma melatoninkoncentrációkat mutatja be, amelyeket éjféltre és a vemhesség meghatározott napjaira becsültük. Az időpontokat úgy választottuk meg, hogy a vemhesség három különböző szakaszát képviseljék: -98., -49. és -7. nap (ezek rendre a várható ellést megelőző 14., 7. és 1. hétnek felelnek meg). A becsült (igazított) értékek kiszámításához az adott időpontokhoz legközelebb eső megfigyeléseket használtuk. Például a -98. naphoz 13 releváns mintavétel állt rendelkezésre.

Vizsgálatunk során megállapítottuk, hogy a vérplazma melatoninkoncentrációjának átlaga éjféli körül hozzávetőleg 162 pg/ml volt. Ez az érték magasabb, mint a korábban említett 134 pg/ml, mivel jelen esetben kizárólag az éjféli időpontokra vonatkozó becslést alkalmaztuk. A várható ellést megelőzően kijelölt konkrét napokon mért melatoninkoncentrációk között nem mutatkozott jelentős eltérés ( $p = 0,783$ ), ami megerősíti a korábbi eredményünket, miszerint a vemhesség során a melatoninszint érdemben nem változik.

**24. táblázat.** A melatoninkoncentráció éjféltre becsült értékei a vemhesség meghatározott napjaihoz viszonyítva

Az ellésig hátralévő napok $p = 0,783$	Vizsgált minták száma†	Melatoninkoncentráció átlaga, (pg/ml)	SEM*
98 nappal az ellés előtt	13	162,6	3,66
49 nappal az ellés előtt	22	163,7	3,73
7 nappal az ellés előtt	18	160,5	2,67

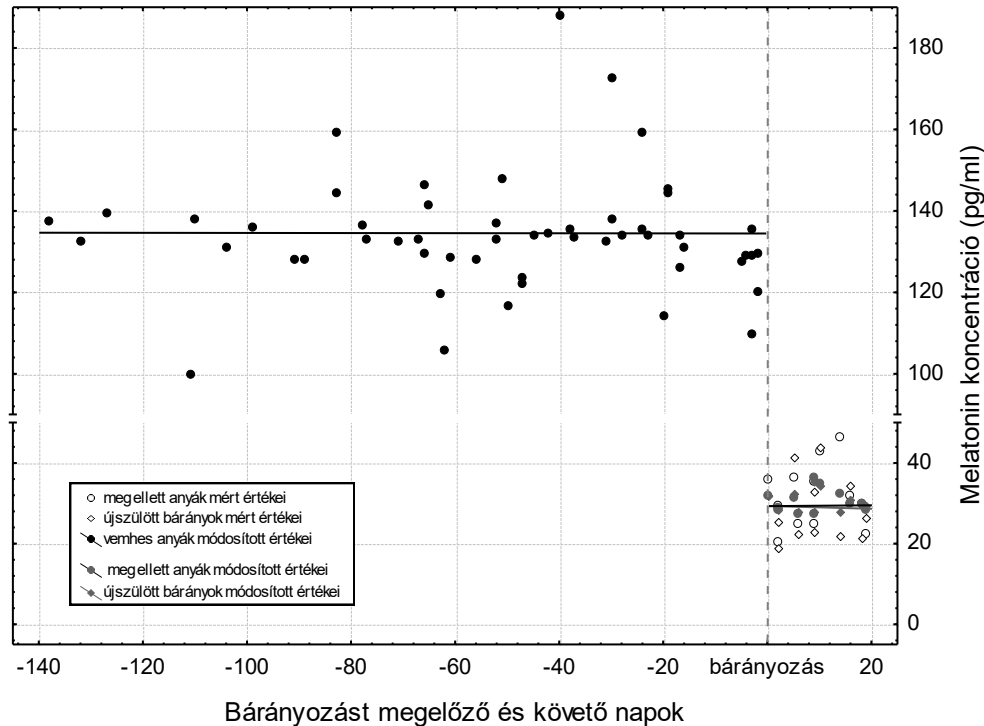
† Azon vemhes anyajuhok, amelyek mintavétele a megadott időpontokhoz közel történt.

\* SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája).

### 5.3.2.5 Ellés utáni időszak

Az ellést követő éjszakai plazma-melatoninkoncentráció alakulását az **21. ábra** mutatja be. A vizsgálati időszak végéig 12 anyajuh ellett. Az ábrán 12 anya–utód pár mintáinak nyers és korrigált értékei szerepelnek (egy minta minden egyedből és ikerszülés esetén véletlenszerűen kiválasztott utódtól), kiegészítve a vemhesség alatti, korábban az **20. ábrán** bemutatott, ellés (bárányozás) előtti korrigált értékekkel.

A korrekció során kiszűrésre kerültek az éjfélhez viszonyított percértékek és a téli napfordulóig hátralévő napok hatásai is.



**21. ábra.** A vérplazma melatoninkoncentrációjának eloszlása az ellés előtt és után

A nyers és a korigált (módosított) értékek egyaránt hasonló, közel egyenes lefutású görbét mutatnak, a lineáris regresszióra kapott magas p-értékek (0,995 és 0,771) azt jelzik, hogy az ellés óta eltelt idő nincs statisztikailag igazoltan kimutatható hatással a melatonintermelés változására.

Az ellés után mért melatoninkoncentráció szignifikánsan alacsonyabb a vemhesség alatti értékekhez képest, átlagosan körülbelül 30 pg/ml értéken állandósul. Az újszülött bárányok plazma-melatoninszintje az anyjokkal azonos nagyságrendet mutat.

A melatoninkoncentráció, amelyet az ellést megelőző második nap éjféltre becsültünk (bárányozás  $-2$ ), 160,2 pg/ml volt (**25. táblázat**). A melatoninszinteket szándékosan nem az ellés időpontjára becsültük, mivel ebben az időpontban nem történt mintavétel. Ebből következően az éjféltre korigált melatoninkoncentráció az ellést követő első napon (bárányozás  $+1$ ) az anyákban és a bárányokban szignifikánsan ( $p < 0,001$ ), egységesen eltért (36,18, illetve 35,92 pg/ml).

Egy esetben egy anya–utód párostól mintát vettünk az ellés éjszakáján (bárányozás  $=0$ ) (lásd **21. ábra**). Ennek magyarázata, hogy az ellés pillanatát világosan el kívántuk különíteni az ellést megelőző és az azt követő periódusoktól. Az ellést követő időszakban mért alacsony melatoninszintek mindössze egyötödös, kisebb éjféli emelkedést mutattak a vemhesség alatti értékekhez képest (megközelítőleg 6 vs. 28 pg/ml).

**25. táblázat.** A melatoninkoncentráció éjféltre, valamint az ellés előtti és utáni időpontokra becsült értékei

Meghatározott napok p < 0,001	Felhasznált megfigyelések száma†	Melatoninkoncentráció átlaga, pg/ml	SEM*
Ellés előtti 2. napra korrigált érték vemhes anyákban	22	160,2 <sup>a</sup>	2,85
Ellés utáni 1. napra korrigált érték anyákban	12	36,18 <sup>b</sup>	0,634
Ellés utáni 1. napra korrigált érték bárányokban	12	35,92 <sup>b</sup>	0,578

† Vemhes anyák az ellést megelőző 40. napon, valamennyi ellésen átesett anya és az összes bárányok.

\* SEM: standard error of the mean (az átlag standard hibája)

<sup>a</sup>, <sup>b</sup> Azonos oszlopon belül eltérő felső indexek szignifikáns különbséget jeleznek (Tukey teszt, p < 0,001).

### 5.3.3 Anyajuhok eredményeinek megbeszélése

A vemhesülési arányt tekintve megállapítható, hogy a háremnyitást követően az anyajuhok többsége viszonylag hamar, egymást követően vemhesült. Ezen állatok esetében a napi 13 óra sötétség elegendőnek bizonyult az ovulációs ciklus újraindulásához, ami összhangban áll korábbi megfigyelésekkel is (Vasantha, 2016). A vemhesülés második hulláma négy olyan egyedet foglalt magában, amelyek megtartották a szezonaritást és augusztus végén, illetve szeptemberben fogantak, feltehetően a hűvösebb környezet és a sötét órák számának további növekedése következtében. A fajtatörténeti adatok szerint a pásztorok időnként törekedtek a cigája nyájak év végi bárányoztatására (Szikszai, 2024).

Bittman és munkatársai (1983) szerint a termelődő melatonin a vérkeringésbe, kifejezett nappali-éjszakai ritmusban kerül, amelyre alacsony vagy kimutathatatlan nappali koncentrációk (< 10 pg/ml) és magas éjjeli (200–400 pg/ml közötti) szintek jellemzőek. Vizsgálatunkban megerősítést nyert ez az éjszakai változás, melynek csúcspontja éjfélt követően következett be. A statisztikai értékek közel szignifikáns eredményei arra utalnak, hogy a melatonin termelődése már 18:00 órára intenzívvé vált és az ezt követő éjszakai időszakban csak kisebb mértékben nőtt tovább, majd másnap hajnali 6:00 óráig fennmaradt. Ez az őszi és kora téli vizsgálati időszak sajátossága, amikor a nappali világos órák száma kevesebb, mint 12 óra. Carcangiu és munkatársai (2013) a téli napforduló idején Sarda fajtájú juhokon (Szardínia, 39° északi szélesség) 20:00 órakor kb. 150 pg/ml melatonin csúcsot mértek. A koncentráció ezt követően 6:00 óráig fennmaradt, emellett megfigyelték, hogy az életkor előrehaladtával csökken a melatonin termelés intenzitása.

A cirkannuális változásokat tekintve eredményeink jól illeszthetők az északi féltekén korábban nyert adatokhoz (Williams és Helliwell, 1993). A vizsgált őszi napéjegyenlőségtől a téli napfordulóig terjedő időszakban az éjszakai melatoninszint folyamatos és szignifikáns növekedést mutatott. A kijelölt időpontok közötti különbség annál nagyobb, minél távolabb

esnek egymástól. Az Ile-de-France fajtájú anyajuhok esetében (Franciaország, 45° északi szélesség) júniusban mért 328,36 pg/ml-es melatoninszint szignifikánsan alacsonyabb volt a decemberi 400,46 pg/ml-hez képest (Zarazaga és mtsai., 1998), habár ezek az értékek magasabbak, mint a jelen vizsgálatban kapott adatok. A déli féltekén Coelho és munkatársai (2006) Brazíliában (22° déli szélesség, 47° nyugati hosszúság) fiatal nőivarú egyedeken ősszel 215,61, télen pedig 235,08 pg/ml melatoninszintet mértek 4:00 órakor.

A vemhes cigája anyajuhok természetes plazma melatoninkoncentrációja a vemhesség során sikeresen meghatározásra került. Rollag és munkatársai (1976) szerint az éjszakai melatoninszintek 100–300 pg/ml között mozognak, mely eredmények összhangban állnak jelen tanulmány 134 pg/ml körüli korrigált átlagértékével. Az őszi időszakban, éjfélkor mért 162 pg/ml koncentráció tekinthető jellemzőnek. A vemhesség különböző szakaszaiban mért éjfél melatoninkoncentrációk között nem találtunk szignifikáns különbséget, így megállapítható, hogy a hormon koncentrációja nem módosult a vemhesség előrehaladtával.

Értékeinket szándékosan nem az ellés pillanatára becsültük. Egyrészt, mert a melatoninkoncentrációk alakulását az ellés közvetlen pillanatában nem állt módunkban mérni, másrészt, – ami nyomósabb érv – elléskor a melatoninkoncentráció sajátos változása feltételezhető. Nem ismert, hogy a vemhességi melatoninszint fennmarad-e, vagy éppen növekszik az ellés idejére.

Vizsgálatunk egyben hiánypótló jellegű is, amely megerősíti Zarazaga és munkatársai (1997) eredményét, akik 13 Ile-de-France juhot vizsgálva megállapították, hogy a „melatonin szekréciója nincs hatással a vemhesség előrehaladottságára” és hasonló eredményre jutott a disszertációmban korábban bemutatott magyar szamarakkal végzett kutatásunk is, ahol a vemhesség előrehaladtával a melatoninszint szintén nem változott szignifikánsan. Szczena és munkatársai (2018) lengyel hosszúgyapjas anyajuhokon (októberben szinkronizált és párosított egyedeken) a teljes vemhesség során (30. és 135. nap között, 15 naponként, napnyugta után) követték a melatoninszintet. Eredményeik szerint a hormon koncentrációja a vemhesség 60. napjáig szignifikánsan nőtt (50 pg/ml-ig,  $p < 0,05$ ), majd csökkent (15 pg/ml-ig,  $p < 0,05$ ). E csökkenés azonban feltehetően nem a vemhesség előrehaladásához, hanem a nappalok hosszának változásához köthető. Jelen vizsgálatunkban a vizsgálati tervnek köszönhetően el tudtuk végezni melatoninkoncentráció korrekcióját a vemhességi kor és a téli napfordulóig hátralévő napok függvényében.

Embereken végzett vizsgálatok ugyanakkor arra utalnak, hogy a várandós anyák melatonin- és metabolitjainak (6-hidroxi-melatonin-szulfát, 6-OHMS) szintje jelentősen emelkedik a szülés közeledtével, így ebben a tekintetben az emberi és juh reprodukció különbözik (Ejaz és mtsai., 2021). Az anyai-fetális melatoninátmenet juhokban jól dokumentált. McMillen és Walker

(1991) katéterezett anyajuhokon és magzataikon végzett kutatása is megerősítette, hogy a melatonin a méhlepényen keresztül jut el a magzathoz (Zemdegs és mtsai., 1988). Az újszülöttek hormonháztartásának cirkadián ritmushoz való korai alkalmazkodásában az anyai melatonin kulcsszerepet játszik (McCarthy és mtsai., 2019).

