

Állatorvostudományi Egyetem
Állatorvostudományi Doktori Iskola

**A környezetdiagnosztikai és állomány-egészségügyi
monitoring lehetőségek vizsgálata az összetett oktanú
légzőszervi betegségek megelőzésére borjúállományokban**

PhD értekezés



dr. Sáfár János

2024

Témavezető:

.....

Dr. habil. Könyves László Péter

egyetemi docens, PhD

Állatorvostudományi Egyetem

Állathigiéniai, Állomány-egészségtani Tanszék és Mobilklinika

.....

dr. Sáfár János

Készült 8 példányban, ez a sz. példány.

TARTALOMJEGYZÉK

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	4
1 BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK.....	6
2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	8
2.1 A BRDC KÁRTÉTELE, HAJLAMOSÍTÓ TÉNYEZŐK	8
2.1.1 A környezeti tényezők szerepe a BRDC kialakulásában.....	9
2.1.2 Mikroklimatikus viszonyok és levegőminőség	12
2.2 A BRDC KLINIKAI ÉS LABORDIAGNOSZTIKAI VONATKOZÁSAI	27
2.2.1 Klinikai vonatkozások.....	27
2.2.2 Laboratóriumi vizsgálatok.....	30
2.2.3 A közeli jövő	42
3 SAJÁT VIZSGÁLATOK	44
3.1 KÖRNYEZETDIAGNOSZTIKAI MONITORING LEHETŐSÉGEK VIZSGÁLATA.....	44
3.1.1 A vizsgálatok indokoltsága, célkitűzések	44
3.1.2 Anyag és módszer	44
3.1.3 Eredmények.....	51
3.1.4 Megbeszélés	66
3.2 ÁLLOMÁNY-EGÉSZSÉGÜGYI MONITORING LEHETŐSÉGEK VIZSGÁLATA.....	74
3.2.1 A vizsgálatok indokoltsága, célkitűzések	74
3.2.2 Anyag és módszer	74
3.2.3 Eredmények.....	84
3.2.4 Megbeszélés	100
3.3 A KÖRNYEZETDIAGNOSZTIKAI ÉS KLINIKAI VIZSGÁLATAINKBÓL LEVONHATÓ KÖVETKEZTETÉSEK	108
4 ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	111
5 IRODALOMJEGYZÉK	112
6 KÖZLEMÉNYEK.....	129
6.1 AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ KÖZLEMÉNYEK	129
6.1.1 Lektorált, impakt faktorról bíró tudományos folyóiratban megjelent/elfogadott publikációk	129
6.1.2 A kutatás eredményeinek megjelenése tudományos konferenciákon.....	129
6.2 A DOKTORI KUTATÁS TÉMÁJÁHOZ NEM KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK.....	130
7 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	132
8 FÜGGELÉK.....	133

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ÁLTALÁNOS RÖVIDÍTÉSEK			
7CSBH	csoportos borjúház 7 borjú számára	H.M.O.	atárértéket meghaladó óra
BRDC	szarvasmarhák légzőszervi betegségkomplexe (bovine respiratory disease complex)	H₂S	kén-hidrogén
BCoV	szarvasmarha koronavírus (bovine coronavirus)	ILMV	impakciós levegő-mintavevő
BHV-1	szarvasmarhák fertőző rhinotracheitisének vírusa (bovine herpesvirus-1)	KRSZ	kézi részecskeszámláló
BRSV	szarvasmarha járványos köhögésének vírusa (bovine respiratory syntitial virus)	MAC	maximum acceptable values (maximálisan elfogadható koncentráció)
BVDV	szarvasmarhák vírusos hasmenésének vírusa (bovine viral diarrhe virus)	NH₃	ammónia
EBK	egyedi borjúketrec	OR	odds ratio (esélyhányados)
HCSB	hagyományos csoportos borjúnevelő istálló	PCA	plate count agar
IBR	szarvasmarha fertőző rhinotracheitise (infectios bovine rhinotracheitis)	PI-3V	parainfluenza-3 vírus
KCSB	kísérleti csoportos borjúház	PEL-TWA	Megengedett expozíciós határértékek - idővel súlyozott átlag (Permissible exposure limit, time-weighted average)
n.a.	nincs adat	PLF	precíziós állattartás (precision livestock farming)
n.m.	nem történt mérés	PM	szállópor (particulate matter)
n.v.	nem vizsgált	PM_{1,0}	≤ 1,0 µm szállópor részecskék
PI-3V	parainfluenza-3 vírus	PM₁₀	≤ 10 µm szállópor részecskék
		PM_{2,5}	≤ 2,5 µm szállópor részecskék
		REL-STEL	Javasolt expozíciós határértékek – rövid idejű expozíciós határérték (Recommended exposure limit short-term exposure limits)
		REL-TWA	Javasolt expozíciós határértékek - idővel súlyozott átlag (Recommended exposure limit, time-weighted average)
KÖRNYEZET-DIAGNOSZTIKAI RÖVIDÍTÉSEK		RH	relatív páratartalom (relative humidity)
AED	aerodinamikai átmérő (aerodynamic diameter)	T	hőmérséklet (temperature)
BAL	bronchoalveolaris lavage	U1	KCSB-ben telepített monitoring eszköz
CFU	telepképző egység (colony forming unit)	U2	7CSBH-ban telepített monitoring eszköz
CH₄	metán	U3	HCSB-ben telepített monitoring eszköz
CO	szén-monoxid	WHO	Egészségügyi Világszervezet (World Health Organization)
CO₂	szén-dioxid		
EU	endotoxin egység (endotoxin unit)		
H.M.N.	határértéket meghaladó nap		

WS	szélesség, légmozgás (windspeed)	Hp	haptoglobin
		IgA	immunglobulin A
		IgG	immunglobulin G
		IgM	immunglobulin M
		IL-1β	interleukin-1-béta
		IL-6	interleukin-6
		LDH	laktát-dehidrogenáz
		MALDI-TOF	matrix-assisted laser desorption/ionization - time-of-flight mass spectrometer
		MCH	átlagos hemoglobin-tartalom
		MCHC	átlagos hemoglobin-koncentráció
		MCV	átlagos vörösvérsejt térfogat
		MDBK	Madin-Darby-féle borjúvese
		MPC	átlagos thrombocytá komponens
		MPV	átlagos thrombocytá térfogat
		MPXI	myeloperoxiáz index
		Ne/Ly	neutrofil granulocita / limfocita hányados
		NPS	orr-garat tamponminta (nasopharyngeal swab)
		NS	orrtampon (nasal swab)
		OPG	oocysta per gram
		PCR	polimeráz lánreakció
		PCT	plateletcrit
		PDW	vérlemezkek eloszlási szélessége
		PLT	thrombocytá szám
		qPCR	Valós idejű vagy kvantitatív polimeráz lánreakció
		RBC	vörösvértest szám
		RDW	vörösvértestek eloszlási szélessége
		RID	radiális immunodiffúzió
		SAA	szérum amyloid-A
		STP	szérum totál protein
		T_{1/2}	felezési idő
		TCID₅₀	50% sejtenyészetet fertőző dózis
		TMR	teljes takarmánykeverék (total mixed ration)
		TNF-α	Tumor-nekrózis faktor-alfa
		TTW	transtracheális lavage
		VN	vírusneutralizáció
		WBC	fehérvérsejt szám

1 BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A szarvasmarhák légzőszervi betegségkomplexe (BRDC) a tejtermelő ágazat veszteségeinek egyik fő oka (Gorden és Plummer, 2010; Panciera és Confer, 2010). Multifaktoriális betegségként kialakulásában a vírusos és bakteriális fertőző ágensek, az egyedi ellenálló-képesség, valamint a mikroklimatikus, tartástechnológiai és menedzsment tényezők egyaránt meghatározóak (Gulliksen és mtsai., 2009b; Griffin és mtsai., 2010; Ózsvári és Búza, 2015; Buczinski és mtsai., 2018b; Stokstad és mtsai., 2020). Utóbbi tényezőknek szerepe van a kórokozók túlélésében és terjedésében, továbbá fokozott stresszhatás esetén gyengítik a borjak általános ellenálló-képességét és a légzőrendszer védekező mechanizmusainak hatékonyságát (Ackermann és mtsai., 2010). A főbb kockázati tényezők közé sorolható a csoportos elhelyezés és a nagy csoportméret, a gyenge minőségű alom, az idősebb állatokkal való közvetlen érintkezés, a kedvezőtlen időjárási viszonyok (hő, hideg, hó, fagy) és a nem megfelelő levegőminőség, mint például a magas páratartalom, illetve emelkedett szállópor és káros gáz koncentráció (Lundborg és mtsai., 2005; Lago és mtsai., 2006; Svensson és Liberg, 2006; Taylor és mtsai., 2010; Ózsvári és Búza, 2015). Az állomány méretének is lehet némi hatása, ha nagyobb állományokban az állattartók kevésbé tudatosak, és kevesebb időt fordítanak az állatok megfigyelésére (Slavík és mtsai., 2009).

