

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Nagy Dóra**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Kaposvári Campus**

**Agrármérnök osztatlan szak**

**EGY TEJTERMELŐ TEHENÉSZET FEJŐROBOTOS  
TECHNOLÓGIÁRA TÖRTÉNŐ ÁTÁLLÁSÁNAK  
HATÁSVIZSGÁLATA**

**Belső konzulens:** Dr. Holló Gabriella  
egyetemi docens

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Állattenyésztési Tudományok  
Precíziós Állattenyésztési és  
Állattenyésztési Biotechnika  
Tanszék

**Tanszékvezető:** Dr. Szabari Miklós  
egyetemi docens

**Készítette:** Nagy Dóra

**Kaposvár**

**2024**

# Tartalomjegyzék

1	Bevezetés és célkitűzés .....	2
2	Szakirodalmi áttekintés .....	5
2.1	A holstein-fríz fajta jellemzése .....	5
2.2	Tejtermelőképeség, gépi fejhetőség .....	6
2.3	Az „Állattartás 4.0” rendszere .....	8
2.4	A precíziós tejtermelés .....	10
2.5	Automatikus fejési rendszer (AMS)-fejőrobotok működése.....	12
2.6	Fejőrobot beruházás megtérülése .....	18
2.7	A tejelő tehének stressz-vizsgálata a szívritmus változékonysága alapján .....	20
3	Anyag és módszer.....	22
3.1	A vizsgált állatállomány és technológia bemutatása.....	22
3.2	Az adatgyűjtés és az alkalmazott vizsgálat bemutatása.....	25
3.3	A szívritmus variabilitás (HRV) mérés technikai feltételeinek biztosítása.....	26
3.4	A szívritmus (HR) és szívritmus variabilitás (HRV) értékek elemzése.....	28
4	Eredmények és értékelésük.....	33
4.1	A holstein-fríz fajta tejtermelőképeségének és a gép fejhetőségének alakulása a hagyományos fejőházi technológiában és az automatikus fejőrendszerben az egyhetes átállási periódus alatt.....	33
4.2	A holstein-fríz fajta stressz vizsgálata a szívfrekvencia variabilitás (HRV) mutatók alapján hagyományos fejőházi technológiában és az automatikus fejőrendszerben az egyhetes átállási periódus alatt.....	37
5	Következtetések és javaslatok .....	48
6	Összefoglalás.....	53
7	Köszönetnyilvánítás.....	60
8	Irodalomjegyzék .....	61
9	Ábrák és táblázatok jegyzéke .....	64
10	Mellékletek.....	65
11	Nyilatkozatok.....	67

# 1 Bevezetés és célkitűzés

Dolgozatom témáját azért választottam, mert az a technológiai fejlődés, amit tapasztalunk életünk és a gazdaság minden területén, elkerülhetetlen, hogy a mezőgazdaságban és azon belül az állattenyésztésben is egyre nagyobb teret hódítson, sőt meghatározó legyen. Ez olyan léptékű változás, mint a gőzgépek megjelenése az igavonó állatok mellett. Biztos, hogy lesznek zsákutcái, hibái, hiányosságai az ilyen irányú fejlesztéseknek, de a tendencia nem kétséges. A fejlődés ugyanis az emberi történelem során mindig az innováción múlt, mert csak így lehetett a versenyképességet megtartani. Akik az innovációban élen jártak, azok kerültek ki győztesen a változások viharából. Ma már nem lepődünk meg, hogy vannak olyan üzemek, logisztikai telephelyek és bankfiókok, ahol nincs szükség emberi beavatkozásra. Nem lepődünk meg azon sem, ha sokkal több adat (un. big data) áll a rendelkezésünkre, hogy meg hozzuk az optimális döntést egy-egy kérdéses helyzetben. Az állattenyésztésben is megjelent a digitalizáció és robotika. A digitalizáció alatt azt értem, hogy mérőműszereink akár automatikusan, akár az igényeknek megfelelően szabályozva ontják az adatok szinte feldolgozhatatlan mennyiségét. A precíziós állattenyésztés, ezen belül a robot technológia megjelenése pedig egyértelműen mutatja, hogy milyen irányban lesznek fejlesztések. Vizsgálataimmal ahhoz szeretnék hozzájárulni, hogy minél több aspektusból szerezzünk ismereteket az automatikus fejőrendszerekről, azaz a fejőrobot technológiájáról. Nyilvánvalóan sokkal több információhoz jutunk, mint eddig bármikor, és már az jelent kihívást, hogy a kapott adatmennyiséget hogyan tudjuk feldolgozni, értékelni és ez alapján releváns döntést hozni. Emellett abban az irányban is kell fejleszteni, hogy ezt a hatalmas adatmennyiséget, hogyan rendszerezzük, hogyan segítsük a döntéshozót, hogy felelősen tudjon helyes döntést hozni. Nem túl rokonszenves vízióm a jövőről a tekintetben, hogy akár a nagy teljesítményű számítógépeknél a már ismert kódfejtési metodikájához hasonlóan, itt is egy-egy döntési helyzetben végig futtatjuk a döntési alternatívák során felmerülő összes modellt (brute force), annak minden aspektusával és csak meg kell nézni a kapott eredményt és annak alapján kell döntést hozni. Ez az általam is tanult szakmai tudást átértékeli, és a jövőben a szakemberektől más felkészültséget fog igényelni. Aki ebből a tanulási folyamatból viszont kimarad, az lemarad!

A robotika jelenléte azt teszi lehetővé, hogy a munkafolyamatok elvégzéséhez egyre kevesebb emberi beavatkozásra van szükség. Ennek előnyei, hogy az emberi beavatkozások

száma kevesebb, és az ezáltal hibaforrások kiküszöbölhetőek, ami végeredményként az állatok termelése stresszmentesebb környezetben történik.

Az ilyen jellegű beruházások ugyanakkor komoly tőkét igényelnek, ezért alaposan meg kell fontolni, hogy mennyi idő alatt térül meg a beruházási költsége. Több tényező az, ami ezt befolyásolja, de ezek közül csak néhányat emeltem ki, aminek a vizsgálata hozzájárulhat a döntés meghozatalához. A befolyásoló tényezők egyrésze viszonylag egyszerűen mérhető, míg vannak olyanok, amelyek rutinszerű termelés során nehezebben.

Diplomamunkámban mindkét fenti szempontból igyekeztem megvilágítani ezt a témát. Ökonómiai aránylag nehezebb megközelíteni, az az animal welfare (állat jólléti) szempontok figyelembevételét és mérését, vagyis a tejtermeléssel járó stressz vizsgálatát. A dolgozatomban bemutatott kísérlet nehézségét az jelentette, hogy a stresszhelyzet mérését, mértékét kifejezni a hétköznapi életben is meglehetősen szubjektív dolog, ennek ellenére mégis egy objektív módszert (szívritmus variabilitás) használva, próbáltuk az állat jóllétét értékelni és az okozott stressz mértéke szempontjából összehasonlítani egy hagyományos, fejőházi technológiát egy modern, automatizált fejőrendszerrel.

A szakirodalmat úgy igyekeztem összeválogatni, hogy olyan belföldi, és külföldi forrásmunkákat használtam fel, ami azonnali adaptációs, felhasználási lehetőséget biztosítanak egy magyar átlagos szarvasmarha telep lehetőségeit tekintve is. Ez alatt értem a fajta kiválasztását (holstein-fríz), gépi fejési technológia bemutatását, valamint a szakirodalom további visszajelzéseit a robot technológia alkalmazására vonatkozóan. Nagyon fontosnak tartottam, hogy részletesen feldolgozzam a stressz állapot értékelésére vonatkozó műszeres adatok elemzése során végzett kutatási eredményeket. Gyakorlatilag megállapítható, hogy az alkalmazott módszer megegyezik vizsgálatunk módszerével, így az ott kapott adatokat nagyon jól tudtam viszonyítási alapként használni.

Mindezek alapján dolgozatom fő célkitűzése volt, a tejtermelőképeség és a szívritmus variabilitás értékelése és ezek összehasonlítása ugyanazon egyednél a hagyományos fejőházi fejés-technológiában és az automatizált fejési rendszerben egy rövid un. átállási periódus alatt.

Dolgozatom további rész-célkitűzései a következők:

- A technológiai átállás hatásának vizsgálata a tejtermelőképeségre egyrészt elsőlaktációs, illetve többlaktációs tehének esetében, másrészt laktációs stádium szerint.

- Az átállás hatásának vizsgálata az állat jóllétére, a szervezet alkalmazkodóképességére, a szívritmus-változékonyság vizsgálata alapján.
- A két technológiában mért termelési eredmények és a kimutatható stressz mértéke között összefüggések vizsgálata.

A feldolgozott szakirodalom alapján az volt a hipotézisünk, hogy a nagyobb komfortot biztosító technológia kisebb stresszt jelent majd az egyedek számára, aminek meg kell mutatkoznia a tejtermelés volumenében is. Kérdés az, hogy az átállási időszak alatt (1. hét) mindez kimutatható-e már, és hogyan változnak a vizsgált paraméterek. Ennek értékelése ökonómiai szempontból fontos kérdés, mert az állattenyésztés is elsősorban üzlet, ahol a befektetés a termelési volumenből fakadó többletbevételből kell, hogy minél előbb megtérüljön.

## 2 Szakirodalmi áttekintés

### 2.1 A holstein-fríz fajta jellemzése

A tejtermékek iránti egyre növekvő érdeklődés, tejfogyasztás növekedése megkívánta a szarvasmarhafajták tejtermelő képességének akár egyoldalú növelését. Kettőshasznosítású vagy helyi fajtákból speciális fajtát állítottak elő céltudatos szelekcióval. A mai hatékony tejtermelés nagyüzemekben, iparszerű körülmények között működik. Ennek genetikai hátteret kellett megteremteni, és e célból kialakítani specializált tejtermelésű fajtákat. A tejhasznosítású fajták közül a legjellemzőbb és szinte minden országban a legelterjedtebb a holstein-fríz fajta (Béri és mtsai, 2016).

A fajta kialakításában szerepet játszott, hogy a tejtermelés iránti igény jelentősen megnőtt, ebben nagy szerepe volt a feketetarka lapálymarha importnak az észak-amerikai kontinensre. A frízlandi és holstein-veszfáliai területről származó állományokat holstein-fríz elnevezéssel tartották nyilván. Ősi brachyceros jellegű kettőshasznosítású lapály marhából több évtizedes szelekcióval állították elő a nagy tejtermelésű, respiratórikus típusú fajtát. Az európai és amerikai szemlélet eltérő, mert az európai figyelembe vette a kisüzemi paraszti gazdálkodást is, ahol teret ad a kettőshasznosítású fajtáknak, mivel a változó piachoz alkalmazkodva tejet és húst is szükséges előállítani. Ezzel szemben az amerikai farmokon, melyek ipari méretűek, fejlettek, jól gépesítettek kizárólag a tejelő jelleget fejlesztik, a kettős-hasznosítást teljesen elvetik, mert a húsformák javítását károsnak vélik. Legfőbb cél, hogy a nagyüzemi iparszerű termeléshez jól alkalmazkodó, nagy tűrőképességű, nagy termelésű, jól fejhető állományokat alakítsanak ki. A holstein-fríz tejtermelése kimagasló, mint éves tejmennyiségben, mint életteljesítményben, mint átlagos tejtermelésben. Tehát a termelt tej mennyiségében nincs vetélytársa. A termelt tej mennyisége és összetétele között negatív korreláció figyelhető meg, a fajta tejének zsír (jellemző a 3,5-4% közötti) és fehérjetartalma (jellemző a 2,8-3,5% közötti) elmarad a többi szarvasmarhafajtáétól. Az utóbbi évtizedben csökkent a hasznos életteljesítménye és a reprodukciós tulajdonságokban is felmerülnek gyakori problémák, ilyen például a meddőség és újravemhesülés nehézsége (Cassandro, 2014; Béri és mtsai, 2016).

A fő szelekciós irány tehát a nagy tejtermelés és a gépi fejhetőség, de emellett lényeges a tartástechnológiai körülményekkel szembeni nem túl nagy igényesség. A maximális

jövedelem elérése érdekében a tenyésztők a legegyszerűbb, legolcsóbb megoldásokat részesítették előnyben. Jól tűrik a fajta egyedei, így a félig nyitott istállót, kötetlen csoportos tartást és a hideget. Ugyanakkor, ha a takarmányozással nem elégítjük ki igényeit, akkor először a kondíciójuk majd a reprodukciós teljesítményük, legvégül pedig a tejtermelésük romlik le. Megfelelő takarmányozással a szaporulati mutatók javíthatók, mivel ezek nem genetikai tényezők, hanem a nagy volumenű tejtermelés következtében fellépő anyagcserezavarok okozzák. Nehéz ellés előfordulása nem jellemző, korán, középkorán érő fajta, ami azt jelenti, hogy az üszők 360-380 kg-os testsúly elérésekor 15-16 hónapos korukban tenyésztésbe állíthatók. Hústermelőképességük közepes, a fiatal állatok növekedési erélye viszont nagy. A holstein-fríz tehát elsősorban a fogyasztói tej előállítására alkalmas, és az iparszerű tejtermelő telepek legfontosabb fajtája (Béri és mtsai, 2016).

Európán belül magyar szakemberek is felfigyeltek a fajtára. Horn Artúr 1963-ban hozta be az első egyedeket, majd az 1972-es kormányprogram tette lehetővé a fajta gyors elterjedését (Béri és mtsai, 2016).

Bodnár és Szabó (2023) szerint a holstein-fríz fajta biztosítja a fenntartható tejtermelést, annak révén, hogy a genomikus tenyészérték-becslésre alapozva, kevesebb takarmányfelhasználással, nagyobb tejhozam érhető el és így csökkenthető a környezet-terhelése.

## 2.2 Tejtermelőképeség, gépi fejhetőség

A tej- és kettős hasznosítású szarvasmarha fő hasznonvétele a tejtermelés, ezért azok értékmérő tulajdonságai közül a tejtermelő képeség a legfontosabb. A tejtermelő-képesség összetett értékmérő tulajdonság, több résztulajdonságot foglal magában: a tejmennyiség mellett a tej alkotórészeinek arányát (tejzsír, tejfehérje) a laktáció egyenletességét értékelő perzisztenciát, és tágabb értelemben a gépi fejhetőséget is (Holló és Szabó, 2015).

Ez utóbbi a gépi fejhetőség az egyik legfontosabb, a tejtermelőképeségen belül a tejhasznosítású állományok tekintetében. Kifejezi mennyire alkalmas a géppel történő fejésre a tehén, és annak tőgye. Amelyik tehén géppel nem fejhető legyen bármennyire is kedvező a tejtermelő képessége selejtezésre kerül, mivel a mai modern fejőházi technológia egységes küllemű, egységes paraméterű állományra képes alapozni. A gépi fejésre való alkalmasság több tényezőtől áll össze, az első a tőgy kapacitása, ami a tőgy



befogadóképessége, tehát a tőgyben tárolható tejnek a mennyiségét értjük. Nagy tejtermelésű állományoknál különösen fontos, hogy a fejések között el tudjon raktározni nagy mennyiségű tejet és a tej nyomása minél később állítsa le a tejelválasztást. Tehát a nagy tőgykapacitás nagy tejtermeléssel együtt járó tényező. Külön nem szelektálunk tőgykapacitásra, küllemi bírálat alapján is lehet következtetni a tőgy méreteiből, mirigyességéből a befogadóképességre és a tágulóképességre. A második a tőgy termelési aránya, amely az elülső és a hátulsó tőgyfél egymáshoz viszonyított termelését mutatja meg. A jobb és bal oldali tőgynegyedekben termelt tej mennyisége azonos, viszont szignifikáns különbség az elülső és a hátulsó tőgyfél termelése között van. Ennek az aránynak a kifejezésére használjuk a tőgyindexet, ami tehát azt fejezi ki, hogy az elülső tőgyfél hány százalékát adja a termelt teljes tej mennyiségének. Ennek a tulajdonságnak ismeretével kerülhetjük el a vakfejést, ami akkor következik be, ha nem egyszerre szűnik meg a tejfolyás az összes tőgynegyedből és a gép nem áll le, mivel az azonos ideig szívja egyformán az összeset. Vakfejés esetén a fejőgép szívása a tőgynegyed mirigyállományát károsítja. Az ideális tőgyindex 50% (azaz az egyik tőgyfél fele annyit termel, mint a másik). Ez egy jól öröklődő tulajdonság ( $h^2=0,5-0,6$ ). A harmadik a fejési sebesség, elengedhetetlen a jó gépi fejéshez, hogy a nagy tejtermelésű teheneket rövid idő alatt ki tudjuk fejni. Fontos, hogy 6-8 percnél ne legyen hosszabb, mert az oxitocin hormon hatása ezt követően megszűnik és a tej a tőgyben marad, a vákuum pedig a szöveti állományt fogja károsítani. Erre az értékmérőre nagy befolyásoló hatással vannak a technológiai feltételek, ezek között az optimális vákuum érték, szakszerű tőgyelőkészítés és a megfelelő átmérőjű fejőkehely gumibetéte. A fejési sebesség kifejezésére több mutatót használunk, melyek a következők: átlagos fejési sebesség (a kifejt összes tej és a fejési idő hányadosa), maximális fejési sebesség (az egy perc alatt kifejt legnagyobb tejmennyiséget értjük a fejés alatt), relatív fejési sebesség (a fejés első 3-4 percében kifejt tej mennyisége az összes tej százalékában értve), korrigált fejési sebesség (azonos napi tejtermelésre átszámított fejési sebesség) (Holló és mtsai, 2016).

Az elmúlt évtizedekben a tejtermelő szarvasmarhák tenyésztési programjaiban olyan – újabban funkcionálisnak nevezett - értékmérő tulajdonságok is megjelentek (Miglior és mtsai (2017), pl. a fejés alatti temperamentum és a fejési sebesség, mely tulajdonságokra a szelekcióban korábban kevesebb figyelmet fordítottak. A fejés alatti temperamentum leírható a fejés alatti magatartással, a könnyű kezelhetőséggel vagy az agresszivitás meglétével pl. a fejőkelyhek lerúgásával. A tehenek stresszes állapota a fejési folyamat

során, toporgó viselkedésükben (sokszori lábemelgetésben) jut kifejezésre, mely viselkedési mintázatot leggyakrabban a félős és ideges állatok mutatják (Húth és mtsai, 2019).

## 2.3 Az „Állattartás 4.0” rendszere

Napjainkban a szakmai területeken sokszor érintett téma az automatizálás és a robotika. Az állattartásban is műszaki fejlesztés folyamatai játszódhatnak le, számos globális folyamat hatására ezek megértése és kezelése más aspektusból való megvilágítást igényel. Új nézőpontok gyökeres változásokat generálnak, ami a negyedik ipari forradalom („IF4.0”) kibontakozását indukálta (Bártfai és mtsai, 2018).

Az új korszak kialakítása nem korlátozódik csupán az ipar területére, így megszületett a „Mezőgazdaság 4.0” új fogalom és ezen az alapon az „Állattartás 4.0” kifejezés is. A folyamatosan fejlődő agráriumot a „Mezőgazdaság 4.0” rendszer határozza meg. Ennek tetemes része az állattartás területén magvalósuló automatizálás és robotizálás. Ezáltal javul az állati termékek minősége, jobbá válik a takarmányhasznosítás és növekszik a fajlagos termelés. Az esetleges krízis helyzetek előre jelezhetővé fognak válni ebből következik, hogy csökken a bizonytalanság például a fellépő betegségek miatt. Az állattartással foglalkozóknak új világot teremtett az elektromos állatazonosítás, a PC-hez és nemzetközi hálózathoz való csatlakozás. Természetesen ez nem váltja ki a megfelelő szakmai tudás háttérrel mind az elektronikai termékek irányában mind az állattartáséban. Ha a rendszer gondos odafigyeléssel és szakszerűen irányított, a termelő a terméke minőségét a piaci igényekhez fogja tudni igazítani, annak megfelelően tud gazdaságosan etetni, tenyészteni és szelektálni (Bártfai és mtsai, 2018).

Az új korszak egyik fő területe az információ és kommunikáció technológia („IKT”), amely a gazdasági élet minden területén kiemelt fontosságú. Ennek hozadéka az intelligens érzékelők tömeges gyártása (magába foglalja az érzékelést, jelátalakítást, intelligens jelkezelést és a két irányú vezetékes vagy vezeték nélküli kommunikáció funkcióit). Ezek az intelligens érzékelők miniatűr formában jelennek meg a gyakorlatban. Az „IKT” eredményeire épül a kiber-fizikai rendszer, ami a negyedik ipari forradalom kulcsfontosságú eleme. A fizikai és a kibernetikai világ összekapcsolódik, a rendszerben az érzékelés és az adatkommunikáció valós időben történik. Az „IF4.0” legfontosabb mozgató

rugója a beágyazott mesterséges intelligencia tömeges használata, és az integrált kommunikációs hálózatok, amin keresztül magas szintű kommunikáció valósulhat meg (Bártfai és mtsai, 2018).

A komplex problémák megoldására fejlődött ki az ágens technológia, ami érzékeli a dinamikusan változó környezetet, a tárolt szabályokat és ismereteket pedig intelligensen értelmezi és döntést hoz. Viselkedése autonóm, adaptív és kommunikatív. Lehetőség nyílik ezekkel a tulajdonságokkal egy multi ágens együttműködés (Bártfai és mtsai, 2018).