Kutatásunk elsőként mutatta ki, hogy az ellést követően az anyajuhok plazma melatoninszintje egynegyedére, kb. 30 pg/ml-re csökken. Ez a csökkent szint fennmaradt a korai puerperium első három hetében. Ezzel párhuzamosan a bárányok melatoninszintje megegyezett az anyakéval, ez a szint is változatlan maradt a szoptatás e szakaszában. Mindez alátámasztja azt a korábbi megfigyelést, hogy az újszülött bárányok még nem rendelkeznek saját melatoninintermeléssel (Kennaway és mtsai., 1977).

A csökkenés egyik lehetséges oka a prolaktin és melatonin közötti antagonizmus lehet. A prolaktin (PRL) felelős a laktáció megindításáért és fenntartásáért (Hooley és mtsai., 1978). A melatonin ugyanakkor gátolja a PRL szekrécióját, különösen a laktáció későbbi szakaszaiban (Molik és mtsai., 2013). A melatonin csökkent termelődése mindemellett összefüggésben állhat az éberség fenntartásával is, amely anyák és újszülöttjeik esetében az éjszakai időszakban is jelentős (Perkinson és mtsai., 2021; Bienboire-Frosini és mtsai., 2023).

Összességében megállapítható, hogy a vemhes anyajuhok esetében mérsékelt napi ritmus figyelhető meg a melatoninszint alakulásában, míg ez a laktáló anyák és bárányaik esetében már nem érvényesül. A posztpartum időszak alacsony melatoninszintje a fajon belüli kötődési viselkedéshez is kapcsolódik, melyben az oxitocin kulcsfontosságú szerepet játszik (Pissonnier és mtsai., 1985; Keller és mtsai., 2003).

Nem-humán főemlős magzatok esetében a melatonin szerepet játszhat a kortizol – a mellékvesekéreg által termelt stresszhormon – termelésének korlátozásában. Mindez arra utal, hogy a melatonin általánosságban hozzájárulhat a méhlepény kedvezőbb fejlődéséhez is (Lemley és Vonnahme, 2017), továbbá befolyásolhat olyan magzati funkciókat, amelyek kulcsfontosságúak az újszülött extrauterin élethez való alkalmazkodásához (Torres-Farfan és mtsai., 2008). A melatonin antioxidáns hatása révén védelmet nyújthat a peripartális időszakban fellépő hipoxiás agykárosodás ellen is. Ennek ellenére Beñaldo és munkatársai (2019) kísérleti tartási körülmények között nevelt, kéthetes bárányokban alacsony nappali melatoninszintet (< 5 pg/ml 14:00 órakor) mértek.

Összességében megállapítható, hogy az alkalmazott korrekciók megbízhatóbb eredményekhez vezettek, miközben kedvezően csökkentették az adatok szórását is. Az emberek és juhok közötti különbségek egyik lehetséges magyarázata az lehet, hogy a juhok esetében alaposabban kidolgozott statisztikai adatfeldolgozás történt, több háttérváltozó figyelembevételével.

## 6. Új tudományos eredmények

### 6.1 Küllem- és alkattani vizsgálatok a magyar parlagi szamárban

- a) Elsőként írtuk le a rekonstruált magyar parlagi szamár kancaállomány alkatát, testméretek és testméret-indexek felhasználásával és megállapítottuk, hogy színváltozatai alkatukban nem térnek el jelentősen egymástól.
- b) Elsőként adaptáltuk szamárfaj esetében a lineáris küllemi bírálati rendszert és bizonyítottuk alkalmazhatóságát az állatfaj esetében, melynek bevezetését javasoljuk az őshonos magyar parlagi szamár tenyésztése során.

### 6.2 A vemhességi vérplazma melatoninkoncentráció alakulására vonatkozó vizsgálatok őshonos szamárkancákban

- a) Elsőként határoztuk meg a vérplazma-melatoninkoncentráció cirkannuális és cirkadián ritmusát szamárkancák (*Equus asinus*) esetében. Eredményeink szerint a melatonin maximális koncentrációja a téli napforduló időpontjában 45 pg/ml volt. A vizsgált egyedekben mind a napi, mind az éves ritmus kimutatható volt, mivel a többi évszakban és napszakban mért értékek alacsonyabbnak bizonyultak.
- b) Elsőként mutattuk ki, hogy a szamárkancák éjféle melatoninkoncentrációja (38 pg/ml) statisztikailag igazoltan nem változik sem a vemhességi kor, sem a vemhességi státusz alapján.

### 6.3 A vemhességi vérplazma melatoninkoncentráció alakulására vonatkozó vizsgálatok őshonos anyajuhokban

- a) Elsőként állapítottuk meg, hogy a melatoninkoncentráció változása (emelkedése) a teljes vemhességet vizsgálva és a természetes fényviszonyok figyelembevételével nem a vemhesség előrehaladásához, hanem a nappalok hosszának változásához köthető.
- b) Az éjszakai vérplazma melatoninszint az ellés után az anyajuhokban és újszülött bányáikban egyaránt azonos alacsony szintre csökken, napszaktól függetlenül.

## 7. Irodalomjegyzék

- 188/2019. (VII. 30.) Korm. rendelet az állattenyésztésről.
- 4/2007. (I. 18.) FVM–KvVM együttes rendelet a védett őshonos mezőgazdasági állatfajták és a veszélyeztetett mezőgazdasági állatfajták körének megállapításáról
- Abecia, J. A., Forcada, F. & González Bulnes, A. (2011): Pharmaceutical control of reproduction in sheep and goats. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, 27(1), 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.10.001>
- Abecia, J. A., Forcada, F., Vázquez, M. I., Blanco, T. M., Cebrián Pérez, J. A., Pérez Pé, R. & Casao, A. (2019): Role of melatonin on embryo viability in sheep. *Reprod. Fertil. Dev.*, 31(1), 82–92. <https://doi.org/10.1071/RD18308>
- Abecia, J. A., Forcada, F. & Zúñiga, O. (2002): The effect of melatonin on the secretion of progesterone in sheep and on the development of ovine embryos in vitro. *Vet. Res. Commun.*, 26(2), 151–158. <https://doi.org/10.1023/A:1014099719034>
- Abecia, J. A., Garrido, C., Gave, M., García, A. I., López, D., Luis, S., Valares, J. A. & Mata, L. (2020): Exogenous melatonin and male foetuses improve the quality of sheep colostrum. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 104(5), 1305–1309. <https://doi.org/10.1111/jpn.13362>
- Abecia, J. A., Luis, S. & Canto, F. (2021): Implanting melatonin at lambing enhances lamb growth and maintains high fat content in milk. *Vet. Res. Commun.*, 45(4), 181–188. <https://doi.org/10.1007/s11259-021-09799-y>
- Ake, A. S., Ayo, J. O., Aluwong, T., Mohammed, A. & Minka, N. S. (2023): Effects of melatonin on hematologic and biochemical changes and the effects of circadian rhythm on hematologic changes in donkeys (*Equus asinus*) subjected to packing during the hot dry season. *Vet. Clin. Pathol.*, 52(2), 299–312. <https://doi.org/10.1111/vcp.13193>
- Ake, A. S., Ayo, J. O., Aluwong, T., Mohammed, A., & Minka, N. S. (2023). Melatonin modulates rectal and body surface temperatures and their circadian rhythmicity in donkeys (*Equus asinus*) subjected to packing during the hot-dry season. *Int. J. Biometeorol.*, 67(2), 389–404. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02418-8>
- Ake, A. S., Ayo, J. O., Aluwong, T., & Mohammed, A. (2024): Melatonin modulates behavioural and oxidative stress responses in donkeys (*Equus asinus*) subjected to packing during hot-dry conditions. *J. Vet. Behav.*, 75, 35-45, <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2024.06.013>
- Altınsaat, Ç., Üner, A. G., Sulu, N., & Ergün, A. (2009). Seasonal variations in serum concentrations of melatonin, testosterone, and progesterone in Arabian horse. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 56(1), 19-24. [https://doi.org/10.1501/Vetfak\\_0000002186](https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000002186)
- Aluja, A. S., Pérez, T. G., Lózez, F. & Pearson, R. A. (2005): Live weight estimation of donkeys in Central Mexico from measurement of thoracic circumference. *Trop. Anim. Health Prod.*, 37(suppl. 1), 159–171. <https://doi.org/10.1007/s11250-005-9007-0>
- Arendt, J. (1998): Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Rev. Reprod.*, 3(1), 13–22. <https://doi.org/10.1530/revreprod/3.1.13>
- Argo, C. M., Cox, J. E. & Gray, C. E. (1991): Effect of oral melatonin treatment on the seasonal physiology of pony stallions. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 44, 115–125.
- Barrett, P., Conway, S., Jockers, R., Strosberg, A. D., Guardiola-Lemaitre, B., Delagrangé, P., & Morgan, P. J. (1997). Cloning and functional analysis of a polymorphic variant of the ovine Mel 1a melatonin receptor. *Biochim. Biophys. Acta*, 1356(3), 299–307. [https://doi.org/10.1016/s0167-4889\(96\)00179-6](https://doi.org/10.1016/s0167-4889(96)00179-6)
- Barrett, P., Conway, S., & Morgan, P. J. (2003). Digging deep--structure-function relationships in the melatonin receptor family. *Journal of pineal research*, 35(4), 221–230. <https://doi.org/10.1034/j.1600-079x.2003.00090.x>

- Bartha, B., Harmat, L., Somoskői, B., Cseh, S., Fekete, S. G. & Gáspárdy, A. (2021): The role of melatonin in horse and donkey reproduction. Literature review. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 143, 599–608.
- Bartlewski, P. M., Baby, T. E. & Giffin, J. L. (2011): Reproductive cycles in sheep. *Anim. Reprod. Sci.*, 124(3–4), 259–268. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.024>
- Basini, G. & Grasselli, F. (2024): Role of melatonin in ovarian function. *Animals*, 14(4), 644. <https://doi.org/10.3390/ani14040644>
- Becze, J. (1955): *A szamártenyésztés és az öszvér*. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, pp. 12–32.
- Beersma, D. G. M. & Gordijn, M. C. M. (2007): Circadian control of the sleep–wake cycle. *Physiol. Behav.*, 90(2–3), 190–195. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.09.010>
- Bejarano, I., Monllor, F., Marchena, A.M., Ortiz, A., Lozano, G., Jiménez, M.I., Gaspar, P., García, J.F., Pariente, J.A., Rodríguez, A.B. and Espino, J. (2014): Exogenous melatonin supplementation prevents oxidative stress evoked DNA damage in human spermatozoa. *J. Pineal Res.*, 57(4), 333–339. <https://doi.org/10.1111/jpi.12172>
- Beñaldo, F. A., Llanos, A. J., Araya-Quijada, C., Rojas, A., Gonzalez-Candia, A., Herrera, E. A., Ebensperger, G., Cabello, G., Valenzuela, G. J. & Serón-Ferré, M. (2019): Effects of melatonin on the defense to acute hypoxia in newborn lambs. *Front. Endocrinol.*, 10, 433. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00433>
- Bene, S., Giczi, A., Nagy, Z., Benedek, Z., Szabó, F., & Polgár, P. (2013): Live weight and body measurement of Hungarian Thoroughbred broodmares. *J. Cent. Eur. Agric.*, 14(3), p. 952–962. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.3.1287>
- Bienboire-Frosini, C., Marcet-Rius, M., Orihuela, A., Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P., Olmos-Hernández, A., Casas-Alvarado, A. & Mota-Rojas, D. (2023): Mother–young bonding: Neurobiological aspects and maternal biochemical signaling in altricial domesticated mammals. *Animals*, 13, 532. <https://doi.org/10.3390/ani13030532>
- Bittman, E. L., Dempsey, R. J. & Karsch, F. J. (1983): Pineal melatonin secretion drives the reproductive response to daylength in the ewe. *Endocrinology*, 113(6), 2276–2283. <https://doi.org/10.1210/endo-113-6-2276>
- Bittman, E. L., Karsch, F. J., & Hopkins, J. W. (1983). Role of the pineal gland in ovine photoperiodism: regulation of seasonal breeding and negative feedback effects of estradiol upon luteinizing hormone secretion. *Endocrinology*, 113(1), 329–336. <https://doi.org/10.1210/endo-113-1-329>
- Bonnefont-Rousselot, D. & Collin, F. (2010): Melatonin: action as antioxidant and potential applications in human disease and aging. *Toxicol.*, 278(1), 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2010.04.008>
- Borjigin, J., Zhang, L. S., & Calinescu, A. A. (2012). Circadian regulation of pineal gland rhythmicity. *Molecular and cellular endocrinology*, 349(1), 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2011.07.009>
- Bouroutzika, E., Ciliberti, M. G., Caroprese, M., Theodosiadou, E., Papadopoulos, S., Makri, S., Skaperda, Z. V., Kotsadam, G., Michailidis, M. L., Valiakos, G., Chadio, S., Kouretas, D. & Valasi, I. (2021): Association of melatonin administration in pregnant ewes with growth, redox status and immunity of their offspring. *Animals*, 11(11), 3161. <https://doi.org/10.3390/ani11113161>
- Bubenik, G. A. (2002): Gastrointestinal melatonin: Localization, function, and clinical relevance. *Dig. Dis. Sci.*, 47, 2336–2348. <https://doi.org/10.1023/a:1020107915919>
- Buffoni, A., Vozzi, P. A., Gonzalez, D. M., Rios, G., Viegas Bordeira, H. & Abecia, J. A. (2014): The effect of melatonin and season on in vivo embryo production of Dohne Merino ewes. *Small Rumin. Res.*, 120(1), 121–124. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.05.003>
- Burden, F. (2012): Practical feeding and condition scoring for donkeys and mules. *Equine Vet. Educ.*, 24, 589–596. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3292.2011.00314.x>