Az állattartó épületek aeroszoljai szintén fontos szerepet játszhatnak a BRDC kialakulásában, mivel takarmányból, alomból, állatokból származó szerves anyagokból (pl. hámsejtekből, szorból, vizeletből, bélsárból), mikroorganizmusokból és toxinokból állnak. Méretük miatt a PM10 és PM2,5 szállópor részecskék a meghatározók, mivel belélegezve irritálják a kötőhártyát és a légutakat. Ezenkívül a PM2,5 részecskék felhalmozódnak a tüdő parenchymában, ezáltal súlyos légzőszervi és szisztémás betegségekhez vezethetnek (Losacco és Perillo, 2018). A magas hőmérséklet, az alacsony páratartalom, a légmozgás (különösen a huzat) és az állatok fokozott aktivitása elősegíti az alom kiszáradását és a porképződést, valamint a részecskék levegőbe jutását (Urso és mtsai., 2021). Az állattartó telepi környezet bioaeroszoljai mikroorganizmusok vektoraként szolgálhatnak (Islam és mtsai., 2019a), és bár többségük nem patogén, terhelhetik a légzőrendszer védekezési mechanizmusait (Wathes és mtsai., 1983). Ezért a levegő összcsíraszám (CFU/m³) levegőhigiéniai markerként is használható (Nordlund, 2008). Az istálló levegőjének gáznemű szennyező anyagai közül az ammónia a legnagyobb jelentőségű, mivel közvetlenül károsítja a légzőhámot (Brscic és mtsai., 2010), és már 4 ppm koncentrációnak való kitétség esetén detektálhatók ultrahangvizsgálattal a tüdőben lévő szöveti elváltozások (van Leenen és mtsai., 2020).

Mára állatkórházi körülmények között a klinikai diagnosztikai módszerek és eszközök széles tárháza áll rendelkezésre, azonban állattartó-telepi körülmények között korlátozottak a

lehetőségeink, különösen a megbetegedések korai felismerését illetően. Részletes klinikai vizsgálatok nagyszámú egyeden idő és munkaerőhiány, illetve munkaszervezési okok miatt korlátozottan végezhetőek. Még egyedi vizsgálatoknál is gyakori probléma, hogy nem áll rendelkezésre a megfelelő helyszín, jelentsen az vizsgáló helyiséget vagy istállóí rögzítő eszközöket (pl. kaloda, nyakfogó), de gondot okozhat a gyűjtött minták gyors laboratóriumba juttatása is. Ugyanakkor a megbetegedések kezeléséhez elengedhetetlenek az időben elvégzett klinikai és laboratóriumi diagnosztikai vizsgálatok is.

Célkitűzéseink:

Kutatásunkban azt vizsgáltuk, hogy a folyamatos, valós idejű mérések alkalmasak-e a kritikus mikroklimatikus tényezők hosszú távú dinamikájának és napi mintázatainak, valamint az egyes paraméterek összefüggéseinek monitorozására, és ezáltal alapul szolgálhatnak-e egy BRDC előrejelzésére használható precíziós állattenyésztési (PLF) rendszer kifejlesztéséhez.

Fő hipotézisünk, hogy a környezet fokozottabb ellenőrzésével (hőmérséklet, páratartalom, szélesebesség, porterhelés) és az egyes klinikai, valamint labordiagnosztikai vizsgálatok alkalmazásával a betegségtünetek észlelése és az esetlegesen szükséges beavatkozások időtartama rövidül, az állatok kevesebb ideig vannak kitéve a káros hatásoknak, így a megbetegedések (elsősorban légzőszervi, BRDC) száma csökken:

1. Környezetdiagnosztiai PLF technológiák telepi körülmények közötti alkalmazhatóságának vizsgálata borjútartási környezetben.
2. A BRDC szempontjából kritikus környezeti tényezők monitorozása és kritikus értékek azonosítása.
3. A BRDC szempontjából kritikus környezeti tényezők specifikus mintázatainak keresése, a kapcsolódó technológiai folyamatok és azok szerepének vizsgálata.
4. Eltérő borjúnevelő épületek összehasonlítása a BRDC szempontjából kritikus környezeti tényezők alakulása szempontjából.
5. Az eltérő borjúnevelő épületekben nevelt borjak egy csoportjának nyomonkövetése a borjúnevelés időszakában: telepi körülmények között elvégezhető és megszervezhető klinikai és labordiagnosztikai vizsgálatok elvégzése és azok állomány-diagnosztikai szerepének vizsgálata.
6. A klinikai és labordiagnosztikai eredmények alapján az eltérő épületekben való borjúnevelési technológia összehasonlítása.
7. A környezetdiagnosztikai és állomány-diagnosztikai eredmények összevetése és ajánlás megfogalmazása BRDC megelőzése és időben történő felismerése céljából az állattartó-telepi monitoring rendszerek fejlesztéséhez.

2 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A BRDC KÁRTÉTELE, HAJLAMOSÍTÓ TÉNYEZŐK

A klinikai esetek általában csak a jéghegy csúcsát jelentik, a tüdőelváltozásokkal sokkal nagyobb arányban találkoznak a vágóhidakon (Timsit és mtsai., 2016; Stokstad és mtsai., 2020). Egy cseh felmérésben a borjak 9,22 %-ánál heveny, míg 35,63 %-ánál idült tüdőelváltozásokat találtak a vágóhídi húsvizsgálat során (Kaluza és mtsai., 2021). Az akut megbetegedések gazdasági veszteségeire az elhullások és kezelések költségeiből lehet következtetni, de a közvetett károk sem elhanyagolhatók, a csökkent takarmányértékesítéssel és súlygyarapodással (Guterbock, 2014; Stokstad és mtsai., 2020), az első termékenyítés és az első ellés idejének elhúzódásával (Ózsvári és mtsai., 2012; Ózsvári és Búza, 2015), valamint az alacsonyabb első laktációs tejtermelés miatti veszteségekkel (Dunn és mtsai., 2018) is számolni kell.

Az elsődleges fertőző ágensek az esetek 90%-ában vírusok, melyek közül a legjelentősebbek a szarvasmarhák járványos köhögésének vírusa (BRSV), a parainfluenza-3 vírus (PI-3V), a szarvasmarhák fertőző rhinotracheitisének vírusa (BHV-1, IBR), a szarvasmarhák vírusos hasmenésének vírusa (BVDV) és a szarvasmarha koronavírus (BCoV) (O'Neill és mtsai., 2014). A gazdaszervezet fogékonyságától és a vírustörzsek közötti heterogenitástól függően (Mosier, 2014) közvetlenül is okozhatnak megbetegedést, vagy hozzájárulhatnak másodlagos bakteriális fertőzések kialakulásához, amelyek főként a következőknek tulajdoníthatók: *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, *Histophilus somni* és *Mycoplasma bovis* (Lorenz és mtsai., 2011). Stressz hatására szaporodnak és kolonizálják az alsó légutakat, ráadásul a közvetlen szövetkárosodást virulenciafaktoraik (tok képződés, adhezinek, toxinok, enzimek, biofilmképzés) fokozzák. Mindezek intenzív gyulladást váltanak ki, sőt, köztük szinergizmus is felléphet, ami még súlyosabb betegségekhez vezet (Pancieri és Confer 2010; Taylor és mtsai., 2010; Mosier, 2014). Bár ezek a kórokozók izolálhatók a BRDC tüneteit mutató borjak légutakból, a kísérleti fertőzésekkel nem tudták reprodukálni a BRDC tipikus tüneteit (Jericho és Langford, 1978), ráadásul az ilyen kórokozók egészséges szarvasmarhák légutaiból is izolálhatók (Allen és mtsai., 1992; Fulton és mtsai., 2002) és a terepi viszonyok sem reprodukálhatók teljes mértékben a kísérletes fertőzések során (Philippe-Reversat és mtsai., 2017). Mindez arra utal, hogy az egyedi ellenállóképesség és a különböző hajlamosító tényezők is meghatározóak a BRDC kialakulásában. A különböző mentesítési programokkal eradikálható az IBR és a BVDV az állományokból, a skandináv országok, Svájc, Németország, egyes olasz tartományok és Csehország már IBR-mentesek, míg Szlovákia, Magyarország, Lengyelország és Ukrajna IBR ellenőrzési programokat működtet (Mandelik és mtsai., 2021).

A szarvasmarhák anatómiai, fiziológiai és immunológiai tulajdonságaik miatt hajlamosabbak a tüdőgyulladásra, például a magas légzési holttérfogat, a rossz kollaterális szellőzés, a pulmonális intravaszkuláris makrofágok és a keringő gamma-delta T-sejtek miatt. A légzési holttér önmagában nem feltétlenül rontja a légutak védelmét, ugyanakkor nagy felületet biztosít a levegőben lévő porrészecskék lerakódásához, és növelheti a belélegzett gázok és por tranzitidejét is (Ackermann és mtsai., 2010). Mások úgy vélik, hogy a genetikai rezisztenciát célozva fokozható az öröklött ellenállóképesség (Mosier, 2014).