Az „Állattartás 4.0” rendszere az új korszak koncepcióinak és a technológiai lehetőségek célszerű alkalmazását igényli, kiemelkedő jellemzője az összeköthetőség, ami a rendszer alkotóelemeinek az integrált kommunikációs rendszerbe helyezése. Az állattartó rendszerek sajátos tulajdonsága az élő állatok jelenléte. Az alapkoncepció ugyanaz, viszont meghatározó alkotóként jelenik meg a kiberfizikai/biológiai rendszer. A hatékonyabb együttműködést úgy lehet elérni, ha a gyártók, termelők, a szolgáltatók, állategészségügy, a kutatás és az államigazgatás szervezetei is az új rendezőelvek és koncepciók szerint működnek. Az „Állattartás 4.0” rendszerének fontosabb technológiái:

- Beágyazott mesterséges intelligencia, Smart rendszerek;
- Ágens technológia. Szoftver robot ágensek, robot ágensek, multiágens;
- Intelligens érzékelők. Rádiófrekvenciás azonosítás (RFID). Vezeték nélküli mérőhálózatok;
- Dolgok Internete (IoT); Gép–Gép kommunikáció (M2M);
- Mesterséges látás. Új generációs digitális kamerák. Mesterséges intelligencia alapú képfeldolgozás. Mintázatfelismerő technológiák;
- Intelligens, összekapcsolt hálózati rendszerek;
- Gépi tanulás. Mesterséges neuronhálózatok;
- Big Data. Felhőtechnológia. Mesterséges intelligencia alapú adatanalízis (Bártfai és mtsai, 2018).

Az állattartás robotizálása bonyolult, ennek átláthatóságának okán a következő rendezőelvet célszerű használni: a robotizált folyamatban az állat maga a munkatárgy (felismerés, szelektálás, fejés, ápolás) és az anyagok képezik a munka tárgyát (termékkezelés, trágyakezelés, takarmányozás). Összefoglalva az állattartás automatizálása révén javul a termékek minősége, nő a termelés és a hozam, jobb lesz a takarmányértékesítés, nagyobb lesz a kihasználhatóság és visszaszoríthatóvá és előre jelezhetővé válnak a betegségek. Így

a termelő a piaci igényekhez tudja igazítani termékének a minőségét (Bárfai és mtsai, 2018).

Az állattenyésztésben egyes folyamatok teljes gépesítése hatékony megoldási módja a költségcsökkentésnek, főleg igaz ez, ha bizonyos folyamatokat teljesen automatizálni tudunk.

## 2.4 A precíziós tejtermelés

A „Smart farming” jelentése az egyedi állatok élettani, viselkedési és termelési jeleinek mérésére alkalmas okos/smart technológiák összessége. Az ‘okos’ mezőgazdaság (smart farming), fókuszában nem a precíz mérés, az állatok közötti egyedi különbségek meghatározása áll, mint a precíziós mezőgazdaságnál. A középpontban inkább az adatokhoz való hozzáférés és ezen adatok alkalmazása áll, vagyis az összegyűjtött információk okos felhasználására irányul. Ezek az adatok beépítésre kerülnek a termelési és a döntési folyamatokba, a fenntartható, gazdaságos termelés érdekében. Az adatok gyűjtése és tárolása technikai kérdés, az adatok védelme és különösen azok kiértékelése komoly szaktudást feltételez. Az okos mezőgazdálkodás nagy mértékben felértékeli a tudást, az „ahogy szoktuk” mentalitás ezzel összeegyeztethetetlen (Holló, 2022).

A precíziós farm management egyfajta automatizálást jelent, ahol érzékelő eszközökkel adatokat gyűjtenek, majd az adatok szerint kielégítik az állatok szükségleteit, ugyanakkor robot berendezést is jelent, ami automatikusan csatolja egyedenként a fejési, etetési, ivarzási alkalmazásokat. Telep szinten egyre több labordiagnosztikai színvonalú berendezés kap helyet. A precíziós tejtermelés új modellje a fejőrobotok, amelyek csökkentik az élőmunkaigényt és kiváltják az emberi gondoskodást. A robot a fejésen kívül megfigyelni képes az állat egészségügyi állapotát, ivarzási ciklusát, komfortját, jólétét, testtömegét, tőgyegészségét és a leadott tej összetételét. Ezeknek az információknak az értelmezésével tudja meghatározni az állatok egyedenkénti szükségleteit (Boldizsár, 2012).

A fejőrobotok vagy automata fejőrendszerek (AMS), már 1992-ben megjelentek Hollandiában, de szélesebb elterjedésük csak a 2000-es évek után kezdődött el. Az AMS-gyártók szerint az elmúlt években folyamatosan nőtt a beüzemelt robotok száma, a világon 50 000 AMS üzemelt a 2020-as évek elején. Az AMS előnye egyértelműen a működési költségek csökkentésében nyilvánult meg (Filho és mtsai, 2020). Egy gazdaságban a havi

kiadások közül a takarmányköltségek után a legnagyobb költséget a munkaerőre fordított kiadás jelenti.

A fejési folyamat automatizálása többféleképpen javíthatja a termelékenységet. Egyrészt, úgy, hogy a termelési költségek csökkennek a tejtermelékenység növelése mellett (Endres & Salfer, 2015), másrészt a tej minőség is javul, mivel a szomatikus sejtszám csökken a többszöri fejés miatt (Tijis és mtsai, 2022).

A tejtermelő telep teljesítményének a javítása és a telepvezetési stratégiák megválasztása, úgy történik, hogy maximalizálni kell az egyed potenciális teljesítményét, a betegségek korai észrevételével, minél kevesebb gyógyszeres kezeléssel, azaz megelőző intézkedésekkel. A beépített technológia ne zavarja az állatot természetes viselkedésében. Törekedni kell az állat komfort és jólét maximalizálására, legkevesebb stresszt okozzák, viszont a termelést fokozza és az állatokról megfelelően informálódjunk (Boldizsár, 2012).

Alapelvei a gyakorlatban az, hogy az aktuális eredmények eltérését jelzi a várható értékektől így kiszűri a valóban fontos információkat a telepvezető számára. Telepirányítási programokkal (például a DeLaval által használt DelPro, ALPRO) a kivételes egyedeknek is megfelelő életszínvonalat képes biztosítani:

- szoros állategészségügyi kontroll
- tehéncsoportok csoport szinten nyomon követése
- tejelő egyedek egyed szinten nyomon követése
- alkalmazottak teljesítmény arányos kimutatása és bérezése
- prevenció utólagos kezelés helyett.

A kivételek kezelésének megfelelő alkalmazásával jó eséllyel lehet:

- növelni a hatékonyságot,
- javítani a termelés minőségét,
- csökkenteni költségeket,
- csökkenteni a kedvezőtlen környezeti hatásokat,
- javítani az állategészségen és állat jóléten (Boldizsár, 2012).

A DeLaval által kifejlesztett „intelligens gazdálkodás” segítségével ki lehet alakítani egy termelékenyebb, gazdaságosabb és fentarthatóbb jövőt. Hét kulcsfontosságú területre koncentrálnak: az első a fejés, kisebb állományoknál a VMS fejőrobot nagyobb állományoknál

automatizált körforgós fejőház ajánlott. Második: a tejanalízis, ahol a tej paramétereinek a bemérése történik, a rendellenes tej a folyamatos kontrollnak köszönhetően hamar kiszűrhető, emellett bármilyen reprodukciós vagy termelési zavarokat korán fel lehet ismerni. Harmadik pont a tejhűtés, a tejhűtők teljesen automatizáltak, (tisztítás, megfigyelés) annak érdekében, hogy a tej ne veszítsen minőségéből. Negyedik pont a tehénforgalom, a válogatókapuk és az aktivitásmérő segítségével meghatározhatóak a telepi tevékenységek és az éppen ivarzó egyedek kiválasztása. Ötödik pont a takarmányozás, optimális takarmányozás automatikus előkészítéssel és kiosztással on-line etetés elemzéssel. Hatodik pont az optimális istálló környezet, amiben automatikus szellőztető rendszer és megvilágítás van segítségül. Hetedik pont a trágyakezelés, trágyafolyosó tisztító robotokkal automatikussá válik az istállótakarítás, helyes trágyatechnológiával a trágya tápanyagtartalma is optimalizálható. A középpontban az ALPRO vagy DelPro számítógépes telepírányítási program áll. Segíti a telepvezetés döntéseit riasztási üzenetekkel, mind a berendezések mind az állatok felől. Ezen felül nyomon követhető a telepi alkalmazottak (fejők, inszeminátor) munkája, a rendszer és az állatok. A rendszervezéléshez nem szükséges a telepen tartózkodni, ugyanis távoli eléréssel is működik. A tejtermelés középpontja maga a tehén, a cél a mindennapi adatok begyűjtése a munkafolyamatok során (fejés, takarmányozás, ivarzás, tehénforgalom) (Boldizsár, 2012).

## 2.5 Automatikus fejési rendszer (AMS)-fejőrobotok működése

Habár már az 1970-es évek elejétől már foglalkoztatta a szakembereket a fejés teljes automatizálása, de az első fejőrobot – ahogy említettem - 1992-ben jelent meg Hollandiában. A robotizált fejés biztosítja az egyedi (egyedi alatt azt értem, hogy a tejtermelő képességhez igazodó) abrak adagolást, ami mellékesen segíti a beszkokást is és kedvet csinál a robot felkereséséhez. A nap 24 órájában sem fárad el, következetes, türelmes és nem hibázik. A tőgynegyedenkénti fejés miatt pedig a tőgy egészségesebb, mert nincs vakfejés. A tehenek természetesebben tudnak viselkedni, kevesebb az emberi beavatkozás ezzel egyenesen arányosan kevesebb a vele járó stressz így többet tudnak pihenni, ami átlagosan 10-15%-os tejtermelés növekedést jelent (Béri és mtsai., 2016).

A hagyományos fejési technológiával szemben a robotfejés „önkéntes” módon történik, vagyis a nap bármelyik időszakában emberi beavatkozás nélkül, teljesen automata módon.

Jelenleg a legtöbb AMS istállóban működik. Ausztráliában és Új-Zélandon, viszont több farmon legelőn is beüzemelték (Lyons és mtsai., 2014). Az AMS rendszer a következő részekből áll: elővárazozó, tőgybimbó érzékelő szenzorrendszer, fejkelyhek felhelyezésére szolgáló robotkar, tőgytisztító rendszer, szoftver és maga a fejőberendezés.

A tehén elektronikus azonosítása után a rendszer ellenőrzi az utolsó fejés időpontját, és amennyiben megfelelő idő telt el azóta, a fejőrobotba belépve koncentrátumot kap és a robotkaron lévő kamerarendszer értékeli a tőgybimbókat, megtisztítja azokat, felhelyezi a fejkelyheket, eltávolítja azokat és fertőtleníti. Fontos megjegyezni, hogy nem minden AMS modell a fent említett rutint követi. Nem minden modellre jellemző, a fejkelyhek egyedi eltávolítása, amint a tejleadás mértéke csökken.

A fejési engedélyt egyedileg, tehenenként határozzák meg a laktációs stádium és a várható tejhozam alapján. Az automata fejési rendszerekben különböző tehén forgalmi modellek használatosak. A legegyszerűbb az ún. szabadforgalmú rendszer, ahol a tehenek szabadon hozzáférhetnek a fejőberendezéshez, a pihenőtérhez és az etetőhöz. A rendszer hatékonyságának javítása, a fejési látogatások számának növelése érdekében többféle módszert dolgoztak ki. Az első a „takarmány először” (feed first) rendszer, amely a tehenek pihenőhelyről a takarmányozási területre való szabad hozzáférést jelenti. A pihenőhelyre való visszatéréshez viszont a teheneknek egy kiválasztó kapun kell átmenniük, ahonnan a fejési engedéllyel rendelkező állatokat, az elővárazozóba terelik. A fejési engedéllyel nem rendelkező tehenek pedig visszatérnek a pihenőhelyre.

A másik alkalmazott rendszer a „tej először” (milk first), ez esetben a tehenek egy válogató kapun mennek át az etetőfolyosó előtt. Erről a területről a fejési engedéllyel rendelkező teheneket az AMS-hez irányítják, és csak ezt követően juthatnak vissza a pihenőhelyre.

A legfontosabb rögzített paraméterek a napi fejési események száma, a fejésenkénti koncentrátum mennyisége és összetétele. Minden tehenet egyedileg elektronikusan azonosítanak, így azok az előre meghatározott mennyiségű és összetételű specifikus abraktakarmányt kapnak a fejőrobotban.

A rendszer típusától függően (szabad vagy irányított forgalmú) a robotban adott takarmánynak vonzónak (csali takarmány) kell lennie, hogy minél több látogatást tegyen a tehén a robotba ugyanakkor, kimutatták, hogy az irányított forgalmú rendszerekben biztosított koncentrátum nem növeli az állatok motivációját az AMS-be való belépésre. Menajovsky (2018) szerint a nagyobb mennyiségű koncentrátum AMS-ben (körülbelül 6

kg/nap) ugyan megnövelte a tejhozamot, de nem befolyásolta a fejési látogatások gyakoriságát. A gyakorlatban az a cél, hogy egy meghatározott időszak (nap vagy hónap) végén a lehető legmagasabb átlagos tejhozamot érjük el fejőrobotonként.

Endres és Salfér (2015) szerint az egy fejőrobotra jutó legnagyobb napi tejhozam elérése kétféleképpen történhet: 1) magas termelésű tehenek legyenek az állományban, és jó takarmányozást kell biztosítani; 2) csökkenteni kell a robotban tartózkodási időt (azaz gyors tejleadási sebesség 3,5 kg/perc). A cél, tehát a minél nagyobb érték elérése a napi fejések száma és a tejhozam tekintetében. A hatékonyság és a termelékenység növelésének másik módja az, hogy csak a fejni kívánt tehenek számára engedélyezzük a robothoz való hozzáférést. Erre nyújt lehetőséget az irányított forgalmi rendszerekben az előválasztó kapuk alkalmazása.

A szabad tehen forgalmú rendszerben a tehenek bármely területre korlátlanul bejuthatnak, vagyis az AMS bejáratán kívül máshol nincs kapu; a tehenek bármikor szabadon hozzáférhetnek bármely (etető, pihenőtér) térhez. Irodalmi adatok szerint az AMS látogatások száma kisebb, ha a tehenek szabad forgalmú rendszerben fejték, mint irányított forgalmú rendszerben.

Az automatizálás feltétele az állatok egyedi beazonosítása, ami szarvasmarhánál hagyományosan a nyakszíjra erősített „nagy méretű transzponderekkel” kivitelezhető. Ezen túl lehetséges opció az injektálható típusok, ahol egyetlen chipben egyesül a teljes transzponder elektronika (Bártfai és mtsai., 2018).

Az állatok egyedi etetésének nulladik pontja a takarmányelőkészítési technológia automatizálása. Alapelve a következő: az állatokon a nyakszíjon RFID egység kapcsolódik az etető berendezések adó-vevőjéhez, a felfogott jelek a vezérlőegységbe kerülnek, amely hozzárendeli az egyednek megfelelő takarmány adagot. Az utóbbi időkben megjelentek a tömegtakarmány-kiadagoló automaták is, a tárolóból megtöltik a tartályt és tovább adagolják a kijelölt jászolba (Bártfai és mtsai., 2018).

Az állatok állapotellenőrzése függetlenül működik a fejőháztól, az egyed egyéni aktivitási adatait (egyéni adatok alatt értem az állat mozgásának megfigyelését, a lépések eltérő ütemét és a lépések időegység alatti számolását) antennák közvetítik a vezérlő PC felé. Ez azért szükséges, mert nagyobb telepeken manuális úton lehetetlen elvégezni (Bártfai és mtsai., 2018). A DeLaval ALPRO aktivitásmérő rendszere fontos eleme az intelligens gazdálkodásnak. A tehen nyakán lévő érzékelő (melynek funkciói egyben adatfeldolgozó



processzor és rádiófrekvenciás adó) óránként továbbítja a tehen aktivitását a vevőegységnek (ami a telepírányítási vezérlő processzor). Az aktivitásmérő 5 nap alatt megtanulja a tehen egyedi mozgását. Óránként becslést végez egyedenként. A nagy aktivitási eltéréseket szórással határozza meg. Becslési modell áll rendelkezésünkre napi 24 órában tehát nemcsak az aktivitás emelkedését lehet meghatározni, hanem pontosan azt is, hogy melyik órában kezdődött ez azért lényeges, mert megfelelő időkereten belül kell termékenyíteni. Ha a becsült értéktől nagyobb a mért érték akkor riasztást indít. Nemcsak azt jelzi mikor, hanem azt is, hogyha már késő, plusz előny, hogy a fejőháztól messzebb is alkalmazható. Az ALPRO aktivitásmérő használata a fogamzási arány javulását eredményezi (Boldizsár, 2012).

A fejés teljes automatizálását jelenti, hogy az ember jelenléte már a fejőkészülék felrakásánál sem szükséges. A fejőkészülék felhelyezésére több opció van, az egyik, hogy a négy kelyhet egyszerre (kompakt módon) a másik, hogy külön-külön helyezi fel. Egy kompakt fejőrobot 40-70 tehenet tud ellátni. Az említett szám adatok függenek az állomány teljesítményétől, az egészségi állapotától (tőgy, sántaság) és a robot napi munkaidejétől (Bártfai és mtsai, 2018).

A fejés folyamatának összes lépése a fejőrobotban történik, a művelet a válogatókapunál kezdődik, ahol a fejhető egyed megkapja a fejési engedélyét. Ha a kapurendszer beengedte, belép az etető-fejőállásba, elhelyezkedik és RF azonosítás után megkapja a megfelelő abrakmennyiséget, majd megkezdődik a fejés. A készülék akkor fog sérülésmentesen és biztonságosan működni, ha tökéletesen azonosítja az állatot és a fejőkelyhet megfelelően tudja pozicionálni. A pozicionálást a tanulási folyamatban ismeri meg a robot, úgy, hogy az első alkalommal emberi kézzel vezetve helyezi fel a kelyheket. Ezt megjegyzi a robot elektronikája és napok után már hibamentesen és önállóan végezheti munkáját (Bártfai és mtsai, 2018). A fejőrobot egyik legfontosabb eleme a hidraulikus, gyors és finom működésű robotkar. Az érzékeléshez a robotkaron lévő két pásztázó lézersugár és az optikai kamera adja a koordinátákat és számítja ki a bimbók távolságát és helyezi fel pontosan a kelyheket a tőgybimbókra, az akár még 45 fokos szögben is, legyen kis vagy nagy méretű, magasan vagy alacsonyan függesztett tőgy. Mindez annak köszönhető, hogy flexibilis robotkar és a legtöbb tőgyalakulásra is jól használható, így lecsökkenthető a rossz tőgyalakulás miatti selejtezésék száma (Boldizsár, 2012). Az aktuális tőgybimbó hely koordinátákat hasonlítja össze a korábbi napok regisztrált adataival. Ha bármilyen változás történik például elmozdul az állat, a felrakás újból elkezdődik. Első lépés a tőgy és tőgybimbók tisztítása, tehát a

tőgyelőkészítés, ami történhet kéfével vagy egy speciális fejőkehellyel. A speciális fejőkelyhes módszernél leemeli a robotkar a mosókelyhet beméri a tőgybimbókat és elvégzi a tisztítást és az előfejesi folyamatokat (Bártfai és mtsai. 2018). Ez a mechanizmus igen hatékony, hiszen a fejest végző egységtől egy külön egység. Munkafolyamatai a tisztítás, előfejes, stimulálás és szárítás, ezeket víz és sűrített levegő segítségével végzi el (Boldizsár, 2012). Amennyiben mind a négy tőgynegyed egészséges, a robotkar felhelyezi a fejőkelyheket, majd minden műveletet előírásoknak megfelelően hajt végre (Bártfai és mtsai, 2018). A robotfejes alatt folyamatosan és automatikusan tisztítja a padozatot, két fejes között a kelyheket és a kamerát. A VMS fejőrobotnál valós idejű tőgynegyed fejes történik tehát az adatok tőgynegyedenként vannak rögzítve és a robot érintőképernyőjén is így jelenik meg. VMS fejesnél az állatok nyugodtabbak kevésbé stresszesek és a tőgy is egészségesebb (kevesebb a tőgygyulladás). A fejőházakban gyakori túlfejes, amit már említettem és köztudottan mirigyállomány roncsoló hatású a tőgynegyed fejesnek köszönhetően a robotban ez nem fordulhat elő (Boldizsár, 2012).

A rendszer tejmérője az MM27BC optikai elven működik, nem csak a tejmennyiségét méri, hanem a tehén egyedi tejhozamát, tej vezetőképességét és vértartalmát. Ezen kívül képes érzékelni a fejőkelyhek elcsúszását, a készülék lerugását és a légbeeresztő nyílás eltömődését. Minden adat fejesenként és egyedenként külön jelenik meg a listában. Az esetleges lerugásoknál a vákuum azonnal elzáródik, tehát kizárt, hogy a tej szennyeződjön. A rendszer riasztást ad, ha gyakori a fejőkehely elmozdulása vagy blokkol a légbeeresztő, ha ez túl sokszor fordul elő gondolhatunk a készülék nem megfelelő tisztítására vagy utalhat fejjögumi és vákuumszint problémára is (Boldizsár, 2012).

A HerdNavigator rendszer automatikusan és folyamatosan vesz mintát a tejből, majd az adatokat megjeleníti a DelPro telepírányítási rendszerben. Három vizsgált területre fókuszál, az első a reprodukció, itt az analizált vegyület (a tejben) a progeszteron és a következő figyelmeztetéseket adhatja ki a progeszteron tartalma alapján: ivarzás, csendes ivarzás, sikeres termékenyítés valószínűsége, vemhesség, vetelés, petefészek ciszta és anösztrusz. A második terület: a tőgyegészség, az analizált vegyület a laktát-dehidrogenáz (LDH), a kiadható figyelmeztetések pedig a mastitis és a szubklinikai masztitisz. A harmadik a takarmányozás és energiaellátottság, az analizált vegyület a karbamid és a béta-hidroxi-butirát (BHB), a kiadható figyelmeztetések pedig ketózis, takarmányadag fehérje, szubklinikai ketózis és másodlagos metabolikus zavarok. A HerdNavigator ivarzásjelzése 95% pontossággal dolgozik, a tőgygyulladást akár már 3 nappal a tejben észlelhető

változások előtt jelzi, a ketózist már szubklinikai fázisban kiszűri, így nagy veszteségtől tudjuk megkímélni a telepet (Boldizsár, 2012).