- Burkhardt, J. (1947): Transition from anoestrus in the mare and the effects of artificial lighting. *J. Agric. Sci.*, 37, 64–68. <https://doi.org/10.1017/S0021859600013083>
- Cagnacci, A., Soldani, R., Melis, G. B. & Volpe, A. (1998): Diurnal rhythms of labor and delivery in women: modulation by parity and seasons. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 178(1 Pt 1), 140–145. [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(98\)70641-6](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(98)70641-6)
- Camillo, F., Rota, A., Biagini, L., Tesi, M., Fanelli, D., & Panzani, D. (2017). The current situation and trend of donkey industry in Europe. *J. Equine Vet. Sci.* 65, 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.11.008>
- Campino, C., Valenzuela, F. J., Torres-Farfan, C., Reynolds, H. E., Abarzua-Catalan, L., Arteaga, E., Trucco, C., Guzmán, S., Valenzuela, G. J. & Seron-Ferre, M. (2011): Melatonin exerts direct inhibitory actions on ACTH responses in the human adrenal gland. *Horm. Metab. Res.*, 43, 337–342. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271693>
- Carcangiu, V., Mura, M. C., Vacca, G. M., Pazzola, M., Dettori, M. L., Luridiana, S. & Bini, P. P. (2009): Polymorphism of the melatonin receptor MT1 gene and its relationship with seasonal reproductive activity in the Sarda sheep breed. *Anim. Reprod. Sci.*, 116(1–2), 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.01.005>
- Carcangiu, V., Mura, M. C., Parmeggiani, A., Piccione, G., Bini, P. P., Cosso, G., & Luridiana, S. (2013). Daily rhythm of blood melatonin concentrations in sheep of different ages. *Biol. Rhythm Res.*, 44(6), 908–915. <https://doi.org/10.1080/09291016.2013.781317>
- Cardinali, D. P. & Pévet, P. (1998): Basic aspects of melatonin action. *Sleep Med. Rev.*, 2(3), 175–190. [https://doi.org/10.1016/S1087-0792\(98\)90020-X](https://doi.org/10.1016/S1087-0792(98)90020-X)
- Carluccio, A., Gloria, A., Robbe, D., Veronesi, M. C., De Amicis, I., Cairoli, F. & Contri, A. (2017): Reproductive characteristics of foal heat in female donkeys. *Anim.*, 11(3), 461–465. <https://doi.org/10.1017/S175173111600183X>
- Cecchi, F., Ciampolini, R., Ciani, E., Mazzanti, E., Tancredi, M. & Presciuttini, S. (2007): Morphological characterization of the Amiata donkey breed. *Ital. J. Anim. Sci.*, 6(suppl. 1), 70. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.1s.70>
- Chemineau, P., Pelletier, J., Guérin, Y., Colas, G., Ravault, J. P., Touré, G., Almeida, G., Thimonier, J. & Ortavant, R. (1988): Photoperiodic and melatonin treatments for control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28(2B), 409–422. <https://doi.org/10.1051/rnd:19880307>
- Chemineau P., Guillaume D., Migaud M., Thiéry J.C., Pellicer-Rubio M.T., Malpoux B. (2008): Seasonality of reproduction in mammals: intimate regulatory mechanisms and practical implications. *Reprod. Domest. Anim.*, 43(Suppl. 2), 40–47. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01141.x>
- Cleaver, B. D. & Sharp, D. C. (1993): Treatment with melatonin alters plasma levels of estradiol and progesterone, but not LH during the estrous cycle of pony mares. *Biol. Reprod.*, 48(Suppl. 1), 88 (abstract).
- Coelho, L. A., Rodrigues, P. A., Nonaka, K. O., Sasa, A., Balieiro, J. C. C., Vicente, W. R. R., & Cipolla-Neto, J. (2006). Annual pattern of plasma melatonin and progesterone concentrations in hair and wool ewe lambs kept under natural photoperiod at lower latitudes in the southern hemisphere. *J. Pineal Res.*, 41(2), 101–107. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2006.00333.x>
- Cozzi, B., Arrighi, S., Domeneghini, C. & Bosi, G. (1991): Circadian and seasonal rhythms of melatonin production in mules (*Equus asinus* × *Equus caballus*). *J. Pineal Res.*, 10, 130–135. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.1991.tb00829.x>
- Cruz, M. H., Leal, C. L., Da Cruz, J. F., Tan, D. X. & Reiter, R. J. (2014): Role of melatonin on production and preservation of gametes and embryos. *Anim. Reprod. Sci.*, 145(3–4), 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.01.011>

- Cruz, M. H. C., Leal, C. L. V., Cruz, J. F., Tan, D. X. & Reiter, R. J. (2014): Essential actions of melatonin in protecting the ovary from oxidative damage. *Theriogenology*, 82, 925–932. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.07.011>
- Cunningham, K., Van Burgel, A., Kelman, K. R., Macleay, C. M., Paganoni, B. L., & Thompson, A. N. (2022). Interactions between Ewes and Rams during Mating Can Be Used to Predict Lambing Dates Accurately, but Not Sire. *Animals*, 12(13), 1707. <https://doi.org/10.3390/ani12131707>
- Dall'Armellina, S. C. (2019): *Initiation of genetic traceability in Hungarian Fallow Donkeys*. TDK konferencia, ÁTE, Budapest.
- Davis, F. C. (1997): Melatonin: role in development. *J. Biol. Rhythms*, 12(6), 498–508. <https://doi.org/10.1177/074873049701200603>
- Deng, L., Shi, S., Li, J., Tang, C., Liao, Q., & Xie, P. (2020). A Cross-Sectional Survey of Foaling-Related Parameters of Jennies (*Equus asinus*) Under Smallholder Farm Conditions in Northeast China. *J. Equine Vet.*, 87, 102928. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.102928>
- Deng, S.-L., Chen, S.-R., Wang, Z.-P., Zhang, Y., Tang, J.-X., Li, J., Wang, X.-X., Cheng, J.-M., Jin, C., Li, X.-Y., Zhang, B.-L., Yu, K., Lian, Z.-X., Liu, G.-S. and Liu, Y.-X. (2016), Melatonin promotes development of haploid germ cells from early developing spermatogenic cells of Suffolk sheep under in vitro condition. *J. Pineal Res.*, 60: 435-447. <https://doi.org/10.1111/jpi.12327>
- Deng, S. L., Wang, Z. P., Jin, C., Kang, X. L., Batool, A., Zhang, Y., Li, X. Y., Wang, X. X., Chen, S. R., Chang, C. S., Cheng, C. Y., Lian, Z. X., & Liu, Y. X. (2018). Melatonin promotes sheep Leydig cell testosterone secretion in a co-culture with Sertoli cells. *Theriogenology*, 106, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.10.025>
- DeNicolo, G., Morris, S. T., Kenyon, P. R., Morel, P. C. H. & Parkinson, T. J. (2008): Melatonin-improved reproductive performance in sheep bred out of season. *Anim. Reprod. Sci.*, 109, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.10.012>
- Diekman, M. A., Braun, W., Peter, D., & Cook, D. (2002). Seasonal serum concentrations of melatonin in cycling and noncycling mares. *J. Anim. Sci.*, 80(11), 2949–2952. <https://doi.org/10.2527/2002.80112949x>
- Druml, T., Dobretberger, M. & Brem, G. (2015): The use of novel phenotyping methods for validation of equine conformation scoring results. *Anim.*, 9(6), 928–937. <https://doi.org/10.1017/S1751731114003309>
- Drury, P. P., Davidson, J. O., Bennet, L., Booth, L. C., Tan, S., Fraser, M., van den Heuij, L. G., & Gunn, A. J. (2014). Partial neural protection with prophylactic low-dose melatonin after asphyxia in preterm fetal sheep. *J. Cereb. Blood Flow Metab.*, 34(1), 126–135. <https://doi.org/10.1038/jcbfm.2013.174>
- Dubocovich, M. L. & Markowska, M. (2005): Functional MT1 and MT2 melatonin receptors in mammals. *Endocrine*, 27(2), 101–110. <https://doi.org/10.1385/endo:27:2:101>
- Dubocovich, M. L., Rivera-Bermudez, M. A., Gerdin, M. J., & Masana, M. I. (2003). Molecular pharmacology, regulation and function of mammalian melatonin receptors. *Front. Biosci.*, 8, d1093–d1108. <https://doi.org/10.2741/1089>
- Durotoye, L. A., Rajkumar, R., Argo, C. M., Nowak, R., Webley, G. E., McNeil, M. E., Graham, N. B. & Rodway, R. G. (1991): Effect of constant-release melatonin implants on the onset of oestrous activity and on reproductive performance in the ewe. *Anim. Sci.*, 52(3), 489–497. <https://doi.org/10.1017/S0003356100013064>
- Ebisawa, T., Kajimura, N., Uchiyama, M., Katoh, M., Sekimoto, M., Watanabe, T., Ozeki, Y., Ikeda, M., Jodoi, T., Sugishita, M., Iwase, T., Kamei, Y., Kim, K., Shibui, K., Kudo, Y., Yamada, N., Toyoshima, R., Okawa, M., Takahashi, K. & Yamauchi, T. (1999): Allelic variants of human melatonin 1a (MT<sub>1</sub>) receptor: Function and prevalence in subjects with circadian rhythm sleep disorders. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 262(3), 832–837. <https://doi.org/10.1006/bbrc.1999.1308>

- Edwards, A. D., Brocklehurst, P., Gunn, A. J., Halliday, H., Juszczak, E., Levene, M., Strohm, B., Thoresen, M., Whiteland, A. & Azzopardi, D. (2010): Neurological outcomes at 18 months of age after moderate hypothermia for perinatal hypoxic ischaemic encephalopathy: synthesis and meta-analysis of trial data. *BMJ*, 340, c363. <https://doi.org/10.1136/bmj.c363>
- Egerszegi, I., Sarlós, P., Rátky, J., Solti, L., Faigl, V., Kulcsár, M. & Cseh, S. (2014): Effect of melatonin treatment on semen parameters and endocrine function in Black Racka rams out of the breeding season. *Small Rumin. Res.*, 116(2–3), 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.11.001>
- Ejaz, H., Figaro, J. K., Woolner, A. M. F., Thottakam, B. M. V. & Galley, H. F. (2021): Maternal serum melatonin increases during pregnancy and falls immediately after delivery implicating the placenta as a major source of melatonin. *Front. Endocrinol.*, 11, 623038. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.623038>
- El-Shafaey, E. A., Salem, M. G., Mosbah, E., & Zaghloul, A. E. (2018). Morphometric evaluation of relevant radiographic parameters of the forefeet of clinically normal donkeys (*Equus asinus*). *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 68(3), 467–478. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15543>
- Ernst, J. (2004): The donkey. In: Bodó, I. (szerk.): *Living Heritage – Old Historical Hungarian Livestock*. Agroinform Publishing and Printing Ltd., Budapest, pp. 30–33.
- Faigl, V. & Cseh, S. (2015): Tenyésztés szezonon kívül alkalmazott melatonin kezelés hatása Awassi és őshonos fekete Racka kosok heréjének endokrin és exokrin működésére. *Állattenyészt. Takarmányoz.*, 64(4), 273–282. Elérhető: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20240226554> (Megtekintve: 2025. június 18.)
- Faigl, V., Keresztes, M., Árnási, M., Kulcsár, M., Balogh, O., Nagy, S., Szenci, O., Cseh, S. & Huszenicza, Gy. (2012a): Melatonin alapú ciklusindukciós technikák tejelő awassi juhokban.: Melatonin-based induction of ovarian cyclicity in intensive dairy Awassi flocks. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 134(1), 24–29.
- Faigl, V., Keresztes, M., Kusza, Sz., Árnási, M., Kulcsár, M., Solti, L., Cseh, S., Huszenicza, G. & Colitti, M. (2012b): Effect of melatonin treatment on plasma IGF-I level, and gene expression of beta-lactalbumin, BCL2, BAX, and BCLX in the mammary epithelium in sheep. *Reprod. Domest. Anim.*, 47(4), 550–551.
- Fajtarekonstrukciós program (2017): Magyarországi Szamártenyésztők Egyesülete; *A magyar parlagi szamár fajta, fajtarekonstrukciós tenyésztési programja*. Szenna, 2017.
- Fajtarekonstrukciós program (2021): *Magyar parlagi szamár módosításokkal egységes szerkezetbe foglalt fajtarekonstrukciós tenyésztési programja*. 2021. május 21-én tartott közgyűlése a 2021/7. számú közgyűlési határozatával elfogadott. Szenna, 2021.
- Fajtarekonstrukciós program (2023): *Magyar parlagi szamár módosításokkal egységes szerkezetbe foglalt fajtarekonstrukciós tenyésztési programja*. 2023. november 03-án tartott közgyűlése a 9/2023. számú közgyűlési határozatával elfogadott. Szenna, 2023. Megtekintve: 2025.03.23.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *FAOSTAT: Live animals – Donkeys* [Data set]. FAO. <https://www.fao.org/faostat/>
- Ferracioli-Oda, E., Qawasmi, A. & Bloch, M. H. (2013): Meta-analysis: Melatonin for the treatment of primary sleep disorders. *PLoS One*, 8(5), e63773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063773>
- Fésüs, L. (1974): A juh vércsoportjai I. Az első hazai vizsgálatok eredménye. *Állattenyészt.*, 23(5), 83–88.
- Fielding, D. (1988): Reproductive characteristics of the jenny donkey – *Equus asinus*: A review. *Trop. Anim. Health Prod.*, 20, 161–166. <https://doi.org/10.1007/BF02240085>