2.1.1 A környezeti tényezők szerepe a BRDC kialakulásában

2.1.1.1 Tartástechnológiai lehetőségek

A környezeti tényezők befolyással bírnak a betegségek előfordulására és súlyosságára (Gulliksen és mtsai., 2009b), ezért a tartástechnológiai feltételek kialakításakor igyekszünk ezek hatását enyhíteni (Roland és mtsai., 2016), különös tekintettel a környezeti hőmérsékletre és páratartalomra, amelyeket figyelembe kell venni a hőszabályozásra és a termelésre gyakorolt hatásuk miatt (Seedorf és mtsai., 1998).

Már az 1950-es években is vizsgálták a szabadtéri, egyedi borjúnevelés előnyeit a beltéri csoportos tartással szemben: az előbbi esetben nagyobb súlygyarapodásra, kevesebb hasmenéses betegségre és elhanyagolható számú légzőszervi problémára számítottak (Davis és mtsai., 1954). A kültéri borjúházak előnyösek a légzőszervi és egyéb betegségek megelőzése szempontjából, mivel megkönnyítik a levegő szabad mozgását, a kültéri levegőben alacsonyabb a kórokozók koncentrációja és a ketreceket megfelelő távolságra lehet elhelyezni a borjak közötti kontaktus csökkentése érdekében (Callan és Garry, 2002; Gorden és Plummer, 2010; Malá és Novák, 2021), így összességében alacsonyabb morbiditás és mortalitás jellemző. A tartástechnológiai rendszerek kiválasztásakor azonban nemcsak a borjak alapvető igényeivel kell számolni, hanem a telepi dolgozók munkakörülményeit is figyelembe kell venni (Malá és Novák, 2021), mivel az állatok gondozása kedvezőtlen időjárási körülmények között nehéz (Lorenz és mtsai., 2011). A munkavállalók kényelmének növelése és a borjak hideg stressznek való kitettségének csökkentése érdekében az istállóban való tartás is népszerű. Habár ilyenkor gyakran a borjak számának maximalizálására töreksenek (Nordlund, 2008; Gorden és Plummer 2010), ami kedvezőtlen gyakorlat a levegőben terjedő betegségek szempontjából (Islam és mtsai., 2020). Az istállóban felállított ideális egyedi borjúketrec legalább 3 m² alapterületű, mindkét oldalon szilárd válaszfallal, míg a végein (drót)hálókkal határolt és mély szalmával almozott (Lago és mtsai., 2006). A szilárd falak használatával elkerülhető a borjak közötti közvetlen érintkezés, csökken a kórokozók terjedése az egyes ketrecek között és ezáltal a légzőszervi megbetegedések előfordulása (Nordlund, 2008). Az ilyen borjúketrecek mikroklímája azonban jelentősen eltérhet

az istálló központi részétől (Lorenz és mtsai., 2011). Ez erősen szennyezett mikrokörnyezet kialakulásához vezethet egy egyébként jól szellőző istállóban (Nordlund, 2008), növelheti a levegő élőcsíra terhelését, amely a légzőszervi megbetegedések előfordulásával függ össze (Lago és mtsai., 2006). A tejhasznú állományok borjainál a szabadtéri borjúházak alkalmazásakor alacsonyabb morbiditással és mortalitással lehet számolni, továbbá az így nevelt borjak jobb termelési és szaporodásbiológiai mutatókkal rendelkeznek, mint fedett területen, egyedi ketrecekben tartott társaik (Malá és Novák, 2021). Az egyedi borjúházak számos különböző anyagból készülhetnek, mindegyik bír előnyökkel és hátrányokkal is. Mikroklímátikus szempontból a fából készült borjúházak előnyösebbek nyáron, míg a ponyva (*tarpaulin*), üvegszálás vagy polietilén verziók ilyenkor nagyon felmelegedhetnek, ha hiányoznak róluk a szellőzőnyílások (Malá és Novák, 2021). Az Európai Unióban a borjak nevelése során nem lehet tömör válaszfalakat használni, és az egyedi tartás is csak 8 hetes korig engedélyezett a helyigény és a társas viselkedés miatt (Európai Tanács, 2009).

A természetesen szellőztetett istállók éghajlati viszonyai korrelálnak a külső hőmérséklettel, és szezonális mintázat is megfigyelhető (Seedorf és mtsai., 1998). Az istálló mikroklímáját számos tényező határozza meg, mint például a levegő hőmérséklete és az istálló felületei, a páratartalom, a légmozgás, a káros gázok koncentrációja, a por és a levegő csíra-terheltsége (Roland és mtsai., 2016). Az állománysűrűség növekedésével az istálló hőmérséklete lineárisan nő (Cooper és mtsai., 1998). Alacsonyabb állománysűrűség esetén csökken a beltéri és kültéri hőmérséklet közötti különbség, és megfigyelhetők a különböző állománysűrűségű istállórészek közötti hőmérséklet különbségek is (Wagner-Storch és Palmer, 2002).

2.1.1.2 Kiscsoportos tartástechnológia

A csoportos tartás az egészség és az állatjólét szempontjából is egyre népszerűbb (Roland és mtsai., 2016), lényegesen kevesebb munkaerőt igényel, és bizonyos esetekben jól gépesíthető. A kültéri csoportos tartás ötvözi az egyedi ketreces és a csoportos tartás előnyeit (Nilsson, 2012; Wójcik J és mtsai., 2013), mivel a kültéri elhelyezés jobb levegőminőséget és higiéniát, alacsonyabb mortalitást, magasabb takarmányfogyasztást és növekedési ütemet biztosít a beltéri elhelyezéshez képest, ugyanakkor kültéren is biztosítani kell a huzatmentes környezetet és a megfelelő almozást (Roland és mtsai., 2016). Egy németországi kísérletben (Wójcik J és mtsai., 2013), a 3 hetes és 3,5 hónapos koruk között, 15 fős csoportokban, iglukban tartott borjak testtömege és napi súlygyarapodása szignifikánsan nagyobb volt, míg a betegnapok száma, valamint az elhullások száma és aránya alacsonyabb volt az istállókban csoportosan elhelyezett borjakhoz viszonyítva. Egy lengyel kísérletben a borjakat (5. és 90. napos életkor között) beltéri csoportos karámokban (5 borjú/karám) és egyedi kültéri borjúházakban nevelték. Az első

hónapban nem volt különbség a csoportok napi testtömeg-gyarapodása között, de később a beltérben nevelt borjakat nagyobb takarmányfelvétel és napi testtömeg-gyarapodás, ebből következően nagyobb testtömeg jellemezte, míg a kültéri rendszer pozitív hatással volt a morbiditásra, főként tüdőgyulladás és hasmenés vonatkozásában (Wójcik A és mtsai., 2013). Egy svéd tanulmány szerint (Nilsson, 2012), a légzőszervi megbetegedések száma kevesebb mint felére esett vissza, de a hasmenés előfordulása is csökkent, és az antibiotikum-használat majdnem felére csökkent, miután a hagyományos beltéri csoportos tartásról a kültéri csoportos elhelyezésre váltottak. Az igluszerű kültéri borjúházak előnyei nemcsak mérsékelt, hanem rendkívül száraz környezetben is nyilvánvalóak (Razzaque és mtsai., 2009).

A csoportokat alapvetően két rendszer szerint lehet kialakítani. A stabil, *all-in-all-out* rendszerben a csoportok azonos korú borjakból állnak, és amikor a csoportokat áthelyezik, a borjúházat takarítják, fertőtlenítik és pihentetik az újabb borjak újratelepítése előtt. A dinamikus rendszerekben a csoport mérete állandó, az idősebb borjakat folyamatosan fiatalabbak váltják, így a borjúházat csak néhány havonta takarítják és fertőtlenítik. A légzőszervi és hasmenéses megbetegedések több mint kétszer olyan gyakoriak voltak a dinamikus csoportokban (6-6 borjú), mint a stabil csoportokban (Pedersen és mtsai., 2009). Számos ajánlás vonatkozik az ideális csoportméretre, egyesek 6-10 borjút javasoltak (Svensson és Liberg, 2006; Bach és Ahedo, 2008; Babu és mtsai., 2009), más források a kisebb, 2-6 fős csoportokat részesítik előnyben (Losinger és Heinrichs, 1997). Az *all-in-all-out* rendszer ajánlott, például egy norvég felmérés szerint a légzőszervi megbetegedések 3,9-szer gyakoribbak voltak az olyan csoportokban, ahol a borjak közötti korkülönbség több mint 8 hét volt (Gulliksen és mtsai., 2009b). Kiscsoportos (8 borjú) borjúházakat vizsgálva, amelyekben a csoportban 2 vagy 3 olyan borjút is neveltek, amik a csoportosítás idején tünetmentesek voltak, de a választás előtt BRDC-ben megbetegedtek, a BRDC-s esetek és visszaesések száma fokozatosan nőtt, az első betegségig eltelt napok száma csökkent (10,8 nap vs. 22,5 nap), továbbá alacsonyabb testtömeget és napi súlygyarapodást figyeltek meg a korábban BRDC-nek ki nem tett borjak csoportjához képest (Bach és mtsai., 2011).