Ha a tej magas szomatikus sejtszámú (a szomatikus sejtszám meghatározása sejtmagvak megfestésével történik, láthatóvá válik és a DeLaval Online Cell Counter képet készít a mintáról, majd megszámlolja a sejtmagokat) vagy minőségbeli problémás (alacsony fehérjetartalom), akkor elkülönítésre kerül egy külön tárolóba (Bártfai és mtsai, 2018).

A fejés minőségellenőrzése szenzor-technikai megoldáson alapszik. Tőgynegyedenként méri a tejfolyást, vezetőképességet és a vértartalmat. A sejtszámláló segítségével lehetséges a tőgygyulladás korai felismerése és kezelése, a beteg állatok folyamatos kontroll alatt vannak. Fontos viszont megjegyezni, hogy a VMS a tej minőségére is pozitív hatással van, mivel minden egyed után kehelyöblítést végez és a fejési rutin hibabiztosan következetesen mindig ugyanaz.

Egy telep hatékony üzemeltetéséhez elengedhetetlen a megfelelő istálló kialakítása. Kulcsfontosságú ebből a szempontból az irányított és ellenőrzött tehénforgalom, ami garantálja, hogy biztosan meg lesznek fejve a tehenek. Az intelligens válogatókapuk segítségével egyenletesebb fejési időközök alakíthatóak ki, ami jót tesz a tőgyegészségnek és a hozam mennyiségének is (Boldizsár, 2012).

Az üzemi tapasztalatok a következők: robotizálást megelőzően napi 2,1 fejés/tehen értékről napi 3,3-ra emelkedett, ezzel 9-10%-kal emelkedett az egyedi tejtermelés. Rendszertől függően napi 3-4 fejést engedélyez, nagyobb teljesítményű egyednél ez a szám lehet nagyobb, de úgy, hogy a két fejés között megfelelő időnek el kell telnie. Rövidebb fejési idejű állománynál egy robot több tehenet tud kezelni, mint egy nagyobb teljesítményű (napi 2,6-2,7 fejés) állománynál. Amennyiben a robot napi 21-22 órán át működik, nincs elegendő idejük pihenni a teheneknek, mivel az optimális pihenési idő 5-6 óra lenne. Ha nem tudnak elegendő időt pihenni ez negatívan hat a termelésre (Bártfai és mtsai, 2018).

A tulajdonosoknak napi egy-két órát kell számítógépes telepirányítással foglalkoznia: át kell néznie a fő termelési paramétereket, nem fejt és a nem teljesen kifejt egyedeket, a magas aktivitású és a tőgygyulladás gyanús állatokat (a speciális kezelést igénylő tehenek automatikusan elkülönítésre kerülnek egy külön térbe) (Bártfai és mtsai, 2018).

A nagyüzemi technológiára a fejőkarusszeles fejést alkalmazzák leggyakrabban, viszont a fejők a 8 órás műszak végére az amúgy is monoton és feszített tempójú munkát nem

kedvelték, sokat hibáztak. A robotnak viszont a „kedve” nem változik, nem fárad, végig ugyanolyan precíz (Bártfai és mtsai, 2018). Annak érdekében, hogy nagy telepek igényeinek is megfeleljen megalkották az automatikus fejőberendezést, teljesen integrált körforgós platform, amely a robotkarokkal végzi a fejési műveleteket (Boldizsár, 2012).

## 2.6 Fejőrobot beruházás megtérülése

A dolgozatom témája bár nem gazdasági jellegű, de az állati termék előállítás is alapjában piaci alapon zajlik, ezért megkerülhetetlen, hogy legalább egy rövid gazdasági kitekintést ne tegyünk. Különösen az indokolja ezt, hogy egy rendkívül költséges beruházásról van szó, aminek kapcsán a vizsgálatokat végeztük. A kalkuláció nehézségét és összetettségét mutatja, hogy maga az állattenyésztés önmagában is többváltozós termelési folyamat. Szakmai szempontból hiába végzem hatékonyan a termelői munkát, alapvetően befolyásolja a jövedelmi viszonyokat az, hogyan változik az állati termékek piaci ára. Az agrár ágazatban különös jelentősége van a támogatásoknak, ezek aktuális mértéke döntő befolyással lehet egy nagyobb beruházás megtérülésére. A támogatások kiterjedhetnek a beruházásokhoz pályázható vissza nem térítendő támogatásokra, ezek vagy közvetlenül vagy közvetve forrást tudnak képezni a beruházás megtérülésére. Amennyiben a beruházás még banki hitelt is igényel – saját erő ill. a vissza nem térítendő támogatásokon túlmenően – nem mindegy, hogy milyen pénzügyi ill. kamat környezetben szeretnénk megvalósítani a beruházást. Van-e hajlandóság a bankok részéről agrár vállalkozásokat finanszírozni ill. milyen banki termékeket tudnak igénybe venni, azaz csak piaci kamatozású hitelek jöhetnek szóba, vagy lehetséges támogatott kamatozású hiteleket igénybe venni.

Bár általános törekvés a globális piac résztvevői számára egyenlő feltételeket biztosítani a piacon, de könnyen belátható, hogy az egyes országokban még az Unión belül is némileg eltérnek az előbb vázolt paraméterek. Emiatt fontos magyar szakirodalmat választani gazdasági-pénzügyi kitekintésünkhöz. Székely és mtsai (2023) cikkében átfogó képet kapunk – többek között a dolgozat témájául szolgáló állattenyésztési technológiák pénzügyi háttéréről. Első lépésként szükséges nevesíteni az bevezetni kívánt innovatív technológia előnyeit és hátrányait. A dolgozat témájában szereplő fejőrobot esetében, ennek egy lehetséges kimutatását mutatja be az 1. táblázat.

Székely és mtsai (2023) szerint a többletjövedelem meghatározására, a következő képletet javasolják:

$$TJ0 = -(BK - KE) + (TÁ + TK + KH) (qn - 1 / qn (q-1))$$

ahol TJ0 – többletjövedelem, BK – beruházási költség, KE – támogatások, TÁ – többlet árbevétel, TK – költség többlet vagy megtakarítás, KH – az innovatív technológia közvetett hatásai, q – kamatláb, n – élettartam.

1. táblázat: Az automatikus fejőrendszer telepítésének előnyei és hátrányai (Forrás: Székely és mtsai. 2023)

Előnyök	Hátrányok (kockázatok)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- hozamok növekedése</li> <li>- egyedi fejési ritmus</li> <li>- gyakori fejés (állategészségügyi előnyök)</li> <li>- költség takarékoság</li> <li>- energia hatékonyság</li> <li>- munkaerő megtakarítás (emberi közreműködés nélkül zajlik)</li> <li>- környezet kímélés</li> <li>- minőség javulás</li> <li>- transzparencia</li> <li>- nagyobb élelmiszer biztonság</li> <li>- többlet információ a döntésekhez</li> <li>- munkabiztonság, kényelmi szempontok</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- speciális eszközigény</li> <li>- tartásrendszert is át kell alakítani (előválogató kialakítása, robot elhelyezése a pihenő boksok és a takarmányasztal közé)</li> <li>- beruházás jelentős többletköltsége</li> <li>- új technológia kockázata</li> <li>- állatállomány szelektálása</li> <li>- nagyobb szaktudás igény</li> <li>- munkaidő növekedés</li> <li>- több adminisztráció</li> <li>- gyakoribb szervízigény</li> </ul>

A kamatláb és az élettartam ismerete teszi lehetővé, hogy a nettó jelenértéke kiszámítható legyen a beruházásnak. Ez önmagában is jelentős bizonytalanságot jelent, ugyanis a piaci kamatláb egy rendkívül változékony elem. A működési költségek tekintetében két meghatározó elem: a munkabér és a takarmányköltség. A kapott eredmények szerint csak 70%-os támogatási intenzitás 9 év megtérülési idő. Ennél kisebb támogatottsági szint mellett nem térül meg a beruházás. Ez nem túl perspektivikus az új innovatív technológiák belföldi meghonosítása szempontjából. A bemutatott módszer nyilvánvalóvá teszi, hogy mennyire fontos az adott pillanat makrogazdasági környezete (támogatottság mértéke, inflációs ráta, beruházási kamatlábak stb.). Ezek a tényezők önmagukban meg tudják fordítani az egyébként korrekt szakmai tervezés alapján prognosztizálható eredményeket.

## 2.7 A tejelő tehenek stressz-vizsgálata a szívritmus változékonysága alapján

Gazdasági állatok stresszkutatásában használt elnevezés szerint a stressz olyan környezeti inger, amely *stresszorként* a homeosztázis egyensúlyának felborulásához, *stresszválaszként* az állat ennek megfelelő védekező reakciójához vezet (Möstl és Palme, 2002, cit Kovács, 2014).

Az állatok jóllétének egyik lehetséges jelzője a stressz jelenléte, vagy annak hiánya. A stressz állatjólléti vizsgálatokban való értelmezését nehezíti, hogy a stressz nem rontja minden esetben a jóllétet, mert ha az inger hatása nem tartós, az nem feltétlenül jár káros következményekkel (Kovács, 2014). Számos izgalommal járó tevékenység, mint pl. az udvarlás, párzás és vadászat által okozott pozitív stressz fellépésekor is felszabadulnak a mellékvesekéreg által kiválasztott glükokortikoidok.

Az állatok stresszreakcióinak és érzelmi reaktivitásának jó indikátora a percenkénti szívverések száma (HR), ami a vegetatív idegrendszer szimpatikus ágának aktivitását tükrözi. A szervezet vegetatív választ a szimpatikus és paraszimpatikus aktivitás mindenkori egyensúlya határozza meg, így a vegetatív idegrendszer paraszimpatikus (vágusz) komponense jelentős szerepet játszik a stresszre adott szív működési válaszok szabályozásában. Az állatok pszicho-fiziológiai állapotát jól tükrözi a két szívverés között eltelt időtartamok (un. R–R-távolságok) hosszának idő függvényében történő változása. A szívritmus variabilitás (HRV) paraszimpatikus jelzőszámait emiatt egyre gyakrabban alkalmazzák állatjólléti vizsgálatokban a stressz kimutatására (Tóthné Maros és mtsai, 2010).

A HRV vizsgálatával tehát lehetséges a stressz kimutatása. Ennek alapja, hogy a vegetatív idegrendszer két alapvető állapota, a szimpatikus és a paraszimpatikus aktivitására kapunk a műszeres vizsgálat alapján kapott objektív mérőszámokat. A szimpatikus aktivitás az alarm szakaszra jellemző, növekvő szimpatiko-tónussal jár, ezzel párhuzamosan a paraszimpatikus aktivitás csökken, amelyet a HRV jelzőszámainak változása kísér. A vizsgálat összetett, mivel a stresszre adott reakció a vegetatív idegrendszer szimpatikus és paraszimpatikus tónusának egyensúlyától is függ, ezért szükséges több aspektusból (több mutatószám alapján) megvizsgálni az aktuális állapotot.

Kovács (2014) szignifikáns összefüggést keresett a tejelő egyedek tejtermelése és a stressz „érzete” között. A tejtermelő egyedek fejés közbeni szívritmusát (HR) és változékonyságát

(HRV) vetették össze hagyományos és automatizált technológiában ugyanabban a tehenészetben. Az eredményekből arra következtettek, hogy nagyobb stresszt jelent az állat számára egy fejőházas fejési technológia. A pihenési időszak alatt, erősebb paraszimpatikus aktivitás figyelhető meg a robot istállóban, viszont a tehenek szívritmusa hasonló volt mind két technológia esetében pihenés közben, az sem volt befolyásoló tényező, hogy álltak vagy feküdtek-e az állatok. A fejés során a HR az elővárározóban, a fejőházba belépés előtt és a fejés ideje alatt nagyobb a fejőházas fejésnél. A szimpatikus aktivitást jelző mérőszámok is nagyobbak a fejőházas fejésnél az elővárározóban, a fejőházba vagy robotba belépés előtt és a fejés előkészítésekor. A frekvenciatartományban mért értékek ugyanakkor nem mutattak különbséget a két technológia között. A fejőrobot használatának bevezetése után nagyobb a tehenek paraszimpatikus aktivitása, ebből következően a fejőházas fejésnek és az ezzel járó sok emberi beavatkozásnak, állatmozgatásnak és zsúfolódásnak hosszú távú hatása van a vegetatív idegrendszerre. A másik felvetés, hogy a fejőházas rendszerben meghatározott időben az állatokat felhajtják a fejésre, viszont a fejőrobotos istállóban az állat maga választhatta meg a fejés időpontját, így pihenő idejük is nagyobb nyugalomban telhetett. A kutatás szerint két hónapos időszak elegendő volt az állatok átszoktatásához, a hagyományos fejőházi fejés nagyobb stresszterhelést mutatott, ezek a különbségek a szívritmusban igazolhatók voltak statisztikailag is.

Több vizsgálat alapján a tehenek számára kezdetben stresszt okoz a robotfejés. Ennek legfőbb oka, hogy az állatok nehezen szokták meg az új fejőállást és a robotkar működése is zavarhatja azokat (Kremer és Ordolff, 1992; Weiss és mtsai, 2005). A fejőrobothoz való hozzászoktatási idő csökkentése fontos feladat, a robotizált fejés értékelése nem csak állatjóléti, állategészségügyi, hanem termelési vonatkozását tekintve egyre hangsúlyosabb kutatási terület hívta fel erre a figyelmet Kovács (2014).

### 3 Anyag és módszer

#### 3.1 A vizsgált állatállomány és technológia bemutatása

A vizsgálat időpontja 2023 július és augusztusa volt, a vizsgálat helyszíne a MATE Kaposvári Campus Tangazdaság Nonprofit Kft két telepén történt. Az egyik a Fészerlaki tejelő tehenészet hagyományos fejőházi technológiával, a másik telep pedig az automatikus fejőrendszerrel felszerelt Precíziós Tejtermelő Laboratórium volt. A vizsgálatban 13 holstein-fríz tehén vett részt, ebből 6 egyed első laktációs és 7 többlaktációt zárt egyed volt.

A vizsgálatba vont állatok klinikailag egészségesek voltak, sánta, rossz kondícióban lévő egyed nem volt. A fejőházas telepen az állatokat naponta egyszer takarmányozták (TMR), a keverés és a megmaradt takarmányok letolása reggel 5:00-kor történt, abraktakarmányt külön nem kaptak és kétszer fejték, aminek kezdete 6:00 volt reggel és este 17 óra. A fejőrobotos istállóban a takarmánykiosztás egyszer történt naponta (PMR), a kiosztás ideje 7:30, csalogatóabrakként tápot kaptak a fejőrobotban, ennek mennyiségét az állatok tejtermeléséhez igazodott, a takarmányfelvétel és a fejés időszakosságát az irányított tehenforgalom határozta meg egyedenként.

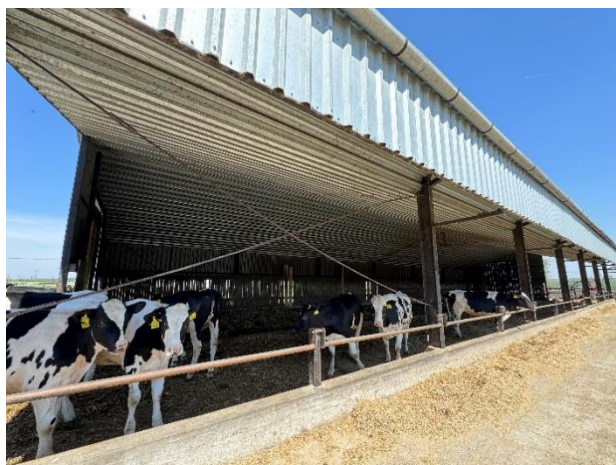
A kísérlet helyszíneit az 1-6. képek mutatják be.

1. kép – Fészerlaki fejőház (Nagy, 2024)





2. kép – Fészerlaki istálló (Nagy, 2024)



3. kép –Precíziós tejtermelő Laboratórium: takarmány kiosztó robot (Nagy, 2024)



4. kép – Precíziós tejtermelő Laboratórium: fejőrobot (Nagy, 2024)



5. kép -Precíziós Tejtermelő Laboratórium: pihenőtér (Nagy, 2024)



6. kép – Precíziós Tejtermelő Laboratórium: takarmány kiosztás után (Nagy, 2024)



### 3.2 Az adatgyűjtés és az alkalmazott vizsgálat bemutatása

A kísérlet az előző alfejezetben bemutatott két telephez kötődően két részből állt. A kísérlet első szakaszában a csoportban lévő egyedek tejtermelését egy hetes időszakban hagyományos fejőházi rendszerben (2x6 állásos halszállás elrendezésű), majd a második szakaszban az un. átállási időszakban pedig, ugyanazon egyedeknek a tejtermelését szintén egy hetes időszakban a fejőrobotos (DeLaval VMS V300) rendszerben vizsgáltuk.

A tejtermelőképesre vonatkozó számok a telep hivatalos nyilvántartási adataiból (DeLaval, DelPro, Alpro) származtak.

A stressz állapotának a felméréséhez a szívfrekvencia mérése az EKG-készülékekhez hasonlóan, a testfelszín két pontja közötti elektromos feszültségkülönbség mérésével történt, Polar Equine V800 (Polar Electro Oy, Kempele, Finnország) műszerrel. A kísérlet megkezdése előtt 1 héttel korábban felhelyeztük az állatokra a mérőműszert, hogy az állatok a kísérlet kezdetén már hozzászokjanak a műszer viseléséhez.

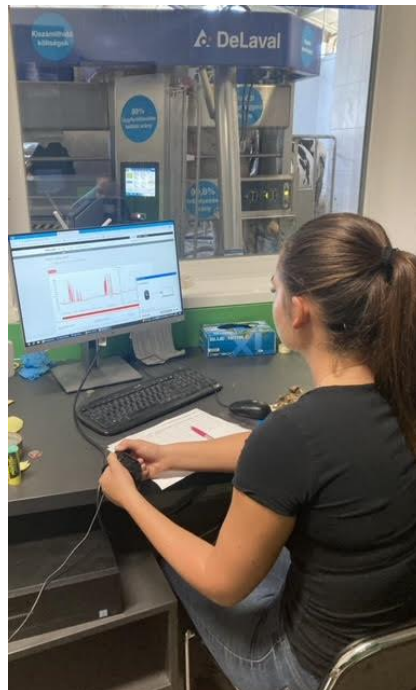
### 3.3 A szívritmus variabilitás (HRV) mérés technikai feltételeinek biztosítása

Mindennapi feladataink közé tartozott a napi egyszeri műszer csere. A műszer (Polar Equine V800) és tartozékai a következők: jeladó, elektródahám, HR vevőkészülék. A jeladó elemmel működött ezt cserélni kellett 24 óránként, az elektródahám egy rugalmas, elasztikus öv szerű heveder volt, amire rá lehetett pattintani a jeladót, ezt a hibaforrások elkerülése végett plusz rögzítés gyanánt cellux ragasztóval áttekertük. Az elektródahámon lévő jeladót szív környékére tájoltuk és alaposan bekentük elektródagéllel, ami nedvesíti a bőr felületét ezzel csökkenti a bőr ellenállását az elektromos jelek átvitelekor így jobb kontaktot hoz létre az EKG elektródák számára. Ezután csatlakoztattuk Bluetooth-szal a HR vevőkészülékhez, ennél a lépésnél célszerűbb lett volna, ha nem egyszerre álltak volna bent a kezelő térben a tehenek, mivel közel voltak egymáshoz ügyelni kellett, hogy ugyanannak a tehennek a jeladója legyen csatlakoztatva a saját HR vevőkészülékéhez, de a munkafolyamatokat megnehezítette volna az állatok egyesével való mozgatása. Ha sikerült csatlakoztatni az órát a jeladóhoz, akkor következett a heveder felhelyezése, hevederként egy lovaknál használt Horze márkájú futószárazó hevedert használtunk, fullos méretűt, ami puha, szőrmés anyaggal volt bélelve. A kiválasztásakor fontos szempont volt, hogy egész nap viselni fogják több napon keresztül az állatok így kényelmesebb megoldást szerettünk volna választani, a feltörések és kidörzsölődések elkerülése céljából. Különös figyelmet kellett fordítani arra, hogy a heveder ne legyen se túl szoros se túl laza. Ha túl laza akkor elfordulhat, ha például a tehén lefekszik, vagy társai érdeklődnek az eszköz iránt. Ha pedig túl feszes akkor feltörést okozhatunk mar tájékon, ami fájdalommal jár, így az állatnak is kellemetlenséget okozunk és az eredményeink is hibásak lesznek. A helyes beállítás viszonylag rövid tanulási folyamat után könnyen kivitelezhető volt, mivel a hevedert mindkét oldalról be lehetett csatolni így nagy volt az állíthatóság intervalluma. Tehát az elektródahámra lett ráhelyezve a futószárazó heveder, azért, hogy a HR vevőkészüléket (órát) fel tudjuk rá helyezni. Az elektródahámot hozzá kellett rögzíteni a futószárazó hevederhez az elcsúszás elkerülése miatt, mert az elektródahám elasztikus, rugalmas anyagból van, míg a futószárazó heveder merevebb, minimálisan tágulékony anyag.