- Flinn, T., McCarthy, N. L., Swinbourne, A. M., Gatford, K. L., Weaver, A. C., McGrice, H. A., Kelly, J. M., Walker, S. K., Kind, K. L., Kleemann, D. O. & van Wettere, W. H. E. J. (2020): Supplementing Merino ewes with melatonin during the last half of pregnancy improves tolerance of prolonged parturition and survival of second-born twin lambs. *J. Anim. Sci.*, 98(12), skaa372. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa372>
- Folla, F., Sartori, C., Mancin, E., Pigozzi, G. & Mantovani, R. (2020): Genetic parameters of linear type traits scored at 30 months in Italian Heavy Draught Horse. *Animals*, 10, 1099. <https://doi.org/10.3390/ani10061099>
- Forcada, F., Abecia, J. A., Casao, A., Cebrián Pérez, J. A., Muiño Blanco, T. & Palacín, I. (2007): Effects of ageing and exogenous melatonin on pituitary responsiveness to GnRH in ewes during anestrus and the reproductive season. *Theriogenology*, 67(4), 855–862. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.11.002>
- Forcada, F., Abecia, J. A., Cebrián Pérez, J. A., Muiño Blanco, T., Valares, J. A., Palacín, I. & Casao, A. (2006): The effect of melatonin implants during the seasonal anestrus on embryo production after superovulation in aged high prolificacy Rasa Aragonesa ewes. *Theriogenology*, 65(2), 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.05.038>
- Forcada, F., Zarazaga, L. & Abecia, J. A. (1995): Effect of exogenous melatonin and plane of nutrition after weaning on estrous activity, endocrine status and ovulation rate in Salz ewes lambing in the seasonal anestrus. *Theriogenology*, 43(7), 1179–1193. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(95\)00090-U](https://doi.org/10.1016/0093-691X(95)00090-U)
- Foster, D. I., Ebling, F. J. P., Claypool, L. E. & Wood, R. I. (1989): Photoperiodic timing of puberty in sheep. In: *Development of Circadian Rhythmicity and Photoperiodism in Mammals*, S. M. Reppert (ed.), 103–153.
- Foster, D. L., Yellon, S. M. & Olster, D. H. (1985): Internal and external determinants of the timing of puberty in the female. *J. Reprod. Fertil.*, 75(1), 327–344. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0750327>
- Frungieri, M. B., Calandra, R. S. & Rossi, S. P. (2017): Local actions of melatonin in somatic cells of the testis. *Int. J. Mol. Sci.*, 18(6), 1170. <https://doi.org/10.3390/ijms18061170>
- Galano, A., Tan, D. X. & Reiter, R. J. (2011): Melatonin as a natural ally against oxidative stress: a physicochemical examination. *J. Pineal Res.*, 51(1), 1–16. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2011.00916.x>
- Galisteo, J. és Perez Marin, C. C. (2010): Factors affecting gestation length and estrus cycle characteristics in Spanish donkey breeds reared in southern Spain. *Theriogenology*, 74(3), 443–450. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.02.027>.
- Ganguly, S., Coon, S.L. & Klein, D.C. (2002) Control of melatonin synthesis in the mammalian pineal gland: the critical role of serotonin acetylation. *Cell Tissue Res* **309**, 127–137. <https://doi.org/10.1007/s00441-002-0579-y>
- García, J. J., López-Pingarrón, L., Almeida-Souza, P., Tres, A., Escudero, P., García-Gil, F. A., Tan, D. X., Reiter, R. J., Ramírez, J. M., & Bernal-Pérez, M. (2014). Protective effects of melatonin in reducing oxidative stress and in preserving the fluidity of biological membranes: a review. *J. Pineal Res.*, 56(3), 225–237. <https://doi.org/10.1111/jpi.12128>
- Gáspárdy, A. és Bozó, S. (2000): „Számegyeztető”, avagy az 50 és 9 pontos küllemi bírálati rendszer összevetése. *Holstein Mag.*, 8(1), 43–44., 2p.
- Gáspárdy, A. (2000) The Tsigai or Hungarian Berke. In *Living Heritage: Old Historical Hungarian Livestock*, 1st ed.; Bodó, I., Ed.; Agroinform Publishing and Printing Ltd.: Budapest, Hungary, pp. 60–62.
- Gáspárdy, A., Eszes, F., Bodó, I., Koppány, G., Keszthelyi, T. & Márton, F. (2001): A cigája (berke) juh fajta hazai változatainak alkattanai összehasonlító vizsgálata. *Állattenyészt. Takarmányoz.*, 50(1), 33–42.
- Gáspárdy, A., Anton, I., Megyerné, N. J., Fésüs, L., Eszes, F. és Komlósi, I. (2004): Hazai cigája állományok biokémiai és DNS-polimorfizmusokra alapozott összehasonlító

- vizsgálata. Előadás a „Agrártermelés – harmóniában a természettel, XXX. Óvári Tudományos Napok”, Pannon Egyetem Mosonmagyaróvár, 2004. október 7. ISSN 0237 9902. 35 p.
- Gáspárdy, A., Ungváry, Cs., Békefi, J. & Béri, B. (2012): History and characterization of Carpathian Brown Cattle – through its Hungarian up to date news. *J. Ethnozootech. Roum.*, No. 2, 22–30.
- Gáspárdy, A., Gallagher, G., Bartha, B., Cseh, S., Fekete, S. G. & Somoskői, B. (2023): Plasma melatonin concentration during the early post partum period in Thoroughbred mares and their foals. *Acta Vet. Hung.*, 71, 119–127. <https://doi.org/10.1556/004.2023.00883>
- Gonzalez-Arto, M., Hamilton, T. R., Gallego, M., Gaspar-Torrubia, E., Aguilar, D., Serrano-Blesa, E., Abecia, J. A., Pérez-Pé, R., Muiño-Blanco, T., Cebrián-Pérez, J. A., & Casao, A. (2016). Evidence of melatonin synthesis in the ram reproductive tract. *Andrology*, 4(1), 163–171. <https://doi.org/10.1111/andr.12117>
- González-Arto, M., Vicente Carrillo, A., Martínez Pastor, F., Fernández Alegre, E., Roca, J., Miró, J., Rigau, T., Rodríguez Gil, J. E., Pérez Pé, R., Muiño Blanco, T. & Casao, A. (2016): Melatonin receptors MT1 and MT2 are expressed in spermatozoa from several seasonal and nonseasonal breeder species. *Theriogenology*, 86, 1958–1968. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.06.016>
- González-Arto, M., Aguilar, D., Gaspar Torrubia, E., Gallego, M., Carvajal Serna, M., Herrera Marcos, L. V., Serrano Blesa, E., Hamilton, T. R. d. S., Pérez Pé, R., Muiño Blanco, T., Cebrián Pérez, J. A. és Casao, A. (2017): Melatonin MT<sub>1</sub> and MT<sub>2</sub> receptors in the ram reproductive tract. *Int. J. Mol. Sci.*, 18(3), 662. <https://doi.org/10.3390/ijms18030662>
- Grubbaugh, W. R., Sharp, D. C., Berglund, L. A., McDowell, K. J., Kilmer, D. M., Peck, L. S. & Seamans, K. W. (1982): Effects of pinealectomy in pony mares. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 32, 293–295.
- Guerin, M. V., Deed, J. R. & Matthews, C. D. (1995): Plasma melatonin in the horse: measurements in natural photoperiod and in acutely extended darkness throughout the year. *J. Pineal Res.*, 19, 7–15. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.1995.tb00165.x>
- Guillaume, D., Duchamp, G., Franck, T., Nagy, P., & Martin-Rosset, W. (2006): Variability of plasma melatonin level in pony mares (*Equus caballus*), comparison with the hybrid: mules and with jennies (*Equus asinus*). *Reprod. Nutr. Dev.*, 46, 633–639. <https://doi.org/10.1051/rnd:2006043>
- Hardeland, R. (2017): Melatonin and the pathologies of weakened or dysregulated circadian oscillators. *J. Pineal Res.*, 62(1), e12377. <https://doi.org/10.1111/jpi.12377>
- Haresign, W., Peters, A. R. és Staples, L. D. (1990): The effect of melatonin implants on breeding activity and litter size in commercial sheep flocks in the UK. *Anim. Sci.*, 50(1), 111–121. <https://doi.org/10.1017/S0003356100004517>
- Haritou, S. J. A., Zylstra, R., Ralli, C., Turner, S., Tortones, D. J. & Boscos, C. M. (2008): Seasonal changes in circadian peripheral plasma concentrations of melatonin, serotonin, dopamine and cortisol in aged horses with Cushing's disease under natural photoperiod. *J. Neuroendocrinol.*, 20, 988–996. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2826.2008.01751.x>
- Hart, P. J., Squires, E. L., Imel, K. J. & Nett, T. M. (1984): Seasonal variation in hypothalamic content of gonadotropin-releasing hormone (GnRH), pituitary receptors for GnRH, and pituitary content of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in the mare. *Biol. Reprod.*, 30, 1055–1062. <https://doi.org/10.1095/biolreprod30.5.1055>
- Helliwell, R. J., & Williams, L. M. (1994). The development of melatonin-binding sites in the ovine fetus. *J. Endocrinol.*, 142(3), 475–484. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1420475>
- Hooley, R. D., Campbell, J. J. & Findlay, J. K. (1978): The importance of prolactin for lactation in the ewe. *J. Endocrinol.*, 79, 301–310. <https://doi.org/10.1677/joe.0.0790301>
- Houghton, D. C., Walker, D. W., Young, I. R. és McMillen, I. C. (1993): Melatonin and the light–dark cycle separately influence daily behavioral and hormonal rhythms in the pregnant

- ewe and sheep fetus. *Endocrinology*, 133(1), 90–98.  
<https://doi.org/10.1210/endo.133.1.8319592>
- Ivanković, A., Kavari, T., Caput, P., Mioč, B., Pavić, V. és Dovč, P. (2002): Genetic diversity of three donkey populations in the Croatian coastal region. *Anim. Genet.*, 33(3), 169–177.  
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2052.2002.00879.x>
- Ivanković, A., Bittante, G., Šubara, G., Šuran, E., Ivkić, Z., Pećina, M., Konjačić, M., Kos, I., Kelava Ugarković, N. és Ramljak, J. (2022): Genetic and population structure of Croatian local donkey breeds. *Diversity*, 14(5), 322. <https://doi.org/10.3390/d14050322>
- Jimenez-Jorge, S., Guerrero, J. M., Jimenez-Caliani, A. J., Naranjo, M. C., Lardone, P. J., Carrillo-Vico, A., Osuna, C., & Molinero, P. (2007). Evidence for melatonin synthesis in the rat brain during development. *J. Pineal Res.*, 42(3), 240–246.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2006.00411.x>
- Karatosidi, D., Marsico, G. és Tarricone, S. (2013): Modern use of donkeys. *Iran. J. Appl. Anim. Sci.*, 3(1), 13–17.
- Karsch, F. J., Bittman, E. L., Foster, D. L., Goodman, R. L., Legan, S. J. és Robinson, J. E. (1984): Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Prog. Horm. Res.*, 40, 185–232. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-571140-1.50010-4>
- Kárpáti, E., Gulyás, L., & Gáspárdy, A. (2021b, November 11). *Intracerebrális melatoninkezelés hatása juhok szaporodási ciklusára és a ló ivari aktivitására* [Poster presentation]. XXXVIII. Óvár Scientific Day: “Innovation and Digitalisation”, Mosonmagyaróvár, Hungary. In *Poster Abstract Volume* (Állattenyésztés és Takarmányozás Szekció). Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar. ISBN 978-615-5837-94-4.
- Kárpáti, E., Fűrlinger, D., Móczáné Pleskó, A., Gulyás, L., Gáspárdy, A. és Becskei, Zs. (2023): Various approaches to influence melatonin level in sheep reproduction. *Vet. Glasnik*, 77, 16–34. <https://doi.org/10.2298/VETGL220308007K>
- Keller, M., Meurisse, M., Poindron, P., Nowak, R., Ferreira, G., Shayit, M. & Lévy, F. (2003): Maternal experience influences the establishment of visual/auditory, but not olfactory recognition of the newborn lamb by ewes at parturition. *Dev. Psychobiol.*, 43, 167–176.  
<https://doi.org/10.1002/dev.10130>
- Kennaway, D. J., Matthews, C. D., Seemark, R. F., Phillipou, G. & Schilthuis, M. (1977): On the presence of melatonin in the pineal glands and plasma of foetal sheep. *J. Steroid Biochem.*, 8, 559–563. [https://doi.org/10.1016/0022-4731\(77\)90262-X](https://doi.org/10.1016/0022-4731(77)90262-X)
- Khan, M. Z., Chen, W., Wang, X., Liang, H., Wei, L., Huang, B., Kou, X., Liu, X., Zhang, Z., Chai, W., Khan, A., Peng, Y. és Wang, C. (2024): A review of genetic resources and trends of omics applications in donkey research: focus on China. *Front. Vet. Sci.*, 11, 1366128.  
<https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1366128>
- Khwaja, O. & Volpe, J. J. (2008): Pathogenesis of cerebral white matter injury of prematurity. *Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed.*, 93(2), F153–F161.  
<https://doi.org/10.1136/adc.2006.108837>
- Kilmer, D. M., Sharp, D. C., Grubaugh, W. R., McDowell, K. J. & Peck, L. S. (1982): Melatonin rhythms in pony mares and foals. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 32, 303–307.
- Kivelá, A. (1991): Serum melatonin during human pregnancy. *Acta Endocrinol.*, 124, 233–237.  
<https://doi.org/10.1530/acta.0.1240233>
- Klein, D. C. és Weller, J. L. (1970): Indole metabolism in the pineal gland: a circadian rhythm in N acetyltransferase. *Science*, 169(3950), 1093–1095.  
<https://doi.org/10.1126/science.169.3950.1093>
- Kooistra, L. H. & Ginther, O. J. (1975): Effect of photoperiod on reproductive activity and hair in mares. *Am. J. Vet. Res.*, 36, 1413–1419. <https://doi.org/10.2460/ajvr.1975.36.10.1413>
- Košťuková, M., Jiskrová, I., Sobotková, E., Petlachová, T., Pišová, M., Králová, B. és Bihuncová, I. (2012): Factors influencing the selected body parameters and hippometric