Összességében az egyedi vagy kiscsoportos tartásmód kedvezőbb a nagy csoportokkal szemben (Lorenz és mtsai., 2011). A kültéri borjúházak (egyedi, páros vagy csoportos) jobb mikroklimatikus adottságokkal rendelkeznek, mint az árnyalótetőzettel ellátott fedett, illetve a hagyományos borjúistálló-épületek, azonban a borjúházak munkaerőigénye jelentősebb (Malá és Novák, 2021). Bár általánosan elfogadott, hogy a beltéri tartás nagyobb kihívást jelent a BRDC elkerülésében, az elmúlt 40 év vizsgálatainak elemzése nem tudja egyértelműen megerősíteni (Ollivett, 2020). A sikeres borjúneveléshez azonban a jó telepi menedzsment és a borjak rendszeres ellenőrzése még kiscsoportos tartásmód esetén sem elhanyagolható (Babu és mtsai., 2009).

2.1.2 Mikroklimatikus viszonyok és levegőminőség

Állategészségügyi és állatjóléti szempontból alapvető fontosságú a jó levegőminőség, amelyet az épületek és szellőztetőrendszereik tervezése és üzemeltetése, az állománysűrűség, a testméret, a padlózat és az alom anyaga és minősége, valamint a trágyakezelés határoz meg (OIE, 2021). Még nem ismert pontosan, hogy mely levegőminőségi paraméterek hozhatók összefüggésbe a (szub)klinikai tüdőgyulladással és más légúti gyulladásokkal, de a legújabb eredmények szerint az átlaghőmérséklet, az ammóniakoncentráció és a légmozgás a legjelentősebb (van Leenen és mtsai., 2020). Gyakorlati és gazdasági okokból a helyszíni méréseket általában egyetlen napon végzik (pl. hőmérséklet és relatív páratartalom), de a légszennyező anyagok koncentrációja nagyobb változékonyságot mutat időben, mint térben (Groot Koerkamp és mtsai., 1998), a legtöbb mikroklimatikus paramétert napi változás jellemzi, így dinamikájuk legjobban 24 órás mérésekkel vizsgálható (Seedorf és mtsai., 1998; van Leenen és mtsai., 2020). A méréseknek a mezőgazdasági munka minden fázisát reprezentálniuk kell, és optimálisan az állatok magasságában kell elvégezni. Az élet első 8 hetében a borjak idejük nagy részét (kb. 70%) fekvé töltik, tehát ebben a korban pl. az NH_3 koncentráció mérésekor, az alom feletti 20–30 cm (Lago és mtsai., 2006; Kaufman és mtsai., 2015), illetve 50 cm magasság (van Leenen és mtsai., 2021, 2020) az ideális. Másrészt a pontszerű és folyamatos mérések a vizsgált időszak éghajlati paramétereit jellemzik, amelyek ugyan szerepet játszhatnak az egyidejű szubklinikai vagy klinikai állapotok fenntartásában, de ezek kialakulásában az előző napok, hetek vagy akár hosszabb időszakok éghajlati jellemzőinek hatása feltételezhető (van Leenen és mtsai., 2020). Emiatt a környezeti feltételek (pl. hőmérséklet és páratartalom) hosszú távú monitorozására a digitális adatgyűjtők (*logger*) használata értékes eszköz (Müller, 2021), különösen, ha az adatok valós időben hozzáférhetők.

2.1.2.1 Hőmérséklet, relatív páratartalom és szélesebbesség

Az tartástechnológiai feltételek kialakításakor arra törekszünk, hogy a borjak számára a legmegfelelőbb mikroklimatikus körülményeket hozzuk létre, amelyet az istálló levegőjének és felületeinek hőmérséklete, a relatív páratartalom (RH), a légmozgás, valamint a káros gázok, por és mikrobák koncentrációja határoz meg (Roland és mtsai., 2016). A borjak hőszabályozása születésük után jól működik, így amíg megfelelő mennyiségű energia, valamint száraz alom és huzatmentes környezet áll rendelkezésre, jól alkalmazkodnak a külső hőmérséklethez. Ugyanakkor, a Német Szabványügyi Intézet szerint 60 kg testtömegig 16-20 °C, 60-150 kg-ig 10-20 °C környezeti hőmérséklet az ajánlott (Roland és mtsai., 2016). Az alacsony hőmérséklet nemcsak önmagában, hanem más kedvezőtlen tényezőkkel (páratartalom és huzat) kombinálva növeli a morbiditást és a mortalitást: egy dán tanulmány szerint az alacsony hőmérséklet és a magas relatív páratartalom (< 10 °C és > 85% relatív páratartalom) rontja a borjak egészségét

(Nonnecke és mtsai., 2009). Az állattartó épületek RH értéke függ a környezeti hőmérséklettől, a vizelet és bélsár mennyiségétől, az alom abszorpciós képességétől és az elfolyó ivóvíztől (Islam és mtsai., 2019a). A meleg levegő több vizet képes megtartani, így változatlan víztartalom és növekvő hőmérséklet mellett az RH csökken. Kevés ajánlás van a páratartalomra a természetesen szellőző istállókban, Malá és Novak szerint a borjúistállókban és borjúházakban (*hutch*) az optimális RH 50 és 70-80% között változhat (Malá és Novák, 2021, Müller, 2021). Az emelkedett RH fokozza a hideg és a huzat hatását, komplex és közvetett befolyással lehet a légzőszervi kórokozók túlélésére és szaporodására (fajuktól és tulajdonságaiktól függően). Megemelkedett Wisconsin-pontszámokat (validált klinikai pontozási rendszer légzőszervi betegségekre, McGuirk és Peek, 2014) és a bronchoalveoláris lavage (BAL) mintákban megnövekedett bazofil granulocitaszámot írtak le olyan esetekben, amikor a RH 24 órán át magas volt (van Leenen és mtsai., 2020). Megfigyelték, hogy negatív korreláció van a minimum, maximum és átlaghőmérséklet és az RH között, míg pozitív kapcsolat van a csoportos borjúkretrecek átlagos hőmérséklete és az ultrahanggal kimutatható szöveti elváltozások között (van Leenen és mtsai., 2020). Ugyanakkor az alacsony RH (< 50%) kiszáríthatja a légutak hámfelületét, ami fertőzésekhez vezethet (Malá és Novák, 2021).

A páratartalom optimalizálása és a levegőben lévő kórokozók elleni védekezés érdekében elengedhetetlen a megfelelő szellőzés, de kerülni kell a huzatos környezetet (**1. Táblázat**): alacsony hőmérsékleten a > 0,2 m/s, magas hőmérsékleten pedig a > 0,6 m/s sebességű légmozgás kedvezőtlen (Malá és Novák, 2021). Az istállókban gyakran mérhető alacsony (< 0,25 m/s) légsebesség, ami nem tudja mozgatni a szélkerekes anemométerek lapátjait, ebben az esetben ajánlott hődrótos anemométerek használata (Fournel és mtsai., 2017). A kültéri borjúházakat gyakran az istállók szélvédett oldalára telepítik, máskor viszont nyílt területen helyezik el, ahol ki vannak téve a szélnek (Malá és Novák, 2021).

1. Táblázat A borjúnevelés során javasolt légmozgásra vonatkozó határértékek (m/s),

Javaslat	Körülmények	Határérték feletti események	Forrás
≤ 0,25 m/s	téli időszak		Webster 1984
≤ 0,2 m/s	alacsony hőmérsékleten		Roland és mtsai., 2016
≤ 0,6 m/s	magas hőmérsékleten		Roland és mtsai., 2016
< 0,5 m/s	pontmérés		Lundborg és mtsai., 2005
< 0,8 m/s	folyamatos (24 órás) mérés	<ul style="list-style-type: none"> • ≥ 3 cm tüdőléziók OR-ja = 6,8 • ≥ 6 cm tüdőléziók OR-ja = 15,9 	van Leenen és mtsai., 2020

Magyarázat: OR = odds ratio

A légmozgás légzőszervi megbetegedésekre és borjak hőérzetére gyakorolt hatását gyakran a környezeti hőmérséklettel összefüggésben értékelik, mivel a légmozgásnak hűtő hatása van, ezáltal növeli a hidegstresszt. Ez a téli időszakban enyhíthető a borjúházak bejáratának megfelelő déli, vagy délkeleti tájolásával (Malá és Novák, 2021). Azonban nem találtak összefüggést a légmozgás és a hőmérséklet között, és az alacsony hőmérsékletnek önmagában nem volt hatása, így feltehetően a huzat okoz először légúti gyulladást, ami később tüdőgyulladássá progrediálhat (van Leenen és mtsai., 2020). Az ultrahanggal kimutatható tüdőszöveti elváltozások huzatos környezetben jellemzőek (Buczinski és mtsai., 2018a), egy vizsgálatban az ≥ 1 cm méretű léziók prevalenciája 81,8% volt a huzatos és 54,2% a meleg, száraz és ammóniában gazdag környezetben, szemben a normál környezeti feltételek melletti 31,6%-kal (van Leenen és mtsai., 2020). Az ultrahangvizsgálat azonban nem tud különbséget tenni heveny és idült folyamatok között, így nem lehet egyértelmű ok-okozati összefüggést levonni a léziók és a pillanatnyi légmozgás között.

