

SZAKDOLGOZAT

Bojkovszky Tamás

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnök alapképzési szak

**A VIRTUÁLIS KARÁMRENDSZER BEMUTATÁSA ÉS VIZSGÁLATA ÁLLATVÉDELMI
SZEMPONTBÓL**

Belső konzulens:

Dr. Halász András

Egyetemi Adjunktus

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:**

**Állattenyésztési Tudományok
Intézet/Állattenyésztés-
technológiai és Állatjólléti
Tanszék**

Külső konzulens:

-

-

Készítette:

Bojkovszky Tamás

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

I. Bevezetés.....	2
II. Szakirodalmi áttekintés	4
III. Jogszabályi háttér	4
Járványügyi jogszabályok.....	4
Állatvédelmi jogszabályok	5
IV. Technológiai háttér.....	6
Az applikáció és a felhő	7
A bázisállomás	8
A nyakörv	8
Istálló jeladó	9
V. Költségek	10
VI. Állatvédelmi megfontolások 1. - A nyakörv felépítése.....	11
VII. Állatvédelmi megfontolások 2. - Az algoritmus és a beépített védelmi mechanizmusok.....	12
Az algoritmus leírása	13
VIII. Állatvédelmi megfontolások 3. - Tanulás.....	15
IX. Állatvédelmi megfontolások 4. - Hatékonyság	17
X. Állatvédelmi megfontolások 5. - Stressz	21
Viselkedésbeli válasz és aktivitás.....	22
Vegetatív idegrendszeri válasz.....	24
Neuroendokrin rendszer válasz	24
Immunválasz.....	25
XI. Magyarországi tapasztalatok.....	26
XII. Összegzés.....	27
Irodalomjegyzék.....	28

I. Bevezetés

A 21. század mezőgazdasága sok kihívással néz szembe. A klímaváltozás hatásai, szocio-ökonómiai változások, a kulturális befolyások számos megoldandó problémát teremtenek. A legeltető állattartás annak extenzív/félextenzív jellege miatt különösen fogékony ezekre a nehézségekre. A csökkenő csapadékmennyiség és növekvő hőmérséklet miatt sok területen romlik a legelők állapota; a legeltetési időszak hossza rövidül azáltal, hogy növekszik a kisülési időszak; az állattartás, és különösen annak hagyományos formái gyakran állnak támadások kereszttüzeiben; a környezetvédelmi előírások folyamatos szigorításai miatt korlátozódnak a lehetőségek, és növekednek a költségek. Azáltal pedig, hogy az ágazat vonzóereje csökken, és a lakosság egyre növekvő aránya választja a városi létformát a tradicionális vidéki élettel szemben, az egyik legégetőbb problémává a munkaerőhiány válik. Ahogyan az iparban és a szolgáltató szektorban, úgy a mezőgazdaságban is elengedhetetlenné válik a kutatás-fejlesztés, és az ennek produktumaként megjelenő új technológiák használata, amelyek gyakran ugyan kompromisszumok árán, de képesek csökkenteni a szükséges emberi munkaórák számát, miközben egyéb előnyökkel is kecsegtetnek.

A legeltetési állattartásban az egyik ilyen technológia a virtuális karám. Segítségével jóval szerényebb kiépített infrastruktúrával, kevesebb humán inputtal valósíthatóak meg modern legeltetési módszerek. Ezáltal csökkentheti a gazdák költségeit, miközben időt is spórolhat. Azonban minden új technológiai eszköznek meg kell felelnie bizonyos kritériumoknak, mielőtt széles körben alkalmazásra kerülhetne:

- Hatékonyság: az új technológiának legalább olyan hatékonynak kell lennie, mint a meglévő, különben a felhasználónak nincs motivációja és érdeke a jelenlegit lecserélni.
- Költséghatékonyság: annak érdekében, hogy az új eszköz növelje a gazdaság profitabilitását, nem jelenthet aránytalan többletköltségeket a gazda számára.
- Felhasználóbarát: technológiai eszköz esetében különösen fontos, hogy a gazda vagy a felhasználó viszonylag gyorsan képes legyen elsajátítani a használatát.
- Az állatokra gyakorolt hatás: az eszköz nem okozhat olyan mértékű többletstresszt, amely állatjóléti szempontból kifogásolható, és amely akár a termelést, és ezáltal a gazdaságosságot csökkenti.

Dolgozatomban ezen kritériumok mentén vizsgálom meg a virtuális karámot, mint új, legeltetési állattartás során alkalmazható technológiát, fő hangsúlyt fektetve az utolsó pontra. Először a jogszabályi háttérrel tekintem át, majd a technológiai jellemzőket ismertetem, végül pedig az állatokra gyakorolt stresszt vizsgálom már lefolytatott kutatások eredményei alapján. A kérdés, amelyre választ keresek, hogy állatvédelmi szempontokból milyen kritériumoknak kell egy virtuális karámnak megfelelni, és hogy a jelenleg kereskedelmi forgalomban elérhető eszközök az elérhető adatok alapján ezt megvalósítják-e.

II. Szakirodalmi áttekintés

Magyarországon a GPS-es virtuális karám technológia jelenleg még nem elérhető. A gyártóktól sajátos kutatási céllal sem sikerült ilyen eszközöket beszerezni. Ebből adódóan gyakorlati kísérletet nem állt módomban lefolytatni, így szakdolgozatomban főként magyar és külföldi szakirodalomra támaszkodva készítettem el. Ezért ezeket külön fejezetben nem ismertetem.

III. Jogszabályi háttér

Az új technológiai eszközök esetében elengedhetetlen feltétel, hogy a jogszabályok engedélyezzék azok alkalmazásukat. A GPS-es virtuális karám előfutárjai már évtizedek óta léteznek. Mai formájában azonban egy viszonylag új technológia, amelynek fogalmát még nem definiálják, használatát pedig még nem szabályozzák hazai vagy uniós jogszabályok. Léteznek azonban olyan rendeletek és törvények, amelyek az állattartás jogszabályi kereteit lefektetik, és amelyekben megszabott feltételeknek az új technológiák használata esetén is kötelező teljesülniük.

Járványügyi jogszabályok

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/429 rendeletének 10. cikke szerint az állattartók felelősek az általuk tartott állatok egészségéért, a jó állattartási gyakorlatok alkalmazásáért, és a betegségek elterjedéséhez kapcsolódó kockázatok minimálisra csökkentéséért. Ennek érdekében kötelezettek lehetnek biológiai intézkedéseket hozni a tartott állatok és termékek fajai és kategóriái, a termelés típusa, a földrajzi elhelyezkedés és éghajlati körülmények, valamint a helyi körülmények és gyakorlatok figyelembevételével. Adott esetben kötelesek a vadon élő állatok bejutását és ezáltal a betegségek kialakulását és terjedését megakadályozni, vagy ezek kockázatát mérsékelni. A biológiai intézkedés megvalósulhat fizikai védelmi intézkedések formájában, mint a körülkerítés, kerítés építése, tető lefedése stb.. Amennyiben a járványügyi helyzet megkívánja, a hatóságok megerősített, illetve állatbiztos kerítés létesítését írhatják elő (például szarvasmarha gümőkór esetében az 56/2019. (XII.12.) AM rendelet).

A virtuális karám ilyen szempontból nem tekinthető állatbiztosnak, ugyanis amíg hatékony alkalmazása esetén megakadályozza, hogy a tartott állatok elhagyják a kijelölt területet, addig nem jelent akadályt az elektronikus nyakörvvel nem rendelkező vadállatok számára, ezeket távol tartani nem képes. Emellett az illetéktelen személyeket sem gátolja az állatokkal való

érintkezésben. Ebből következően olyan területeken, ahol a jogszabályok állatbiztos kerítés létesítését írják elő, illetve ahol a járványügyi helyzet a biológiai védelmi intézkedést követel meg, virtuális karám önállóan nem alkalmazható.

Mindenképp szükséges megvizsgálni tehát, hogy a virtuális karám képes-e 100%-os hatékonysággal a megjelölt területen tartani az állatokat. Bővebben ezt a hatékonyságról szóló fejezetben elemzem.

Állatvédelmi jogszabályok

Az állatok védelméről és kíméletéről szóló 1998. évi XXVIII. törvény előírja, hogy:

- gondoskodni kell az állat igényeinek megfelelő, de legalább napi egyszeri ellenőrzésről (4. § (3))
- az állattartó köteles gondoskodni az állat biztonságos elhelyezéséről és szökésének megakadályozásáról (5. § (1))
- biztosítani kell a mozgásában korlátozott állat számára a zavartalan pihenés és a sérülésmentes mozgás lehetőségét (5. § (2))
- gazdasági haszon céljából tartott állat tartása során előnyben kell részesíteni az állatkímélő technológiákat (5. § (5))
- tilos az állatnak indokolatlan vagy elkerülhető fájdalmat, szenvedést vagy sérülést okozni (6. § (1))

A mezőgazdasági haszonállatok tartásának állatvédelmi szabályairól szóló 32/1999. (III.32.) FVM rendelet pedig a következőket határozza meg:

- az állattartás során használt műszaki berendezéseknek biztonságosnak kell lenniük, az áramütés elleni védelemről gondoskodni kell (7. § (1))
- az állattartás során használt műszaki berendezést naponta egyszer ellenőrizni kell, az észlelt hibát vagy hibákat azonnal el kell hárítani, ha pedig ez nem lehetséges, minden az állat jólétének és egészségének megóvásához szükséges óvintézkedést meg kell tenni (7. § (2))
- az állatok gondozásával és felügyeletével megbízott minden személyt el kell látni a szükséges utasításokkal, azoknak szükséges ismerniük a jogszabályokban foglalt rendelkezéseket (11. § (1))

Annak ellenére, hogy a virtuális karám lehetővé teszi az állatok online felügyeletét és a legeltetési szakasz okostelefon segítségével történő módosítását, elengedhetetlen a napi bejárás és ellenőrzés. Előfeltétel emellett, hogy a virtuális karám hardveres (nyakörv, bázisállomás) és szoftveres (számítógépről elérhető online felület és mobiltelefonos applikáció) részeinek használata egyaránt könnyen elsajátítható legyen. Ennek megítélésére jelenleg nem adódik lehetőségem, ugyanis a gyártók közül egyelőre egy sem teszi elérhetővé a rendszer használatát Magyarországon.