- indexes in donkey's population. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, 60(6), 167–172. <https://doi.org/10.11118/actaun201260060167>
- Košťuková, M., Černohorská, H., Bihuncová, I., Oravcová, I., Sobotková, E. és Jiskrová, I. (2015): Characteristics of morphological parameters of donkeys in the Czech Republic. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, 63(2), 419–424. <https://doi.org/10.11118/actaun201563020419>
- König, H. E. – Liebich, H. G. (2012): *Anatómia és szövettan állatorvostanhallgatók részére*. Budapest: Medicina Könyvkiadó
- Krebs, M. V., Rezende, A. S. C., Souza, J. C., Santos, D. C. C., & Gonçalves, T. M. (2021). Morphometric measurements for sexual dimorphism in the Campolina horse breed. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, 56, e02203. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02148>
- Kugler, W., Grünenfelder, H. P. és Broxham, E. (2008): *Donkey Breeds in Europe*. Monitoring Institute for Rare Breeds and Seeds in Europe, St. Gallen, Svájc. 32 p.
- Kugler, W. (2013): *Added value of donkey breeds in Europe*. SAVE Foundation Project Report, Save Foundation, St. Gallen, Switzerland.
- Kumar, T., Kumar, A., Singh, V. K., Pal, A., Yadav, V., Singh, D. K., Sharma, R., & Gupta, A. (2022). Seasonality and reproductive management in sheep and goat: A review. *Pharma Innov. J.*, 11(7S), 348–353.
- Kurutas, E. B. (2016): The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative/nitrosative stress: current state. *Nutr. J.*, 15(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s12937-016-0186-5>
- Kukovics S. (2004): A juhtej termelése és hasznosítása. *Gazdálkodás*, 48(6), 40–45.
- Kukovics S. (2012): Óshonos juhajtáink és szerepük a vidékfejlesztésben. *Magyar Mezőgazdaság*, 67(12), 10–13.
- Kunii H, Nambo Y, Okano A, Matsui A, Ishimaru M, Asai Y, Sato F, Fujii K, Nagaoka K, Watanabe G, Taya K. (2015). Effects of an extended photoperiod on gonadal function and condition of hair coats in Thoroughbred colts and fillies. *J Equine Sci*, 26(2), 57–66. <https://doi.org/10.1294/jes.26.57>
- Kus, L., Handa, R. J., & McNulty, J. A. (1994). Glutamate inhibition of the adrenergic-stimulated production of melatonin in rat pineal gland in vitro. *J. Neurochem.*, 62(6), 2241–2245. <https://doi.org/10.1046/j.1471-4159.1994.62062241.x>
- Kvetnoy, I. M. (1999): Extrapineal melatonin: Location and role within diffuse neuroendocrine system. *Histochem. J.*, 31, 1–12. <https://doi.org/10.1023/a:1003431122334>
- Larsen, R.E. (2021): *Reproductive Physiology of Sheep*. In: KAHN, C.M. – LINE, S. (eds.): *Merck Veterinary Manual*, 11th edition. Merck & Co., Inc., Kenilworth, NJ, USA.
- Lemley, C. O. & Vonnahme, K. A. (2017): Physiology and endocrinology symposium: alterations in uteroplacental hemodynamics during melatonin supplementation in sheep and cattle. *J. Anim. Sci.*, 95(5), 2211–2221. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1151>
- Lerner, A. B., Case, J. D. és Takahashi, Y. (1958): Isolation of melatonin, the pineal gland factor that lightens melanocytes. *J. Am. Chem. Soc.*, 80(10), 2587. <https://doi.org/10.1021/ja01543a060>
- Lénárt, Z., Ernst, M. és Gáspárdy, A. (2017): Preliminary results on body conformation of Hungarian Fallow Donkey. *Danub. Anim. Genet. Resour.*, 2, 53–58.
- Liebich, H. G. (2010): *Funktionelle Histologie der Haustiere*. Stuttgart: Schattauer Verlag.
- Loren, P., Sánchez, R., Arias, M. E., Felmer, R., Risopatrón, J. és Cheuquemán, C. (2017): Melatonin scavenger properties against oxidative and nitrosative stress: impact on gamete handling and in vitro embryo production in humans and other mammals. *Int. J. Mol. Sci.*, 18(6), 1119. <https://doi.org/10.3390/ijms18061119>

- Magyarországi Szamártenyésztők Egyesülete. (n.d.). *Szamar.hu – hivatalos honlap*. <http://www.szamar.hu/> (Letöltve: 2025. október 15.)
- Maijala, K. (1970): Need and methods of gene conservation in animal breeding. *Genet. Sel. Evol.*, 2(4), 403–415. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-2-4-403>
- Malpoux, B., Viguié, C. és Skinner, D. C. (1997): Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Res. Bull.*, 44(4), 431–438. [https://doi.org/10.1016/S0361-9230\(97\)00223-2](https://doi.org/10.1016/S0361-9230(97)00223-2)
- Malpoux, B., Migaud, M., Tricoire, H. és Chemineau, P. (2001): Biology of mammalian photoperiodism and the critical role of the pineal gland and melatonin. *J. Biol. Rhythms*, 16(4), 336–347. <https://doi.org/10.1177/074873001129002051>
- Marković, B., Marković, M. és Đokić, M. (2017): The morphological characterisation of donkey population in Montenegro. Előadás a „52nd Croatian and 12th International Symposium on Agriculture, Abstract”, Dubrovnik, Horvátország.
- Marseglia, L., D'Angelo, G., Manti, S., Arrigo, T., Reiter, R. J., Gitto, E., & Cuzzocrea, S. (2015). Analgesic, anxiolytic and anaesthetic effects of melatonin: New potential uses in pediatrics. *Int. J. Mol. Sci.*, 16(6), 1209–1220. <https://doi.org/10.3390/ijms16011209>
- Martínez-Royo, A., Lahoz, B., Alabart, J. L., Folch, J., & Calvo, J. H. (2012). Characterisation of the melatonin receptor 1A (MTNR1A) gene in the Rasa Aragonesa sheep breed: Association with reproductive seasonality. *Anim. Reprod. Sci.*, 133(3–4), 169–175. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.06.018>
- Maško, M., Wierzbicka, M., Zdrojkowski, Ł., Jasiński, T., Pawliński, B., & Domino, M. (2021). Characteristics of the Donkey's Dorsal Profile in Relation to Its Functional Body Condition Assessment. *Animals*, 11(11), 3095. <https://doi.org/10.3390/ani11113095>
- Maško, M., Wierzbicka, M., Zdrojkowski, Ł., Jasiński, T., Sikorska, U., Pawliński, B., & Domino, M. (2022). Comparison of Donkey, Pony, and Horse Dorsal Profiles and Head Shapes Using Geometric Morphometrics. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(7), 931. <https://doi.org/10.3390/ani12070931>
- Mateescu, R. G., Lunsford, A. K. és Thonney, M. L. (2009): Association between melatonin receptor 1A gene polymorphism and reproductive performance in Dorset ewes. *J. Anim. Sci.*, 87(8), 2485–2488. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1688>.
- Matiuti, M., Matiuti, C., Dronca, D., Nistor, E. & Mot, T. (2011): Research on Donkey Populations (*Equus asinus*) in Banat. *Anim. Sci. Biotechnol.*, 44(1), 286–290.
- McCarthy, R., Jungheim, E. S., Fay, J. C., Bates, K., Herzog, E. D. & England, S. K. (2019): Riding the rhythm of melatonin through pregnancy to deliver on time. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*, 10, 616. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00616>
- McMillen, I. C. & Walker, D. W. (1991): Effects of different lighting regimes on daily hormonal and behavioral rhythms in the pregnant ewe and sheep fetus. *J. Physiol.*, 442, 465–476. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1991.sp018803>
- Meena, S., Meena, G. S., Gautam, P. B., Rai, D. C., & Kumari, S. (2024). A comprehensive review on donkey milk and its products: Composition, functionality and processing aspects. *Food Chem. Adv.*, 4, 100647. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100647>
- Megha, K. B., Arathi, A., Shikha, S., Alka, R., Ramya, P., & Mohanan, P. V. (2024). Significance of Melatonin in the Regulation of Circadian Rhythms and Disease Management. *Mol. Neurobiol.*, 61(8), 5541–5571. <https://doi.org/10.1007/s12035-024-03915-0>
- Mendoza, F. J., Estepa, J. C., de Gonzalez, C. C. A., Aguilera, A. R., Toribio, R. E. & Pérez Ecija, A. (2015): Energy related parameters and their association with age, gender, and morphometric measurements in healthy donkeys. *Vet. J.*, 204, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.03.004>
- Messias, T. B. O. N., Sant'Ana, A. M. S., Araújo, E. O. M., Rangel, A. H. N., Vasconcelos, A. S. E., Salles, H. O., Morgano, M. A., Silva, V. S. N., Pacheco, M. T. B., Queiroga, R. C. R. E. (2022): Milk from Nordestina donkey breed in Brazil: Nutritional potential and

- physicochemical characteristics in lactation. *Int. Dairy J.*, 127, 105291. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105291>
- Meutchieye, F., Kwalar, N. N., Armelle, R. és Nyock, F. (2014): Donkey Husbandry and Production Systems. "Current Donkey Production & Functionality", fejezet 12, UCO Press, Córdoba, Spanyolország.
- Mihók, S., Pataki, B., Ernst, K. és Ernst, J. (2001): Ló és szamár. Gazdasági állataink – Fajtatan sorozat. Agroinform Kiadó, Budapest. 360 p. ISBN 963 935 800 2.
- Miragaya, M. H., Neild, D. M., & Alonso, A. E. (2018). A Review of Reproductive Biology and Biotechnologies in Donkeys. *J. Equine Vet. Sci.*, 65, 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.12.005>
- Mokhtar, D. M., Abd-Elhafeez, H. H., Abou-Elmagd, A., & Hassan, A. H. (2016). Melatonin administration induced reactivation in the seminal gland of the soay rams during non-breeding season: An ultrastructural and morphometrical study. *J. Morphol.*, 277(2), 231–243. <https://doi.org/10.1002/jmor.20491>
- Molik, E., Misztal, T., Romanowicz, K. & Zieba, D. (2013): Short-day and melatonin effects on milking parameters, prolactin profiles and growth-hormone secretion in lactating sheep. *Small Rumin. Res.*, 109, 182–187. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.10.006>
- Moore, R. Y. (1996). Neural control of the pineal gland. *Behav. Brain Res.*, 73(1–2), 125–130. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(96\)00083-6](https://doi.org/10.1016/0166-4328(96)00083-6)
- Morgan, P. J., Barrett, P., Howell, H. E. és Helliwell, R. (1994): Melatonin receptors: localization, molecular pharmacology and physiological significance. *Neurochem. Int.*, 24(2), 101–146. [https://doi.org/10.1016/0197-0186\(94\)90100-7](https://doi.org/10.1016/0197-0186(94)90100-7)
- Morgan, P. J., Williams, L. M., Davidson, G., Lawson, W. & Howell, E. (1989): Melatonin receptors on ovine pars tuberalis: characterization and autoradiographical localization. *J. Neuroendocrinol.*, 1(1), 1–4. DOI: 10.1111/j.1365 2826.1989.tb00068.x
- Mostafa, M. B., Abdelgalil, A. I., Farhat, S. F., Raw, Z., & Kubasiewicz, L. M. (2020). Morphometric measurements of the feet of working donkeys *Equus asinus* in Egypt. *Journal of equine science*, 31(2), 17–22. <https://doi.org/10.1294/jes.31.17>
- Murphy, B.A. (2019): Circadian and circannual regulation in the horse: Internal timing in an elite athlete. *J. Equine Vet. Sci.*, 76, 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.02.026>
- Murphy, B. A., Elliott, J. A., Sessions, D. R. & Peters, R. R. (2007): Rapid phase adjustment of melatonin and core body temperature rhythms following a 6-h advance of the light/dark cycle in the horse. *J. Circadian Rhythms*, 5, 5. <https://doi.org/10.1186/1740-3391-5-5>
- Murphy, B. A., Martin, A.-M., Furney, P. és Elliott, J. A. (2011): Absence of a serum melatonin rhythm under acutely extended darkness in the horse. *J. Circadian Rhythms*, 9(1), 3. <https://doi.org/10.1186/1740-3391-9-3>
- Nagy, P., Guillaume, D. & Daels, P. (2000): Seasonality in mares. *Anim. Reprod. Sci.*, 60–61, 245–262. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(00\)00133-0](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00133-0)
- Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (Nébih). (é. n.). „Omika” módszerek (omics). Elérhető: [https://portal.nebih.gov.hu/aktualitasok/hirek/friss-hirek/hirek2/-/asset\\_publisher/4ndba0yRXvQX/content/id/823395/pop\\_up](https://portal.nebih.gov.hu/aktualitasok/hirek/friss-hirek/hirek2/-/asset_publisher/4ndba0yRXvQX/content/id/823395/pop_up) (Hozzáférés: 2025. október 14.)
- Németh, T., Kukovics, S., & Bodó, I. (2003). A cigája juh fajta gazdasági és genetikai jellemzői. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 125(2), 93–100.
- Norris, S., Little, H., Ryding, J., & Raw, Z. (2021). Global donkey and mule populations: Figures and trends. *PLoS One*, 16(3), e0247830. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247830>
- Novotni, P. (2009): A ló küllemi bírálata. Pro Book Könyvkiadó, Debrecen.
- Nowak, R., Young, I. R. és McMillen, I. C. (1990): Emergence of the diurnal rhythm in plasma melatonin concentrations in newborn lambs delivered to intact or pinealectomized ewes. *J. Endocrinol.*, 125(1), 97–102. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1250097>