A szintetikus anyagokból készült borjúházak mikroklímája kedvező lehet a hideg, esős és szeles körülmények között. Egy téli vizsgálatban, bár a borjúházak átlaghőmérséklete csak 2,5 °C-kal volt magasabb a külső hőmérsékletnél, a szélesebbé jelentősen alacsonyabb volt, és pozitívan korrelált a borjúházakban való benttartózkodással (Hoshiba, 1986). A meleg és párás körülmények azonban hátrányosak lehetnek: egy amerikai tanulmány szerint nyáron átlagosan 2 °C-kal volt melegebb és 8 %-kal volt magasabb a RH, mint a kültéren (Hill és mtsai., 2011). A magas RH kondenzációhoz vezet, azaz a nedvesség lecsapódhat a borjúház falán, ezzel átáztatva az almot és a borjak kültakaróját (Roland és mtsai., 2016). A klímaváltozás Közép-Európában is érezteti hatását, és a forró nyarakon nemcsak a kritikus hőmérséklet és hőmérséklet-páratartalom index, hanem ezek időtartama is meghatározó a hőstressz szempontjából (Kic, 2022). A megfelelő tájolás azonban segítséget jelenthet, így, ha a borjúházak bejárata kelet vagy észak felé irányul, azzal nyáron kissé mérsékelhető a napsugárzás okozta hőterhelés. Egy magyarországi vizsgálatban a borjak légzésszáma és a napi átlaghőmérséklet nem különbözött a különböző tájolások között, viszont a reggeli és délutáni eredmények irányonként eltértek, ráadásul a keletre vagy északra néző borjúházakban lévő borjakat gyakrabban figyelték meg árnyékban, mint a déli vagy nyugati fekvésű borjúházakban nevelt társaikat (Bakony és mtsai., 2021). Egy magyarországi állományokat vizsgáló retrospektív elemzés szerint 0-14 napos borjakban az 5-18 °C átlaghőmérsékletű időszakokhoz képest a 22 °C átlaghőmérsékletű időszakokban a mortalitás kockázata kétszeres. Emiatt a kültéri borjúnevelésben rendkívül fontosak a hőstresszt csökkentő intézkedések, ha az átlaghőmérséklet eléri a 22 °C-ot, ami a nyári időszakban egyre gyakoribb a kontinentális régióban a globális felmelegedés miatt (Jurkovich és mtsai., 2024).

2.1.2.2 Káros gázok

Az istállókban előforduló potenciálisan káros gázok az ammónia, a szén-dioxid, a szén-monoxid, a dihidrogén-szulfid és a metán (Roland és mtsai., 2016). Részben az állatok élettani funkcióival összefüggésben, részben pedig a bélsár és vizelet bomlása során keletkeznek, de bizonyos technológiai folyamatokkal is összefüggenek. Folyamatos mérésekkel kirajzolódik az egyes káros gázok koncentrációjának napi dinamikája, és azonosíthatók a kapcsolódó technológiai folyamatok is (Zou és mtsai., 2020). Egyes istállógázok gázok koncentrációja gyakran az eszközök alsó érzékelési határa körül alakul, ezért az így kapott adatokat óvatosan kell kezelni.

2.1.2.2.1 Ammónia

Az NH_3 színtelen, jellegzetes szúrós szagú gáz, amely egyenletesen oszlik el az istálló légterében (Rafai, 2003). Az istállógázok közül NH_3 játszatja a legfontosabb szerepet a légzőszervi megbetegedések kialakulásában, mivel közvetlenül károsítja a légzőhámot, csökkenti a csillós hámsejtek számát (Brscic és mtsai., 2010), ezzel gyengítve a mukociliáris áramlást (Lundborg és mtsai., 2005). Az NH_3 vízdékony, így maró ammónium-hidroxidot képez a nedves légutakban, ezzel károsítva az epitheliális barriert és előkészítve az utat a patogén és opportunistá mikrobák okozta fertőzéshez (Brautbar, 1998; Seedorf és Hartung, 1999; Teye és mtsai., 2008; van Leenen és mtsai., 2020). Nagyobb koncentrációban könnyezést, orrfolyást, köhögést (Phillips és mtsai., 2010) és akár szaruhártya-fekélyeket is okozhat (Teye és mtsai., 2008), de a szerves aeroszol-összetevők (szulfátok, nitrátok, kloridok) prekursoraként közvetett szerepet játszik a 2,5 μm -es szállópor frakció ($\text{PM}_{2,5}$) kialakulásában is (Joo és mtsai., 2015).

A szarvasmarhák a felesleges nitrogént karbamiddá alakítják és vizelettel választják ki, míg az emésztetlen (takarmány eredetű, mikrobiális és endogén) fehérjék a bélsárral ürülnek, amelyek az összes kiválasztott nitrogén 70%, illetve 30% -át teszik ki (Groot Koerkamp és mtsai., 1998; Rafai, 2003). A karbamidot a mikrobiális ureáz alakítja NH_3 -vá, továbbá az NH_3 termelése és felszabadulása függ a hőmérséklettől, az RH-tól, a trágya nedvesség- és nitrogéntartalmától, valamint a tartási technológiától is, azonban az eltérő NH_3 koncentrációk nem magyarázhatók teljes mértékben a hőmérséklettel és a páratartalommal (Seedorf és Hartung, 1999). A káros hatás nemcsak a koncentrációtól, hanem az expozíciós időtől, a további légszennyező anyagoktól és más környezeti tényezőktől is függ (Wathes és mtsai., 2003).

Nincs konszenzus a megengedett NH_3 koncentrációt illetően (**2. Táblázat**), a maximálisan elfogadható értékek (maximum acceptable concentrations, MAC) az állatfajtól, az expozíciós időtől és az országtól függően 10 és 50 ppm között vannak (Groot Koerkamp és mtsai., 1998). Számos tanulmány kimutatta, hogy a gyakorlatban mérhető NH_3 koncentrációk alacsonyabbak a határértékeknél (**3. Táblázat**), és a tejhasznú és húshasznú gazdaságok nyitott istállóiban alacsonyabb értékek jellemzők, mint a zárt istállókban (Brscic és mtsai., 2010).

2. Táblázat Az állattartásban és humán viszonylatban javasolt, illetve megengedett NH₃ koncentrációk (ppm),

Javasolt / megengedett érték	Célcsoport	Körülmények	Forrás
≤ 25 ppm	tejhasznú szarvasmarha	zárt tartás	OIE, 2021
≤ 20 ppm	állatok és emberek		CIGR, 1984; EFSA, 2009
≤ 10 ppm	húshasznú szarvasmarha	szigetelt épületek	SCAHAW, 2001
≤ 10 ppm	nem meghatározott		Lundborg és mtsai., 2005
50 ppm	humán	PEL-TWA	OSHA, 2021
25 ppm	humán	REL-TWA	NIOSH, 2021
35 ppm	humán	REL-STEL	NIOSH, 2021

Magyarázat:

- PEL-TWA = Megengedett expozíciós határértékek - idővel súlyozott átlag (Permissible exposure limit, time-weighted average)
- REL-TWA = Javasolt expozíciós határértékek - idővel súlyozott átlag (Recommended exposure limit, time-weighted average)
- REL-STEL = Javasolt expozíciós határértékek – rövid idejű expozíciós határérték (Recommended exposure limit short-term exposure limits)

Azonban nem írtak le egyértelmű *koncentráció vs. káros hatás* összefüggést, így nem egyértelmű, hogy milyen NH₃ koncentrációt vehetünk alapul a tejelő állományok / borjak esetében (Seedorf és Hartung, 1999; Kaufman és mtsai., 2015). Az olyan borjúprofilaktóriumokban és a zárt borjúistállóknban, ahol az NH₃ koncentrációja meghaladja a 30 ppm-et, gyakori a köhögés és a tüdőgyulladás, míg a zárt istállóknban 25 ppm NH₃ cc. felett a tejtermelés várhatóan 10%-kal csökken (Rafai, 2003). Sertésekben 6 napon át tartó 25 ppm NH₃ koncentrációnak való kitettség mellett az orrváladék lavage mintákban (*nasal lavage*) emelkedett fehérvérsejtszám volt jellemző (Urbain és mtsai., 1994), emellett az orrnyálkahártya szövettani módszerekkel kimutatható irritációjáról és a légcső simaizom összehúzódásának funkcionális károsodásáról is beszámoltak (Urbain és mtsai., 1996). Viszonylag magas (kb. 30–45 ppm) NH₃ koncentrációnál emelkedett neutrofil granulocita arányt és makrofág aktivitást mutattak ki borjak BAL mintáiban, ami aktív tüdőgyulladásra utal, de ezek az expozíció után 4 héttel már nem voltak kimutathatók (Phillips és mtsai., 2010). Svájcban megnövekedett antibiotikum-használatról számoltak ≥10 ppm NH₃ koncentrációjú környezetben hizlálásra tartott borjaknál (Schnyder, 2019). Sertésekben a *P. multocida* okozta torzító orrgyulladás súlyossága szignifikánsan emelkedett már 5 ppm NH₃ cc. mellett is, szemben a 0 ppm értékkel (Hamilton és mtsai., 1996), azaz az NH₃ negatív hatása még alacsony koncentrációban is jelentős lehet. Borjakban ≥ 1 cm-es tüdőelváltozásokat detektáltak ultrahanggal >4 ppm NH₃ cc. koncentráció mellett, továbbá a növekvő NH₃ koncentráció esetén a BAL mintákban emelkedett magas sejtszámot és