Nagyon fontos pontok az állatkímélő technológiákról, az indokolatlan fájdalom és szenvedés elkerüléséről, és az áramütés elleni védelemről szóló paragrafusok. A virtuális karám rendeltetésszerű használat és hibáktól mentes működés esetén is hangjelzésekkel és elektromos impulzusokkal befolyásolja az állatok viselkedését. Ezeknek az impulzusoknak a mértékét úgy kell beállítani, hogy a lehető legkisebb stresszel járjanak, azonban képesek legyen az állatokat a megjelölt területen tartani. A technológiai ismertetésről szóló fejezetben kitérek az egyes gyártók által alkalmazott értékekre.

Annak érdekében, hogy a kérődzők különböző „anomáliák” (veszélyhelyzet fellépése, GPS-vevő hibája, hibás határvonal kijelölés stb.) fellépése esetén se legyenek kitéve a szükségesnél több áramütésnek, az algoritmusnak tartalmaznia kell olyan lépéseket, amelyek képesek ezeket azonosítani, és szükség esetén szüneteltetni a működést, valamint az eszköz képes legyen szélsőséges esetben önmagát deaktiválni is. Ezeket a lépéseket a technológiai háttér fejezetben ismertetem.

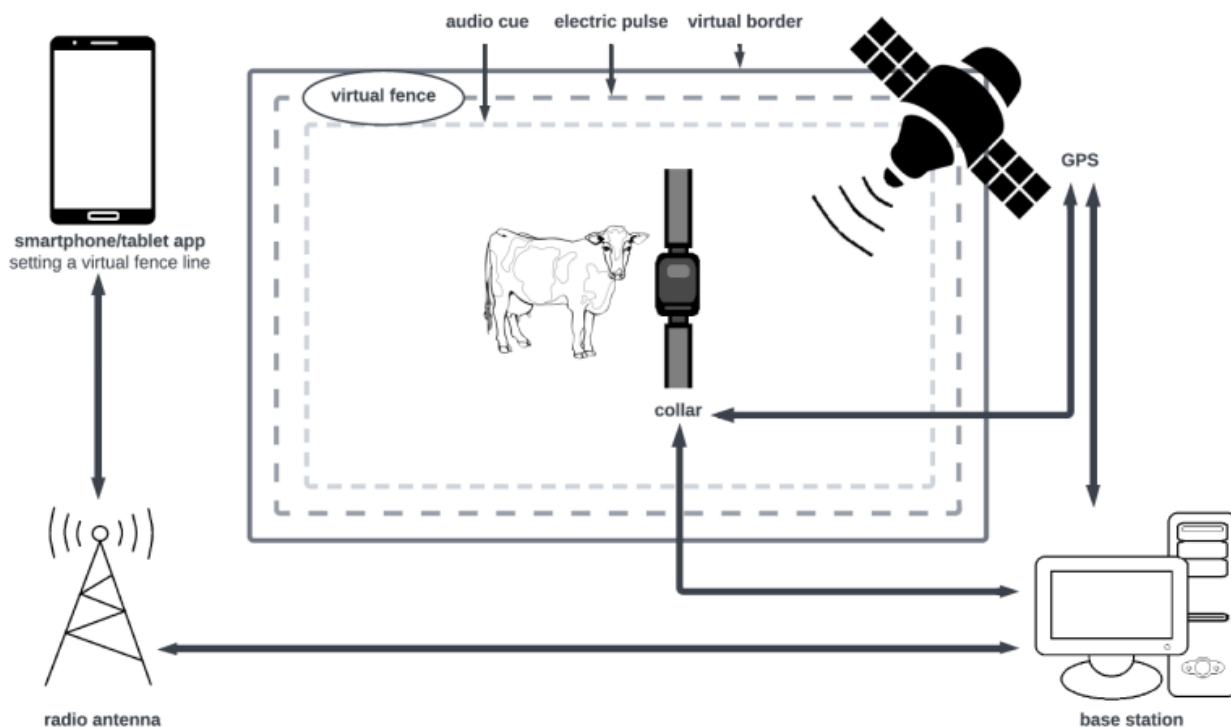
Elengedhetetlen olyan kísérletek lefolytatása, amelyek alapján megállapítható az állatok által elszenvedett stressz mértéke hibáktól mentes működés esetén. Az utolsó fejezetben tárgyalom a stressz különböző fajtáit, és megvizsgálom, hogy a már lefolytatott kísérletek alapján feltételezhetően mekkora stresszel jár a virtuális karám használata az állatok számára.

IV. Technológiai háttér

A virtuális karám ötlete már a nyolcvanas években felmerült, azonban az akkori technikai lehetőségek még nem tették lehetővé egy olyan igazán effektív és költséghatékony eszköz kifejlesztését, amely valódi alternatívát nyújthatott volna a fizikai kerítéssel szemben.

A fejlett IT technológiák kommercializálódásának és az eszközök méretének csökkenésének eredményeként azonban ma már több kereskedelmi forgalomban is megtalálható virtuális

karám nyakörv létezik. Ilyen például a Nofence vagy az eSheperd. Ebben a fejezetben röviden ismertetem a rendszer részeit.



1. ábra - A virtuális karám rendszerben használt eszközök (Golinski 2022)

Az applikáció és a felhő

A felhasználó az okostelefonos applikáció vagy a webes felület segítségével képes a nyakörvekkel való kommunikációra. Egy grafikus felületen lehetséges beállítani a kívánt bekerítési zónát, itt látható az állatok aktuális pozíciója is. A nyakörvön található szenzorok lehetővé teszik, hogy a rendszer a pozíción túl egyéb információkat is rögzítsen és tároljon. Az applikáció képes értesítést küldeni a felhasználónak, ha egy vagy több állat elhagyja a bekerítési zónát, túl hosszán inaktivitást mutat, bizonyos sebesség felett halad stb. A rendszer kezelhetősége és átláthatósága előfeltétele annak elterjedésének. A rendszer átláthatósága és könnyű használata állatvédelmi szempontból is fontos, ugyanis egy helytelenül megválasztott legeltetési határ akár veszélyes is lehet az állatokra (pl. árokra, útra helyezett határ) (Golinski 2022).

A bázisállomás

A felhasználó által a felhőben megadott paramétereket a vezeték nélküli internetkapcsolattal rendelkező bázisállomás kapja meg. Ennek feladata, hogy az adatokat egy másik kommunikációs protokoll segítségével a nyakörveknek továbbítsa. Ez általában rádiófrekvencián történik. Előnye, hogy nem kell minden nyakörvbe internetkapcsolatot lehetővé tevő SIM-kártya modult építeni, amely jelentősen növelheti a költségeket, és gyenge lefedettség esetén jelkieséshez is vezethet. Ily módon csak a bázisállomás internetkapcsolata kell, hogy stabil legyen. A Nofence nyakörvek esetében például azonban minden nyakörv rendelkezik SIM-kártyával és internetkapcsolattal. Az eSheperd nyakörvek új generációja szintén ezt a megoldást alkalmazza. (eSheperd honlap) Az bázisállomás áramellátását elláthatja egy akkumulátor és egy ezt töltő napelemes egység (Golinski 2022).

A nyakörv

A virtuális karám rendszer kétségkívül legfontosabb eleme az állaton található nyakörv. Ez fogadja és dolgozza fel a felhőből közvetlenül vagy a bázisállomáson keresztül érkező adatokat. A nyakörvben található GPS-modul képes azonosítani az állat aktuális pozícióját, amelyet a mikroprocesszor összevet a felhasználó által megadott koordinátákkal. Amennyiben az állat a legelhető terület határára ér, az eszköz először egy hangjelzést ad ki, amely egy megfelelő tanulási fázist követően önmagában visszafordulásra készítheti az állatot. Ha azonban az folytatja útját a legeltetési területen kívülre, a nyakörv egy elektromos impulzus segítségével tereli vissza a virtuális karámba. Az algoritmusba több olyan szcenárió is rögzítésre kerül, amely egy anomália esetén módosítja a működést, így védve az állatot. Ezeket az eseteket az algoritmusról szóló fejezetben külön tárgyalom (Golinski 2022).



2. ábra - Nofence virtuális nyakörv (Nofence honlap)

A nyakörvben található akkumulátor tölthető, a Nofence esetében pedig egy az eszközön található napelem panel gondoskodik az állandó áramellátásról.

A leírt modulok mellett az eszközökbe beépítésre kerülhetnek egyéb szenzorok is, amelyek felvilágosítást adnak az állatok fizikai állapotáról és a környezeti körülményekről.

A jelenleg elérhető nyakörvek pontos technikai specifikációit az 1. számú táblázat tartalmazza.