- Olcese, J. M. (2020): Melatonin and Female Reproduction: An Expanding Universe. *Front. Endocrinol.*, 11, 85. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00085>
- Olcese, J. (2012): Circadian aspects of mammalian parturition: A review. *Mol. Cell. Endocrinol.*, 349, 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2011.06.041>
- Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J. P., Thimonier, J. & Volland Nail, P. (1985): Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm mammals. *Oxford Rev. Reprod. Biol.*, 7, 305–345
- O'Brien, C., Darcy-Dunne, M. R. & Murphy, B. A. (2020): The effects of extended photoperiod and warmth on hair growth in ponies and horses at different times of year. *PLoS One*, 15(1), e0227115. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227115>
- Palacin, I., Forcada, F. és Abecia, J. A. (2011): Meta-analysis of the efficacy of melatonin implants for improving reproductive performance in sheep. *Span. J. Agric. Res.*, 9, 730–743. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110903-348-10>
- Pampori, Z. A., Sheikh, A. A., Aarif, O., Hasin, D. és Bhat, I. A. (2020): Physiology of reproductive seasonality in sheep – an update. *Biol. Rhythm Res.*, 51(4), 586–598. <https://doi.org/10.1080/09291016.2018.1548112>
- Pandi-Perumal, S. R., Srinivasan, V., Maestroni, G. J. M., Cardinali, D. P., Poeggeler, B. és Hardeland, R. (2006): Melatonin: nature's most versatile biological signal? *FEBS J.*, 273(13), 2813–2838. <https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2006.05322.x>
- Pandi-Perumal, S. R., Trakht, I., Spence, D. W., Srinivasan, V., Dagan, Y., & Cardinali, D. P. (2008). The roles of melatonin and light in the pathophysiology and treatment of circadian rhythm sleep disorders. *Nat. Clin. Pract. Neurol.*, 4(8), 436–447. <https://doi.org/10.1038/ncpneuro0847>
- Papa, L. és Kume, K. (2012): The results of identification and characterisation of the donkey population in Albania. *Agric. For.*, 58(3), 125–134.
- Pearson, R.A.; Ouassat, M. (2000) A Guide to Live Weight Estimation and Body Condition Scoring of Donkeys; The University of Edinburgh, Centre for Tropical Veterinary Medicine: Edinburgh, UK.
- Pedigree Viewer (2015): Pedigree Viewer, Version 6.5f. Elérhető: <https://bkinghor.une.edu.au/pedigree.htm> (Megtekintve: 2022.12.11.).
- Peltier, M. R., Robinson, G., Sharp, D. C. (1998). Effects of melatonin implants in pony mares: 1. Acute effects. *Theriogenology*, 49(6), 1113–1123. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00060-0](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00060-0)
- Peltier, M. R., Robinson, G., Sharp, D. C. (1998). Effects of melatonin implants in pony mares: 2. Long-term effects. *Theriogenology*, 49(6), 1125–1142. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00061-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00061-2)
- Perdomo González, D. I., García de Paredes, R. d. I. A., Valera, M., Bartolomé, E. & Gómez, M. D. (2022): Morpho Functional Traits in Pura Raza Menorquina Horses: Genetic Parameters and Relationship with Coat Color Variables. *Animals*, 12, 2319. <https://doi.org/10.3390/ani12182319>
- Perkinson, M. R., Kim, J. S., Iremonger, K. J. & Brown, C. H. (2021): Visualising oxytocin neurone activity in vivo: The key to unlocking central regulation of parturition and lactation. *J. Neuroendocrinol.*, 33, e13012. <https://doi.org/10.1111/jne.13012>
- Pfeffer, M., von Gall, C., Wicht, H., & Korf, H. W. (2022). The Role of the Melatonergic System in Circadian and Seasonal Rhythms—Insights From Different Mouse Strains. *Front. Physiol.*, 13, 883637. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.883637>
- Piccione, G., Giannetto, C., Bertolucci, C. & Refinetti, R. (2013): Daily rhythmicity of circulating melatonin is not endogenously generated in the horse. *Biol. Rhythm Res.*, 44, 143–149. <https://doi.org/10.1080/09291016.2012.656245>

- Pissonnier, D., Thiery, J. C., Fabre-Nys, C., Poindron, P. & Keverne, E. B. (1985): The importance of olfactory bulb noradrenalin for maternal recognition in sheep. *Physiol. Behav.*, 35, 361–363. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(85\)90309-9](https://doi.org/10.1016/0031-9384(85)90309-9)
- Rapacz, A., Turek, A., Kruczek, M., Błaszczyk, B., Wąsowicz, M. & Gajewski, Z. (2010): Diurnal rhythm of plasma melatonin level in mares from spring equinox to summer solstice. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 54, 693–699.
- Reich, P., Möller, S., Stock, K.F., Nolte, W., Prondzinski, M., Reents, R., Kalm, E., Kühn, C., Thaller, G., Falker-Gieske, C., & Tetens, J. (2024): Genomic analyses of withers height and linear conformation traits in German Warmblood horses using imputed sequence-level genotypes. *Genet. Sel. Evol.*, 56, 45. <https://doi.org/10.1186/s12711-024-00914-6>
- Reiter, R. J. (1991): Pineal melatonin: cell biology of its synthesis and of its physiological interactions. *Endocr. Rev.*, 12(2), 151–180. <https://doi.org/10.1210/edrv-12-2-151>
- Reiter, R. J. (1992): The ageing pineal gland and its physiological consequences. *Bioessays*, 14(3), 169–175. <https://doi.org/10.1002/bies.950140307>
- Reiter, R. J., Rosales-Corral, S. A., Manchester, L. C., & Tan, D.-X. (2013). Peripheral reproductive organ health and melatonin: Ready for prime time. *Int. J. Mol. Sci.*, 14, 7231–7272. <https://doi.org/10.3390/ijms14047231>
- Reiter, R. J., Tan, D.-X., Manchester, L. C., Paredes, S. D., Mayo, J. C., & Sainz, R. M. (2009). Melatonin and reproduction revisited. *Biol. Reprod.*, 81, 445–456. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.108.075655>
- Reiter, R. J. és Sharma, R. (2021): Central and peripheral actions of melatonin on reproduction in seasonal and continuous breeding mammals. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 300, 113620. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2020.113620>
- Rekik, M., Taboubi, R., Ben Salem, I., Fehri, Y., Sakly, C., Lassoued, N. & Hilali, M. E. (2015): Melatonin administration enhances the reproductive capacity of young rams under a southern Mediterranean environment. *Anim. Sci. J.*, 86(7), 666–672. <https://doi.org/10.1111/asj.12350>
- Robertson, N. J., Tan, S., Groenendaal, F., van Bel, F., Juul, S. E., Bennet, L., Derrick, M., Back, S. A., Valdez, R. C., Northington, F., Gunn, A. J. & Mallard, C. (2012): Which neuroprotective agents are ready for bench to bedside translation in the newborn infant? *J. Pediatr.*, 160(4), 544–552. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2011.12.052>
- Robinson, J. E. és Karsch, F. J. (1984): Refractoriness to inductive day lengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.*, 31(4), 656–663. <https://doi.org/10.1095/biolreprod31.4.656>
- Robinson, J. E., Wayne, N. L. és Karsch, F. J. (1985): Refractoriness to inhibitory daylength initiates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.*, 32(5), 1024–1030. <https://doi.org/10.1095/biolreprod32.5.1024>
- Roche, J. F., Karsch, F. J., Foster, D. L., Takagi, S., & Dziuk, P. J. (1970). Effect of pinealectomy on estrus, ovulation and luteinizing hormone in ewes. *Biology of reproduction*, 2(2), 251–254. <https://doi.org/10.1095/biolreprod2.2.251>
- Rodriguez, C., Mayo, J. C., Sainz, R. M., Antolín, I., Herrera, F., Martín, V. & Reiter, R. J. (2004): Regulation of antioxidant enzymes: a significant role for melatonin. *J. Pineal Res.*, 36(1), 1–9. <https://doi.org/10.1046/j.1600-079X.2003.00092.x>
- Rollag, M. D., & Niswender, G. D. (1976). Radioimmunoassay of serum concentrations of melatonin in sheep exposed to different lighting regimens. *Endocrinology*, 98(2), 482–489. <https://doi.org/10.1210/endo-98-2-482>
- Rosa, H. J. D. és Bryant, M. J. (2003): Seasonality of reproduction in sheep. *Small Rumin. Res.*, 48, 155–171. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00038-5](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00038-5)
- Rudas P., Frenyo V. L. (szerk.1995): *Az állatorvosi élettan alapjai*. Budapest: Springer Hungarica

- Rudas, P., & Frenyó, V. L. (1995). *Endokrinológia és anyagcsere-élettan*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- Sack, R. L., Auckley, D., Auger, R. R., Carskadon, M. A., Wright, K. P. Jr., Vitiello, M. V., & Zhdanova, I. V. (2007). Circadian rhythm sleep disorders: Part I, basic principles, shift work and jet lag disorders. *Sleep*, 30(11), 1460–1483. <https://doi.org/10.1093/sleep/30.11.1460>
- Sambras, H. H. (2016): Was ist eine alte und gefährdete Rasse? *Danub. Anim. Genet. Resour.*, 1, 7–11.
- Sanchez-Hidalgo, M., Alarcon de la Lastra, C., Carrascosa-Salmoral, M. P., Naranjo, M. C., Gomez-Corvera, A., Caballero, B., & Guerrero, J. M. (2009). Age-related changes in melatonin synthesis in rat extrapineal tissues. *Exp. Gerontol.*, 44, 328–334. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2009.02.002>
- Santiago-Moreno, J., Toledano-Díaz, A., Castaño, C., Coloma, M. A., Estes, M. C., Prieto, M. T., Delgadillo, J. A., & López-Sebastián, A. (2013): Photoperiod and melatonin treatments for controlling sperm parameters, testicular and accessory sex glands size in male Iberian ibex: A model for captive mountain ruminants. *Anim. Reprod. Sci.*, 139(1–4), 45–52. [10.1016/j.anireprosci.2013.04.006](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.04.006)
- Sarlós, P., Egerszegi, I., Balogh, O., Cseh, S., Rátky, J. & Molnár, A. (2013): Seasonal changes of scrotal circumference, blood plasma testosterone concentration and semen characteristics in Racka rams. *Small Rumin. Res.*, 111(1–3), 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.11.036>
- Sato, K., Meng, F., Francis, H., Wu, N., Chen, L., Kennedy, L., Zhou, T., Franchitto, A., Onori, P., Gaudio, E., Glaser, S., & Alpini, G. (2020). Melatonin and circadian rhythms in liver diseases: Functional roles and potential therapies. *J. Pineal Res.*, 68, e12639. <https://doi.org/10.1111/jpi.12639>
- Schaus, K., Wacker, J., Jandowsky, A., Büttner, K., Röcken, M., & Bartmann, C. P. (2024). Radiographic Morphometric Measurements of the Donkey's Distal Hind Limb. *Animals : an open access journal from MDPI*, 15(1), 22. <https://doi.org/10.3390/ani15010022>
- Segabinazzi, L. G. T. M., Gilbert, R. O., Ambrosia, R. L., Bergfelt, D. R., Samper, J. C., Peterson, E. W., & French, H. M. (2023). Structural and Functional Dynamics of the Ovary and Uterus during the Estrous Cycle in Donkeys in the Eastern Caribbean. *Animals*, 13(1), 74. <https://doi.org/10.3390/ani13010074>
- Seron-Ferre, M., Reynolds, H., Mendez, N. A., Mondaca, M., Valenzuela, F., Ebensperger, R., Valenzuela, G. J., Herrera, E. A., Llanos, A. J. & Torres Farfán, C. (2015): Impact of maternal melatonin suppression on amount and functionality of brown adipose tissue (BAT) in the newborn sheep. *Front. Endocrinol.*, 5, 232. <https://doi.org/10.3389/fendo.2014.00232>
- Sharp, D. C., Vernon, M. W. & Zavy, M. T. (1979): Alteration of seasonal reproductive patterns in mares following superior cervical ganglionectomy. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 27, 87–93.
- Sharp, D. C. és Grubaug, W. R. (1987): Use of push pull perfusion techniques in studies of gonadotropin releasing hormone secretion in mares. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 35, 289–296. (absztrakt)
- Simonneaux, V. és Ribelayga, C. (2003): Generation of the melatonin endocrine message in mammals: a review of the complex regulation of melatonin synthesis by norepinephrine, peptides, and other pineal transmitters. *Pharmacol. Rev.*, 55(2), 325–395. <https://doi.org/10.1124/pr.55.2.2>
- Smirnov, A. N. (2001): Nuclear melatonin receptors. *Biochemistry (Mosc.)*, 66(1), 19–26. <https://doi.org/10.1023/a:1002821427018>
- Sosa, C., Laurenzana, E., de Brun, V., Meikle, A. és Abecia, J. A. (2023): The melatonin system is expressed in the ovine uterus: effect of the day of the oestrous cycle and undernutrition. *Reprod. Fertil. Dev.*, 35, 563–574. <https://doi.org/10.1071/RD22194>