megnövekedett hámsejtarányt mutattak ki (van Leenen és mtsai., 2020). Bár a borjútartásban mérhető NH₃ koncentrációk általában az iránymutató / határértéknél alacsonyabbak, negatív hatásai már alacsony koncentrációban is jelentősek lehetnek, ráadásul az épületekben egyéb káros gázok, aeroszolok is jelen lehetnek egyidejűleg, amelyek szintén a légutak károsodásához vezethetnek. Úgy gondolják, hogy az alacsony NH₃ koncentrációnak való krónikus expozíció szerepet játszik a BRDC kialakulásában, ezért figyelembe kell venni az expozíciós időt és javasolt folyamatos méréseket végezni: pl. egy belga vizsgálatban >4 ppm NH₃ koncentrációkat átlagosan napi 0,51 ± 1,47 órán keresztül mérték (0-6,3 óra) (van Leenen és mtsai., 2020).

3. Táblázat Különböző szarvasmarha-tartási környezetben mért NH₃ koncentrációk,

Koncentráció	Hasznosítási irány	Körülmények	Forrás
0 - 8 ppm	tejhasznú szarvasmarha	almozott, pihenőboxos tartás, Észak-Európa (DE, DK, NL, GB)	Groot Koerkamp és mtsai., 1998
0 - 8 ppm	tejhasznú borjú	almozott / rácspadlós csoportos tartás, Észak-Európa (DE, DK, NL, GB)	
3,7 ppm	borjú	alommal / alom nélkül, DE	
6,4 ppm	tejhasznú szarvasmarha	alommal / alom nélkül, DE	Seedorf and Hartung, 1999
4,7 ppm	húshasznú szarvasmarha	alommal / alom nélkül, DE	
2,2 ppm (0-4 ppm)	tejhasznú borjú	borjúketrec, téli időszak, természetes szellőzésű istálló	Lago és mtsai., 2006
1,4 - 3,0 ppm	tejhasznú szarvasmarha	természetes szellőzésű, szabad forgalmú istálló	Zhao és mtsai., 2007
< 4 ppm (15 ppm-ig)	húshasznú borjú	beltér, teljesen rácsos padozat, ITA	Brcsic és mtsai., 2010
0,6-1,9 ppm	tejhasznú tehén	nem szigetelt, szabad tartás, 10 percenkénti mérések, EST	Kaasik and Maasikmets, 2013
2,13 ppm (1,6 mg/m ³)	tejhasznú borjú	borjúházak és borjúketrecek, egyszeri mérés, CAN	Kaufman és mtsai., 2015
< 1,87 ppm (< 1,4 mg/m ³)	tejhasznú borjú	különböző tartásmódú istállók, hetente mérés, CAN	
0,16-2,18, és 0,38-2,85 ppm	tejhasznú tehén	természetes szellőzésű istállók, USA	Joo és mtsai., 2015
1,7 ppm (10 ppm-ig)	tej- és húshasznú borjú	csoportos tartás (2-32 borjú/csoport), BEL	van Leenen és mtsai., 2020
0,66 ppm (0,07-2,00)	tejhasznú borjú	borjúketrecek	Bonizzi és mtsai., 2022

A mérőcsöves eszközök gyors NH₃ meghatározásra alkalmasak. Ezeket a gyártó előírásai szerint légköri nyomással kell korrigálni, de telepi körülmények között korrekció nélkül is

elfogadható értékeket kaphatunk (Kaufman és mtsai., 2015). A digitális eszközökkel többféle káros gáz is mérhető egyszerre (Lundborg és mtsai., 2005), bár a szenzorok működési elve miatt egyes gázok keresztreakcióba léphetnek (pl. H_2S), ami fals eredményekre vezethet.

Egyes adatok szerint nincs összefüggés a szarvasmarha istállóiban mérhető hőmérséklet és az NH_3 , illetve a RH és NH_3 között (Seedorf és Hartung, 1999; Kaufman és mtsai., 2015), míg mások azt állítják, hogy az NH_3 koncentráció hőmérsékletfüggő, napi mintázatot mutat, és délután a legmagasabb (Teye és mtsai., 2008). Egy kínai vizsgálatban az emelkedett NH_3 koncentrációt a hőmérséklet emelkedésével és a trágya ureázaktivitásának fokozódásával magyarázták. Azonban alacsony NH_3 koncentráció volt jellemző alacsonyabb hőmérsékleten és magasabb relatív páratartalom mellett, ami vélhetően az NH_3 vízben való oldódásának tudható be (Saha és mtsai., 2014; Zou és mtsai., 2020). Egy másik vizsgálatban alacsonyabb NH_3 koncentrációt mértek márciusban és májusban, mint télen, míg a ventilációs ráta (az istálló levegő óránkénti cseréinek száma) májusban és júliusban magasabb volt, mint novemberben (Joo és mtsai., 2015). Az alom tisztán és szárazon tartása segít csökkenteni az NH_3 koncentrációt, amelyet az alom mélysége és az istálló szellőzése is befolyásol (Kaufman és mtsai., 2015). Mások szerint azonban nincs összefüggés a különböző levegőminőségi paraméterek (pl. hőmérséklet, páratartalom, káros gázok) és az alom szárazsága között (van Leenen és mtsai., 2020). Az NH_3 napi dinamikáját elemezve a trágyaeltávolító berendezés működése során és az állatok fokozott mozgása (etetés, fejés) idején emelkedett, míg éjszaka fokozatosan csökkenő koncentrációról számoltak be (Zou és mtsai., 2020).

2.1.2.2.2 Kén-hidrogén

A H_2S a levegőnél nehezebb színtelen gáz, amely trágya fehérje és egyéb kéntartalmú vegyületeinek bomlása során képződik. Jellegzetes záptojás szaga már < 300 ppb ($< 0,3$ ppm) koncentrációnál is érezhető (Joo és mtsai., 2015), bár csak 3-5 ppm körül válik igazán kellemetlenné (OSHA, 2019). Az Európai Tanács szerint állatjóléti szempontból maximum 0,5 ppm fogadható el, mely a trágya eltávolításakor 5 ppm koncentrációig megengedett, viszont a káros hatásai ≤ 50 ppm-nél jelentkezhetnek, és 350 ppm-nél halálhoz vezethet (CIGR, 1984; EFSA, 2009). Már 50-100 ppm-nek való kitettség esetén is enyhe kötőhártya-gyulladás és anorexiát okozhat az emberekben, míg 200-300 ppm mellett már egy óra elteltével is súlyos köhögés, ennél hosszabb expozíció esetén pedig tüdőödéma léphet fel. Az alacsonyabb koncentrációnak való kitettség szemirritációt, légzőszervi tüneteket, de akár eszméletvesztést is okozhat (Hooser és mtsai., 2000). A magas, 1 000 - 2 000 ppm koncentráció légzésbénuláshoz, generalizált rohamokhoz, majd 1-2 lélegzetvételen belüli halálhoz vezet, szarvasmarháknál szövettanilag az agyvelő kortikális lamináris nekrozisát és ödéma jeleit figyelték meg (Hooser és mtsai., 2000; Joo és mtsai., 2015). Ráadásul 100–150 ppm koncentrációnál az ember elveszíti szaglását (*szaglási*

bénulás), így nem tudja felmérni a gáz által jelentett veszélyt (OSHA, 2019). Ha a H₂S koncentrációja meghaladja a 25 ppm-et a borjúnevelésre használt épületekben, azonnali intézkedéseket kell tenni annak csökkentésére (Malá és Novak, 2021).

4. Táblázat Természetes szellőzésű szarvasmarha istállóban mért H₂S koncentrációk (ppb)

Koncentráció	Hasznosítási irány	Körülmények	Forrás
35-145 ppb	tejhasznú tehén	természetes szellőzés, Alberta, CAN	Clark and McQuitty, 1987
2-32 ppb	tejhasznú tehén	természetes szellőzésű, szabad forgalmú istálló, Ohio, USA	Zhao és mtsai., 2007
7-14 ppb	tejhasznú tehén	természetes szellőzés, Észak-Dakota, USA	Smith és mtsai., 2006
0-59, és 0-136 ppb	tejhasznú tehén	természetes szellőzés, Washington, USA	Joo és mtsai., 2015

Viszonylag kevés adat áll rendelkezésre a természetes szellőzésű istállókra jellemző H₂S koncentrációkról (4. Táblázat), aminek feltehetően az az oka, hogy normál körülmények között rendkívül alacsony mennyiségben van jelen, elsősorban a trágya eltávolítása során emelkedik a koncentráció (CIGR, 1984; Joo és mtsai., 2015). A magas H₂S-koncentrációkkal összefüggő hirtelen elhullásokról szarvasmarháknál, sertéseknél és baromfiknál is beszámoltak, de sok emberi áldozatot is összefüggésbe hoztak ilyen tevékenységekkel (Hooser és mtsai., 2000). Egy Washington államban végzett tanulmány nem talált szignifikáns összefüggést a H₂S emisszió, a környezeti hőmérséklet és légmozgás között (Joo és mtsai., 2015). A trágya rendszeres eltávolítása csökkentheti a kéntartalmú vegyületek felhalmozódását, ezáltal megakadályozható a magas H₂S koncentráció kialakulása az istállóban.