Istálló jeladó

A nyakörv által fogott GPS-jelet jelentősen befolyásolhatják vagy akár blokkolhatják is az istálló teteje és falai. Annak érdekében, hogy a rendszer ennek eredményeként ne működjön hibásan, és ne adjon le felesleges jelzéseket az állatnak, lehetséges istálló jeladókat felszerelni. Amikor az állat bemegy az épületbe, a nyakörv Bluetooth kapcsolaton keresztül jelet kap a jeladótól, majd készenléti állapotba kapcsol, mivel az épületen belül nincs szükség az állat pozíciójának figyelésére. Amikor az állat elhagyja az istállót, a nyakörv folytatja a normál működést. (Nofence honlap)

1. táblázat - A jelenleg elérhető virtuális karám nyakörvek technikai specifikációi (Golinski 2022)

	eSheperd	Nofence	Vence	Halter
Hangjelzés	frekvencia: 785 Hz	hangerő: 82 dB	nincs adat	nincs adat
Elektromos impulzus	feszültség: 800 V időtartam: 1 mp alatt	feszültség: 3000 V időtartam: 1 mp	feszültség: 800 V	feszültség: 800-4000V + vibrációs jelzés időtartam: 1-10 mp
Műholdas navigációs rendszer	GPS	GPS és GLONASS	GPS	GPS
Akkumulátor	napelemes töltés	napelemes töltés	napelemes töltés és lítium akkumulátor töltés	lítium akkumulátor
Felhelyezés	nyakörv	nyakörv	nyakörv	nyakörv
Súly	kb. 1,4 kg	kb. 1,5 kg	nincs adat	nincs adat

V. Költségek

Ahogy szinte minden más szektort, úgy a mezőgazdaságot is komoly kihívások elé állítja az utóbbi években tapasztalható nagy mértékű nyersanyag- és energiaár-növekedés. A legeltetési szarvasmarha-tenyésztés extenzív/félextenzív karaktere miatt jóval kisebb költségekkel jár, mint az intenzív istálló állattartás. Az egyszerűbb, kevésbé kiépített infrastruktúra; a jóval kisebb mennyiségű takarmány (vagy akár annak teljes hiánya); a szellőztetés, klimatizálás hiányából adódó energiaszükséglet-csökkenés mind olyan tényezők, amelyek a legeltetést ellenállóbbá tehetik az említett negatív gazdasági trendekkel szemben. Ez nem jelenti azonban azt, hogy a gazdálkodók számára ne lenne fontos minden olyan lehetőség kihasználása, amely gazdaságuk jövedelmezőségét növelheti. Különösen fontos ez új technológiák esetén. Amennyiben az új eszközök befektetési ára és fenntartása jelentős többletköltséget jelent, az könnyen felülírhatja a beígért előnyöket.

A modern legeltetési módszerek, mint a szakaszonkénti vagy a cellás legeltetés esetében elengedhetetlen olyan kerítés- és villanypásztorrendszerek kiépítése, amelyek lehetővé teszik a legeltetési szakaszok gyakori (akár naponkénti) váltását. Emellett szükség van olyan munkaerőre, amely ezt a munkafolyamatot precízen és megbízhatóan képes elvégezni.

Virtuális karám alkalmazásakor a költségek az állatokon található nyakörvek árából, a bázisállomás árából (amennyiben ez szükséges) és a rendszer fenntartási díjából adódnak össze. Mivel a szakaszhatárokat a felhasználó virtuálisan jelöli ki, és azokat az állatok GPS koordinátaival veti össze a rendszer, ezért rendeltetésszerű működés esetén nincs szükség a szakaszokat egymástól elválasztó állandó kerítések kiépítésére. Ezáltal az állomány bővülése esetén is csak az újonnan szükséges nyakörvek árával szükséges kalkulálni, amely jóval kedvezőbb lehet, mint kerítések bővítése. A Nofence rendszerben kijelölhető terület maximuma közel 4100 hektár (Nofence honlap).

Emellett az állatok új szakaszra történő terelése is jóval egyszerűbb és gyorsabb, ami további költségektől kímélheti meg a gazdálkodót. Külön vizsgálatok szükségesek azonban annak megállapítására, hogy az állatok mennyi idő alatt és mekkora magabiztossággal fedezik fel az aktuálisan legelhető terület kibővülését. Amennyiben ez külön segítség nélkül megtörténik, ez további költségcsökkenést jelenthet.

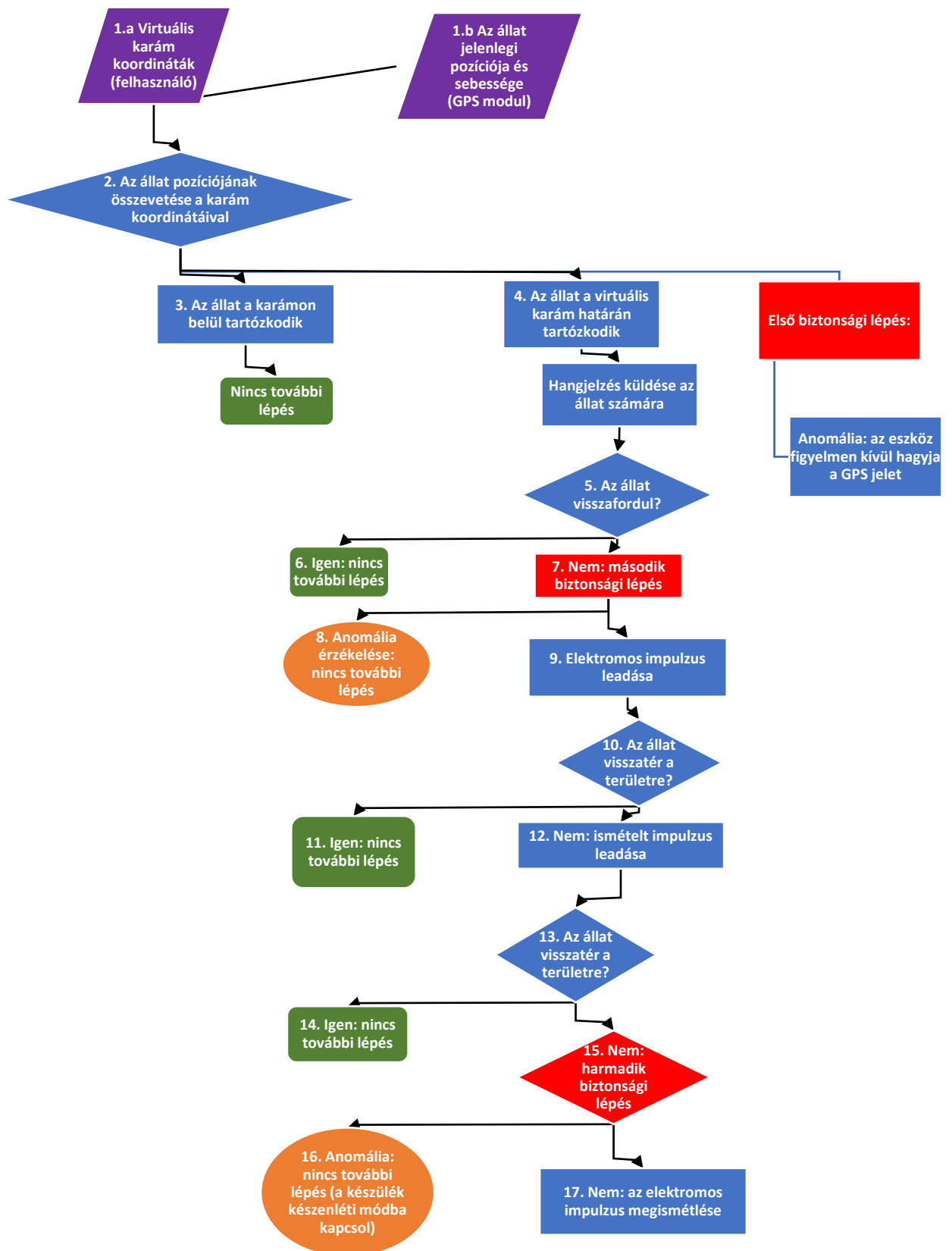
2023-ban egy Nofence nyakörv ára 195 € volt, míg egy eSheperd eszköz 90€ -ba került. (Golinski, 2023)

VI. Állatvédelmi megfontolások 1.- A nyakörv felépítése

Egy virtuális karám rendszerben a nyakörv az az eszköz, amely folyamatos kontaktusban van az állattal. Ezért különös jelentősége van annak, hogy semmilyen módon ne zavarja, irritálja az állatot, arra ne jelentsen veszélyt, és rendeltetésszerű használat mellett a leadott hangjelzéseken és elektromos impulzusokon túl ne befolyásolja az állat mindennapi életét. Fontos ezért megvizsgálni a nyakörv fizikai paramétereit ebből a szempontból.

- Anyaghasználat: anyagát tekintve a nyakörvnek három kritériumnak kell megfelelnie. Egyrészt a legeltetési állattartás extenzív vagy félextenzív jellegéből kifolyólag ellenállónak kell lennie az időjárási körülményekkel szemben: ellen kell állnia az esőnek, az UV-sugárzásnak, dörzsölődésnek. Másrészt azonban nem szabad, hogy a strapabíróság a kényelem rovására menjen. A nyakörv viselése nem jelenthet kellemetlen érzést az állat számára, el kell kerülni a szőr és a bőr kidörzsölődését. A harmadik kritérium pedig, hogy a szakítószilárdságot úgy kell megválasztani, hogy a nyakörv anyaga ne legyen túl gyenge, viszont egy esetleges beakadás esetén az állat saját erejéből le tudja azt tépni, így ne okozzon fulladásveszélyt.
- Súly: a nyakörv súlya nem akadályozhatja az állatot a szabad mozgásban, nem módosíthatja úgy az állat fejtartását, hogy krónikus sérülést okozzon. A jelenleg elérhető technikák méretének köszönhetően már nem jelent kihívást az eszköz súlyának ilyen szinten tartása.
- A leadott elektromos impulzus erősségét és hosszát úgy kell megválasztani, hogy az elegendő legyen az állat viselkedésének befolyásolására (az állat mozgásának megállítása és visszafordítása), azonban ne okozzon a mindenképpen szükségesnél nagyobb fájdalmat. (Lee, 2008) A jelenleg kereskedelmi forgalomban elérhető nyakörvek 800-tól 4000 Voltig terjedő feszültségű impulzust adnak le. (Golinski 2022) Ez ugyan kisebb, mint egy hagyományos villanypásztoré, azonban az állatra kifejtett hatást befolyásolhatja a tény, hogy az eszköz az állat nyakán helyezkedik el, az impulzust is itt kapja. A stresszről szóló fejezetben vizsgálom, hogy a kapott impulzusok váltanak-e ki biomarkerek segítségével mérhető stresszt.

VII. Állatvédelmi megfontolások 2.- Az algoritmus és a beépített védelmi mechanizmusok



3. ábra - Algoritmus és biztonsági lépések (saját ábra)

Az algoritmus leírása

A gyártók által használt programkódok üzleti okokból természetesen nem hozzáférhetőek, ezért az alább ismertetett algoritmust a rendelkezésre álló információk és a rendszer működési elve alapján írom le.