A fejőházban a délutáni fejés után tudtuk a 6 állásos halszállkás kialakítású kezelő térben elvégezni ezeket a feladatokat. Az automata fejőrendszerben, a nyakbefogó rendszer segítségével a délutáni órákban (8. kép). A készülékek felrakását, rögzítését, levételét be kellett illeszteni az állatok napi rutinjába és a telepi munkálatokhoz kellett igazítani, úgy,

hogyan ez ne járjon plusz stresszel az állatok számára, de mi pontosan és helyesen tudjuk végrehajtani ezeket a feladatokat. Az állatok viselkedése a heveder és készülékek felhelyezésére egyedenként eltérő volt, de különösebb ellenállást nem tapasztaltunk egyik állat részéről sem. Az első laktációs, fiatalabb állatok még érdeklődőbb, együttműködőbbek voltak. Mikor az órákat levettük, számítógéphez csatlakoztattuk és feltöltésre kerültek az adatok a flow.polar.com felületre, ahol az R-R intervallum eredményeit megtekintettük, hogy értékelhetőek-e az adatok és az adott naphoz hozzárendelhető adatokat ellenőriztük. A kísérleti időszak előtti 1 hetes periódusban megkezdtük az állatok hozzászoktatását a műszerhez, és ebben az időszakban csak a napi műszercserét végeztük el, ezeket az adatokat nem vettük figyelembe az értékelésnél.

7. kép: A fejőrobotos adatok értékelése (Nagy, 2024)



8. kép: Az elektródák felhelyezése (Nagy, 2024)



### 3.4 A szívritmus (HR) és szívritmus variabilitás (HRV) értékek elemzése

A kísérlet során az EKG vizsgálathoz köthető szívfrekvencia (HR) és a szívfrekvencia változékonyság (HRV) mérést végeztünk. Három fő szakaszt értékeltünk: pihenő időszakok (éjjeli, nappali) és fejtés alatti időszak.

Az objektív mérés alapja az, hogy annak ellenére, hogy a szívritmus egyenletesnek tűnik a pontos milliszekundum nagyságrendben történt mérések már mutatnak különbségeket. Az időintervallum mérése praktikusán úgy történik, hogy a szívgörbe legjellemzőbb és legkönnyebben beazonosítható szakaszát az R csúcsot veszik alapul és a következő R csúcsig tartó időintervallumot méri a műszer milliszekundumban (ms), azaz ezredmásodpercnyi pontossággal. A kapott adatot nevezzük RR csúcsoknak, vagy RR távolságoknak.

Az R–R-adatok elemzését Kubios 2.2 HRV elemző szoftverrel végeztük. Nyerges-Bohák és mtsai (2020) javaslatai alapján 5 perces jelszakaszokon elemeztünk, minden órában 4 alkalommal. Az R–R-görbe lefutását megvizsgálva, a hibás jelszakaszokat nem használtam a további elemzéshez.

Az így nyert RR adatokból matematikai-statisztikai módszerekkel több olyan mutatószám képezhető, amelyek alkalmasak arra, hogy ismeretükben fiziológiai következtetéseket tudjunk levonni. A kísérleti adatok értékeléséhez ezeknek a rövid

áttekintése nélkülözhetetlen. Az RR csúcsok egymás utáni szakaszai hosszának a változásai, azaz a különbségek szórása mutat egy jellemző értéket. Nyugalmi, egészséges állapotban a szív képes alkalmazkodni az őt ért környezeti hatásokhoz így nagy amplitúdóval működik. Az RR csúcsok ekkor nagy különbségeket mutatnak egymáshoz képest időbeli lefutás szempontjából. Minél nagyobb kilengés, annál jobban képes reagálni, ez kipihent, egészséges állapotra utal. Stressz hatására ezek a kilengések szűkülnek, egyre "uniformizálódnak", mivel a környezet ingerei egyre kevésbé hatnak rá, a sinuscsomó átveszi az irányítást. Egy küszöbérték alá süllyed és nagyon kicsi intervallumra szűkülnek az időbeli eltérések stresszhelyzetben.

Két alapvető paramétercsoportra (időtartomány, frekvenciatartomány) bonthatóak a mutatók.

#### **A szívritmus-variabilitás (HRV) időtartomány (ms) paraméterei:**

*Átlag RR:* az RR intervallumok átlaga

*STD RR:* az RR intervallumok szórása

*Átlag HR:*  $60/RR$  szívverések száma percenként

*STD HR:* a percenkénti szívverések szórása

*Az egymást követő NN-intervallumkülönbségek (gyakorlatilag azonos az RR távolsággal) négyzetének középértéke (RMSSD):* Az egymást követő NN-intervallumok közötti különbségek négyzetes átlagának négyzetgyöke. Az intervallumok rövid idejű változásait méri. Minél nagyobb az értéke annál inkább a paraszimpatikus hatás túlsúlyát jelzi. Közvetve ez is stresszmentességet jelez.

*NN50:* Azoknak az egymást követő NN intervallumpárok száma, ahol a különbség nagyobb, mint 50 ms. Minél több, annál stressz mentesebb állapotra utal. Méri a szív variabilitását az ütések közötti intervallumokban.

*pNN50:* szomszédos RR csúcsok szórásának százalékos szűrése azokra a tételekre, mikor a különbség 50 ms-nál nagyobb. Azaz a szórásnak az a hányada, ami 50 ms-nál nagyobb kapott értékekre vonatkozik. Minél nagyobb a mutató értéke, annál kipihentebb, stressz mentesebb az egyed.

*RR tri index:* az RR intervallum hisztogram integrálja osztva a hisztogram magasságával

*TINN*: az RR intervallum hisztogramjának alapvonal szélessége

### **A HRV tartományok frekvenciatartomány paramétere:**

*Az alacsony frekvenciájú sáv teljesítménye (0,04–0,15 Hz) – LF (ms<sup>2</sup>):* Ez a paraméter egy meghatározott alacsony frekvenciájú tartományba történő integrálással kerül kiszámításra. Ezen belül van egy *nagyon alacsony VLF paraméter(ms<sup>2</sup>)*, a nagyon alacsony frekvenciájú HRV. *A nagyfrekvenciás sáv teljesítménye (0,15–0,4 Hz) – HF(ms<sup>2</sup>):* Ez a paraméter egy meghatározott alacsony frekvenciájú tartományba történő integrálással kerül kiszámításra.

Ha a HF mutató értéke magas, akkor kipihent, stresszmentes az egyed, ha az LF magas, akkor az izgalmi állapotra utal. Ez azzal van összefüggésben, hogy a paraszimpatikus beidegződés testre vonatkozó részét egyetlen ideg, a nervus vagus (bolygóideg) végzi, így itt gyorsabb az átsatolás. A vagális tónust (nervus vagus aktivitása) így megfelelően tudja reprezentálni a HF mutató. Az LF / HF arány, a vegetatív egyensúlyra utal. Ha a normál értéktől alacsonyabb, az paraszimpatikus túlsúlyt, azaz stressz mentességet jelez, ha magasabb az pedig szimpatikus túlsúlyt.

*SD1, SD2 grafikai indikátorok:* Az un. Poincare diagram alapján számolható ki. A humán gyógyászatban többféle grafikai megközelítés is van, de a szarvasmarha vizsgálatoknál ez terjedt el. A szív működés rövid és hosszútávú változékonyságát tükrözi. Az SD1 az egymást követő RR távolságok gyorsabb fluktuációját jelzi, ezek pontszerű ábrázolása a grafikonon, az SD2 a lassúbb változásoké. A függvény értelmezési tartományát az RR távolságok adják és mindegyikhez az őt követő RR távolság van rendelve. Az így nyert pontok egy ellipszist alkotnak, az SD1 ennek a horizontális, az SD2 a vertikális átmérője. Ha az ellipszist ráfektetem az un. azonosság egyenesre (origón átmenő 45<sup>0</sup>-os egyenes), akkor matematikailag az SD1 a kapott pontok az erre az egyenesre merőleges távolságok szórása. Az SD2 pedig az egyenessel párhuzamos szórást jelent. A grafikai elemzésnek abban van a jelentősége, hogy az eredményességét nem befolyásolja az input adatok minősége, ezért nehezen értelmezhető frekvencia tartományban mért adatok értelmezésében nyújt megbízható alternatívát, a megfelelő interpolációt (grafikai-matematikai úton „megbecsüljük a függvény értékeit ott is, ahol konkrét mérési adattal nem rendelkezünk) alkalmazva. Az SD1 helyettesítheti az RMSSD és HF mutatókat, ezért a grafikai úton szerzett mutatókat nagyobb biztonsággal tudjuk kezelni, abban az esetben, ha méréseink sok hibával vannak terhelve. Így a paraszimpatikus idegrendszer állapotáról



pontosabb adatot kaphatunk ennek a mutatónak az alapján. Ha az SD1 nagyobb értéket mutat, mint az SD2 az túlterhelt, erősen stresszes állapotot jelez. SD2/SD1 hányados ennek a mértékét jelzi.

A HRV un. geometriai indexei az RR tri index és TINN mutatószámok.

**RR tri index:** az RR intervallum hisztogram integrálja osztva a hisztogram magasságával. A hisztogram metrikusan skálázott tulajdonságok grafikus ábrázolása. Ha túl sok érték van (jelen esetünkben) osztályokba vonják össze. Az egyes tulajdonságok nagyságrendjét a téglalapok területe jelzi. Egész pontosan a téglalapok magassága, mivel azonos a szélesség. Ezekből az adatokból képzett mutató.

**TINN:** az RR intervallum hisztogramjának alapvonal szélessége

Gyakorlati jelentőségük abban van a két mutatónak, hogy szoros korrelációban van a HF és RMSSD mutatókkal (ezt mind humángyógyászati, mind állatgyógyászati – köztük szarvasmarha – vizsgálatok megerősítik), amelyek a paraszimpatikus rendszer aktivitását jelzik. Mivel grafikusan képzett mutató, így megfelelően tudja reprezentálni olyan tartományokban is, ahol nem tudunk megfelelő minőségű adatot gyűjteni. (Brennan és mtsai, 2002). Külön jelentősége az, hogy ha nincs lehetőség öt percre mérni, csak rövidebb intervallumokat, akkor itt is a megfelelő interpolációval (függvény görbét a nem mért szakaszon matematikai módszerrel „megbecsüljük”) releváns és szignifikáns adatokhoz tudunk jutni.

*Statisztikai értékelés:*

Minden egyedhez tartozó napi tejtermelési adatokat és a szívfrekvencia mutatókat egy Excel fájlban rögzítettem. Az adatok statisztikai értékelését ezt követően SPSS 29.0 statisztikai programmal végeztük el. A HR és a HRV-paraméterek értékeinek szórás-homogenitását Levene's-teszttel értékeltem, majd a mutatók közötti korrelációt Spearman-féle rangkorrelációval határoztam meg. A három időszak (nappali, éjszakai, a fejés alatti), a laktációs szám és a fejési technológia együttes hatását általános lineáris modellel (generalized linear model, GLM) határoztam meg. Az egyes HRV paraméterek voltak a függő változók. A modell által becsült, az egyes kategóriaváltozók szerint megállapított átlagértékek közötti különbségeket páronkénti összehasonlításban a Bonferroni-féle post-hoc teszttel értékeltem. A szignifikancia-szint  $p < 0,05$  volt. A tejtermelőképessegre vonatkozó mérőszámok: napi fejések száma, tejtermelés

fejésenként és tejtermelés naponta, átlagos és maximális fejési sebesség., lerúgások száma. A laktációs szám (egy vagy több laktációs) hatását és a laktáció stádium (100 nap alatti és 100 nap feletti tejlő napok száma) hatását, valamint a fejési technológia hatását a tejtermelési mutatókra egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) értékeltem. A szignifikanciaszint ebben az esetben is  $p < 0,05$  volt.

## 4 Eredmények és értékelésük

### 4.1 A holstein-fríz fajta tejtermelőképességének és a gép fejhetőségének alakulása a hagyományos fejőházi technológiában és az automatikus fejőrendszerben az egyhetes átállási periódus alatt

Ahogy az anyag és módszer fejezetben bemutatam, ugyanazokat az egyedeket két egymástól eltérő fejési technológiában vizsgáltuk egy-egy hetes időszakban. A fejőházban az utolsó hét termelési adatait, a robotos istállóban pedig a bekerülést követő első hét tejtermelési paramétereit értékeltem. A tehenek laktációs számuk két csoportba kerültek, elsőlaktációs egyedekből álló csoportra és többlaktációsokból álló csoportra. Az 2-5. táblázatban a „fejőház” oszlopban a hagyományos fejési technológia eredményeit, míg a másik automatizált fejőrendszer értékeit a „robot” megnevezésű oszlopban szerepeltettem.

2. táblázat: Az első és többlaktációs tehenek tejtermelésének összehasonlítása az átállást megelőző és az azt követő egy hetes periódus alatt

	Elsőlaktációs n=6		Többlaktációs n=7		Szign.hely	Szign. Laktációs-szám
	fejőház	robot	fejőház	robot		
Napi fejések száma	2	2,27 ± 1,63	2	1,63 ± 0,19	NS	***
Tejtermelés/fejés, kg	13,51 ± 3,94	11,69 ± 4,90	18,67 ± 6,04	17,39 ± 7,63	***	***
Tejtermelés/nap, kg	26,87 ± 4,13	25,88 ± 6,39	37,49 ± 8,51	27,98 ± 12,51	***	***

NS: nem szignifikáns

\*P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001

A 2. táblázat adatai azt mutatták, hogy az elsőlaktációs csoport többször használta a fejőrobotot, mint a napi kétszeri alkalom, ami másik tartástechnológiában volt a jellemző. Ezzel szemben a többlaktációs egyedek, ennél kevesebbszer, átlagosan 1,6 alkalommal mentek be a fejőrobotba a beszoktatás 1 hetes időszaka alatt. Ez arra utal, hogy a fiatalabb állatok tanulékonyabbak voltak és kevésbé idegenkedtek az újszerű körülményektől, mint az idősebb, a klasszikus tartástechnológiában hosszabb időt eltöltő egyedek. Ez a fejésgyakoriság várhatóan az adaptáció után a szakirodalmi források szerint emelkedni fog jellemzően a következő mennyiségekre 6 és 12 óra közti gyakorisággal 67%, ennél rövidebb idő 11% ennél több idő pedig 21,5% (Gygax és mtsai, 2007). Itt még olyan nehézségre is lehet számítani, hogy olyan

egyedek is előfordulhatnak, akik nem hajlandóak a robotba menni, hanem terelés szükséges, ennek mértéke egy kanadai tanulmány szerint ez 4 - 25%. (Rodenburg és House, 2007)

A termelésre a technológia váltás azon belül az adaptáció időszakában visszaesés várható a nagy termelésű tejelő teheneknél (Broom, 1991; Weiss és mtsai, 2004). A laktációs csoportok között a statisztikai elemzés szerint szignifikáns különbség volt, ezzel szemben a robotban és a fejőházban a fejések száma nem tért el szignifikánsan.

A fejésenkénti tejtermelést tekintve, a tehenek a robotfejéskor kevesebb tejet adtak le, mindkét laktációs csoportban. Az első laktációs tehenek esetében ez közel 2 kg (1,8 kg), a többlaktációsoknál 1,3 kg eltérést jelent. Ahogy várható volt (Vijayakumar, és mtsai, 2017) a többlaktációs tehenek fejésenkénti kifejt tejmenyisége szignifikánsan nagyobb volt, mint az első laktációs egyedeké. Vijayakumar és mtsai (2017) szerint a többlaktációs tehenek közül a legnagyobb tejhozamot az AMS-ben a harmadik laktációs tehenek produkálják.

A napi tejtermelés, ami a 24 óra alatt kifejt tejmenyiségét jelenti, hasonló tendenciát mutatott, azaz az első laktációs egyedek napi tejtermelése kisebb és a robotban is szignifikánsan kevesebb a kifejt tej mennyisége, mint a fejőházban mért értékek. A különbség a többlaktációs teheneknél viszont nagyobb, melynek hátterében az állt, hogy a többlaktációs tehenek között a beszoktatás időszakában több olyan egyed is volt, melyek csak naponta egyszer látogatták meg a fejőrobotot. A fejési gyakoriság növekedésével a tejtermelés is nőni fog, ahogy ezt korábban többen is megállapították, akár 20%-ot is elérheti, ha a napi fejésszám háromra nő (Vijayakumar és mtsai, 2017).

A továbbiakban a laktációs stádium hatását elemeztem az átállás alatti tejtermelésre, az egyedeket két csoportra osztottam, a 100 tejelő napnál kevesebb, illetve az ezt meghaladó, a 100 laktációs nap feletti csoportba (3. táblázat).

3. táblázat: A laktációs stádium hatása a tejtermelésre az átállás előtt és azt követő egy hetes periódusban

	100 nap alatt		100 nap felett		Szn. Laktáció- stádium
	fejőház	robot	fejőház	robot	
Napi fejések száma	2	1,87 ± 0,74	2	2,15 ± 0,75	**
Tejtermelés/fejés, kg	18,65 ± 5,70	16,43 ± 7,39	13,24 ± 3,91	11,79 ± 5,21	***
Tejtermelés/nap, kg	37,01 ± 8,16	27,54 ± 12,05	26,29 ± 4,32	23,72 ± 7,49	***

NS: nem szignifikáns

\*P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001

A laktáció első időszakában lévő tehenek a robotlátogatásainak száma szignifikánsan kisebb, mint a 100 nap feletti tejelő napokkal rendelkező egyedeké. A fejésenkénti tejtermelés és a napi tejtermelés is a várakozásainknak megfelelően alakult a különböző laktációs stádiummal rendelkező csoportokban, vagyis a laktáció elején a leadott tej mennyisége fejésenként és 24 órára vonatkoztatva is szignifikánsan nagyobb volt. Eredményeink megegyeznek Vijayakumar, és mtsai (2017) megfigyelésével, miszerint a 100 nap alatti laktációs stádiumban lévő egyedeknek a legnagyobb a kifejt tej mennyisége, a laktáció későbbi stádiumában lévő állatok termeléséhez viszonyítva. A tejtermelés fejésenként a robotban kevesebb, viszont a különbség 2,22 kg, ami nem számít túlzott visszaesésnek az átállás során a laktációs időszak elején lévő tehéncsoportban. A napi tejtermelés szintén a fejőházban nagyobb, mint a robotban, de ez a különbség már majdnem 10 kg. Az egyedi különbségek mind fejésenként, mind napi tejtermelésben számottevőek, amit a szórás jól tükröz. A 100 nap feletti laktációs stádiumban lévő tehenek a fejőrobotot többször látogatták, mint a fejőházban. A tejtermelés mind fejésenként, mind napi átlagban így kevesebb a robotban, viszont ezek az eltérések kisebbek, mint az előző csoportnál. A 100 nap feletti laktációs stádiumban is kisebb a szórás, tehát az egyedi különbségek is kisebbek.

A 4. táblázatban látható az első és többlaktációs tehenek fejési paramétereinek az összehasonlítása az átállás előtt a fejőházban és az automatikus fejőrendszerben az első egy hetes periódus alatt. A vizsgált paraméterek a következők: a fejési idő; ami, a robot technológiában a fejőrobotban mért tartózkodási időt jelenti, a lerúgások aránya; az átlagos fejési sebesség és a maximális fejési sebesség. A két utóbbi mutató számolása a kifejt tej mennyisége és a fejési idő hányadosa alapján történik, kg/percben. A maximális fejési sebesség az 1 perc alatt kifejt legnagyobb tej mennyiségét jelenti.

4. táblázat: Az első és többlaktációs tehenek fejési paramétereinek összehasonlítása az átállás előtt és azt követő egy hetes periódus alatt

	Első laktációs		Többlaktációs		Szn. Hely	Szn. Laktációs szám
	fejőház	robot	fejőház	robot		
Fejési idő/Robotban mért tartózkodási idő, perc	5,20 ± 1,46	5,66 ± 1,82	6,71 ± 1,55	6,81 ± 2,34	NS	***
Lerúgások aránya, %	-	16,28	-	1,22	-	-
Átlagos fejési sebesség kg/perc	2,60 ± 0,69	5,28 ± 1,84	2,66 ± 0,67	5,58 ± 1,84	***	NS
Maximális fejési sebesség kg/perc	5,48 ± 1,38	7,66 ± 2,41	6,15 ± 1,37	8,08 ± 2,29	***	NS

NS: nem szignifikáns

\*P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001

Az elsőlaktációs tehenek fejési ideje rövidebb, mint a robotban mért fejési idő (tartózkodási idő) ez viszont nem azt jelenti, hogy a fejőházban gyorsabban adja le a tejet, mivel az átlagos fejési sebesség és a maximális fejési sebesség is gyorsabb volt a robotban. Lerúgás a fejőházban nem fordult elő. A robotban a lerúgások aránya az elsőlaktációs állatoknál 16,28%.

A többlaktációs teheneknél is a fejőrobotban mért fejési idő (tartózkodási idő) a hosszabb, mint a fejőházban mért fejési idő, az eltérés viszont nem nagy, viszont egyedi különbségek itt is feltűnőek. Az átlagos fejési sebesség és a maximális fejési sebesség is jelentősen nagyobb, vagyis kedvezőbb a robotban, ez pozitív eredmény.

A lerúgások aránya 1,22%, ami jelenti, hogy a többlaktációs tehenek tapasztaltabbak, rutinosabbak és könnyebben elfogadták a fejőrobotot, mint az elsőlaktációs állatok. Jacobs és Siegford (2012) eredményei azt mutatták, hogy az elsőlaktációs teheneknél a lerúgások nagyobb arányban fordultak elő a beszoktatás idején, mint a többlaktációs állatoknál.

Megállapítható, hogy statisztikailag szignifikáns a különbség a laktációs csoportok között számok között a fejési idő tekintetében, ez azt jelenti, hogy a többlaktációs tehenek több időt töltöttek el a robotban, mint az elsőlaktációs állatok. A laktációs szám sem az átlagos fejési sebességre, sem a maximális fejési sebességre nincs hatással. Ezzel szemben az átlagos fejési sebesség és a maximális fejési sebesség szignifikánsan eltért a fejőházban és robotban. A fejési időre nézve, illetve a robotban mért tartózkodási idő tekintetében nincs szignifikáns különbség a fejőházban és a robotban mért értékek között.

Az 5. táblázat a laktációs stádium hatását szemlélteti a fejési paraméterekre, amik megegyeznek az előző táblázatban bemutatott tulajdonságokkal, vagyis fejési idő, robotban mért tartózkodási idő percben, az átlagos fejési sebesség kg/percben és a maximális fejési sebesség kg/percben.