2.1.2.2.3 Szén-dioxid (CO₂)

A CO₂ szín- és szagtalan, a levegőnél nehezebb gáz, ezért a padló feletti légrétegben koncentrálódik. Az istállóban főként az állatok által kilélegzett levegőből származik, de kisebb mértékben a vizelet és a bélsár bomlása során is képződik. A légköri CO₂ koncentrációhoz (0,038%, vagy 380 ppm) képest a beltéri koncentráció akár tízszer nagyobb is lehet, így alkalmas a szellőzés hatékonyságának ellenőrzésére (Rafai, 2003). Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság 3 000 ppm-ben határozta meg a CO₂ állattartó épületekben megengedhető határértékét (EFSA, 2009), habár a tapasztalatok szerint még az 5000 ppm-nek sincs kimutatható káros hatása (Rafai, 2003). Koncentrációja erősen korrelál a külső hőmérséklettel, és az állatok légzésével

növekszik (EFSA, 2009). Sertésekben erős pozitív korrelációt figyeltek meg a CO₂ és NH₃ koncentrációk között zárt tartásban (Van Ransbeeck és mtsai., 2013), míg a szarvasmarhákban bizonyos időintervallumokban mindkét gáz ugyanazt a tendenciát mutatta (Zou és mtsai., 2020). A borjaknál nem figyeltek meg ilyen összefüggést, és az egyes egészségügyi paraméterek és a CO₂ között is csak a sertésekben mértnél nagyobb koncentrációk esetén volt korreláció (van Leenen és mtsai., 2020). Egy kínai tejhasznú állományban pozitív kapcsolat volt az RH és a CO₂ között: mivel a magas RH az elégtelen szellőzésre utal, a magas CO₂ koncentráció is ezzel magyarázható (Zou és mtsai., 2020). Ha CO₂ szennyezés nem kapcsolódik más szennyező anyagokhoz, önmagában nem okoz mérgezést és termeléses csökkenést, ezáltal levegőminőségi paraméterként gyakorlati körülmények között korlátozott jelentőséggel bír a borjútartásban (Rafai, 2003; van Leenen és mtsai., 2020).

2.1.2.2.4 Egyéb gázok

A metán a levegőnél könnyebb színtelen és szagtalan gáz, főleg kérődzők istállóiban detektálható, termelése a bendőbeli fermentációhoz köthető és a regurgitáció során kerül a légkörbe (Rafai, 2003). Környezetvédelmi szempontból jelentős, de nincs állatokra és emberre vonatkozó határértéke (EFSA, 2009). A szén-monoxid ugyancsak színtelen és szagtalan gáz, mely a levegőnél nehezebb, közvetlenül a padló felett halmozódik fel (Rafai, 2003). Állatokra vonatkozó határértéke 10 ppm (EFSA, 2009). Tökéletes égés során keletkezik, ezért főleg a zárt istállókban lévő hibás fűtőberendezések (pl. baromfi, sertés) vagy hibás belső égésű motorral üzemelő gépek használata esetén (pl. almazáskor) okozhat problémát, ami ritkán fordul elő a szarvasmarha-istállókban.

2.1.2.3 Aeroszolok, levegő élőcsíra-terhelés

Bioaeroszoloknak nevezzük a levegőben hosszabb ideig szuszpendált szerves anyagokat is tartalmazó szilárd vagy folyékony részecskék összességét. Méretüktől függően a részecskék hosszabb-rövidebb ideig képesek a levegőben maradni, majd idővel leülepednek és újonnan képződött részecskék kerülnek a levegőbe (Rafai, 2003). Az állattartó épületek aeroszoljainak szilárd részecskéi takarmányból, alomból, trágyából, állati eredetű szerves anyagokból (pl. hámsejtek, szőr, vizelet, bélsár) és mikroorganizmusokból állnak, míg a folyékony részecskék kondenzálódnak, és az állatok és emberek köhögése és tüszentése során kerülnek a levegőbe. A bioaeroszolok tartalmazhatnak más allergén fehérjéket, peptideket, bakteriális toxinokat, endotoxinokat, mikotoxinokat, de megköthetik az istálló gázmolekuláit is (Rafai, 2003). Összességében a rosszul szellőző épületek bioaeroszoljai különösen nagy veszélyt jelenthetnek az állatok és emberek egészségére magas szervesanyag-tartalmuk (kb. 85–90%), más épületekhez

képest magasabb koncentrációjuk, valamint széles skálán mozgó méretük és alakjuk miatt (Rafai, 2003; Tan és Zhang, 2004; Cambra-López és mtsai, 2010; Islam és mtsai., 2020).

2.1.2.3.1 PM-koncentráció

A (bio)aeroszollokban szuszpendált szilárd és folyékony részecskék (particulate matter, PM) különböző fizikai (méret, alak, sűrűség), kémiai és biológiai tulajdonságokkal rendelkező részecskék komplex keverékeként definiálhatók, amelyek meghatározzák a részecskék viselkedését és a környezetre és az egészségre gyakorolt hatását (U.S. EPA, 2004; Cambra-López és mtsai, 2010).

A légszennyező anyagok közül a PM-részecskék köthető leginkább az emberi és állati megbetegedésekhez (Losacco és Perillo, 2018), többek között a légzőszervi problémákhoz (Carpenter, 1986). A részecskéket aerodinamikai átmérőjük (aerodynamic diameter, AED) szerint többféleképpen osztályozzák az emberek vonatkozásában. Az Európai Szabványügyi Bizottság (European Committee for Standardization, CEN) a részecskéket az emberi légutakban való bejutás (mélység) alapján 4 csoportra, ún. foglalkozás-egészségügyi méretfrakciókra osztja: (1) inhalatív, (2) extrathoracikus, azaz nem kerül a gégenél mélyebbre, (3) mellkasi (AED = 10 μm , a gégenél mélyebbre jut) és (4) respiratív (AED = 4 μm , eléri a légutak nem csillós részét) (Brown és mtsai., 2013). A másik osztályozás a részecskéket durva (PM₁₀) és finom (PM_{2,5}) frakciókra osztja az AED szerint (Európai Tanács, 2008; EPA, 2020), de leírnak egy ultrafinom (PM_{1,0}) frakciót is (Losacco és Perillo, 2018). A két osztályozás penetrációs görbékkel összehasonlítható, a PM₁₀ frakció nagyjából megegyezik a mellkasi frakcióval (mindkettő 10–10 μm), míg a PM_{2,5} a respiratív frakcióhoz mérhető (2,5 és 4,0 μm). Ezek a besorolások azonban felnőttek vonatkozására vonatkoznak, míg a légzőrendszer állatfajonként eltérő anatómiai és fiziológiai jellemzői miatt az állati megbetegedésekhez más részecskefrakciók kapcsolódhatnak (Ivester és mtsai., 2014). Ezek a frakciók stimulálják a kötőhártyát és a légutakat. Bár a PM részecskéket mukociliáris clearance révén eltávolíthatja a légzőrendszer, az magas PM-koncentrációkkal túlterhelhető, ami makrofágok fagocitációja és citokin termelése révén neutrofil granulociták beáramlásához vezet (van Leenen és mtsai., 2021). Ráadásul a kisebb részecskefrakciók a tüdő parenchymában leülepednek és felhalmozódnak, ami gyulladást indukál, rontja a gázcserét, és így közvetve terheli a szív- és érrendszert is (Losacco és Perillo, 2018).

Az állattartó épületekben előforduló PM három fő jellemzője a következő: (1) más beltéri környezethez képest 10-100-szor nagyobb koncentrációban van jelen, (2) megköti a szagokat és gázokat, és (3) biológiailag aktív, mivel számos mikroorganizmust tartalmazhat (Cambra-López és mtsai., 2010). Az állattartó épületek PM részecskéi többnyire nagyobbak, 2-10 μm méretűek (Cambra-López és mtsai., 2010), míg mások arról számoltak be, hogy a finom (0,3–2,0 μm) frakciók nagyobb koncentrációban fordultak elő, mint a durva (2,0–10 μm) frakciók (Islam és

mtsai., 2019a, 2019b). Nagyobb tömegük miatt az 5–10 µm méretű részecskék rövid ideig a levegőben szuszpendálva maradnak, és gyorsan leülepednek (Islam és mtsai., 2019a).