1. a) Miután a rendszert kezelő személy felhelyezi és aktiválja a nyakörveket, a számítógépes online felületen vagy az okostelefonos applikáción lehetséges kijelölni azt a területet, amelyet legeltetni kíván, vagy azt, amelyet a legeltetéstől el szeretne zárni. Ez egy grafikus térinformatikai felületen történik.
- b) A nyakörvön található GPS modul érzékeli az állat aktuális pozícióját és sebességét.

A további lépésekben található számításokat a mikroprocesszor végzi el, és ez ad utasítást a nyakörvben található további alkatrészek számára.

2. A mikroprocesszorban található program összeveti a felhasználó által megadott poligon koordinátáit a GPS modul által rögzített koordinátákkal.
3. Amennyiben az állat a virtuális karámon belül tartózkodik, úgy nincs további lépés, az állat nem kap sem hangjelzést, sem elektromos impulzust.
4. Ha az állat a virtuális karám határán tartózkodik, a nyakörv egy hangjelzést ad ki, amely jelzi az állat számára a kijelölt terület szélét.
5. Az eszköz ellenőrzi, hogy megváltozott-e az állat mozgása, megállt vagy visszafordult-e, esetleg folytatja az útját.
6. Az állat visszafordult, ezért nincs szükség további lépésre, a hangjelzés elegendő volt a karámon belül tartásra.
7. Az hangjelzés nem befolyásolta az állat mozgását, ezért az elektromos impulzus leadása előtt az első biztonsági lépés szükséges. A három biztonsági lépést a fejezet második részében részletesen is ismertetem.
8. Amennyiben az első biztonsági lépés anomáliát állapít meg, a készülék nem ad le elektromos impulzust, és beállítástól függően készenléti állapotba kapcsolhat.
9. Ha nem érzékelhető anomália, az állat egy elektromos impulzust kap.
10. A készülék ismét ellenőrzi az állat mozgását és összeveti a megszabott terület koordinátaival, megállapítja, hogy visszafordult-e.

11. Az állat visszafordul és visszatér a kijelölt területre, nem szükséges további lépés.
12. Az állat nem fordul vissza, a karámon kívül áll vagy folytatja korábban megkezdett útját.
Ez esetben a nyakörv további impulzust ad le.
13. A nyakörv ismét ellenőrzi, hogy az impulzus sikeres volt, és az állat visszatért a területre.
14. Igen: nem szükséges további lépés.
15. Nem: harmadik biztonsági lépés
16. Anomália: nincs további lépés, a készülék készenléti módba kapcsol
17. Nincs anomália: az elektromos impulzus megismétlése

Az algoritmusba beépített biztonsági ellenőrző lépéseknek állatvédelmi szempontból kiemelt jelentősége van. Ezek teszik lehetővé, hogy az eszköz felismerje azokat a scénáriókat, amelyek fellépése esetén a normál működéstől el kell térnie annak érdekében, hogy az állat ne szenvedjen el felesleges fájdalmat. Ezért ezeket részletesebben ismertetem:

- Első biztonsági lépés:

A nyakörv összeveti a felhasználó által meghatározott terület koordinátáit a GPS-jel által fogott koordinátákkal. Abban az esetben, ha a nyakörvön található GPS-modul által rögzített koordináták jelentősen átlépik a virtuális karám határvonalát, miközben a közvetlenül azt megelőzően rögzített koordináták a karámon belül helyezkedtek el, feltételezhető, hogy az új koordináta nem felel meg a valóságnak, és a GPS modulnak nem sikerült helyesen meghatároznia az állat helyzetét. Ezekben az esetekben a GPS adat rögzítésre kerül, azonban a nyakörv nem hajt végre további lépéseket. (Golinski 2022) Amennyiben ez a lépés nem lenne beépítve, az állat hangjelzést, majd elektromos impulzust kapna, holott a területen belül tartózkodik. Ez felesleges stresszhatással járna, hátráltatná a tanulási folyamatot, illetve összezavarná az állatot.

- Második biztonsági lépés:

A második lépés célja, hogy ellenőrizze az állat mozgását. Amennyiben az állat sebessége egy meghatározott sebesség felett van, az adott gyártó programjától függően a hangjelzést nem követi elektromos impulzus. (Golinski 2022) Ennek a biztonsági lépésnek a célja az olyan helyzetek azonosítása, amikor az állat veszélyben van, vagy veszélyben érzi magát, és a korábbi sebességeinek átlagánál jóval gyorsabban mozog. Azáltal, hogy a nyakörv ilyen esetekben nem

lép működésbe, nem ad le elektromos impulzust, lehetővé teszi az állat számára a menekülést. Verdon és társai (2021) kísérletében látunk is példát ilyen szituációra.

- Harmadik biztonsági lépés:

A harmadik biztonsági lépés akkor lép életbe, ha az állat meghatározott számú elektromos impulzus után sem hajlandó, vagy nem képes visszatérni a területre. Ennek több oka lehet:

- sérülés
- nem megfelelően elhelyezett virtuális karám határ (pl. például egy árok közepére)
- illetéktelen személy általi akadályoztatás
- szociális nyomás következtében történő mozgás (az egész csorda együtt lépi át a határt, lásd Verdon és társai (2021) kísérlete)
- az állat nem volt képes elsajátítani a nyakörv használatát és nem képes felismerni az összefüggést a láthatatlan határ átlépése és az azt követő büntető esemény között

Fontos, hogy ezen forgatókönyvek esetén az állat ne legyen a meglévőnél nagyobb szenvedésnek kitéve és ne kapjon nagy számú impulzust.

VIII. Állatvédelmi megfontolások 3. - Tanulás

Ahogy azt már a bevezetőben is kifejtettem, az új technológiák bevezetésének egyik előfeltétele, hogy az állatok képesek legyenek alkalmazkodni az új eszközökhöz, azok használatát képesek legyenek elsajátítani. Jó példa erre a teljesen automata fejőrobot, ami azért terjedhetett el, mert a tehenek egy rövid átmeneti tanulási periódus után önmaguktól kezdik el használni. A virtuális karám esetében a társítás, mint tanulási mechanizmus lép fel. Ennek lényege, hogy két, az állatra ható esemény meghatározott időbeli viszonyba kerül egymással. Ha a tanulás sikeres volt, akkor néhány társítási próba után az első jelzőinger önmagában elegendő a válasz kiváltására, amely korábban a második ingerre érkezett. (Gere és Csányi, 2001: 261) A virtuális nyakörv először egy hangjelzést ad ki, ha azonban az állat erre nem reagál, rövid idő után egy elektromos impulzus következik. Amikor az állatok felismerik a kettő jelzés közti összefüggést, és megtanulják a rendszer „használatát”, önmagában a hangjelzés is elegendő kell hogy legyen az állat a kijelölt területen való tartására. Mivel az eddig lefolytatott kísérletek körülményei jelentősen különböznek egymástól – így például az állatok számában, a kísérlet hosszában, a virtuális karámmal biztosított oldalak számában stb. –,

szükséges egy olyan mérőszám találása, amely a körülményektől függetlenül a lehető legjobban képes kifejezni a tanulási folyamat sikerességét. A legalkalmasabb erre a leadott hangjelzések és elektromos impulzusok számának aránya egymáshoz képest. Minél kisebb ez az arány (impulzusok száma/hangjelzések száma), annál többször fordult elő olyan eset, amikor az állat kapott hangjelzést, de azt nem követte elektromos impulzus. Ezáltal biztosabbak lehetünk abban, hogy a rendszer működése érthető az állatok számára. Az alábbi táblázat néhány már lefolytatott kísérlet eredményeit foglalja össze.

2. táblázat - Elektromos impulzus/hangjelzés arányok néhány kutatásban

Kísérlet	Állatok száma (db)	Kísérlet hossza (nap)	Átlag/össz hangjelzés (db)	Átlag/össz. elektromos impulzus (db)	Elektromos impulzus/hangjelzés arány	Használt eszköz	Tanulási periódus
Hamidi et al (2022)	3*4	3*12	2,7 (átlag/nap)	0,3 (átlag/nap)	9%	Nofence	Igen
Campbell (2019)	2*16	2*27			28,49%	eSheperd	Nem
Aaser et al (2022)	12	139	1949 (össz)	197 (össz)	9,89%	Nofence	Igen
Verdon et al (2021)	2*10	25	157 (össz)	57,2 (össz)	14,78%	eSheperd	Igen

A fenti adatok alapján, és az egyes kutatások végső megállapításai alapján viszonylagos magabiztossággal állíthatjuk, hogy az állatok számára megtanulható a nyakörv használata. Az értékekben látható különbségeket eredményezheti például a kijelölt terület nagysága vagy a legeltetési módszer. Verdon és társai (2021) például cellás legeltetési módszerben alkalmazta a virtuális karámot. Itt az állatok kisebb területen vannak összezárva, illetve az egyes csoportok úgy álltak össze, hogy korábban egy csordába tartozó állatokat választottak szét, az egyes csoportoknak pedig rálátása volt egymásra. Ezért az állatok nagyobb késztetést érezhettek a társaikkal való újra egyesülésre, ami jelentősen befolyásolhatta az eredményeket.

Érdekes lehet még megvizsgálni a betanítási módszerek hatását a tanulási gyorsaságra, illetve a rendszer hatásosságára. Hamidi és társai (2022) több fázisban bontotta el a legelő egyik oldalát határoló fizikai kerítést, amelyet aztán virtuális karámmal helyettesített (fizikai kerítés + virtuális karám -> fizikai kerítés oszlopai + virtuális karám -> csak virtuális karám). Azonban

kontrollcsoport itt nem állt rendelkezésre, tehát nem volt olyan nyakörvvel ellátott csoport, amelynél ez a fokozatosság elmaradt. A jövőben célszerű lenne olyan kutatás lefolytatása, amelyben két, virtuális karám nyakörvvel ellátott csoport szolgálja a vizsgálat alapját, amelyek közül az egyik részesül ilyen betanításban, a másik viszont azonnal csak a nyakörv által adott visszajelzésekre van utalva, vizuális ingerek nélkül.