- Stark, R. I. és Daniel, S. S. (1989): Circadian rhythm of vasopressin levels in cerebrospinal fluid of the fetus: effect of continuous light. *Endocrinology*, 124(6), 3095–3101. <https://doi.org/10.1210/endo-124-6-3095>
- Succu, S., Pasciu, V., Manca, M. E., Chelucci, S., Torres Rovira, L., Leoni, G. G., Zinellu, A., Carru, C., Naitana, S. és Berlinguer, F. (2014): Dose dependent effect of melatonin on postwarming development of vitrified ovine embryos. *Theriogenology*, 81(8), 1058–1066. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.032>
- Szczesna, M., Kirsz, K., Misztal, T., Molik, E. & Zieba, D. A. (2018): The effects of leptin on plasma concentrations of prolactin, growth hormone, and melatonin vary depending on the stage of pregnancy in sheep. *J. Anim. Sci.*, 96, 3348–3357. <https://doi.org/10.1093/jas/sky203>
- Szikszai, I. (Cigája-juh törzstenyésztő, Csanádpalota, Csongrád Csanád vármegye, Magyarország), személyes közlés, 2024.
- Taberner, E., Medrano, A., Peña, A., Rigau, T., & Miró, J. (2008). Oestrus cycle characteristics and prediction of ovulation in Catalanian jennies. *Theriogenology*, 70(9), 1489–1497. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.06.096>
- Talpur, H. S., Chandio, I. B., Brohi, R. D., Worku, T., Rehman, Z., Bhattarai, D., Ullah, F., JiaJia, L., & Yang, L. (2018): Research progress on the role of melatonin and its receptors in animal reproduction: A comprehensive review. *Reprod. Domest. Anim.*, 53, 831–849. <https://doi.org/10.1111/rda.13188>
- Tamura, H., Nakamura, Y., Korkmaz, A., Manchester, L. C., Tan, D. X., Sugino, N. és Reiter, R. J. (2009): Melatonin and the ovary: physiological and pathophysiological implications. *Fertil. Steril.*, 92(1), 328–343. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2008.05.016>
- Tamura, H., Takasaki, A., Taketani, T., Tanabe, M., Kizuka, F., Lee, L., Tamura, I., Maekawa, R., Aasada, H., Yamagata, Y. és Sugino, N. (2012): The role of melatonin as an antioxidant in the follicle. *J. Ovarian Res.*, 5, 5. <https://doi.org/10.1186/1757-2215-5-5>
- Tarocco, A., Carocchia, N., Morciano, G., Wieckowski, M. R., Ancora, G., Garani, G., & Pinton, P. (2019). Melatonin as a master regulator of cell death and inflammation: Molecular mechanisms and clinical implications for newborn care. *Cell Death Dis.*, 10(4), 317. <https://doi.org/10.1038/s41419-019-1556-7>
- Thakor, A. S., Allison, B. J., Niu, Y., Botting, K. J., Serón-Ferré, M., Herrera, E. A., & Giussani, D. A. (2015). Melatonin modulates the fetal cardiovascular defense response to acute hypoxia. *J. Pineal Res.*, 59(1), 80–90. <https://doi.org/10.1111/jpi.12242>
- The Donkey Sanctuary (2021): The Donkey Sanctuary. Elérhető: <https://www.thedonkeysanctuary.org.uk> (Megtekintve: 2021. január 18.)
- Tian, X., Wang, F., Zhang, L., He, C., Ji, P., Wang, J., Zhang, Z., Lv, D., Abulizi, W., Wang, X., Lian, Z., & Liu, G. (2017). Beneficial effects of melatonin on the in vitro maturation of sheep oocytes and its relation to melatonin receptors. *Int. J. Mol. Sci.*, 18(4), 834. <https://doi.org/10.3390/ijms18040834>
- TIBCO Software Inc. (2020): Statistica, Version 14. Data Science Workbench. Palo Alto, CA, USA. (szoftver)
- Torres-Farfan, C., Valenzuela, F. J., Mondaca, M., Valenzuela, G. J., Krause, B., Herrera, E. A., Riquelme, R., Llanos, A. J. & Seron-Ferré, M. (2008): Evidence of a role for melatonin in fetal sheep physiology: direct actions of melatonin on fetal cerebral artery, brown adipose tissue and adrenal gland. *J. Physiol.*, 586, 4017–4027. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.154351>
- Torres, F., González-Candia, A., Montt, C., Ebensperger, G., Chubretovic, M., Serón-Ferré, M., Reyes, R. V., Llanos, A. J., & Herrera, E. A. (2015). Melatonin reduces oxidative stress and improves vascular function in pulmonary hypertensive newborn sheep. *J. Pineal Res.*, 58(3), 362–373. <https://doi.org/10.1111/jpi.12222>

- Tsiligianni, T., Valasi, I., Cseh, S., Vainas, E., Faigl, V., Samartzi, F., Papanikolaou, T., Dovolou, E. és Amiridis, G. S. (2009): Effects of melatonin treatment on follicular development and oocyte quality in Chios ewes – short communication. *Acta Vet. Hung.*, 57(2), 331–335. <https://doi.org/10.1556/AVet.57.2009.2.13>
- Ungváry, Cs. (2011): A kárpáti borzderes szarvasmarhafajta küllemi bírálata. Szakdolgozat. Szent István Egyetem, Állatorvos tudományi Kar, Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat tudományi Intézet, Budapest.
- Valle, E., Raspa, F., Giribaldi, M., Barbero, R., Bergagna, S., Antoniazzi, S., McLean, A. K., Minero, M., & Cavallarin, L. (2017). A functional approach to the body condition assessment of lactating donkeys as a tool for welfare evaluation. *PeerJ*, 5, e3001. <https://doi.org/10.7717/peerj.3001>
- Vasantha, I. (2016): Physiology of seasonal breeding: A review. *J. Vet. Sci. Technol.*, 7, 331. <https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000331>
- Vázquez, M. I., Forcada, F., Casao, A., Abecia, J. A., Sosa, C., & Palacín, I. (2010). Undernutrition and exogenous melatonin can affect the in vitro developmental competence of ovine oocytes on a seasonal basis. *Reprod. Domest. Anim.*, 45(4), 677–684. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01329.x>
- Vázquez, M. I., Forcada, F., Casao, A., Sosa, C., Palacín, I., & Abecia, J. A. (2009). Effects of melatonin and undernutrition on the viability of ovine embryos during anestrus and the breeding season. *Anim. Reprod. Sci.*, 112(1-2), 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.04.004>
- Viola, I., Sosa, C., Accornero, P., Manenti, I., Canto, F., Miretti, S., Abecia, J. A. és Toschi, P. (2024): Exogenous melatonin ameliorates embryo–maternal cross-talk in early pregnancy in sheep. *Reproduction*, 168, e240172. <https://doi.org/10.1530/REP-24-0172>
- Virágoskút Biogazdaság (2025): Szamar előrendelés. Elérhető: <https://www.viragoskut.hu/friss-husok-165/szamar-elorendeles-173> (Megtekintve: 2025. március 23.)
- Vlaeva, R., Georgieva, S., Barzev, G. és Ivanova, I. (2016): Morphological and phenotypic characteristics of donkeys in some regions of Bulgaria. *Trakia J. Sci.*, 14(1), 92–95. <https://doi.org/10.15547/tjs.2016.01.013>
- Vlaeva, R., Barzev, G., Georgieva, S. és Ivanova, I. (2017): Dynamics in the development of donkey population in Bulgaria. *Trakia J. Sci.*, 15(1), 56–59. <https://doi.org/10.15547/tjs.2017.01.009>
- Wacker, J., Schaus, K., Jandowsky, A., Büttner, K., Röcken, M., & Bartmann, C. P. (2024). Radiographic measurements of the hoof in generally sound donkeys with emphasis on the front limbs. *Front. Vet. Sci.*, 11, 1505253. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1505253>
- Wakchaure R, Ganguly S, Praveen P, Sharma S, Kumar A, Mahajan T, Qadri K. Importance of heterosis in animals: A review. *Int. J. Adv. Eng. Technol. Innov. Sci.* 2015;1(1):1–5.
- Walsh, C. M., Prendergast, R. L., Sheridan, J. T., Murphy, B. A. (2013). Blue light from light-emitting diodes directed at a single eye elicits a dose-dependent suppression of melatonin in horses. *Vet. J.*, 196(2), 231–235. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.09.003>
- Wetterberg, L., Iselius, L., & Lindsten, J. (1983). Genetic regulation of melatonin excretion in urine. A preliminary report. *Clin. Genet.*, 24(6), 399–402. <https://doi.org/10.1111/j.1399-0004.1983.tb00093.x>
- Wheaton, J. E., Pohl, H. A. és Windels, H. F. (1990): Effects of melatonin and progesterone administered to ewes in spring and summer. *J. Anim. Sci.*, 68(4), 923–930. <https://doi.org/10.2527/1990.684923x>
- Wilhelmsen, M., Amirian, I., Reiter, R. J., Rosenberg, J., & Gögenur, I. (2011). Analgesic effects of melatonin: A review of current evidence from experimental and clinical studies. *J. Pineal Res.*, 51, 270–277. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2011.00895.x>

- Williams, L. M. & Helliwell, R. J. A. (1993): Melatonin and seasonality in the sheep. *Anim. Reprod. Sci.*, 33, 159–182. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(93\)90113-6](https://doi.org/10.1016/0378-4320(93)90113-6)
- Yellon SM, Foster DL. (1986): Melatonin rhythms time photoperiod-induced puberty in the female lamb. *Endocrinology*. 1986;119(1):44–49. <https://doi.org/10.1210/endo-119-1-44>
- Yellon, S. M. és Longo, L. D. (1988): Effect of maternal pinealectomy and reverse photoperiod on the circadian melatonin rhythm in the sheep and fetus during the last trimester of pregnancy. *Biol. Reprod.*, 39(5), 1093–1099. <https://doi.org/10.1095/biolreprod39.5.1093>
- Yılmaz, O. & Ertuğrul, M. (2012): The morphologic traits of donkeys raised in East and Southeast of Turkey. *Hayvansal Üretim*, 53(1), 10–13.
- Yılmaz, O., Wilson, R. T., (2013): The Domestic Livestock Resources of Turkey: Notes on Donkeys. *J. Anim. Plant Sci.* 23(2), 651–656. ISSN: 1018-7081
- Zarazaga, L. Á., Guzmán, J. L. és Malpoux, B. (2011): Melatonin for the control of reproduction in small ruminants. In: R. R. Watson (szerk.): Melatonin in the Promotion of Health, 2. kiadás. Taylor & Francis, Abingdon on Thames, Oxfordshire, Egyesült Királyság, 339–350. <https://doi.org/10.1201/b11101-22>
- Zarazaga, L.A.; Malpoux, B.; Chemineau, P. (1997): The characteristics of the melatonin secretory rhythm are not modified by the stage of pregnancy in ewes. *Reprod. Nutr. Dev.* 1997, 37, 105–112. <https://doi.org/10.1051/rnd:19970111>
- Zarazaga, L. A.; Malpoux, B.; Bodin, L.; Chemineau, P. (1998): The large variability in melatonin blood levels in ewes is under strong genetic influence. *Am. J. Physiol.* 274 E607–E610. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1998.274.4.E607>
- Záborszki, T., 2005: A magyarországi szamárpopsuláció típusainak morfológiai leírása Thesis. Szent István Egyetem, Állatorvos-Tudományi Kar, Állattenyésztési Osztály, Budapest, 46.pp The morphological description of Hungarian donkey population (in Hungarian). Thesis. Szent István University, Faculty of Veterinary Science, Budapest, 46.pp.
- Zemdegs, I. Z., McMillen, I. C., Walker, D. W., Thorburn, G. D. & Nowak, R. (1988): Diurnal rhythms in plasma melatonin concentrations in the fetal sheep and pregnant ewe during late gestation. *Endocrinology*, 123, 284–289. <https://doi.org/10.1210/endo-123-1-284>
- Zhang, L., Chai, M., Tian, X., Wang, F., Fu, Y., He, C., Deng, S., Lian, Z., Feng, J., Tan, D., & Liu, G. (2013). Effects of melatonin on superovulation and transgenic embryo transplantation in small-tailed Han sheep (*Ovis aries*). *Neuroendocrinol. Lett.*, 34(4), 294–301. PMID: 23803865.
- Zhang, H.-M., & Zhang, Y. (2014). Melatonin: A well-documented antioxidant with conditional pro-oxidant actions. *J. Pineal Res.*, 57(2), 131–146. <https://doi.org/10.1111/jpi.12162>
- Zhao, D., Yu, Y., Shen, Y., Liu, Q., Zhao, Z., Sharma, R., & Reiter, R. J. (2019). Melatonin synthesis and function: Evolutionary history in animals and plants. *Front. Endocrinol.*, 10, 249. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00249>
- Zhdanova, I. V., Lynch, H. J., & Wurtman, R. J. (1997). Melatonin: a sleep promoting hormone. *Sleep*, 20(10), 899–907. <https://doi.org/10.1093/sleep/20.10.899>