5. táblázat: A laktációs stádium hatása az átállás alatti fejési paraméterekre

	100 nap alatt		100 nap felett		Szign. Laktáció -stádium
	fejőház	robot	fejőház	robot	
Fejési idő/Robotban mért tartózkodási idő, perc	6,75 ± 1,41	6,51 ± 2,09	5,03 ± 1,49	5,79 ± 2,07	***
Átlagos fejési sebesség kg/perc	2,66 ± 0,62	5,19 ± 1,82	2,60 ± 0,74	5,57 ± 1,85	*
Maximális fejési sebesség kg/perc	5,75 ± 1,51	7,64 ± 2,28	5,87 ± 1,29	7,98 ± 2,43	NS

NS: nem szignifikáns

\*P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001

A 100 fejési napnál kevesebb laktációs csoportban a fejési idő a fejőházban és a robotban mért

tartózkodási idő közel azonos volt, de a fejőházban némileg hosszabb a fejési idő, a robotban a szórás nagyobb volt, az egyedi különbségek miatt. Az átlagos és maximális fejési sebesség egyértelműen a robotfejés során gyorsabb, ami a tej gyorsabb leadását jelenti, ami előnyösebb az állat egészségére nézve. Egyedi különbségek a robotfejésnél nagyobbak.

A 100 fejési napnál hosszabb laktációs időszakokkal rendelkező csoportban a fejési idő a robotban hosszabb. Megállapítható, hogy statisztikailag szignifikáns eltérés van a fejési idő tekintetében a két laktációs stádium között, vagyis a hosszabb laktációs csoportban a tehenek fejési ideje statisztikailag igazoltan rövidebb. A kevesebb termelt tejet, rövidebb idő alatt adják le a tehenek. Az átlagos és maximális fejési sebesség tekintetében hasonló tendenciát tapasztalunk, mint a másik csoportnál, gyorsabban adják le a tejet a tehenek a robotfejésnél, mint a fejőházi technológiában. A szignifikáns különbséget az átlagos fejési sebesség tekintetében tudunk igazolni a két laktációs stádium között.

#### 4.2 A holstein-fríz fajta stressz vizsgálata a szívfrekvencia variabilitás (HRV) mutatók alapján hagyományos fejőházi technológiában és az automatikus fejőrendszerben az egy hetes átállási periódus alatt

A szívritmus-variabilitás (HRV) időtartomány (ms) paraméterei:

Az anyag és módszer fejezetben ismertetett HR és HRV adatok és mutatók alapján került értékelésre a laktációs csoportok stressz állapota. A szerepeltetett adatok tehát ugyanannak a tehénnek a szívfrekvencia variabilitásra vonatkozó adatait mutatja be két eltérő fejési rendszerben és az ehhez kapcsolódó tartástechnológiában. Alapvetően a fejőházi fejési technológia a bázis, ehhez képest vizsgáltuk az automatizált fejési technológiában mért adatokat. A várakozásaink – egyes szakirodalmi adatokkal megegyezően – az volt, hogy az „embermentes”, szabadon választott fejési időpontokkal és jóval kisebb várakozási idővel rendelkező robot fejési technológia, vélekedésünk szerint egy jóval stresszmentesebb állapotot jelent a termelő egyedek számára. Stresszfaktorok lehetnek a mozgás korlátozása (Györkös, 2006), durva bánásmód (Taylor és Davis, 1998), a kezelésektől és a gondozóktól való félelem (Munksgaard és mtsai, 2001; Hemsworth és Boivin, 2011).

Az elemzés során a laktációs szám szerinti két csoportot, mind a két fejési rendszerben és a hozzá kapcsolódó tartástechnológiában, különböző napszakaszokban és aktivitási időszakokban

(mérési időintervallum: nappali pihenés, éjszakai pihenés, fejés) értékeltük. Elsőként, az 6. táblázat mutatja be az átlagos szívritmus (RR) és a szívritmus szórás (STD RR) alakulását a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban.

6. táblázat – Az átlagos szívritmus RR és a szívritmus szórás (STDRR) alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban

Tulajdonság		Fejőház	Robot	Fejési Technológia átlaga	
Átlag RR (ms)	Fejés alatt	Elsőlaktációs	828,76±91,51	836,26±82,86	830,64±87,71
		Többlaktációs	877,28±75,65	778,19±158,63	852,51±107,80
		<i>Laktációs átlag</i>	<i>853,02±86,32</i>	<i>807,23±124,42</i>	<i>841,57±97,85</i>
	Nappal	Elsőlaktációs	803,75±100,93	760,87±198,82	786,97±144,40
		Többlaktációs	914,11±68,60	838,33±120,84	884,34±98,07
		<i>Laktációs átlag</i>	<i>864,27±100,20</i>	<i>803,48±160,91</i>	<i>840,43±129,47</i>
	Éjszaka	Elsőlaktációs	870,61±75,66	921,51±92,29	894,85±85,87
		Többlaktációs	907,66±73,91	975,02±94,98	938,75±89,35
		<i>Laktációs átlag</i>	<i>891,36±75,48</i>	<i>950,70±95,49</i>	<i>919,13±89,62</i>
	Főátlag	<b>Elsőlaktáció</b>	<b>831,32±92,55</b>	<b>843,22±151,36</b>	<b>835,70±116,66</b>
		<b>Többlaktáció</b>	<b>898,74±73,18</b>	<b>882,45±141,49</b>	<b>892,68±103,35</b>
		<b><i>Laktációs átlag</i></b>	<b><i>867,23±89,00</i></b>	<b><i>864,29±146,08</i></b>	<b><i>866,14±113,02</i></b>
STD RR (ms)	Fejés alatt	Elsőlaktációs	13,39±5,28	21,83±5,62	15,50±6,44
		Többlaktációs	15,09±5,13	19,74±8,64	16,25±6,32
		<i>Laktációs átlag</i>	<i>14,24±5,21</i>	<i>20,78±7,03</i>	<i>15,87±6,32</i>
	Nappal	Elsőlaktációs	12,86±6,54	17,53±9,63	14,69±8,03
		Többlaktációs	13,49±5,50	14,21±2,86	13,78±4,59
		<i>Laktációs átlag</i>	<i>13,21±5,90</i>	<i>15,71±6,80</i>	<i>14,19±6,32</i>
	Éjszaka	Elsőlaktációs	12,19±2,86	18,42±8,65	15,16±6,93
		Többlaktációs	12,14±3,09	15,01±5,23	13,47±4,37
		<i>Laktációs átlag</i>	<i>12,16±2,93</i>	<i>16,56±7,03</i>	<i>14,22±5,65</i>
	Főátlag	<b>Elsőlaktációs</b>	<b>12,91±5,17</b>	<b>18,92±8,28</b>	<b>15,12±7,06</b>
		<b>Többlaktációs</b>	<b>13,69±4,84</b>	<b>15,69±5,62</b>	<b>14,43±5,20</b>
		<b><i>Laktációs átlag</i></b>	<b><i>13,33±4,99</i></b>	<b><i>17,18±7,09</i></b>	<b><i>14,75±6,12</i></b>

a, b P<0,05

A táblázatban szereplő első mutató a két R csúcs között mért un R-R szakasz átlagos hossza, ahogy ismertetésre került ez a szívritmusnak ms-ban mért átlagos idejét jelenti. A rövidebb



intervallum az állat aktivitáskor figyelhető meg, a hosszabb idő pedig pihenéskor. Ez a mutatószám azért is fontos, mert további paraméterek meghatározásának a kiszámításának alapját jelenti.

Az átlagos értéke 867 ms a fejőházban, és ez az érték 3 másodperccel rövidebb a robotistállóban. Az elsőlaktációs, fiatalabb állatok értéke 57 másodperccel rövidebb, mint az idősebb többlaktációs állatok értéke. A nappali időszakban 840-842 ms között változik, és a fejési időszak alatt tapasztaltunk kismértékű (2 ms) növekedést. Az éjszaka folyamán 79-81 ms-dal hosszabb szívritmus időt mértünk, ami jelzi, hogy az állatok nyugalmi állapotban voltak.

A két technológiát összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy a nappali időszakban és a fejés ideje alatt a robotistállóban aktívabbak a tehenek, vagyis rövidebb az átlagos RR intervallum. Ezzel szemben éjszaka a robot istállóban 60 másodperccel hosszabb az átlagos szívritmus idő, ami azt jelenti, hogy ott nyugodtabban pihentek az állatok, mint a fejőházi technológiás telepen.

A laktációs szám hatását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a többlaktációs tehenek fejés alatt mért RR intervallum ideje szignifikánsan rövidebb a robotban, mint a fejőházban. Ez arra utal, hogy a fejés alatt az idősebb állatok nyugtalanabbak voltak a beszoktatás első hete alatt fejéskor. A többi esetben szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk a két technológia között az RR intervallumban.

A legújabb szakirodalmi adatok szerint 719-733 ms között változik az RR intervallum hossza a hagyományos fejőházi fejésnél holstein-fríz szarvasmarha esetében (Koenneker és mtsai, 2023), ennél mi nagyobb – kedvezőbb - értékeket mértünk a fejőházi körülmények között is.

A szívritmus szórásértéke (STD RR) már önmagában is meglehetősen jól jellemzi a vizsgált egyed stresszállapotát. Ez a szám minél nagyobb, annál reakcióképesebb, annál nyitottabb a külső ingerekre az állat, azaz kipihent és stresszmentes állapotot jelent. Megfordítva pedig, minél kisebb az érték, annál stresszesebbnek tekinthető az állat.

Az átlagértékek 14-16 ms között változtak a fejés alatt, nappal és az éjszakai időszak alatt. A fejőházban 13 ms, a robotban 17 ms volt az átlagérték vagyis a robotistállóban átlagosan 4 ms-dal nagyobb a szívritmus szórásértéke, jelezve azt, hogy a robotistállóban stresszmentesebb körülmények álltak rendelkezésre az állatok számára már a beszoktatás alatti időszakban is, bármelyik laktációs csoportot is tekintjük. Az elsőlaktációs tehenek esetében szignifikánsan rövidebb a szívritmus szórásértéke a fejés alatt és éjszaka a robotistállóban, mint a fejőházban. Eredményeink megegyeznek Davis és mtsai. (2023) korábbi következtetésével, az elsőlaktációs

állatok szórásértékei szignifikánsan elmaradnak a többlaktációs állatokétól.

A 7. táblázat a szívverések percenkénti számát vagy más néven a szívritmus variabilitását és annak szórását foglalja össze a különböző telepi technológiában és a laktációs csoportokban.

7. táblázat: Az átlagos szívritmus variabilitás (HRV) és szórás (STD HR) alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban

Tulajdonság		Fejőház	Robot	Fejési Technológia átlaga	
Átlag HR (1/min)	Fejés alatt	Elsőlaktációs	73,22±7,98	72,36±7,39	73,01±7,69
		Többlaktációs	68,87±5,94	79,65±15,10	71,57±9,92
		Laktációs átlag	71,05±7,28	76,00±11,96	72,29±8,81
	Nappal	Elsőlaktációs	75,76±9,61	83,91±22,50	78,95±15,97
		Többlaktációs	66,00±5,15	72,96±10,69	68,73±8,37
		Laktációs átlag	70,41±8,86	77,89±17,45	73,34±13,28
	Éjszaka	Elsőlaktációs	69,38±5,90	65,69±6,45	67,62±6,30
		Többlaktációs	66,51±5,41	62,09±6,24	64,47±6,11
		Laktációs átlag	67,77±5,70	63,73±6,44	65,88±6,33
	Főátlag	Elsőlaktációs	73,07±8,28	73,85±16,19	73,35±11,70
		Többlaktációs	67,20±5,56	69,85±12,12	68,19±8,62
		Laktációs átlag	69,94±7,53	71,70±14,15	70,59±10,46
Szórás STD HR (1/min)	Fejés alatt	Elsőlaktációs	1,22±0,57	1,95±0,44	1,40±0,62
		Többlaktációs	1,16±0,28	2,08±1,19	1,39±0,73
		Laktációs átlag	1,19±0,45	2,01±0,86	1,40±0,67
	Nappal	Elsőlaktációs	1,23±0,57	1,80±0,56	1,45±0,62
		Többlaktációs	0,96±0,32	1,27±0,37	1,08±0,36
		Laktációs átlag	1,08±0,46	1,51±0,52	1,25±0,53
	Éjszaka	Elsőlaktációs	0,98±0,28	1,35±0,71	1,16±0,55
		Többlaktációs	0,89±0,18	0,94±0,25	0,91±0,21
		Laktációs átlag	0,93±0,23	1,13±0,54	1,02±0,41
	Főátlag	Elsőlaktációs	<b>1,16±0,51</b>	<b>1,65±0,63</b>	<b>1,34±0,61</b>
		Többlaktációs	<b>1,02±0,29</b>	<b>1,30±0,71</b>	<b>1,12±0,51</b>
		Laktációs átlag	<b>1,08±0,41</b>	<b>1,46±0,70</b>	<b>1,22±0,56</b>

a, b P<0,05

Az elsőlaktációs csoportnál a nappali pihenő időszakban, a többlaktációs csoportnál pedig a fejés alatt szignifikánsan növekedett a szívverések száma a robot technológiában. Szakirodalmi tapasztalatok alapján (Kovács 2014) a pihenő időben mért szívverés szám függhet az állat testhelyzetétől – azaz nem mindegy, hogy fekszik vagy áll – és attól is, hogy nagy létszámú telepen mérték az értéket vagy nem. Megállapíthatjuk, hogy a robotban csak a nappali pihenő alatt magasabb az érték, ami összefügghet azzal, hogy abban az értékelt 5 perces időszakban éppen táplálkozott az állat, ami indokolja az enyhén magasabb szívverés számot. A többlaktációs csoportnál a fejés alatti szignifikáns emelkedés (több, mint tíz ütemmel) jelzi, hogy az idősebb állatok nehezebben szokták meg a körülményeket, nehezebben adaptálódtak

az új fejési technológiához. Összességében a percenkénti szívverések száma 70 volt a fejőházban és 72 a robotistállóban. Ezek az eredmények gyakorlatilag megegyeznek Talmón és mtsai. (2023) mért értékével (68 ütés/perc). Az elsőlaktációs állatok percenkénti szívverésszáma 73, a többlaktációs egyedeké pedig 68 percenként. A vizsgált három időszakban: az éjszakai időszakban 66 percenként, nappal 73/perc és a fejés alatt pedig 72/perc. Bár ez a mutató önmagában nem szolgáltat elég információt a stressz állapot mértékéről (Sayers, 1973; Hainsworth, 1995). A HR értékre vonatkozóan a közelmúltban Koenneker és mtsai (2023) a fejés idején ennél hosszabb, 85-87/perc értéket közöltek.

A HR szórását értékelve elmondható, hogy a robotos istállóban a szórásértékek nagyobbak, szignifikáns eltérések a fejés alatt, mind az első mind a többlaktációs csoportnál, a nappali időszakban pedig az elsőlaktációs állatoknál figyelhetőek meg a két technológia összehasonlításakor.

Az RMSSD (az egymást követő RR-intervallumkülönbségek négyzetének középértéke) mutató a szív a paraszimpatikus aktivitására utal (8. táblázat). Minél kisebb a mutató, annál nagyobb a stressz mértéke. A fejőházi technológiában ez átlagosan 9,7 ms, míg a robotos istállóban 13 ms, vagyis a robotos istállóban az átállás alatt is kedvezőbb az állat jólléte, ha ezt a mutatót tekintjük. A két laktációs csoportban lényeges eltérést átlagértéket tekintve nem tapasztaltunk (10,9 ms). Az átlagértékek a legnagyobbak a robotos istállóban éjszaka (13,7 ms), ezt követően fejés alatt a robotban (11,8 ms) és nappal (11,53 ms). Az átlagértékek a legkisebbek a fejőházban nappal (8,6 ms), majd éjszaka (9,2ms) és fejés alatt (10,9 ms) mértük a legnagyobb értéket. Ez utóbbi jelzi, hogy a legstresszesebb állapot a fejés alatt van a fejőházi telepen. Korábban, Davis és mtsai. (2023) az RMSSD mutatóban szignifikáns különbséget tapasztaltak az első és a többlaktációs állatok között, eredményeinkkel megegyezően az elsőlaktációs állatok értékei kisebbek, mint a többlaktációs tehéneké.

8. táblázat: Az az egymást követő RR-intervallumkülönbségek négyzet középértékének (RMSSD) alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban

Tulajdonság			Fejőház	Robot	Fejési Technológia átlaga
RMSSD (ms)	Fejés alatt	Elsőlaktációs	9,77±5,22	15,70±6,17	11,25±5,95
		Többlaktációs	12,03±5,02	13,56±5,51	12,41±5,07
		<i>Laktációs átlag</i>	10,90±5,18	14,63±5,69	11,83±5,50
	Nappal	Elsőlaktációs	7,34±5,01	14,09±12,14	9,98±8,93
		Többlaktációs	9,59±4,75	9,44±4,66	9,53±4,63
		<i>Laktációs átlag</i>	8,57±4,92	11,53±8,89	9,73±6,83
	Éjszaka	Elsőlaktációs	9,60±3,49	13,73±9,53	11,57±7,17
		Többlaktációs	8,92±3,59	13,58±6,66	11,07±5,64
		<i>Laktációs átlag</i>	9,22±3,49	13,65±7,89	11,29±6,30
	Főátlag	<b>Elsőlaktációs</b>	<b>8,93±4,79</b>	<b>14,33±9,58</b>	<b>10,92±7,36</b>
		<b>Többlaktációs</b>	<b>10,29±4,67</b>	<b>12,00±5,89</b>	<b>10,93±5,19</b>
		<b><i>Laktációs átlag</i></b>	<b>9,66±4,75</b>	<b>13,08±7,83</b>	<b>10,92±6,27</b>

a, b P<0,05

Összességében az biztató, hogy a robot technológiában jóval kedvezőbb értékeket kapunk. Ez alátámasztja azt a várakozást, hogy ha rövid távon még nem is, de egy hosszabb-rövidebb átmeneti idő után ez a termelési adatokban is ez pozitív változásokat fog okozni.

A többlaktációs egyedeknél nem találunk statisztikailag igazolt eltéréseket, sőt a nappali pihenőjében igaz minimális mértékben, de csökkenést tapasztalunk. Várakozásoknak megfelelően itt is az éjszakai pihenőben a legmagasabb a mutató értéke. Fejés közben hosszabb az RMSSD értéke ebben a csoportban is, de az eltérés nem szignifikáns. Ezek az adatok arra engednek következtetni, hogy a technológia-váltás azoknál az egyedeknél, akik hosszabb időt eltöltöttek az előző technológiában kevésbé hatnak. További kísérlet lehetne, hogyha néhány héttel később is elvégeznénk ezeket a vizsgálatokat, akkor mit mutatnának az eredmények. Véleményem szerint további javulást tapasztalnánk, még ha nem is olyan mértékben, mint az elsőlaktációs csoport esetében.

Az RMSSD értékekkel szorosan korreláló mutató az NN 50 (szám) illetve ennek százalékos mutatója a pNN50(%) (9. táblázat). A két mutató számszerű, illetve százalékos formában, azokat az értékeket mutatja, amikor a két egymást követő RR távolságok különbsége nagyobb, mint 50 ms. A nagy variabilitás, kipihent állapotot jelez, ezt mutatják a nagy különbséggel bíró intervallum párok egymásutánisága. Mindez azt jelenti, hogy az RMSSD értékhez hasonlóan, ha az NN50, illetve pNN50 (%) értéke csökken, vagyis kisebb a mért érték, annál nagyobb stresszhatással kell számolni. Az elsőlaktációs csoportnál a változás szignifikáns, a kapott értékek egyértelműen azt támasztják alá, hogy a robot technológia bevezetése a stressz állapotot

csökkenteni, ez mind a numerikus értékekre (NN50), mind a százalékos (pNN 50) mutatókra vonatkozik az éjszakai időintervallumban. A nappali időszakban pedig a százalékos adatoknál (pNN50) tapasztaltuk ugyanezt a tendenciát. Mindez egyértelműen jelzi a robot technológiának kedvező hatását az állat jóllétére, ezen keresztül az állat teljes fiziológiai állapotára (NN50: 3,91; pNN50%: 1,27), szemben a fejőházi technológiával (NN50: 1,28; pNN50%: 0,39). Ugyanakkor ezen mutatóknál nagyon nagy egyedi különbségek voltak, amit a szórásértékek is jól tükröztek.