Hasonlóképpen hatása lehet a tanulásra a Nofence nyakörvbe épített tanulási módnak. Ennek során az eszköz aktiválás után először nem ad elektromos impulzusokat. Csak akkor lép át normál működési módba, ha az állat 20 hangjelzésre helyesen reagált, tehát elfordította a fejét, vagy elindult az ellenkező irányba (Golinski, 2022) Ennek tesztelése szintén lehet egy jövőbeli kutatás célja. Ez esetben a kontrollcsoport állatainak nyakörvében a tanulási mód inaktíválásra kerülne, és az állatok a vizsgálat elejétől „élesben” használnák az eszközt.

További vizsgálatok szükségesek arra vonatkozóan, hogy hogyan befolyásolja az állatok kora a rendszer megtanulására való képességet, ugyanis a legtöbb eddigi kísérletben az állatok vagy nagyon hasonló korúak voltak, vagy nem voltak kor szerinti csoportokba rendezve, így ennek hatását nem lehet megállapítani. Confessore és társai (2024) nem talált szignifikáns különbséget ezen a téren 2,8 éves és 7-8 éves állatok csoportjai között sem a rögzített hangjelzések, sem az elektromos impulzusok számában. Verdon és Rawnsley (2020) kutatása azonban azt mutatta, hogy az idősebb állatok akár gyorsabban is képesek tanulni. Igaz, ebben az esetben a korkülönbség jóval kisebb volt (6,9,12,22 hónapos üszők).

Az összes általam feldolgozott kutatás egyezett abban, hogy az állatok között jelentős individuális különbségeket talált. Egyes állatoknál tapasztalt magasabb értékeknek (több leadott elektromos impulzus) véleményem szerint két lehetséges oka van: gyengébb tanulási képesség vagy a hevesebb temperamentum, amely miatt többször „tesztelték” a határokat. Ezért fontos lehet a tanulási fázis folyamán az állatok megfigyelése, és azon egyedek feljegyzése, akik várhatóan ebbe a kategóriába fognak esni. Ha később bebizonyosodik, hogy ezek az állatok gyakrabban lépnek interakcióba a kerítéssel, egészségük védelmének és a termelőképesség megtartásának érdekében különös figyelmet kell szentelni gyakoribb szemrevételezésüknek.

IX. Állatvédelmi megfontolások 4.- Hatékonyság

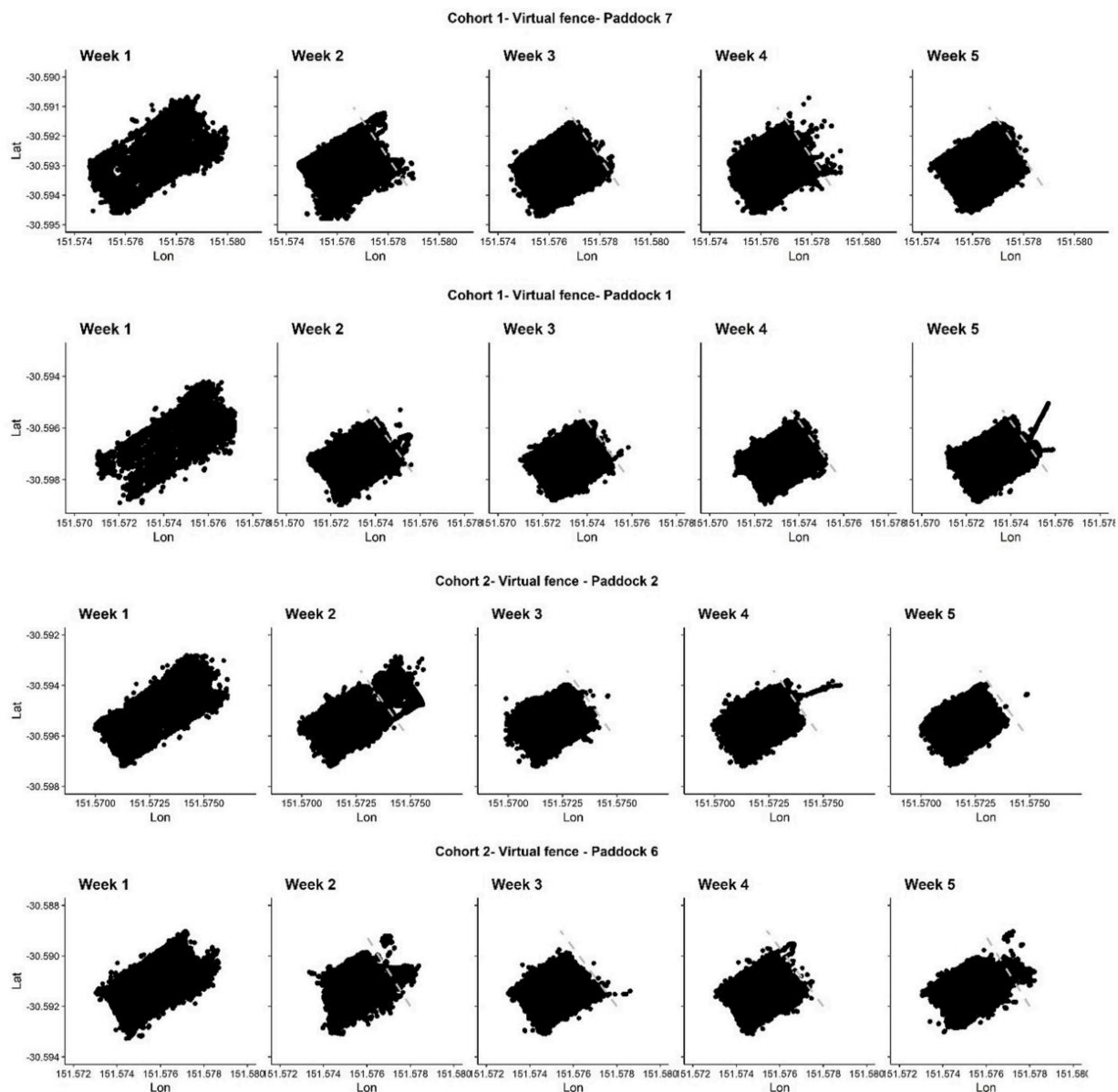
Ahogy azt a jogszabályi háttér fejezetben már említettem, a virtuális karám egyik állatvédelmi szempontból is kiemelt feladata, hogy az állatot a megjelölt területen tartsa. Fontos ezért

megvizsgálni, hogy a rendszer mekkora hatékonysággal működik, az esetek hány százalékában képes megakadályozni a legeltetési határ átlépését, illetve hogy ezt milyen tényezők befolyásolhatják.

Az eddig rendelkezésre álló kísérletek alapján összességében elmondható, hogy a jelenleg már elérhető rendszerek hatékonyan működnek, képesek az állatokat a virtuális karámon belül tartani. Staahltoft és társai (2023) 89 napos vizsgálatában 17 bikaborjút láttak el Nofence nyakörvvel. A kísérlet során az állatok a rögzített időszak 99,74%-át töltötték a karámon belül. 19 kitörést jegyeztek fel, a tiltott zónában eltöltött medián idő 2 perc volt. Az egy állatra vetített maximum kitörések száma 3 volt, és a 17 borjúból 12 hagyta el a legeltetési területet legalább egyszer. Mivel a lezárt részen töltött idő az esetek nagy részében rövid volt, Staahltoft feltételezi, hogy az állatok inkább csak „tesztelték” a határokat. A kísérlet olyan szempontból más szempontból is érdekes, mivel Staahltofték a legeltetési terület minden határát virtuális karámmal jelölték ki, fizikai kerítés csak ezen kívül volt.

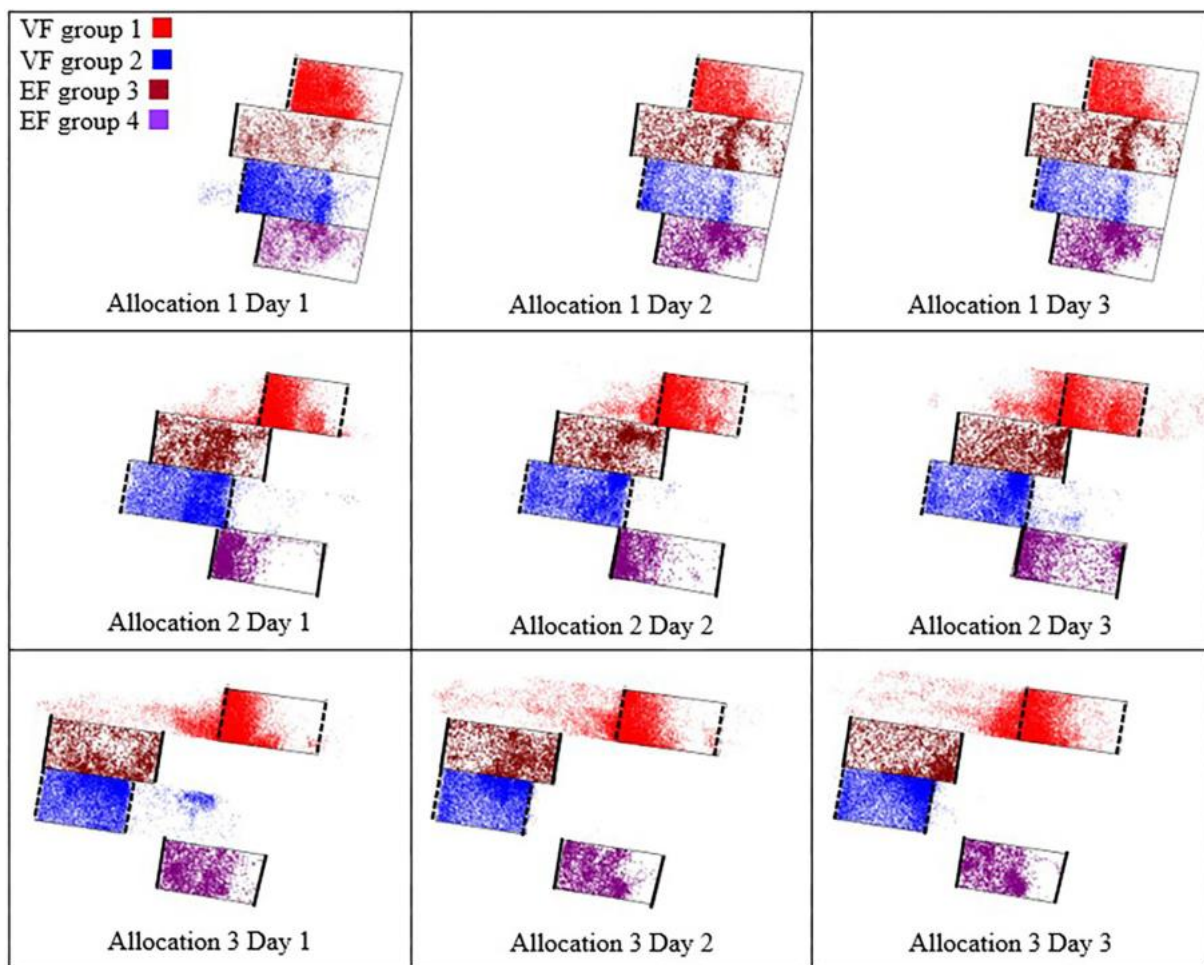
Langworthy és társai (2021) hasonló következtetésre jutottak a rendszer hatékonyságát illetően. Ők 30 tejelő tehenet vizsgáltak 33 napon át, amelyből az állatok 10 napot hagyományos legelőn töltöttek. Ezt egy 3 napos betanulási periódus követte, majd 10 napon át eShepherd nyakörv által kijelölt legelőkön tartózkodtak. Ebben az esetben a legelő hosszanti oldalát hagyományos kerítések szegélyezték és a legelőn belül jelölték ki tiltott zónákat. A kísérlet sikeres volt, az állatok az időszak több, mint 99%-át a legelhető területen töltötték.