## 8. A doktori értekezés témájában született közlemények

### 8.1 Lektorált, impakt faktoral bíró tudományos folyóiratban

1. Bartha, B., **Harmat, L.**, Somoskői, B., Cseh, S., Fekete, S. Gy. & Gáspárdy, A. (2021): A melatonin szerepe a ló és a szamár szaporodásában – irodalmi összefoglaló. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 143, 599–608. **Q4, IF=0.220**;
2. **Harmat, L.**, Nagy, J., Somoskői, B., Alpár, A., Fekete, S. G., & Gáspárdy, A. (2024). Determination of rhythmicity and gestational stage-related distribution of blood plasma melatonin concentrations in donkey mares. *Veterinary Sciences*, 11(7), 310. <https://doi.org/10.3390/vetsci11070310>, **Q1, IF (JCR 2024) = 2.3**;
3. **Harmat, L.**, Chandran, A. N., Nagy, J., Alpár, A., Somoskői, B., Fekete, S. G., Becskei, Zs., & Gáspárdy, A. (2025). Seasonal development of nocturnal blood plasma melatonin concentration in the Hungarian native donkey. *Veterinarski Glasnik*, 79(1), 38–48. <https://doi.org/10.2298/VETGL240909006H>, **Q3, SJR=0.150**;
4. Gáspárdy, A., Gulyás, L., Polland, I., Alpár, A., Fekete, S. Gy. & **Harmat, L.** (2025): Determination of Natural Blood Plasma Melatonin Concentration of Tsigai Ewes Characteristic for Gestation and Early Postpartum Period Between Autumnal Equinox and Winter Solstice. *Veterinary Sciences*, 12(4), 336. <https://doi.org/10.3390/vetsci12040336> **Q1, IF (JCR 2024) = 2.3**

### 8.2 Lektorlált, impakt faktoral nem bíró tudományos folyóiratban

**Harmat L.**, Kuncicky A, Lénárt Z, Ernst M, Nagy J, Gáspárdy A (2022): Conformation traits of Hungarian Fallow Donkey mares according to their basic colour. *Danubian Animal Genetic Resources*, 7(2): 17-21

### 8.3 A disszertáció témájában tartott konferencia előadások

**Harmat Levente**, Kuncicky, Ariane, Lénárt Zoltán, Ernst Mihály, Nagy János, Gáspárdy András: Conformation traits of Hungarian Fallow Donkey mares according to their basic colour - *DAGENE 2022 Congress Osijek 1-3 July 2022 Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek* - Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

**Harmat Levente**, Kuncicky Ariane, Lénárt Zoltán, Ernst Mihály, Nagy János, Gáspárdy András: Magyar parlagi szamár kancák alkati tulajdonságainak alapszínük szerinti vizsgálata és jellemző küllemtani hibáik - *II. Magyar Agrártudományi Doktoranduszok szimpóziuma*

*Állatorvos tudományok és Állattenyésztési tudományok szekció 2024.02.16. -  
Állatorvostudományi Egyetem Budapest*

**Harmat Levente**, Nagy János, Somoskői Bence, Alpár Alán, Fekete Sándor György, Gáspárdy András: A vérplazma melatoninkoncentráció ritmikusságának és vemhességi stádiumhoz kapcsolódó alakulásának meghatározása szamárkancákban - *MTA Állatorvos-Tudományi Bizottsága, ÁTE Állatorvostudományi Doktori Iskola Akadémiai Beszámolók 2025. január 20-22.* - Állatorvostudományi Egyetem Budapest

#### **8.4 A disszertáció témájában történt TDK- és szakdolgozat témavezetések**

Tahani Troger (2022 – *ÁTE Budapest*): Distribution of serum melatonin concentration in pregnant Hungarian Fallow Donkey mares. *TDK dolgozat*, Témavezető: Dr. Gáspárdy András és Dr. Harmat Levente

Ida Marie Polland (2024 – *ÁTE Budapest*): Examination of the nocturnal melatonin concentration in ewes during the gestation period. *TDK dolgozat*, Témavezető: Dr. Gáspárdy András, Kárpáti Edina és Dr. Harmat Levente

Anushya Chandran (2025 – *ÁTE Budapest.*): Seasonal dynamics of nocturnal blood plasma melatonin in the Hungarian donkey. Szakdolgozat, Témavezető: Dr. Gáspárdy András és Dr. Harmat Levente

Cathal John Wals (2025 – *ÁTE Budapest*): Embryo transfer in sheep. Szakdolgozat, Témavezető: Dr. Gáspárdy András és Dr. Harmat Levente

#### **8.5 Jelenlegi TDK és diplomamunka témavezetés**

Ariane Kuncicky (szakdolgozat leadás várható időpontja: 2026 november – *ÁTE Budapest*): An in-depth examination of the conformation in the framework of the breed reconstruction program of the Hungarian Fallow Donkey Témavezető: Dr. Gáspárdy András és Dr. Harmat Levente

Faye McKeown (szakdolgozat leadás várható időpontja: 2026 november – *ÁTE Budapest*): Connection of plasma melatonin concentration to the live weight of ewes and lambs in early post-partum period Témavezető: Dr. Gáspárdy András és Dr. Harmat Levente

## 9. A doktori kutatás témájához nem kapcsolódó tudományos közlemények

Kovács, E., **Harmat, L.**, Tempfli, K., Sáfár, L., Becskei, Zs., Bali Papp, Á., Maróti-Agóts, Á., & Gáspárdy, A. (2020). Ergebnisse der Sequenzanalyse des mitochondrialen Gens Cyt-b von Cikta Schafen. *Danubian Animal Genetic Resources*, 5, 25–31.

Kovács, E., Maróti-Agóts, Á., **Harmat, L.**, Annus, K., Zenke, P., Tempfli, K., Sáfár, L., & Gáspárdy, A. (2020). A cikta juh jellemzése a mitokondriális DNS kontroll régiója alapján [Characterisation of Hungarian Cikta sheep based on the control region of mtDNA]. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 142, 421–428. IF=0.220 [Q4]

Kovács, E., Tempfli, K., **Harmat, L.**, Zenke, P., Maróti-Agóts, Á., Bali Papp, Á., Sáfár, L., & Gáspárdy, A. (2020). A cikta juh hímvivarú részpopulációjának surlókor elleni genetikai rezisztenciája a mentesítési program másfél évtizedét követően [Genetic resistance against scrapie in the male subpopulation of Cikta sheep after one and a half decades of the eradication program]. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 69(2), 101–110

Tully E, **Harmat L**, Maróti-Agóts Á, Zenke P, Kovács E, Gáspárdy A (2023): Maternal diversity of the Yellow-faced sheep of Kecskemét based on the mtDNA control region. *Danubian Animal Genetic Resources*, 8(1):41-52. DOI:10.59913/dagr.2023.12263

Gáspárdy A, Tully E, **Harmat L**, Szabó L, Hegedűs L, Maróti-Agóts Á, Zenke P (2023): A kecskeméti sárgafejű juh összetett filogenetikai hátterének és haplotípus diverzitásának feltárása a mtDNA kontroll régió alapján. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 145(1):55–64. IF=0.200 [Q4]

Gáspárdy A, Csurgay K, **Harmat L**, Mayer T, Zenke P, Barna M, Sáfár L, Maróti-Agóts Á (2022): Az alföldi suta racka juh, mint genetikai zárványfajta filogenetikai hátterének és haplotípus diverzitásának feltárása a kontroll régió alapján (Exploration of the phylogenetic background and haplotype diversity of the Lowland Polled Racka sheep as a genetic inclusion breed based on the control region). *Magyar Állatorvosok Lapja*. 144(4): 213-222. IF=0.220 [Q4]

## 10. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Gáspárdy András tanszékvezető professzor úrnak, hogy a kezdetektől fogva végig biztatott, bátorított és támogatott doktori tanulmányaim során. A megannyi közösen eltöltött munkaóra akár a tanszéken, akár a számtalan állattartó telepi kiszállás során - a kutatások természetéből fakadó módon adott esetben a nap 24 óráját is lefedve – a sok-sok közösen megtett kilométer, a közben lefolytatott beszélgetések életre szóló tapasztalatot, emléket, élményt jelentenek és hálával tartozom. Az ő aktív témavezetői tevékenysége, szakmai iránymutatása és precizitása nélkül ez a kutatómunka nem valósulhatott volna meg.

Szeretném köszönetemet kifejezni Keindl Ágnesnek és Krizsán Juditnak a vérminták kezelésében és előkészítésében nyújtott laboratóriumi segítségükért. Dr. Somoskői Bencének és Dobozi Évának a minták feldolgozása során nyújtott pótolhatatlan segítségét.

Kárpáti Edina tudományos segédmunkatársnak, kollégámnak szeretném megköszönni a kutatás során, a kedvezőtlen megvilágítási körülmények ellenére végzett precíz adatrögzítő, adminisztratív munkáját.

Ida Marie Polland TDK-hallgatómnak az aktív részvételt a mintavételezés és a publikáció elkészítése során.

Köszönettel tartozom Dr. Wagenhoffer Zsombor intézetvezető úrnak, hogy biztosította az Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállattudományi Intézet támogatását a kutatások elvégzéséhez. A publikációk létrejöttében segítő összes szerzőtársamnak köszönöm a munkáját, továbbá az intézet minden munkatársának köszönöm, aki egy biztató szóval támogatott az elmúlt 5 évben.

Köszönetemet fejezem ki a Magyar Szamártenyésztők Egyesületének (MSZE), különösen Ernst Mihály elnök úrnak, amiért rendelkezésünkre bocsátotta a vizsgált szamárkancák háttéradatait és aktívan segítette munkánkat a kiszállások során.

Hálával tartozom az összes vizsgálatba bevont állattartó telep munkatársainak, akik a napi rutinba nem illeszkedő vizsgálati tevékenységünket türelemmel és megértéssel kezelték.

Az Állatorvostudományi Egyetem Tangazdaságának támogatása nélkülözhetetlen volt a kutatás elvégzése és a disszertáció elkészítése alatt.

Külön szeretném kiemelni Sinka Anett igazgató asszonyt, aki rugalmasan állt hozzám a doktori tanulmányok elvégzése közben és korábbi vezetőim közül Pallanki Zoltánt.

A hetesi gyakorlatokat oktató kollégáimnak, egyben barátaimnak – Kékesi Kitti, Dr. Novinszky Petra, Földvárszki Ferenc – is szeretném megköszönni a támogatásukat, biztatásukat és az oktatásban nyújtott helytállásukat és helyettesítéseket.

A juhászati állatgondozó kollégák kifogástalan szakmai hozzáállásáért és a mintavételezés során éjszakába nyúló kitartó segítségükért hálával tartozom – Kalina Gábor, Tóth Zsolt – külön kiemelve az időközben tragikus hirtelenséggel elhunyt Kalina Ádámot, sokszoros terelőbajnokot, az ÁTE Üllői Tangazdaságának örökös juhását.

Köszönöm a Magyar Juh- és Kecsketenyésztő Szövetségnek, amiért rendelkezésünkre bocsátották a vizsgált juhok háttéradatait.

Köszönöm legjobb barátaimnak, elsődlegesen megemlítve Dr. Kovács Lászlót az Állathigiéniai, Állomány-egészségtani Tanszék és Mobilklinika munkatársát, akivel mind az Egyetemet mind a doktori tanulmányokat együtt kezdtük el és az elmúlt másfél évtizedben megannyi rengeteg erőt adó beszélgetést, jó szót vagy éppen hasznos tanácsot igyekeztünk adni egymásnak. Dr. Koczás Máténak, Dr. Sipos Eszter Sárának, Dr. Mag Fátának, Dr. Gulyás Miklósnak, Dr. Kovács Ákosnak, Dr. Puhálák Dánielnek, Dr. Kanizsai Krisztiánnak, Dr. Viczena Bettinának, Dr. Somogyi Zoltánnak, Dr. Baranyi Katának, köszönöm, hogy olyan színes és tápláló baráti társaságot jelentenek, amely segít „embernek lenni mindég, minden körülményben”.

Végül, de nem utolsó sorban családomnak tartozom hálával és a legnagyobb köszönettel. Nagypapám, Dr. Fábíán Miklós 60 évvel ezelőtti diplomaszerezése azóta is meghatározza életünket és nem csak nekem segítette az életre szóló hivatásom megtalálását. Hálás szívvel köszönöm az ő és nagymamám szeretetét, a támogatását és még a túlféltését is az élet sodrában. Keresztapámnak ifj. Dr. Fábíán Miklósnak hálásan köszönöm a mindennapi életben emberileg és kollegiálisan is nyújtott támaszát, barátságát. Köszönöm apám, Harmat Levente bíztató szavait.

Legmélyebb hálámat fejezem ki szüleimnek, különösképpen édesanyámnak, Dr. Fábíán Dórának a végtelen szeretetéért, valamint Bödő Gábornak és testvéremnek, Bödő Péter Zsombornak a folyamatos támogatásukért, a biztonságot nyújtó nyugodt, boldog családi háttér megteremtéséért és azért, hogy mindig segítenek megőrizni a hitemet.

A vizsgálatot a Budapesti Állatorvostudományi Egyetem Stratégiai Kutatási Alapja támogatta (pályázati azonosító: SRF-001; Dr. Harmat Levente Fiala Kutatói Pályázata: „A vérplazma melatoninkoncentráció meghatározása szamarokban a cirkadián és cirkannuális ritmus, valamint a vemhességi állapot függvényében, 2023–2024, 1300000647”).

A téma irodalmi feldolgozása és kutatása az Emberi Erőforrások Minisztériuma támogatásával, az Új Nemzeti Kiválóság Program keretében készült (pályázati azonosító: EFOP-3.6.3-VH-2, egyedi azonosító: PO/12740-1/2019).

A projekt az Európai Unió finanszírozásával, valamint az Európai Regionális Fejlesztési Alap (ERFA) társfinanszírozásával valósult meg a VEKOP-2.3.2.-16-2016-00012 számú támogatási szerződés keretében: *„A 21. századi génmegőrzési stratégia tudományos megalapozása és fejlesztése a Kárpát-medence őshonos haszonállatfajtái, fajtái és ökotípusai számára.”*