9. táblázat: Az NN50 és Pnn50 alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban

Tulajdonság		Fejőház	Robot	Fejési Technológia átlaga	
NN50 (count)	Fejés alatt	Elsőlaktációs	2,00±4,23	3,67±3,39	2,42±4,03
		Többblaktációs	1,67±1,97	3,17±3,43	2,04±2,42
		<i>Laktációs átlag</i>	1,83±3,26	3,42±3,26	2,23±3,30
	Nappal	Elsőlaktációs	1,29±4,53	6,33±15,32	3,26±10,19
		Többblaktációs	1,06±2,44	0,91±2,43	1,00±2,39
		<i>Laktációs átlag</i>	1,16±3,47	3,35±10,47	2,02±7,08
	Éjszaka	Elsőlaktációs	1,00±1,67	6,70±14,94	3,71±10,51
		Többblaktációs	0,36±0,63	3,00±4,07	1,58±3,05
		<i>Laktációs átlag</i>	0,64±1,22	4,68±10,39	2,53±7,36
	<b>Főátlag</b>	<b>Elsőlaktációs</b>	<b>1,51±3,80</b>	<b>5,84±12,88</b>	<b>3,10±8,54</b>
		<b>Többblaktációs</b>	<b>1,08±1,93</b>	<b>2,24±3,44</b>	<b>1,51±2,64</b>
		<b><i>Laktációs átlag</i></b>	<b>1,28±2,95</b>	<b>3,91±9,20</b>	<b>2,25±6,17</b>
pNN50 (%)	Fejés alatt	Elsőlaktációs	0,59±1,28	1,05±0,98	0,71±1,21
		Többblaktációs	0,51±0,64	0,90±1,14	0,61±0,78
		<i>Laktációs átlag</i>	0,55±1,00	0,98±1,02	0,66±1,01
	Nappal	Elsőlaktációs	0,37±1,33	2,20±5,64	1,09±3,67
		Többblaktációs	0,35±0,81	0,30±0,81	0,33±0,79
		<i>Laktációs átlag</i>	0,36±1,05	1,15±3,83	0,67±2,53
	Éjszaka	Elsőlaktációs	0,31±0,52	2,11±4,55	1,17±3,21
		Többblaktációs	0,12±0,21	1,04±1,41	0,54±1,06
		<i>Laktációs átlag</i>	0,20±0,39	1,53±3,20	0,82±2,28
	<b>Főátlag</b>	<b>Elsőlaktációs</b>	<b>0,45±1,13</b>	<b>1,89±4,34</b>	<b>0,98±2,83</b>
		<b>Többblaktációs</b>	<b>0,34±0,63</b>	<b>0,73±1,17</b>	<b>0,490,88±</b>
		<b><i>Laktációs átlag</i></b>	<b>0,39±0,90</b>	<b>1,27±3,10</b>	<b>0,72±2,05</b>

a, b P<0,05

A 10. táblázatban két mutató az RR tri index, ami az RR intervallum hisztogram integrál osztva a hisztogram magasságával kerül meghatározásra és a TINN, ami az RR intervallum hisztogramjának alapvonal szélességét jelenti. Mindkét mutató csökkenése a stresszes állapotra utal ezt megerősíti (Hejjele és Gál, (2001). A mutatók az R–R-távolságok változékonyságát írják le (Task Force, 1996). Mindkét mutató esetében azt tapasztaltuk, hogy a fejőházas hagyományos technológiában az értékek mindig kisebbek (RR tri index: 3,4 v. 4,7 ill., TINN: 70 v. 110), mint robotos technológiában, akár laktációs szám hatására, akár a vizsgált

időszakaszokat tekintjük.

Az elsőlaktációs tehének esetében sikerült statisztikailag igazolni az eltéréseket, fejés alatt és éjszaka szignifikánsan kisebb a fejőházban az RR tri index értéke (fejés alatt: 3,6 v 5,8, éjszaka: 3,4 v. 5), illetve a TINN szignifikánsan rövidebb a fejés alatt és a nappali időszakban (fejés alatt: 79 v. 144, nappal: 63 v. 109) a robotos technológiához képest.

10. táblázat: Az RR tri index és a TINN (ms) alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban

Tulajdonság			Fejőház	Robot	Fejési Technológia átlaga
RR tri index	Fejés alatt	Elsőlaktációs	3,63±1,11	5,83±1,96	4,18±1,64
		Többlaktációs	4,10±1,12	5,03±1,41	4,33±1,24
		Laktációs átlag	3,86±1,12	5,43±1,68	4,25±1,44
	Nappal	Elsőlaktációs	3,81±1,66	4,74±2,30	4,17±1,94
		Többlaktációs	3,72±1,23	4,18±0,58	3,90±1,04
		Laktációs átlag	3,76±1,42	4,43±1,58	4,02±1,50
	Éjszaka	Elsőlaktációs	3,40±1,00	5,03±1,97	4,18±1,71
		Többlaktációs	3,60±0,83	4,21±1,39	3,88±1,14
		Laktációs átlag	3,51±0,89	4,59±1,69	4,02±1,42
	Főátlag	Elsőlaktációs	3,63±1,27	5,12±2,05	4,18±1,74
		Többlaktációs	3,82±1,09	4,37±1,17	4,03±1,14
		Laktációs átlag	3,73±1,17	4,72±1,66	4,10±1,45
TINN (ms)	Fejés alatt	Elsőlaktációs	78,50±35,83	144,33±57,83	94,96±50,24
		Többlaktációs	90,61±43,74	109,83±39,68	95,42±42,76
		Laktációs átlag	84,56±39,88	127,08±50,60	95,19±46,15
	Nappal	Elsőlaktációs	62,71±30,32	108,67±54,25	80,70±46,25
		Többlaktációs	67,41±29,40	69,55±16,13	68,25±24,70
		Laktációs átlag	65,29±29,41	87,15±42,13	73,86±36,19
	Éjszaka	Elsőlaktációs	66,18±14,80	90,10±39,58	77,57±31,05
		Többlaktációs	65,86±20,72	78,75±33,40	71,81±27,51
		Laktációs átlag	66,00±17,99	83,91±35,90	74,38±28,97
	Főátlag	<b>Elsőlaktációs</b>	<b>70,21±30,14</b>	<b>109,80±52,21</b>	<b>84,76±43,77</b>
		<b>Többlaktációs</b>	<b>75,49±34,90</b>	<b>81,69±32,31</b>	<b>77,79±33,88</b>

a, b P<0,05

A szívritmus-variabilitás (HRV) frekvenciatartomány paraméterei:

Az LF és HF a szívfrekvenciának a komponensei, az LF az alacsony frekvenciás sáv, a HF a magas frekvenciát jelenti. A növekvő LF értékek izgalmi állapotra utalnak, ezzel szemben a növekvő HF értékek nyugodt stresszmentes állapotra. Az elsőlaktációs csoportnál azt tapasztaltuk, hogy a mindkét mutató abszolút értéke (ms<sup>2</sup>) növekszik a robotos fejés alatt.

A korábbi eredmények szerint az LF-paraméter szarvasmarhában nem mutatta a szimpatikus aktivitásban bekövetkező változásokat (Hagen és mtsai, 2005). Mindezek egyik lehetséges magyarázata Kovács (2014) szerint az, hogy – a már említett – kismértékű paraszimpatikus

befolyás mellett egyéb fiziológiai folyamatok is befolyásolják az LF paraméter értékét.

A HF alakulását tekintve, mely mutató a paraszimpatikus hatás csökkenését jelzi, -vagyis, ha csökken, nagyobb a stressz mértéke -, elmondható, hogy a fejőházban a fejés alatt szignifikánsan kisebb az elsőlaktációs teheneknél, ami nagyobb izgalmi állapotot jelez.

11. táblázat: Az alacsony és magas frekvenciatartomány alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban

Tulajdonság		Fejőház	Robot	Fejési Technológia átlaga	
LF (ms <sup>2</sup> )	Fejés alatt	Elsőlaktációs	127,21±106,59	376,74±263,72	189,59±188,94
		Többlaktációs	212,47±226,94	338,84±292,74	244,07±244,58
		<i>Laktációs átlag</i>	169,84±180,01	357,79±266,38	216,83±217,95
	Nappal	Elsőlaktációs	118,92±140,27	238,62±308,86	165,76±223,34
		Többlaktációs	159,44±204,48	155,64±87,86	157,95±166,26
		<i>Laktációs átlag</i>	141,14±176,77	192,98±214,53	161,47±192,07
	Éjszaka	Elsőlaktációs	116,20±60,56	214,50±171,54	163,01±132,69
		Többlaktációs	99,69±65,86	210,08±241,06	150,64±175,99
		<i>Laktációs átlag</i>	106,95±62,83	212,09±207,50	156,16±156,61
	Főátlag	<b>Elsőlaktációs</b>	<b>121,69±107,63</b>	<b>262,12±248,51</b>	<b>173,32±184,49</b>
		<b>Többlaktációs</b>	<b>161,85±188,26</b>	<b>216,07±213,47</b>	<b>182,01±198,39</b>
		<b><i>Laktációs átlag</i></b>	<b>143,08±156,36</b>	<b>237,39±229,30</b>	<b>177,96±191,44</b>
HF ms <sup>2</sup>	Fejés alatt	Elsőlaktációs	30,34±35,72	39,22±16,54	32,56±31,91
		Többlaktációs	15,71±15,65	22,48±26,32	17,40±18,46
		<i>Laktációs átlag</i>	23,02±28,18	30,85±22,71	24,98±26,90
	Nappal	Elsőlaktációs	17,82±34,67	75,26±163,89	40,30±106,30
		Többlaktációs	9,90±16,13	8,08±8,33	9,18±13,44
		<i>Laktációs átlag</i>	13,48±25,99	38,31±111,90	23,22±72,89
	Éjszaka	Elsőlaktációs	21,12±19,32	53,36±92,85	36,47±65,87
		Többlaktációs	3,04±2,73	25,27±54,55	13,30±37,96
		<i>Laktációs átlag</i>	11,00±15,60	38,04±73,88	23,66±52,96
	Főátlag	<b>Elsőlaktációs</b>	<b>23,90±31,77</b>	<b>57,85±111,59</b>	<b>36,38±73,25</b>
		<b>Többlaktációs</b>	<b>10,07±14,21</b>	<b>18,18±37,19</b>	<b>13,09±25,38</b>
		<b><i>Laktációs átlag</i></b>	<b>16,54±24,91</b>	<b>36,54±82,27</b>	<b>23,94±54,38</b>

a, b P<0,05

Az SD1 (12. táblázat) geometriai mutató, értéke korrelál a HF értékkel, tehát a mutató növekedése azt jelenti, hogy a paraszimpatikus aktivitás nagyobb, így a stressz állapot kisebb. Az előző két mutatóhoz hasonlóan itt is minden mérési fázisban növekedést tapasztaltunk a robotos rendszerben tartott állatoknál, kivéve a többlaktációs tehenek a nappali időszakban mért értékeit. Miller és Wood-Gush, 1991 megállapítása nyomán a takarmányért való versengés fokozott stressz állapotot jelent és az adatok öt perces intervallumának a kiválasztása véletlenszerűen történt, mivel nem tudtuk kontrollálni az állat egyidejű aktivitását. Az elsőlaktációs tehenek esetében az SD1 szignifikánsan eltér a fejőházi és a robotos rendszerben, két időszakban a fejés alatt és nappal. Ez azt jelzi, hogy ez a csoport a számukra komfortosabb

körülményekhez alkalmazkodtak és sokkal nyugodtabbak, a többlaktációs tehenek az esetlegesen kialakult már bizalmatlanság miatt az újszerű környezeti hatásokra lassabban reagáltak, és ők az első időszakban kevésbé nyugodtak.

Az SD2/SD1 mutató alakulásában statisztikailag igazolt különbségeket nem mutattunk ki az egyes vizsgált hatások vonatkozásában.

12. táblázat: Az SD1 és SD2/SD1 geometriai mutatók alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban

Tulajdonság			Fejőház	Robot	Fejési Technológia átlaga
SD1	Fejés alatt	Elsőlaktációs	6,92±3,70	11,12±4,37	7,97±4,21
		Többlaktációs	8,52±3,56	9,60±3,90	8,79±3,59
		<i>Laktációs átlag</i>	7,72±3,67	10,36±4,03	8,38±3,89
	Nappal	Elsőlaktációs	5,20±3,54	9,98±8,60	7,07±6,33
		Többlaktációs	6,79±3,37	6,69±3,30	6,75±3,28
		<i>Laktációs átlag</i>	6,07±3,49	8,17±6,30	6,89±4,84
	Éjszaka	Elsőlaktációs	6,80±2,47	9,73±6,75	8,19±5,08
		Többlaktációs	6,32±2,54	9,62±4,72	7,84±4,00
		<i>Laktációs átlag</i>	6,53±2,47	9,67±5,59	8,00±4,46
	Főátlag	<b>Elsőlaktációs</b>	6,33±3,39	10,15±6,79	7,73±5,21
		<b>Többlaktációs</b>	7,29±3,31	8,50±4,18	7,74±3,68
		<b>Laktációs átlag</b>	6,84±3,37	9,27±5,55	7,74±4,44
SD2/SD1	Fejés alatt	Elsőlaktációs	2,87±1,09	2,85±1,03	2,87±1,05
		Többlaktációs	2,44±0,61	2,74±0,82	2,51±0,66
		<i>Laktációs átlag</i>	2,66±0,90	2,80±0,89	2,69±0,89
	Nappal	Elsőlaktációs	3,73±1,31	3,06±1,81	3,47±1,52
		Többlaktációs	2,88±0,95	3,30±1,52	3,05±1,19
		<i>Laktációs átlag</i>	3,27±1,18	3,19±1,61	3,24±1,35
	Éjszaka	Elsőlaktációs	2,47±0,74	2,91±1,17	2,68±0,97
		Többlaktációs	2,72±0,85	2,33±1,12	2,54±0,98
		<i>Laktációs átlag</i>	2,61±0,79	2,60±1,15	2,60±0,97
	Főátlag	<b>Elsőlaktációs</b>	3,05±1,18	2,95±1,35	3,01±1,24
		<b>Többlaktációs</b>	2,67±0,81	2,78±1,28	2,71±1,00
		<b>Laktációs átlag</b>	2,85±1,01	2,86±1,30	2,85±1,12

a, b P<0,05

### Összefüggés a tejtermelés és a szívritmus variabilitás (HRV) vizsgált paraméterei között

A 13. táblázatban a tejtermelés és a szívritmus variabilitás (HRV) vizsgált paraméterei között számított korrelációs kapcsolat eredményeit mutatjuk be.

Az eredmények szerint 0,3-0,8 szorosságú összefüggéseket találtunk a napi és a fejésenkénti tejtermelés és a fejés alatt, valamint a teljes időszak alatt mért HRV értékek között. A fejés alatt az RR tri index az a mutató, ami mindkét technológiában gyenge pozitív összefüggést mutatott a fejésenkénti és a napi tejhozammal. A robot fejés alatt mért hosszabb RR szakaszok, nagyobb



RMSSD, SD1 és HF értékek a nyugodtabb és a több tejet termelő állatok jellemzője, a korrelációs koefficiensek értéke 0,7-0,9 között változik, jelezve a szoros pozitív összefüggést. A robot fejés alatt mért gyakoribb percnként szívverés (HR) viszont negatívan befolyásolta a tejtermelést, amit jelez a két tulajdonság közötti negatív – 0,7 erősségű kapcsolat.

A fejőházban a fejés alatt ennél gyengébb kapcsolatot mutattunk ki a tejtermelés és a szívritmus variabilitás frekvencia paraméterei között. Az alacsony frekvenciatartomány abszolút értéke pozitív kapcsolatban van a tejtermeléssel ( $r=0,5$ ), a magas frekvenciatartomány abszolút értékének növekedése pedig negatívan befolyásolta a napi tejhozamot ( $r=-0,4$ ).

Mindhárom vizsgálati időszak alatt (fejés alatt, nappal, éjszaka) mért szívritmus variabilitás paraméterei és a tejtermelés között pozitív, gyenge közepes kapcsolatot tapasztaltunk.

A legszorosabb összefüggés a szívverések percnkénti szórásértéke és a napi tejtermelés között volt, ennek értéke  $r=0,44$ . A percnkénti szívverésszám kivételével, az összes többi mutató növekedése pozitívan befolyásolja a tejhozamot.

13. táblázat: A fejésenkénti tejhozam és a napi tejmennyiség, valamint a szívritmus variabilitás paraméterei közötti összefüggések ( $r$ )

	Fejésenkénti tejmennyiség, kg	Napi tejhozam, kg
<b>Fejés alatti időszak, mindkét technológiában</b>		
RR tri index	0,29	0,33
<b>Robotizált fejőházban, fejés alatt</b>		
Mean RR	0,72	
Mean HR	-0,70	
RMSSD		0,85
SD1		0,85
HF		0,82
<b>Fejőházban a fejés alatt</b>		
LF	0,42	0,48
HF		-0,35
<b>A teljes időszak alatt, mindkét technológiában</b>		
Mean RR	<b>0,32</b>	
Mean HR	<b>-0,38</b>	
STD HR		<b>0,44</b>
RR triindex		<b>0,34</b>
LF	<b>0,39</b>	<b>0,33</b>

## 5 Következtetések és javaslatok

### KÖVETKEZTETÉSEK

Dolgozatom eredményei alapján az alábbi következtetések fogalmazhatóak meg:

*A technológiai átállás hatása a tejtermelőképeségre a laktációs szám és a laktációs stádium szerint:*

- Az elsőlaktációs tehenek szignifikánsan többször mentek a fejőrobotba, mint a fejőházi technológiában. Ezzel szemben a többlaktációs egyedek, kevesebbszer, átlagosan 1,6 alkalommal mentek be a fejőrobotba a beszkotatás 1 hetes időszaka alatt. Ez arra utal, hogy a fiatalabb állatok tanulékonyabbak voltak és kevésbé idegenkedtek az újszerű körülményektől, mint az idősebb, a klasszikus tartástechnológiában hosszabb időt eltöltő egyedek.
- A fejésenkénti tejtermelést tekintve, a tehenek a robotfejéskor kevesebb tejet adtak le, mindkét laktációs csoportban. Ahogy elvárható volt, a többlaktációs tehenek fejésenkénti kifejt tejmenyisége szignifikánsan nagyobb volt, mint az elsőlaktációs egyedeké. A napi tejtermelés, ami a 24 óra alatt kifejt tejmenyiségét jelenti, hasonló tendenciát mutatott, azaz az elsőlaktációs egyedek napi tejtermelése kisebb és a robotban is szignifikánsan kevesebb a kifejt tej mennyisége, mint a fejőházban mért értékek. Az átállás ideje alatt a tehenek tejtermelése a robotos istállóban csökkent, ez negatív következmény.
- Az elsőlaktációs és a többlaktációs tehenek fejési ideje rövidebb a fejőházban, mint a robotban mért tartózkodási idő. Az átlagos fejési sebesség és a maximális fejési sebesség viszont a robotban volt szignifikánsan nagyobb, vagyis kedvezőbb. Az, hogy gyorsabban adják le a tejet a tehenek a robotfejésnél, mint a fejőházi technológiában, pozitív eredmény.
- A robot fejés alatt fordult elő lerúgás, a lerúgások aránya az elsőlaktációs állatoknál 16,28%-os, szemben a többlaktációs egyedeknél mért 1,22%-os értékkel. Mindez jelzi, hogy a többlaktációs tehenek tapasztaltabbak, rutinosabbak és könnyebben elfogadták

a fejőrobotot, mint az elsőlaktációs állatok.

- A laktáció első időszakában lévő tehenek robotlátogatásainak száma szignifikánsan kisebb, mint a 100 nap feletti tejelő napokkal rendelkező egyedeké. A fejésenkénti tejtermelése és a napi tejtermelése a laktáció elején lévő teheneknek szignifikánsan nagyobb volt. A 100 nap feletti laktációs stádiumban lévő tehenek a fejőrobotot többször látogatták, mint a fejőházi technológiában tapasztalt napi két alkalom. Az átlagos fejési sebesség tekintetében volt szignifikáns különbség volt a két laktációs stádium között.

*Az átállás hatásának vizsgálata az állat jóllétére, a szervezet alkalmazkodóképességére, a szívritmus-változékonyság vizsgálata alapján:*

- Az átlagos szívritmus idő (R-R intervallum) az idősebb, többlaktációs állatok esetében a fejés alatt rövidebb, ami azt jelzi azt, hogy nyugtalanabbak voltak a beszoktatás első hete alatt fejéskor.
- Az elsőlaktációs tehenek nyugodtabbak voltak a fejés alatt és éjszaka a robotistállóban, mert a szívritmus szórásértéke (STD RR) szignifikánsan rövidebb, mint a fejőházban mért értékek.
- Az elsőlaktációs csoportnál a nappali időszakban, a többlaktációs csoportnál pedig a fejés alatt szignifikánsan növekedett a szívverések száma a robotos technológiában. Ez utóbbi is azt jelzi, hogy az idősebb állatok nehezebben szokták meg a körülményeket, nehezebben adaptálódtak az új fejési technológiához. A fiatalabb állatok pedig a nappali időszakban nyugtalanabbak, a robotos istállóban, ahol együtt voltak a többlaktációs egyedekkel.
- A HR szórásértékei szignifikáns eltértek a fejés alatt, mind az első mind a többlaktációs csoportnál, a nappali időszakban pedig az elsőlaktációs állatoknál a két technológia összehasonlításakor. Ez alapján megállapítható, hogy a robotistállóban kevesebb stressz hatás éri az állatokat.

- Az RMSSD (az egymást követő RR-intervallumkülönbségek négyzetének középértéke) mutató nappal és a fejés alatt a fejőházas technológiájú telepen szignifikánsan kisebb az elsőlaktációs egyedeknél, ami arra utal, hogy a robotos istállóban nyugodtabbak ebben az időszakokban az állatok.
- Az elsőlaktációs csoportnál a robot technológia bevezetése szignifikánsan javítja az állat közérzetét, ez mind a numerikus értékekre (NN50), mind a százalékos (pNN 50) mutatókra vonatkozik az éjszakai időintervallumban.
- Az RR tri index, és a TINN csökkenése a stresszes állapotra utal, a fejőházas hagyományos technológiában az értékek kisebbek (RR tri index: 3,4 v. 4,7 ill., TINN: 70 v. 110), mint robotos technológiában, akár laktációs szám hatását, akár a vizsgált időszakokat tekintjük. Az elsőlaktációs tehenek esetében statisztikailag igazoltak az eltéréseket, fejés alatt és éjszaka szignifikánsan kisebb a fejőházban az RR tri index értéke (fejés alatt: 3,6 v. 5,8, éjszaka: 3,4 v. 5), illetve a TINN szignifikánsan rövidebb a fejés alatt és a nappali időszakban (fejés alatt: 79 v. 144, nappal: 63 v. 109) a robotos technológiához képest.
- A korábbi eredményekkel megegyezően az LF-paraméter szarvasmarhában nem követi jól a szimpatikus aktivitásban bekövetkező változásokat. Az elsőlaktációs csoportnál, az alacsony frekvenciás sáv és a magas frekvenciás sáv abszolút értéke (ms<sup>2</sup>) is nőtt a robotos fejés alatt, ami egyszerre utal (a növekvő LF abszolút értékek) izgalmi állapotra és (a növekvő HF értékek) pedig nyugodt stresszmentes állapotra. A fejőházban a fejés alatt szignifikánsan kisebb a HF érték az elsőlaktációs teheneknél, ami egyértelműen nagyobb izgalmi állapotot jelez.
- Az SD1 mutató a paraszimpatikus aktivitást jelzi, az elsőlaktációs tehenek esetében szignifikánsan eltért a fejőházi és a robotos rendszerben, Ez azt jelzi, hogy ez a csoport a számukra komfortosabb körülményekhez alkalmazkodtak és sokkal nyugodtabbak. Az SD2/SD1 arányban statisztikailag igazolt különbségeket nem mutattunk ki az egyes vizsgált hatások vonatkozásában.