Campbell és társai (2019) 32 darab 12-14 hónapos bikát vizsgáltak egy 4 hetes periódusban, amelyet egy 1 hetes tanulási időszak előzött meg. Az állatok a kísérlet alatt az idő mindössze 3%-át töltötték a kijelölt területen kívül, tehát a rendszer 97%-os hatékonysággal működött. A kapott figyelmeztetések 71,51%-a esetében elegendő volt a hangjelzés az állatok visszafordításához, és átlagosan 2,5 hangjelzést követő elektromos impulzus volt szükséges az asszociáció kialakulásához. Az 1. és 2. számú csoport a kísérlet során rögzített GPS adatait a 4. ábra szemlélteti. Jól látható, hogy az első hetet kivéve, amely a tanulást szolgálta, az állatok a kijelölt területre koncentráálódtak.



4. ábra - Az 1-es és 2-es csoport elhelyezkedése a legelőn (Campbell és társai, 2023)

Azonban akadnak olyan példák is, amikor az állatok váratlan, a kutatók számára ismeretlen okból tömegesen hagyták el a kijelölt területet. Verdon és társai (2021) esetében az egyik csoport összes állata egyszerre lépett ki a kijelölt zónából, és töltötte az éjjel hátralevő részét azon kívül, amíg vissza nem terelték őket. A rendszer azonban ezen a kirívó eseményen kívül sem volt képes 100%-os hatékonysággal működni.



5. ábra - Az állatok mozgása egy 9 napos kísérlet során (Verdon et al, 2021)

Ahogy az ábrán jól látható, az első legelőn (Allocation 1) mindkét virtuális karám csoport (1. csoport pirossal, 2. csoport kékkel jelezve) nagyrészt a kijelölt területen tartózkodott (99,9%). A második és a harmadik legelőn (Allocation 2 & 3, második és harmadik sor) azonban megfigyelhető a rendszer hatékonyságának csökkenése. Mind a két csoport több időt töltött a karámon kívül, mint az első legelő esetében (95% és 99%, illetve 92% és 98%). Verdon hipotézise szerint ebben közrejátszhatott a korábban kialakul szociális kapcsolatok figyelmen kívül hagyása a csoportok kialakításakor, ami azt eredményezte, hogy az állatok inkább vállalták a kitöréssel járó kellemetlenséget, csak hogy a társaikkal lehessenek.

Megállapíthatjuk tehát, hogy ugyan a virtuális karám az eddigi kísérletek alapján jól működik, 100%-os korlátozásra azonban nem képes. Az állatok és emberek védelme érdekében ezért önmagában nem alkalmazható olyan helyeken, ahol egy esetleges kitörés veszélyekkel járna (pl. utak mellett). A jövőben vizsgálatok szükségesek a rendszer hatékonysága és a legeltetési módszer, valamint az egyes csoportok egymástól való távolsága közti összefüggések megállapítására.

X. Állatvédelmi megfontolások 5.- Stressz

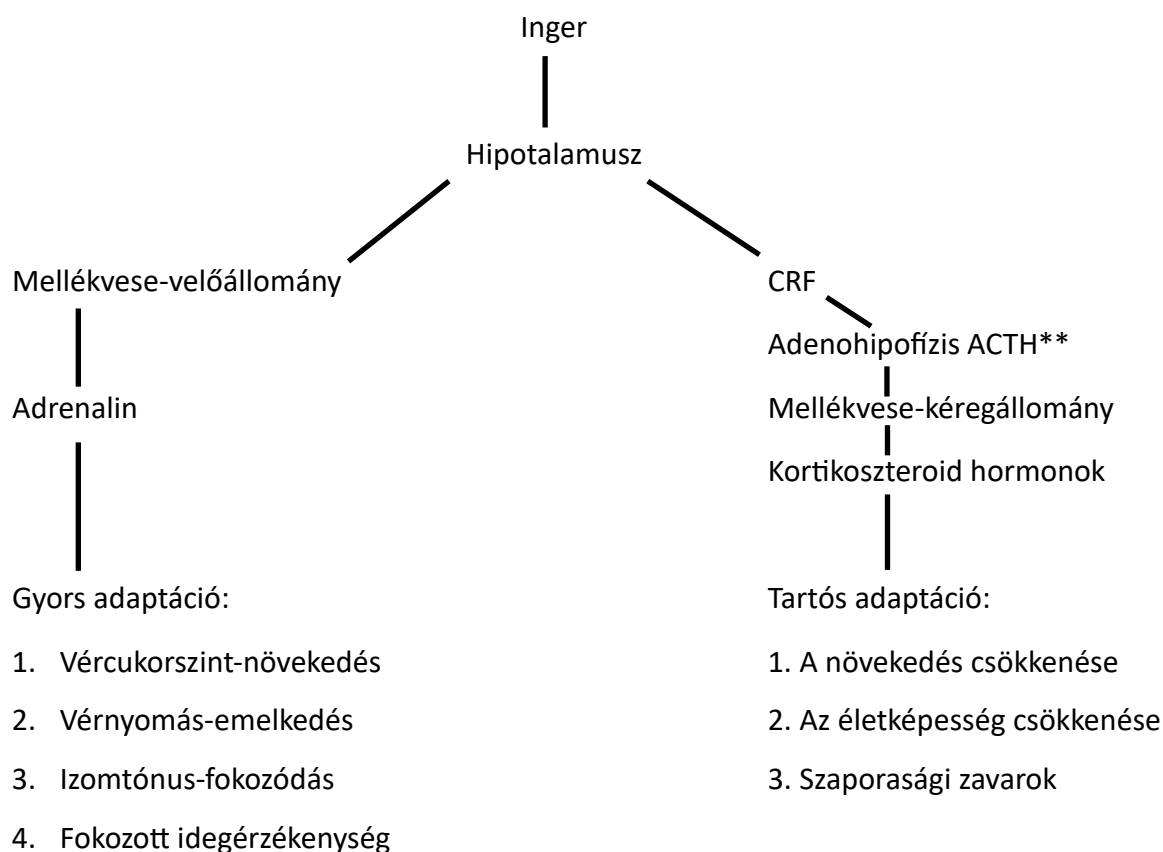
Az új technológiák és tartási gyakorlatok esetében kulcsfontosságú megvizsgálni, hogy azok alkalmazása jár-e többlet stresszel az állatok számára, amely negatívan befolyásolja jólétüket, és ezáltal a termelési mutatókat.

Moberg (2000) az állatok stresszre adott reakcióinak 4 fajtáját határozza meg:

- Viselkedésbeli válasz
- Vegetatív idegrendszeri válasz
- Neuroendokrin rendszer válasz
- Immunválasz

Ezek természetesen nem feltétlenül önállóan lépnek fel, egy viselkedésbeli választ követhet vagy akár kísérhet is például vegetatív idegrendszeri válasz. Ennek ellenére ez a csoportosítás jó alapul szolgálhat a virtuális karám által kiváltott stresszreakciók mérésére is.

Ehhez az szükséges, hogy fent felsorolt válaszok közül a lehető legtöbbet megfigyeljük. Azonban vannak olyan tényezők, amelyek az ilyen kutatásokat megnehezítik. El kell kerülni például, hogy a mintavétel önmagában stresszreakciót váltson ki. Emellett nincsen olyan fiziológiai reakció, amelyről egyértelműen kijelenthető, hogy csak rossz stressz hatására lép fel, így az állatok együttéléséből adódó „normális” stresszhatások befolyásolhatják az adatokat és a kísérletek végeredményét. (Lee, 2021) Fontos még megemlíteni az egyedek közti különbségeket. Az állat negatív ingerekre adott reakcióit olyan tényezők befolyásolhatják, mint a fiataalkori tapasztalatok, a genetika, a kor, a szociális kapcsolatok vagy az átélt emberi interakciók száma és milyensége. (Moberg, 2000).



*CRF = kortikotropin releasing (kioldó) faktor

**ACTH = adrenokortikotrop hormon (adaptációs hormon)

6. ábra - Az adaptáció neurohormonális szabályozásának vázlata (Gere & Csányi, 2001, 43.)

Viselkedésbeli válasz és aktivitás

Az állat szervezete számára a legkisebb „biológiai energiával” járó válasz. (Moberg, 2000) Amennyiben lehetséges, az állat egyszerűen elkerüli a további kitettséget azáltal, hogy odébb áll, menedékbe húzódik stb. Ezt a választ kísérheti természetesen vegetatív idegrendszeri vagy neuroendokrin reakció.

Ezen események rögzítését több tényező is megnehezíti. A vizuális megfigyelés sikerességét befolyásolja többek között az állatok és a megfigyelők aránya, a megfigyelők tapasztaltsága, a naponta megfigyelt órák száma, és a megfigyelők közelsége az állatokhoz. (Halász és Nagy, 2012). Emellett nem lehetünk biztosak benne, hogy mi volt az adott viselkedésforma kiváltó ingere. Ennek ellenére, hogy ha jelentős változás mutatkozik az állatok viselkedésében, az utalhat valamilyen új stresszor (jelen esetben egy új eszköz és inger) fellépésére.

Fuchs és társai (2024) kísérletében 8 db holstein-fríz tehenet láttak el Nofence nyakörvvel, míg a kontrollcsoportban 10db hagyományos villanypásztorral bekerített holstein-fríz volt. 23, napi 2 órás megfigyelés után szignifikáns különbséget találtak a hirtelen helyváltoztatások számában. Ezek nagy része azonban a kísérlet elején következett be, a virtuális karám első aktiválását követően. Meg kell jegyezni emellett, hogy a kísérletben részt vevő tehenek minden nap csak 11 vagy 9 kilenc órát töltöttek a legelőn, amelyből csak kettőt figyeltek meg, a kísérlet 59 napjából 23-on.

A kérődzők napi aktivitása és az egyes tevékenységekre fordított idő hossza jól leírható szabályszerűségeket követ. A szarvasmarhák a legelőn töltött idő átlagosan 25-30%-át, 6-8 órát töltenek legeléssel. Ide tartozik az fű keresése, a válogatás és a rágás is. Ennek 70%-a reggel 6 és este 18 közé esik. Ennél a 8 óránál többet semmiképpen nem legelnek. További 7 órát, az összes idő kb. 30-40%-át töltik kérődzéssel, míg a nap fennmaradó részét pihenésre, járkálásra, egymással való viaskodásra fordítják az állatok (Haraszti, 1977).

Az itt leírt időtartamoktól való jelentős eltérés jelezheti az állatok diszkomfortérzetét. Az állatok napi tevékenységeinek számszerűsített rögzítése jóval egyszerűbb, mint a viselkedésbeli válaszok vizuális megfigyelése és feljegyzése. Campbell és társai (2017) vizsgálatuk során IceQube® érzékelőkkel láttak el 6 angus üszőt és arra a következtetésre jutottak, hogy a virtuális karám használata nem befolyásolja jelentősen az állatok fizikai aktivitását. Hasonló megállapítást tett kísérletében Fuchs (2023) is, aki nem talált szignifikáns különbséget a virtuális karám mozgási aktivitásában és a fekvési időtartamában a kontrollcsoporthoz képest. Aaser és társai (2022) kontrollcsoport híján azt vizsgálták, hogy változik-e a viselkedés elektromos impulzus elszívését követően, és szintén nem állapított meg negatív befolyást. Sokkal érdekesebb kimenetele volt Hamidi és társai (2022) kísérletének. 24 üsző két csoportra osztása után 12-t szereltek fel Nofence nyakörvvel. Szignifikáns különbséget találtak abban, hogy az állatok a hagyományos villanypászortól vagy a virtuális karámtól kapott elektromos impulzus után mennyi idővel kezdtek újra legelni ($p=0.015$). A virtuális karám esetében ez átlagban 22 perc volt, míg a villanypásztor esetében 33,6 perc. Véleménye szerint a különbség a figyelmeztető hangjelzésnek tudható be, amely miatt az állat anticipálja az elektromos impulzust, ezáltal annak negatív hatása csökken. Hasonló eredményt más általam vizsgált kutatásban nem találtam, ezért egyértelmű következtetést ebből nem vonok le, további vizsgálatok szükségesek.

Ezek alapján azt állapíthatjuk meg, hogy a virtuális karám használatának következményeként nem figyelhető meg jelentős viselkedésbeli vagy aktivitásbeli eltérés. A jövőbeni kutatásokban célszerű lehet az állatokra szerelt érzékelőkön kívül mesterséges intelligencia szoftverekkel összekapcsolt nagy felbontású kamerákat alkalmazni, amely lehetővé tenné a viselkedésminták hosszabb és pontosabb, nagyobb populációra kiterjedő, a szubjektív emberi tényezőket mellőző megfigyeléseket.

Vegetatív idegrendszeri válasz

Akut stressz hatására aktiválódik a szimpatikus idegrendszer, acetilkolin közvetítésével a mellékvesevelőben katekolaminok, adrenalin és noradrenalin termelődnek. Az adrenalin sokrétű élettani hatásának eredményeként felgyorsul a szívverés, nő a szívösszehúzódások ereje, fokozódik a légzés, kitágulnak a pupillák, a záróizmok összehúzódnak, nő a vércukorszint stb. Ezek a folyamatok teszik lehetővé a Cannon-féle küzdési vagy menekülési (fight or flight) vészreakciót (Novotiné, 2012).

Ezen fiziológiai reakciók in situ mérése azonban nehézkes, az általam feldolgozott kísérletekben ezért ezzel nem is próbálkoztak.

Neuroendokrin rendszer válasz

Hosszan tartó vagy ismétlődő inger(ek) hatására az állatok szervezetének homeosztázisa felborul, a Selye-féle általános adaptációs szindrómával (AAS) reagál. Aktiválódik a hipotalamusz-hipofízis-mellékvesekéreg tengely, ezáltal olyan hormonok kiválasztása fokozódik, amelyek segítségével a szervezet választ tud adni a fellépő eseményre. A hipotalamuszban termelődő kortikoliberin (CFR) serkenti az adrenokortikotrop (ACTH) kiválasztását. Nyugalmi állapotban ezen hormonok szintje a nap folyamán jól meghatározható minta szerint alakul, a délelőtti órákban éri el maximumát. Stressz hatására azonban nő a kiválasztás, amely megindítja az adaptációs mechanizmust. Az ACTH-szint növekedése a mellékvesekéreg köteges zóna sejtjeiben termelődő glükokortikoidok kiválasztásának fokozódását okozza. Ezek a köznyelvben a stresszhormonként is ismert kortizol, és kőrödzőkben a vele azonos mértékben megtalálható kortikoszteron. Immunszuppresszív hatásuk abban áll, hogy a sejtosztódás és – differenciálódás korlátozása révén csökkentik a vérben a limfociták és az eozinofil granulociták szintjét, így gyengítve az immunrendszer ellenállóképességét. Ez elősegítheti a másodlagos megbetegedések, fertőzések kialakulását. (Novotiné, 2012). Ennek elkerülése érdekében szükséges olyan kutatások lefolytatása, amelyek vizsgálják az új

technológia alkalmazása során az állatok szervezetében jelenlévő glükokortikoidok – főként kortizol – szintjét. Ez lehetséges az állat véréből, szőréből, vagy ürülékéből történő mintavétellel és annak elemzésével. A virtuális karámot azonban kizárólag legeltetési állattartás esetén lehet alkalmazni, ahol a szükséges körülmények megteremtése csak nagyon nehézkesen, vagy egyáltalán nem lehetséges. El kell kerülni ugyanis, hogy az ismételt mintavétel negatív élmény legyen az állat számára, hiszen ez önmagában kortizolszint-növekedést okozhatna, így megghiúsítva az eredeti célt. A legcélszerűbb ezért az állatok ürülékét vizsgálni, amely azonban erőforrás-igényes, mivel az állatok közti különbségek miatt a mintának pontosan beazonosíthatónak kell lennie. Emiatt a vizuális megfigyelés itt előfeltétel, ami nagyobb számú populáció esetében nehezen megoldható. Campbell és társai (2019) nem találtak különbséget a villanypásztorral és az eSheperd nyakörvvel ellátott csoportok között, azonban megállapították, hogy az ürülékben mérhető kortizol szintje a kísérlet során csökkent. Ez valószínűleg annak tudható be, hogy az állatok egyre kevesebbszer léptek interakcióba a karámokkal (hagyományos és virtuális egyaránt), ami által csökkent a tapasztalt stressz mértéke. Hamidi és társai (2022) valamint Sonne és társai (2022) szintén nem találtak összefüggést a virtuális karám használata és a kortizolszint között. Más megközelítést alkalmaztak Fuchs és társai (2024), akik legeltetett tejelő tehenek tejében található kortizolt vették kutatásuk alapjául. Mivel az ebben a kísérletben szereplő állatokat naponta kétszer fejték, sokkal nagyobb számú minta állt rendelkezésre, valamint a napszaki változások is kimutathatóak voltak. Ennek megfelelően a reggeli fejest követő mintákban nagyobb volt a stresszhormon-szint, azonban itt szintén nem volt lényeges különbség a hagyományos és a vizsgált tartási mód között.

Immunválasz

Ha a stressz krónikussá válik és hosszú távon fennáll, az előbb ismertetett neuroendokrin reakció immunszuppresszív hatása fokozódik azáltal, hogy a vérben csökken a limfociták és az eozinofil granulociták száma. Az állatok ellenállóképessége csökken, fogékonyabbá válhatnak különböző betegségekre.

A krónikus stressz és az ennek eredményeként fellépő immunrendszeri gyengeség mérése azonban nehézkes kis számú állatot vizsgáló és rövid időtartamot felölelő kutatások keretein belül. Ahhoz, hogy a hosszú távú stressz meglétét meg tudjuk állapítani, a jövőben célszerű nagyobb számú, már hosszabb ideje virtuális karámmal tartott állományok vizsgálata.