- Az elsőlaktációs teheneknél lényegesen több szívritmus-variabilitást mutató paraméterben eltérést tapasztaltunk a két technológia között, mint többlaktációs állatoknál. A többlaktációs teheneknél csak a fejés alatt tapasztaltunk eltérést a két fejési rendszer között. A nappali és az éjszakai időszakban a többlaktációs tehenek esetében a szívfrekvencia vizsgálatok eredményei nem mutattak eltérést a két technológia között, szemben az elsőlaktációs egyedekkel.

*A két technológiában mért tejhozam és a kimutatható stressz mértéke között összefüggések vizsgálata*

- A korreláció számítás eredményei szerint laza-szoros ( $r=0,3-0,8$ ) összefüggéseket találtunk a napi és a fejésenkénti tejtermelés és a HRV értékek között. A fejés alatt az RR tri index az a mutató, ami mindkét technológiában gyenge pozitív irányú összefüggést mutatott a fejésenkénti és a napi tejhozammal. A robot fejés alatt mért hosszabb RR szakaszok, nagyobb RMSSD, SD1 és HF értékek a nyugodtabb és a több tejet termelő állatok jellemzője. A robot fejés alatt mért gyakoribb percnként szívverés (HR) viszont negatívan befolyásolta a tejtermelést.
- Mindhárom vizsgálati idő intervallum alatt (fejés alatt, nappal, éjszaka) a legszorosabb összefüggés a szívverések percnkénti szórásértéke és a napi tejtermelés között volt ( $r=0,44$ ).

JAVASLATOK

- Érdeemes lenne az egyedeket, a technológiaváltás után egy hosszabb időintervallumban is nyomon követni. Kísérletünkben a szinte azonnal megjelenő HRV javuló értékek alátámasztják, hogy a robotban stresszmentesebb az egyedek állapota, de a tejtermelési volumen ezt még nem követi az egyhetes vizsgált periódus alatt.
- A precíziós állattenyésztésben alkalmazott műszerekkel: kamerákkal vagy egyéb szenzorokkal (pedométer, aktivitásmérő, bendő bólusz) kiegészítve a szívritmus vizsgálatokat, további pontosabb képet kaphatunk az állomány adaptációs időszakra vonatkozó termelési és állat jóléti körülményeiről.
- A tehenek közötti nem kívánatos szociális interakciók csökkentése érdekében, az első

laktációs tehenek külön kezelése a robotizált fejő rendszerben és vagy előzetes betanításuk előnyösen hatna a fejés alatti viselkedésükre és az általános jólétükre.

- A jövőben, célszerű nagyobb kísérleti állományon és/vagy különböző csoportméretekben megismételni a kísérletet, mert ennek alapján lehet az AMS hatékonyságát elősegítő megoldásokra javaslatot tenni.

## 6 Összefoglalás

A mezőgazdaság, ezen belül az állattenyésztés, jelenleg technológiai válaszúthoz érkezett, miközben számos kihívással küzd, addig egyre nagyobb mennyiségű állati eredetű élelmiszer alapanyagot (tej, hús) kell előállítania. Az említett problémáknak a mérséklésére szolgálhat az ipar 4.0 által életre hívott digitális technológiák, módszerek alkalmazásának bevezetése a mezőgazdaságban is. Az információs technológia segítségével hatékonyabb és fenntarthatóbb termelés realizálható, a technológiák összehangolása, az agrárágazat és a fejlesztések közötti kapcsolat egyértelmű.

A precíziós állattenyésztés során folyamatosan, valós időben, és automata módon kerül monitorozásra az állatok egészségi állapota, termékenysége, termelése és a környezete. A robotika az állattenyésztésbe is bekerült, az automatikus takarmányozási, fejési és tisztítási technológiák az 1990-es évektől terjedtek el. Az automata fejőrendszerrel (AMS) rendelkező gazdaságok száma világszerte jelentősen megnövekedett az elmúlt két évtizedben. Az AMS népszerűsége a megnövekedett munkaidő-rugalmasságnak és - a folyamatos monitoring következtében - az állati jóllét javulásának köszönhető.

Mindezekből kiindulva, a dolgozatom fő célkitűzése volt, a tejtermelőképeség és az állati jóllét (szívritmus variabilitás mérése alapján) értékelése és ezek összehasonlítása ugyanazon egyednél a hagyományos fejőházi fejés-technológiában és az automatizált fejési rendszerben egy rövid, ún. átállási periódus alatt.

Dolgozatom további részkitűzései a következők:

- A technológiai átállás hatásának vizsgálata a tejtermelőképeségre egyrészt elsőlaktációs, illetve többlaktációs tehenek esetében, másrészt laktációs stádium szerint.
- Az átállás hatásának vizsgálata az állat jóllétére, a szervezet alkalmazkodóképességére, a szívritmus-változékonyság vizsgálata alapján.
- A két technológiában mért termelési eredmények és a kimutatható stressz mértéke között összefüggések vizsgálata.

A feldolgozott szakirodalom alapján az volt a hipotézisünk, hogy a nagyobb komfortot biztosító technológia kisebb stresszt jelent majd az egyedek számára, aminek meg kell mutatkoznia a tejtermelés volumenében is. Kérdés az, hogy az átállási időszak alatt mindez kimutatható-e már, és hogyan változnak a vizsgált paraméterek.

A vizsgálat 2023 július és augusztus hónapokban történt, a vizsgálat helyszíne a MATE Kaposvári Campus Tangazdaság Nonprofit Kft két telepe volt. Az egyik a Fészerlaki tejelő tehenészet hagyományos fejőházi technológiával, a másik telep pedig az automatikus fejőrendszerrel felszerelt Precíziós Tejtermelő Laboratórium volt. A vizsgálatban 13 holstein-fríz tehén vett részt, ebből 6 egyed első laktációs és 7 többlaktációt zárt egyed volt. A vizsgálatba vont állatok klinikailag egészségesek voltak, sánta, rossz kondícióban lévő egyed nem volt. A kísérlet első szakaszában a csoportban lévő egyedek tejtermelését egy hetes időszakban hagyományos fejőházi rendszerben (2x6 állásos halszálkás elrendezésű), majd a második szakaszban az ún. átállási időszakban pedig, ugyanazon egyedeknek a tejtermelését szintén egy hetes időszakban a fejőrobotos (DeLaval VMS V300) rendszerben vizsgáltuk. A tejtermelőképesre vonatkozó számok a telep hivatalos nyilvántartási adataiból (DeLaval, DelPro, Alpro) származtak. A stressz állapotának a felméréséhez a szívfrekvencia mérése az EKG-készülékekhez hasonlóan, a testfelszín két pontja közötti elektromos feszültségkülönbség mérésével történt, Polar Equine V800 (Polar Electro Oy, Kempele, Finnország) műszerrel. A kísérlet megkezdése előtt már 1 héttel korábban felhelyeztük az állatokra a mérőműszert, hogy az állatok a kísérlet kezdetén már hozzászokjanak a műszer viseléséhez. A feladatom volt a kísérlet teljes ideje alatt az állomány felügyelete, az állatokra a műszerek felhelyezése, azok 24 óránkénti cseréje, az adatok mentése és feldolgozása. A kísérlet során az EKG vizsgálatához köthető szívfrekvencia (HR) és a szívfrekvencia változékonyság (HRV) mérést végeztünk. Három fő szakaszt értékeltünk: pihenő időszakok (éjjeli, nappali) és fejés alatti időszak. Az objektív mérés alapja, a szívritmus időintervallumának mérése a szívgörbe legjellemzőbb és legkönnyebben beazonosítható szakaszán az R csúcson alapul és a következő R csúcsig tartó időintervallumot méri a műszer milliszekundumban (ms), azaz ezredmásodpercnyi pontossággal. A kapott adatot nevezzük RR csúcsoknak, vagy RR távolságoknak. Az RR-adatok elemzését Kubios 2.2 HRV elemző szoftverrel végeztük. Nyerges-Bohák és mtsai (2020) javaslatai alapján 5 perces jelszakaszokon elemeztünk, minden órában 4 alkalommal. Az RR-görbe lefutását megvizsgálva, a hibás jelszakaszokat nem használtam a további elemzéshez.

Az így nyert RR adatokból matematikai-statisztikai módszerekkel több olyan mutatószám képezhető, amelyek egy része időtartomány (átlag RR, STD RR, átlag HR: STD HR, RMSSD, NN50, pNN50), míg másik része a frekvenciatartomány paraméterei: az alacsony frekvenciájú sáv teljesítménye LF ( $ms^2$ ), nagyfrekvenciás sáv teljesítménye (0,15–0,4 Hz) – HF( $ms^2$ ), LF / HF arány). Ezen kívül az SD1 és SD2 ún. grafikai indikátorok. A HRV ún. geometriai indexei az RR tri index és TINN mutatószámok. A statisztikai értékelés előtt minden egyedhez tartozó



napi tejtermelési adatokat és a szívfrekvencia mutatókat egy Excel fájlban rögzítettem. Az adatok statisztikai értékelését ezt követően SPSS 29.0 statisztikai programmal végeztük el. A HR és a HRV-paraméterek értékeinek szóráshomogenitását Levene's-teszttel értékeltem, majd a mutatók közötti korrelációt Spearman-féle rangkorrelációval határoztam meg. A három időszak (nappali, éjszakai, a fejés alatti), a laktációs szám és a fejési technológia együttes hatását általános lineáris modellel (generalized linear model, GLM) határoztam meg. Az egyes HRV paraméterek voltak a függő változók. A modell által becsült, az egyes kategóriaváltozók szerint megállapított átlagértékek közötti különbségeket páronkénti összehasonlításban a Bonferroni-féle post-hoc teszttel értékeltem. A szignifikancia-szint  $p < 0,05$  volt. A tejtermelőképessegre vonatkozó mérőszámok: napi fejések száma, tejtermelés fejésenként és tejtermelés naponta, átlagos és maximális fejési sebesség, lerúgások száma. A laktációs szám (egy vagy többlaktációs) hatását és a laktáció stádium (100 nap alatti és 100 nap feletti tejelő napok száma) hatását, valamint a fejési technológia hatását a tejtermelési mutatókra egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) értékeltem. A szignifikanciaszint ebben az esetben is  $p < 0,05$  volt.

Az eredményeim szerint a technológiai átállás hatása a tejtermelőképessegre a laktációs szám és a laktációs stádium szerint is kimutatható volt. Az első laktációs tehének szignifikánsan többször mentek a fejőrobotba, mint a fejőházi technológiában. Ezzel szemben a többlaktációs egyedek, kevesebbszer, mentek be a fejőrobotba a beszoktatás 1 hetes időszaka alatt. Ez arra utal, hogy a fiatalabb állatok tanulékonyabbak voltak és kevésbé idegenkedtek az újszerű körülményektől, mint az idősebb, a klasszikus tartástechnológiában hosszabb időt eltöltő egyedek. A fejésenkénti tejtermelést tekintve, a tehének a robotfejéskor kevesebb tejet adtak le, mindkét laktációs csoportban. Ahogy elvárható volt, a többlaktációs tehének fejésenkénti kifejt tejmenyisége szignifikánsan nagyobb volt, mint az első laktációs egyedeké. A napi tejtermelés hasonló tendenciát mutatott, azaz az első laktációs egyedek napi tejtermelése kisebb és a robotban is szignifikánsan kevesebb a kifejt tej mennyisége, mint a fejőházban mért értékek. Az átállás ideje alatt a tehének tejtermelése a robotos istállóban csökkent, ez a beszoktatás negatív következménye. Az első laktációs és a többlaktációs tehének fejési ideje rövidebb a fejőházban, mint a robotban mért tartózkodási idő. Az átlagos fejési sebesség és a maximális fejési sebesség viszont a robotban volt szignifikánsan nagyobb, vagyis kedvezőbb. Az, hogy már az átállás időszakában gyorsabban adják le a tejet a tehének a robotfejésnél, mint a fejőházi technológiában, pozitív eredménynek tekinthető.

A robot fejés alatt fordult elő lerúgás, a lerúgások aránya az elsőlaktációs állatoknál 16,28%-os, szemben a többlaktációs egyedeknél mért 1,22%-os értékkel. Mindez jelzi, hogy a többlaktációs tehenek tapasztaltabbak, rutinosabbak és könnyebben elfogadták a fejőrobotot, mint az elsőlaktációs állatok. A laktáció első időszakában lévő tehenek robotlátogatásainak száma szignifikánsan kisebb, mint a 100 nap feletti tejelő napokkal rendelkező egyedeké. A fejésenkénti tejtermelése és a napi tejtermelése a laktáció elején lévő teheneknek szignifikánsan nagyobb volt. A 100 nap feletti laktációs stádiumban lévő tehenek a fejőrobotot többször látogatták, mint a fejőházi technológiában tapasztalt napi két alkalom. Az átlagos fejési sebesség tekintetében szignifikáns különbség volt a két laktációs stádium között. Az átállás hatása az állat jóllétére, a szervezet alkalmazkodóképességére, a szívritmus-változékonyság vizsgálata alapján, eltérő volt az elsőlaktációs és a többlaktációs tehenek esetében. Az átlagos szívritmus idő (RR intervallum) az idősebb, többlaktációs állatok esetében a fejés alatt rövidebb, ami azt jelzi, hogy nyugtalanabbak voltak a beszkotatás első hete alatt fejéskor. Az elsőlaktációs tehenek nyugodtabbak voltak a fejés alatt és éjszaka a robotistállóban, mert a szívritmus szórásértéke (STD RR) szignifikánsan rövidebb, mint a fejőházban mért értékek. Az elsőlaktációs csoportnál a nappali időszakban, a többlaktációs csoportnál pedig a fejés alatt szignifikánsan növekedett a szívverések száma a robotos technológiában. Ez utóbbi is azt jelzi, hogy az idősebb állatok nehezebben szokták meg a körülményeket, nehezebben adaptálódtak az új fejési technológiához. A fiatalabb állatok pedig a nappali időszakban nyugtalanabbak, a robotos istállóban, ahol együtt voltak a többlaktációs egyedekkel. A HR szórásértékei szignifikáns eltértek a fejés alatt, mind az első mind a többlaktációs csoportnál, a nappali időszakban pedig az elsőlaktációs állatoknál a két technológia összehasonlításakor. Ez alapján megállapítható, hogy a robotistállóban kevesebb stressz hatás éri az állatokat.

Az RMSSD (az egymást követő RR-intervallumkülönbségek négyzetének középértéke) mutató nappal és a fejés alatt a fejőházas technológiájú telepen szignifikánsan kisebb az elsőlaktációs egyedeknél, ami arra utal, hogy a robotos istállóban nyugodtabbak ebben az időszakokban az állatok. Az elsőlaktációs csoportnál a robot technológia bevezetése szignifikánsan javítja az állat közérzetét, ez mind a numerikus értékekre (NN50), mind a százalékos (pNN 50) mutatókra vonatkozik az éjszakai időintervallumban. Az RR tri index, és a TINN csökkenése a stresszes állapotra utal, a fejőházas hagyományos technológiában az értékek kisebbek (RR tri index: 3,4 v. 4,7 ill., TINN: 70 v. 110), mint robotos technológiában, akár laktációs szám hatását, akár a vizsgált időszakokat tekintjük. Az elsőlaktációs tehenek esetében statisztikailag igazoltak az eltéréseket, fejés alatt és éjszaka szignifikánsan kisebb a fejőházban az RR tri index értéke (fejés

alatt: 3,6 v 5,8, éjszaka: 3,4 v. 5), illetve a TINN szignifikánsan rövidebb a fejés alatt és a nappali időszakban (fejés alatt: 79 v. 144, nappal: 63 v. 109) a robotos technológiához képest. A korábbi eredményekkel megegyezően az LF-paraméter szarvasmarhában nem követi jól a szimpatikus aktivitásban bekövetkező változásokat. Az elsőlaktációs csoportnál, az alacsony frekvenciás sáv és a magas frekvenciás sáv abszolút értéke ( $ms^2$ ) is nőtt a robotos fejés alatt, ami egyszerre utal (a növekvő LF abszolút értékek) izgalmi állapotra és (a növekvő HF értékek) pedig nyugodt stresszmentes állapotra. A fejőházban a fejés alatt szignifikánsan kisebb a HF érték az elsőlaktációs teheneknél, ami egyértelműen nagyobb izgalmi állapotot jelez. Az SD1 mutató a parazimpatikus aktivitást jelzi, az elsőlaktációs tehenek esetében szignifikánsan eltért a fejőházi és a robotos rendszerben. Ez azt jelzi, hogy ez a csoport a számukra komfortosabb körülményekhez alkalmazkodtak és sokkal nyugodtabbak. Az SD2/SD1 arányban statisztikailag igazolt különbségeket nem mutattunk ki az egyes vizsgált hatások vonatkozásában. Az eredmények alapján levonható az a következtetés, hogy az elsőlaktációs teheneknél lényegesen több szívritmus-variabilitást mutató paraméterben eltérést tapasztaltunk a két technológia között, mint többlaktációs állatoknál. A többlaktációs teheneknél csak a fejés alatt tapasztaltunk eltérést a két fejési rendszer között. A nappali és az éjszakai időszakban a többlaktációs tehenek esetében a szívfrekvencia vizsgálatok eredményei nem mutattak eltérést a két technológia között, szemben az elsőlaktációs egyedekkel. A két technológiában mért tejhozam és a kimutatható stressz mértéke közötti korreláció számítás eredménye szerint lazászoros ( $r=0,3-0,8$ ) összefüggéseket találtunk a napi és a fejésenkénti tejtermelés és a HRV értékek között. A fejés alatt az RR tri index az a mutató, ami mindkét technológiában gyenge pozitív irányú összefüggést mutatott a fejésenkénti és a napi tejhozammal. A robot fejés alatt mért hosszabb RR szakaszok, nagyobb RMSSD, SD1 és HF értékek a nyugodtabb és a több tejet termelő állatok jellemzője. A robot fejés alatt mért gyakoribb percnként szívverés (HR) viszont negatívan befolyásolta a tejtermelést. Mindhárom vizsgálati idő intervallum alatt (fejés alatt, nappal, éjszaka) a legszorosabb összefüggés a szívverések percnkénti szórásértéke és a napi tejtermelés között volt ( $r=0,44$ ).

Munkámmal igyekeztem hozzájárulni ahhoz, hogy ha felmerül a kérdés egy állattartó telephely tulajdonosi körében vagy operatív vezetésében, hogy érdemes-e váltani a hagyományos fejőházi technológiáról a modernebb robottechnológiára, nagyobb információbázis és döntést segítő adatok álljanak rendelkezésre. A vizsgálat során – ami véleményem szerint komoly eredménynek számít – körvonalazódtak azok az irányok, amelyek nyomán lenne még szükséges tovább folytatni az adatgyűjtést a felelősséggel meghozott döntéshez.

A kapott adatok egyértelműen jelzik a tendenciát, milyen irányba halad az állomány, és jelzi továbbá, hogy milyen irányban szükséges még adatokat gyűjteni, milyen területen kell pontosítani az adatgyűjtést. Először is, amire egyértelműen választ kaptunk és beigazolódott, az, hogy a robottechnológia az állatjóllét javításával „kényelmi szolgáltatásaival” csökkenti a stresszt. Ezek közül a legfontosabbak, akkor megy a fejőrobotba, amikor akar, a fejőkészülék a fiziológiai működéséhez jobban alkalmazkodik és az embermentes környezet (gyakran ez fő stresszfaktor) gyakorlatilag azonnal éreztette a hatását. A szívfrekvencia vizsgálat kiértékeléséhez használt szoftver lehetővé tette, hogy 15-20 mutatószám alapján is össze tudjuk hasonlítani a csoportok stresszállapotát. Tapasztalható némi anomália, elsősorban a legnagyobb hibaforrással mérhető HF és LF mutatókban, de általános tapasztalat, hogy a mutatók a paraszimpatikus aktivitás növekedésén keresztül a stresszállapot csökkenését jelezték. Másik terület, ami többször előfordult, hogy a pihenőidőben (nappali, éjszaka) tapasztaltunk stressz fokozódást. Ennek értékelésére későbbiekben célzottan kamerás után követés ajánlott, kiválasztva azt az időintervallumot – amit az értékeléskor célszerű figyelembe venni. A véletlenszerűen kiválasztott vizsgálati idő során nappal gyakrabban, de még éjszakai pihenőidőben is találkozhatunk olyan esettel, amikor az állat táplálkozik, mozog, így egy-egy ilyen eset is jelentősen meg tudja változtatni az eredményt.

Összességében a kapott adatok tendenciaszerűen jelzik, hogy az elsőlaktációs, fiatal állatok kedvezőbben reagáltak, mint a többelaktációs csoport. Esetükben a HRV mutatók egyértelműbb és nagyobb mérvű javulást mutattak a paraszimpatikus aktivitás szempontjából. A többelaktációsok eredményei egyrészt kisebb mértékben követik ezt a tendenciát, és a pihenő időt tekintve időnként pedig a mérések a stressz állapot fokozódását is mutatták. Ezeket a méréseket a jövőben kísérletekkel mindenképpen pontosítani szükséges.