Természetesen ez esetben lehetőség szerint ki kell küszöbölni, de legalábbis tisztában kell lenni minden egyéb olyan körülménnyel, amely a nyakörv mellett krónikus stresszt okozhat. Még nehezebb vizsgálni a Moberg által szubklinikainak nevezett stresszhatásokat, amelyek önmagukban még nem váltanak ki viselkedésbeli vagy fiziológiai reakciókat, azonban hatásuk hosszú távon összeadódhat, amely szintén befolyásolhatja az immunrendszert. (Moberg, 2000)

XI. Magyarországi tapasztalatok

Ahogy azt a szakirodalmi áttekintés fejezetben említettem, hazánkban jelenleg nem lehetséges virtuális karám nyakörvek vásárlása, ebből adódóan tapasztalatokról sem tudok beszámolni. Néhány gazdálkodóval lefolytatott beszélgetés alapján az a szubjektív véleményem, hogy itthon is lenne igény a technológiára.

XII. Összegzés

Dolgozatom témájául egy viszonylag új technológia, a virtuális karám bemutatását választottam. A rendszer működésének ismertetésén kívül arra a kérdésre kerestem választ, hogy az ilyen nyakörvek alkalmazása során mely állatvédelmi szempontokat kell figyelembe venni. Áttekintettem azokat a jogszabályokat, amelyek magyarországi és európai uniós szinten szabályozzák az állattartást, és kiemeltem azon pontokat, amelyek különösen fontosak lehetnek a virtuális karám alkalmazása esetén. Kitértem a fizikai tulajdonságokra, amelyek befolyásolhatják a nyakörvek az állatokra kifejtett hatását. Leírtam az algoritmust, amely alapján az eszközben található mikroprocesszor döntéseket hoz, különös tekintettel az anomáliák esetén szükséges biztonsági lépésekre. Az eddig lefolytatott kutatások alapján megvizsgáltam, hogy fogékonyak-e az állatok a rendszer megtanulására, hogy mekkora hatékonysággal működik a rendszer, valamint hogy mekkora stresszt gyakorol az állatokra, amely befolyásolhatná azok termelékenységét és ezáltal a termelés gazdaságosságát.

Az eddig rendelkezésre álló adatok alapján elmondható, hogy a virtuális karám kielégíti a jogszabályok által támasztott feltételeket. Az eszköz fizikailag nem akadályozza az állatokat, azokra plusz terhet nem ró. A használatát az állatok viszonylag hamar képesek elsajátítani, ezt egy jól megtervezett tanulási periódus, illetve a Nofence nyakörvben bekapcsolható tanulási mód gyorsíthatja. Hatékonysága megfelelőnek bizonyul, azonban alkalmankénti kitörések nem zárhatók ki, így alkalmazása olyan helyeken nem ajánlott, ahol ez emberre vagy az állatokra veszélyt jelenthet. A tanulmányok alapján az is viszonylagos magabiztossággal megállapítható, hogy a virtuális nyakörvek alkalmazása nem okoz mérhető többletstresszt az állatok számára.

Az általam szükségesnek ítélt jövőbeli kutatásokat az egyes fejezetekben ismertettem.

Irodalomjegyzék

Aaser M., Staahltoft S.K., Korsgaard A.H., Trige-Esbensen A. (2022): Is Virtual Fencing an Effective Way of Enclosing Cattle? Personality, Herd Behaviour and Welfare. *Animals*, 12(7), Paper 842, 21 p. DOI: [10.3390/ani12070842](https://doi.org/10.3390/ani12070842)

Campbell D. L. M., Belson S., Lea J. M., Ouzman J., Lee C., Kalinowski T., Mowat D., Llewellyn R. S. (2023): Automated Virtual Fencing Can Effectively Contain Sheep: Field Trials and Prospects. *Animals*, 13(4), Paper 619, 14 p. DOI: [10.3390/ani13040619](https://doi.org/10.3390/ani13040619)

Campbell D.L.M., Lea J.M., Farrer W.J., Haynes S.J., Lee C. (2017): Tech-savvy beef cattle? How heifers respond to moving virtual fence lines. *Animals*, 7(9), 12p. DOI: [10.3390/ani7090072](https://doi.org/10.3390/ani7090072)

Campbell D. L. M., Lea J.M., Keshavarzi H., Lee C. (2019): Virtual Fencing Is Comparable to Electric Tape Fencing for Cattle Behavior and Welfare. *Frontiers in Veterinary Science*, 2019(6), Paper 445, 13 p. DOI: [10.3389/fvets.2019.00445](https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00445)

Confessore A., Schneider M.K., Pauler C.M., Aquilani C., Fuchs P., Pugliese C., Dibari C., Argenti G., Accorsi P.A., Probo M. (2024): A matter of age? How age affects the adaptation of lactating dairy cows to virtual fencing. *Journal of Animal Science*, 2024(102), 11 p. DOI: [10.1093/jas/skae137](https://doi.org/10.1093/jas/skae137)

eSheperd honlap. Letöltés dátuma: 2024. 06.08. Forrás: <https://am.gallagher.com/en/new-products/eShepherd>

Fuchs P., Stachowicz J., Schneider M. K., Probo M. (2024): Stress indicators in dairy cows adapting to virtual fencing. *Journal of Animal Science*, 2024 (102), 1-17. DOI: [10.1093/jas/skae024](https://doi.org/10.1093/jas/skae024)

Dr. Gere T., Dr. Csányi V. (2001): Gazdasági állatok viselkedése I.: Általános etológia. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó.

Golinski P., Sobolewska P., Stefańska B., Golińska B. (2022): Virtual Fencing Technology for Cattle Management in the Pasture Feeding System—A Review. *Agriculture*, 13(1), Paper 91, 14 p. DOI: [10.3390/agriculture13010091](https://doi.org/10.3390/agriculture13010091)

Halász A., Nagy G. (2012): A legelő szarvasmarha viselkedéskutatásának módszertani kérdései. *Agrártudományi Közlemények*, 2012/48., 31-35.

Hamidi D., Grinnell N.A., Komainda M., Riesch F. (2022): Heifers don't care: no evidence of negative impact on animal welfare of growing heifers when using virtual fences compared to physical fences for grazing. *Animal*, 16(9), Paper 100614, 11 p. DOI: [10.1016/j.animal.2022.100614](https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100614)

Dr. Haraszti E. (1977): Az állat és a legelő. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.

Langworthy A. D., Verdon M., Freeman M. J., Corkrey R., Hills J. L., Rawnsley R.P. (2021): Virtual fencing technology to intensively graze lactating dairy cattle I: Technology efficacy and pasture utilization. *Journal of Dairy Science*, 2021(104), Article 6, 13 p, DOI: [10.3168/jds.2020-19796](https://doi.org/10.3168/jds.2020-19796)

Lee C., Campbell D.L.M. (2021): A Multi-Disciplinary Approach to Assess the Welfare Impacts of a New Virtual Fencing Technology. *Frontiers in Veterinary Science*, 2021(8), Paper 637709, 7p. DOI: [10.3389/fvets.2021.637709](https://doi.org/10.3389/fvets.2021.637709)

Lee C., Fisher A.D., Reed M.T., Henshall J.M. (2008): The effect of low energy electric shock on cortisol, β -endorphin, heart rate and behaviour of cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 113(1-3), 32-42, DOI: [10.1016/j.applanim.2007.10.002](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.10.002)

Moberg G.P. (2000): Biological response to stress: Implications for Animal Welfare. *CAB International, The biology of animal stress*, 2000, p 1-21, DOI: [10.1079/9780851993591.0001](https://doi.org/10.1079/9780851993591.0001)

Nofence honlap. Letöltés dátuma: 2024. 06.08. Forrás: <https://www.nofence.no/en-us/>

Novotiné Dr. Dankó Gabriella (szerk.) (2012): Állatélettan. Elektronikus jegyzet BSc (Állattenyésztő-, és Mezőgazdasági mérnök) és FSZ (Ménészgazda, Ökológiai gazdálkodó) hallgatók számára. Debrecen: Debreceni Egyetem, Agrár és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdasági- Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet

Sonne C., Alstrup A.K.O., Pertoldi C., Frikke J., Linder A.C., Styris have B. (2022): Cortisol in Manure from Cattle Enclosed with Nofence Virtual Fencing. *Animals*, 12(21), Paper 3017, 11 p. DOI: [10.3390/ani12213017](https://doi.org/10.3390/ani12213017)

Staahltoft S.K., Aaser M.F., Jensen J.N.S., Zadran I., Sorensen E.B., Nielsen A.E., Alstrup A.K.O., Bruhn D., Linder A.C., Sonne C., Frikke J., Cino P. (2023): The effectiveness of virtual fencing of bull calves in a holistic grazing system. *Animals*, 13(917), 34 p, DOI: [10.3390/ani13050917](https://doi.org/10.3390/ani13050917)

Verdon M., Rawnsley R. (2021): A Case Study on the Use of Virtual Fencing to Intensively Graze Angus Heifers Using Moving Front and Back-Fences. *Frontiers in Animal Science*, 2, Paper 663963, 11 p. DOI: [10.3389/fanim.2021.663963](https://doi.org/10.3389/fanim.2021.663963)

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

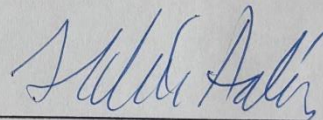
NYILATKOZAT

Bojkovszky Tamás (név) (hallgató Neptun azonosítója: ZH7Y24)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Gödöllő év 2024.11 hó 11 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /

diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bojkovszky Tamás
A Hallgató Neptun kódja: ZH7Y24
A dolgozat címe: A virtuális karámrendszer bemutatása és vizsgálata állatvédelmi szempontból
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Állattenyésztési Tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Állattenyésztés-technológiai és Állatjólléti Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

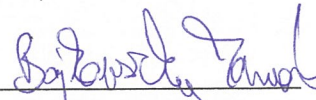
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. 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 könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024 év 11 hó 10 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.