A tejtermelés vonatkozásában a kapott eredmények alapján a fejőházi sztenderd napi két fejéssel szemben az elsőlaktációsok 2,3-szor a többelaktációsok 1,6-szor mentek robotba. Ez az „új”-ra nyitottság eleve meghatározta a többi termelési mutatót is a két vizsgált csoportban. Az elsőlaktációsoknál ennek megfelelően minimális volt a tejtermelésben a visszaesés, kevesebb, mint 4%, míg a többelaktációsoknál több, mint 25%. A laktációs stádium azt tapasztaltuk, hogy a 100 napon túli csoportnál több volt robotban a napi fejések száma, mint kettő a 100 nap alattiaknál kevesebb és ez sokkal szűkebb intervallumban mozgott, mint a laktációs szám szerinti csoportosításban. A tejtermelésben a visszaesés ennek megfelelően a 100 nap feletti csoportnál volt kisebb. Élettani szempontból az lenne az elvárakozás, hogy a laktáció elején lévők többször látogadják a robotot. Indokolt lenne így a jövőben, nagyobb egyedszámmal értékelni a laktációs

stádium hatását, ami lehetővé tenné a laktációs szám és a laktációs idő szerinti csoportképzést is. Eredményeink szerint nagyon pozitív és nagyon fontos a tejleadás sebességének egyértelmű javulása robotban. Ez hosszabb távon folyamatos javulást fog mutatni élettani és tőgy egészségügyi szempontból. Egyértelműen elmondható, hogy az állomány kedvezőbb fiziológiai állapotba, alacsonyabb stresszállapotba, magasabb paraszimpatikus aktivitásba került azonnal a technológia váltás után. Tény az, hogy az első laktációs csoport sokkal kedvezőbben reagált.

A hipotézisünk másik része, amit a feldolgozott szakirodalom alátámaszt az az, hogy kedvezőbb élettani állapot pozitívan hat a teljesítményre az egyed tejtermelésére. Ezt a vizsgálat eredményei is alátámasztják. Az első laktációs csoportnál kedvezőbbek voltak a HRV mutatók és csak minimális visszaesés volt tapasztalható. A több laktációs csoportnál a HRV mutatók kedvezőtlenebb értékei mellé jelentős tejtermelés visszaesés társult.

Amennyiben, a végső célt tekintjük, hogy ökonómiai szempontból érdemes-e belevágnunk vagy sem egy ilyen innovatív, de rendkívül költséges beruházásba – melynek eldöntéséhez a vizsgálatunk következtetései részben és közvetve hozzájárultak – elmondhatjuk, hogy az állat jólléte szempontjából mindenképpen indokolt és érdemes az átállás. Eredményeink alapjául szolgálhatnak, olyan hosszabb perióduson át tartó vizsgálatoknak, amelyek az átállási időszak után a termelés felfutását követően is gyűjtenek adatokat. Nagyobb egyedszámmal és hosszabb ideig, akár egy teljes laktáción át lenne célszerű adatokat gyűjteni. A szívfrekvencia változékonyság hosszabb ideig történő mérésekor, technikai problémák merülnének fel a műszer állandó használata során, de a felsebzések elkerülése érdekében két-három hét pihenő, egy hét vizsgálat lenne az optimális, az elvégzett vizsgálat tapasztalatainak a tükrében. Megoldás lehet még, hogy rotációban használjuk a mérőműszereket, így kevesebb eszközigénnyel kell számolni. Elképzelhető, hogy a stresszorok teljes kiszűrése a szakirodalmi adatok szerinti 10-15%-os termelési szint elérését fogja eredményezni, és ezt csak az „embermentes” robottechnológia tudja biztosítani. A precíziós gazdálkodás automata rendszerei, így a fejőrobotok minél szélesebb körű elterjedésével mérsékelni tudjuk - korunk egyik nagy kihívását - az állattenyésztési ágazatot is sújtó munkaerőhiányt is.

## 7 Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani konzulensemnek Dr. Holló Gabriellának, aki idejét nem sajnálva segített dolgozatom elkészítésében. Köszönöm a sok türelmét, precíz és kitartó munkáját. Köszönöm, hogy kérdéseimmel bármikor fordulhattam hozzá időnként még éjjel is és hétvégén is kaptam rá választ és a hasznos tanácsaival, ötleteivel és a hibáim javításával segítette munkámat.

Szeretném megköszönni Dr. Nyerges-Bohák Zsófiának, hogy segített a HRV elemzés rejtjelmeivel megismerkedni.

Köszönöm a Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnika Tanszék vezetőjének Dr. Szabari Miklósnak, hogy a vizsgálatban részt vehettem, hogy a vizsgálatot irányította és a felmerülő szakmai kérdéseimre választ adott.

Végezetül pedig köszönettel tartozom családomnak, akik végig támogattak az egyetemi éveim során.

## 8 Irodalomjegyzék

Bártfai Z, Faust D.Tóth L. (2018): Automatizálás, robotizálás az állattartásban Mezőgazdasági Technika, SZIE Gépészmérnöki Kar, Mechanikai és Géptani Intézet, Folyamatmérnöki Intézet [http://technika.gmgi.hu/uploads/termek\\_1520/automatizalas\\_robotizalas\\_az\\_allattartasban\\_18\\_11.pdf](http://technika.gmgi.hu/uploads/termek_1520/automatizalas_robotizalas_az_allattartasban_18_11.pdf)

Bognár, L., & Szabó, F. (2023). Management of “Modern” Holstein Cows Focusing on Sustainability and Resilience Review of Recent Achievements. *Chemical Engineering Transactions*, 107, 169-174.

Boldizsár Péter (2012): A precíziós tejtermelés megvalósítása a gyakorlatban DeLaval „Smart farming” Agrártudományi Közlemény 2012/49. 119-122

Brennan, M., Palaniswami, M., Kamen, P. (2002): Poincare plot interpretation using a physiological model of HRV based on a network of oscillators. *American Journal of Physiology*, 283. 1873–1886.

Broom, D.M. (1991): Animal welfare: concepts and measurement. *Journal of Animal Science*, 69. 4167–4175.

Davis, L., French, E. A., Aguerre, M. J., & Ali, A. (2023). Impact of parity on cow stress, behavior, and production at a farm with guided traffic automatic milking system. *Frontiers in Animal Science*, 4, 1258935.

Cassandro, M. (2014). Genetic aspects of fertility traits in dairy cattle—review. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 18(1), 11-23.

Salfer, J., Endres, M. (2014). Feeding Practices on Dairy Farms with Automatic Milking Systems.

Filho S., Lopes, L. M., Brito, M. A., Rossi, S. C., Conti, G., L., Barbari, M. (2020). Robotic milking of dairy cows: a review. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(6), 2833-2850.

Gygax, L., Neuffer, I., Kaufmann, C., Hauser, R., Wechsler, B. (2007): Comparison of functional aspects in two automatic milking systems and auto-tandem milking parlors. *J. Dairy Sci.*, 90. 4265–4274.

Györkös I. (2006): Az állatjóléti vizsgálatok lehetőségei. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 2. 2–9.

Hainsworth, R. (1995): The control and physiological importance of heart rate. In Heart rate variability, pp. 3–19. In: Malik, M., Camm, A.J. (eds.): *Heart rate variability*. Futura Publishing, Armonk, New York, USA, pp. 211.

Hejmel, L., Gál, I. (2001): Heart rate variability analysis. *Acta Physiologica Hungarica*, 88. 219–230.

Hemsworth, P.H., Boivin, X. (2011). Human contact, pp. 246–262. In: Appleby, M.C., Mench, J.A., Olsson, I.S., Hughes, B.O. (eds.): *Animal Welfare*. CAB International Publishing, Wallingford, Oxon, UK, pp. 328.

Holló I., Szabó F., (2016): Szarvasmarha-tenyésztés. Budapest: Mediaworks Hungary Zrt. kiadása MGK 756-116/20

Holló G. (2022): Bevezetés a mezőgazdaság 4.0 világába: a precíziós, az okos és a digitális mezőgazdaság. Digitális agrárium: precíziós technológia és tudás a jövőért. MTA PAB kiadvány, Pécs 5-12.

Húth B., Zubor T., Tóth T., Holló G. (2019): A tejelő szarvasmarha tenyésztésének és tartásának új kihívásai az automatizált technológiai rendszerek tükrében. *Állattenyésztés és Takarmányozás* (3) 237-252.

Jacobs, J. A., & Siegford, J. M. (2012). Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. *Journal of dairy science*, 95(3), 1575-1584.

Kézér F., Tózsér J., Jurkovich V., Kovács L. (2013) Egészséges és sánta tejelő tehenek szívritmusa és szívritmus-variációja fejés során. Szent István Egyetem, Állattenyésztés-tudományi Intézet, 2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1. Szent István Egyetem, Állathigiéniai, Állomány-egészségtani és Állatorvosi Etológiai Tanszék, 1078 Budapest [https://epa.oszk.hu/02000/02067/00028/pdf/EPA02067\\_animal\\_welfare\\_2013\\_3\\_1\\_189-194.pdf](https://epa.oszk.hu/02000/02067/00028/pdf/EPA02067_animal_welfare_2013_3_1_189-194.pdf)

Kovács L. (2014): Akut és krónikus stressz vizsgálata tejelő teheneken a szívritmus-változékonyság meghatározásával. Phd értekezés. Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola. DOI: 10.14751/SZIE.2014.055

Kovács L., Kézér F., Jurkovich V., Szenci O., Tózsér J. (2014): Tejelő tehenek szívritmusa és szívritmus-változékonysága hagyományos és robotizált fejési rendszerekben, Előzetes eredmények Magyar Állatorvosok Lapja (1-8) <https://www.bonaadventure.hu/sites/default/files/2019-08/tejelo-tehenek-szivritmusa-es-szivritmus-valtozekonysaga-hagyomanyos-es-robotizalt-fejesi-rendszerekben-2014-hu.pdf>

Koenneker, K.; Schulze, M.; Pieper, L.; Jung, M.; Schmicke, M.; Beyer, F. Comparative Assessment of the Stress Response of Cattle to Common Dairy Management Practices. *Animals* 2023, 13, 2115. <https://doi.org/10.3390/ani13132115>

Lyons, N. A., Kerrisk, K. L., & Garcia, S. C. (2014). Milking frequency management in pasture-based automatic milking systems: A review. *Livestock Science*, 159, 102-116.

Menajovsky, S. B. (2018). Effect of the forage-to-concentrate ratio of the partial mixed ration and the quantity of concentrate allocated in an automatic milking system on performance and activity of multiparous holstein cows (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).

Miglior, F., Fleming, A., Malchiodi, F., Brito, L. F., Martin, P., & Baes, C. F. (2017). A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10251-10271.

Miller, K., Wood-Gush, D.G.M. (1991): Some effects of housing on the social behaviour of dairy cows. *Animal Production*, 53. 271–278.

Munksgaard, L., Passillé de, A.M., Rushen, J., Herskin, M.S., Kristensen, A.M. (2001): Dairy cows' fear of people: social learning, milk yield, and behaviour at milking. *Applied Animal Behaviour Science*, 73. 15–26.



Nyerges B. Zs. (2017): A stressz hatása a versenylovak teljesítményére nyugalmi állapotban és terhelés során. Phd értekezés. Állatorvostudományi Doktori Iskola. [https://huveta.hu/bitstream/handle/10832/2012/t%c3%a9ziseng\\_bzs.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://huveta.hu/bitstream/handle/10832/2012/t%c3%a9ziseng_bzs.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Nyerges-Bohák Zs., Joó K., Tóthné Maros K., Kovács L. (2020) A szívritmus-változékonyság szerepe lósortban Irodalmi összefoglaló Magyar Állatorvosok Lapja 142. / 643-652.

Rodenburg, J., House, H.K. (2007): Field observations on barn lay-out and design for robotic milking of dairy cows. In: Proc. 6th Int. Dairy Housing Conf., Publication Number: 701P057

Sayers, B.M. (1973): Analysis of heart rate variability. *Ergonomics*, 16. 17–32.

Székely Cs., Lencsés E., Kovács A. (2023): Innovatív Mezőgazdasági Technológiák üzemgazdasági elemzése JEL-kódok: M11, M21, O13, O32 [https://doi.org/10.53079/GAZDALKODAS.67.5.t.pp\\_385-397](https://doi.org/10.53079/GAZDALKODAS.67.5.t.pp_385-397)

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996): Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, 93. 1043–1065.

Talmón, D., Zhou, M., Carriquiry, M., Aarnink, A. J., & Gerrits, W. J. (2023). Effect of animal activity and air temperature on heat production, heart rate, and oxygen pulse in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 106(2), 1475-1487.

Taylor, A.A., Davis, H. (1998): Individual humans as discriminative stimuli for cattle (*Bos taurus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 58. 13–21.

Tijs, S. H. W., Holstege, M. M. C., Scherpenzeel, C. G. M., Santman-Berends, I. M. G. A., Velthuis, A. G. J., & Lam, T. J. G. M. (2022). Effect of selective dry cow treatment on udder health and antimicrobial usage on Dutch dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 105(6), 5381-5392.

Vijayakumar, M., Park, J. H., Ki, K. S., Lim, D. H., Kim, S. B., Park, S. M., ... & Kim, T. I. (2017). The effect of lactation number, stage, length, and milking frequency on milk yield in Korean Holstein dairy cows using automatic milking system. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 30(8), 1093.

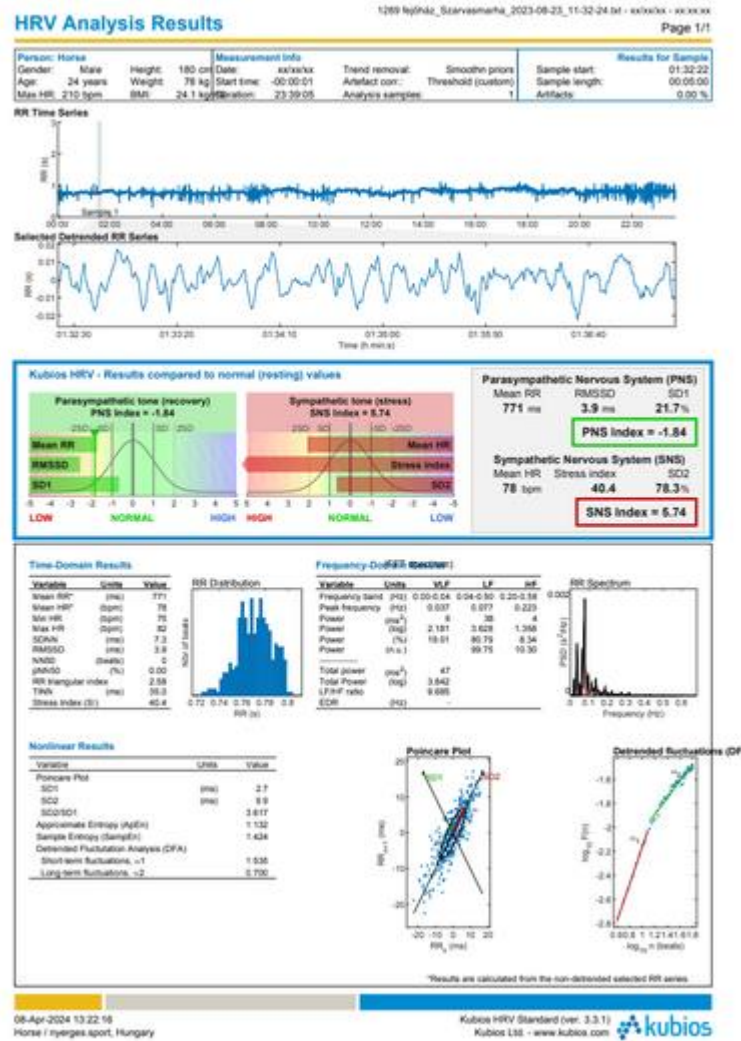
Weiss, D., Helmreich, S., Moestl, E., Dzidic, A., Bruckmaier, R.M. (2004): Coping capacity of dairy cows during the change from conventional to automatic milking. *Journal of Animal Science*, 82. 563–570.

## 9 Ábrák és táblázatok jegyzéke

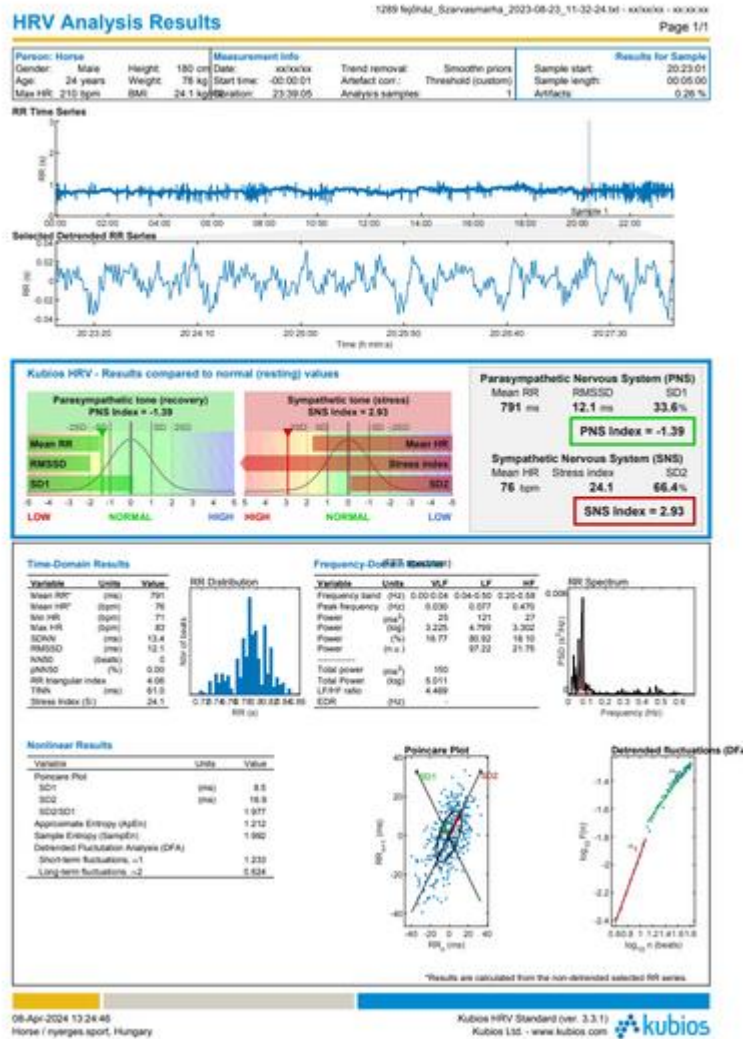
1. kép – Fészerlaki fejőház (Nagy, 2024) .....	22
2. kép – Fészerlaki istálló (Nagy, 2024) .....	23
3. kép – Precíziós tejtermelő Laboratórium: takarmány kiosztó robot (Nagy, 2024).....	23
4. kép – Precíziós tejtermelő Laboratórium: fejőrobot (Nagy, 2024).....	24
5. kép -Precíziós Tejtermelő Laboratórium: pihenőtér (Nagy, 2024).....	24
6. kép – Precíziós Tejtermelő Laboratórium: takarmány kiosztás után (Nagy, 2024) .....	25
7. kép: A fejőrobotos adatok értékelése (Nagy, 2024).....	27
8. kép: Az elektródák felhelyezése (Nagy, 2024).....	28
1. táblázat: Az automatikus fejőrendszer telepítésének előnyei és hátrányai (Forrás: Székely és mtsai. 2023).....	19
2. táblázat: Az első és többlaktációs tehének tejtermelésének összehasonlítása az átállást megelőző és az azt követő egy hetes periódus alatt.....	33
3. táblázat: A laktációs stádium hatása a tejtermelésre az átállás előtt és azt követő egy hetes periódusban .....	34
4. táblázat: Az első és többlaktációs tehének fejési paramétereinek összehasonlítása az átállás előtt és azt követő egy hetes periódus alatt .....	35
5. táblázat: A laktációs stádium hatása az átállás alatti fejési paraméterekre .....	36
6. táblázat – Az átlagos szívritmus RR és a szívritmus szórás (STDRR) alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban.....	38
7. táblázat: Az átlagos szívritmus variabilitás (HRV) és szórás (STD HR) alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban.....	40
8. táblázat: Az egymást követő RR-intervallumkülönbségek négyzet középértékének (RMSSD) alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban .....	42
9. táblázat: Az NN50 és Pnn50 alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban .....	43
10. táblázat: Az RR tri index és a TINN (ms) alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban.....	44
11. táblázat: Az alacsony és magas frekvenciatartomány alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban .....	45
12. táblázat: Az SD1 és SD2/SD1 geometriai mutatók alakulása a két technológiában az átállás előtti és az azt követő egy hetes vizsgálati időszakban.....	46
13. táblázat: A fejésenkénti tejhozam és a napi tejmennyiség, valamint a szívritmus variabilitás paramétereinek közötti összefüggések (r).....	47
1. ábra - HRV elemzés nyugodt állapotban levő egyednél .....	65
2. ábra HRV kiértékelés, amikor az állat stressz helyzetben van.....	66

# 10 Mellékletek

1. ábra - HRV elemzés nyugodt állapotban levő egyednél



2. ábra HRV kiértékelés, amikor az állat stressz helyzetben van



# 11 Nyilatkozatok

## NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről

A hallgató neve: DAGY DORA  
A Hallgató Neptun kódja: USWFFH  
A dolgozat címe: Egy + egytémefő technológiai fejlesztés technológiájának  
széles körű alkalmazásának hatásvizsgálata  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: ÁLLATTENYÉSZÉSI TUDOMÁNYOK  
A konzulens tanszékének a neve: Precíziós állattenyésztés és állattenyésztési  
biotechnika

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024 év 04 hó 23 nap

Dagy Dóra  
Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

## NYILATKOZAT

NAGY DÓRA (hallgató Neptun azonosítója: USW77M) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védekre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>3</sup>

Kelt: Kaposvár, 2024. év április hó 28. nap



belső konzulens  
Dr. Holló Gabriella

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus megnevezése mellett a többlet típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.