A PM-koncentrációt jelentősen befolyásolja az állatfaj, a tartási- és takarmányozási technológia, az állománysűrűség és az állatok aktivitása, a szellőzés típusa és hatékonysága, valamint az évszak és a napszak is. Például a baromfitenyésztésben magasabb a PM koncentrációja a sertésekhez képest, és a sertésistállók is porosabbak, mint a szarvasmarha-istállók. Továbbá, az állománysűrűség növekedésével a PM-koncentráció is növekszik, illetve az állatok aktivitásától függően magasabb koncentrációk mérhetők nappal, mint éjszaka, (Tan és Zhang, 2004). A borjútenyésztéssel összefüggésben fontos lenne azonosítani a részecskék forrásául szolgáló anyagokat és folyamatokat, ezek csökkentésére irányuló intézkedéseket tenni, mivel még a nagyon kicsi (ultrafinom, PM_{1,0}) porszemcsék is jelentős szerepet játszhatnak a borjúkori tüdőgyulladás kialakulásában (van Leenen és mtsai., 2021).

Az egyes frakciók hatása a koncentrációtól és az expozíciós időtől is függ. Humán vonatkozásban a WHO korábban az ajánlott 24 órás átlagos részecskekoncentrációt legfeljebb 25 µg/m³ PM_{2,5}, illetve 50 µg/m³ PM₁₀, míg éves átlagban legfeljebb 10 µg/m³ és 20 µg/m³ határértékben adta meg (WHO, 2005). Újabban azonban a 24 órás határértéket 15 µg/m³ PM_{2,5} és 45 µg/m³ PM₁₀ értékre csökkentették, míg az éves átlagérték nem haladhatja meg az 5 µg/m³ és 15 µg/m³ határértékeket (WHO, 2021). Állatokra vonatkozó, BRDC-vel kapcsolatos ajánlás nincs, és viszonylag kevés információ áll rendelkezésre az európai borjúnevelő épületek PM-jellemzőiről, az elérhető adatok főként pontméréseken vagy néhány napos folyamatos méréseken alapulnak (van Leenen és mtsai., 2021). A PM_{2,5} és PM₁₀ frakciók koncentrációja több vizsgálatban is hasonló volt a 2005-ös WHO-határértékekhez (**5. Táblázat**), azonban egy-egy órára vonatkozóan akár 5-30-szor magasabb átlagokról is beszámoltak (van Leenen és mtsai., 2021).

Az aeroszolképződés hőmérséklettel és RH-val való kapcsolatát többen is leírták. Egyes szerzők az aeroszolak magasabb koncentrációjáról számoltak be télen (Tan és Zhang, 2004), míg mások szerint télen alacsonyabb az aeroszolak koncentrációja, mint tavasszal (Islam és mtsai., 2020). Más eredmények arra utalnak, hogy a PM-kibocsátás pozitívan korrelál a környezeti hőmérséklettel, míg negatívan korrelál az RH-val (Joo és mtsai., 2013). A borjúistállókban a finom aeroszolrészecskék (0,5–5,0 µm, de főleg 1,0–2,0 µm) koncentrációja növekszik a nyári-őszi időszakban, vagyis pozitívan korrelál a beltéri és kültéri hőmérséklettel (Islam és mtsai., 2019a). Ez azzal magyarázható, hogy a magas hőmérséklet, az alacsony RH és a légmozgás (különösen huzatos körülmények között) hozzájárul az alom kiszáradásához és porképződéséhez, továbbá a megnövekedett állati aktivitás és légmozgás miatt por a levegőbe kerül (Joo és mtsai., 2013; Islam

és mtsai., 2019a; Urso és mtsai., 2021). Ezzel szemben nem találtak összefüggést az 5-10 µm-es frakció koncentrációja és a hőmérséklet között (Islam és mtsai., 2019a). Ugyanakkor 70% RH felett az aeroszolrészecskék koncentrációja alacsony, feltehetően a részecskék aggregációja miatt (Takai és mtsai., 1998; Cambra-López és mtsai., 2010), mivel a nagyobb (5-10 µm) részecskefrakció gyorsan leülepszik és csak rövid ideig marad szuszpendálva a levegőben. Ezzel szemben a kisebb aeroszolfrakciók (0.5 - 5.0 µm) koncentrációja pozitívan korrelált az RH-val (Islam és mtsai., 2020). Belga állományokban (24 tejhasznú és 23 húshasznú) végzett 24 órás mérések során azonban nem találtak összefüggést a PM-koncentrációk és számos környezeti változó, például a hőmérséklet, az RH, a légmozgás, a levegő csíráterheltsége, az NH₃ és a CO₂ koncentráció között (van Leenen és mtsai., 2021), míg mások szerint a PM részecskekoncentráció és a borjúistálló állománysűrűsége között sincs összefüggés (Islam és mtsai., 2020).

5. Táblázat Természetes szellőzésű szarvasmarha istállóban mért szállópor (PM) koncentrációk (µg/m³)

Méretosztály	Koncentráció (µg/m ³)	Körülmények	Forrás
PM1,0	7,7 - 12,6	tejhasznú tehén, nem szigetelt, szabad tartás, 10 percenkénti mérések	Kaasik and Maasikmets, 2013
PM1,0	16,0 (0,28-43,9)	tejhasznú állomány, 24-órás mérések	van Leenen és mtsai., 2021
PM1,0	17,5 (0,20-77,1)	húshasznú állomány, 24-órás mérések	van Leenen és mtsai., 2021
PM2,5	13,6-23,6	tejhasznú tehén, nem szigetelt, szabad tartás, 10 percenkénti mérések	Kaasik and Maasikmets, 2013
PM2,5	22,3 (0,49-50,30)	tejhasznú állomány, 24-órás mérések	van Leenen és mtsai., 2021
PM2,5	29,1 (0,60-144,90)	húshasznú állomány, 24-órás mérések	van Leenen és mtsai., 2021
PM10	38,3-119,5	tejhasznú tehén, nem szigetelt, szabad tartás, 10 percenkénti mérések	Kaasik and Maasikmets, 2013
PM10	58,1 (1,60-141,10)	tejhasznú állomány, 24-órás mérések	van Leenen és mtsai., 2021
PM10	86,3 (4,60-251,20)	húshasznú állomány, 24-órás mérések	van Leenen és mtsai., 2021

Az állattartó telepeken végzett folyamatok és tevékenységek, a napkelte vagy napnyugta, és minden egyéb olyan tényezők, amely az állatok izgatottságához és fokozott aktivitásához vezet (pl. baromfinál a megvilágítás időszakai, sertéseknél az etetés), a PM-részecskék képződésének és levegőbe jutásának fokozódásához vezethet (Cambra-López és mtsai., 2010). A természetes szellőzésű tejelő istállóban diurnális PM-profil figyelhető meg: a PM_{2,5} és PM₁₀ koncentrációk egyaránt késő este voltak a legmagasabbak, míg estétől reggelig a legalacsonyabbak. Erős pozitív

korreláció volt az óránkénti PM_{2,5} és PM₁₀ koncentrációk és a hőmérséklet között ($R = 0,8$ és $0,9$), és bár az állatok fokozott aktivitásának nem volt szignifikáns hatása, alacsonyabb reggeli csúcsokat figyeltek meg a takarmányozással kapcsolatban (Joo és mtsai., 2013). Belga állományokban elvégzett folyamatos mérések során négyféle részecskekoncentrációs mintázatot azonosítottak mindhárom PM-frakcióban: (1) nincsenek csúcsértékek, (2) több kisebb csúcs jellemző, (3) több nagyobb csúcs jellemző, (4) több kisebb és egy nagyobb csúcs jellemző a nap folyamán. Ezek közül a 3. minta volt a leggyakoribb, az állományok 51%-ában fordult elő. A szerzők szerint a csúcsértékek az almozással vagy az etetéssel függenek össze, mivel ezek a PM legjelentősebb forrásai, de befolyásolhatják a szellőzés és az állatok mozgása is (van Leenen és mtsai., 2021). Párásító berendezések használhatók a PM koncentráció csökkentésére, mivel az aeroszolrészecskék magasabb relatív páratartalom mellett aggregálódnak és leülepednek. A nedves környezet azonban kedvez a levegőben lévő mikroorganizmusok túlélésének, és hőstressz idején az evaporatív hőleadás hatékonysága is romlik. Azonban az ilyen berendezések megfelelő ideig tartó használata (porképző események, fokozott állati aktivitás előtt) előnyös lehet (Amosson és mtsai., 2006). Ezen túlmenően, mivel a szarvasmarhák aktivitása este fokozódik, a porképződés is csökkenthető az etetés időzítésével, hogy a kérődzés a megnövekedett aktivitás időszakára tolódjon (Urso és mtsai., 2021).

2.1.2.3.2 Levegő élőcsíra-terhelés

Az állattartó telepek bioaeroszoljai mikroorganizmusok (baktériumok, gombák) vagy akár endotoxinok vektoraként is szolgálhatnak (Islam és mtsai., 2019a). A levegőben lévő baktériumok főként az állat testfelületéről, a trágyából és az alomból származnak, de a légzőszervi betegséggel érintett egyedek kilégzése és köhögése során is a levegőbe juthatnak (Webster, 1984), ami azt jelenti, hogy a baktériumok fő forrása maga a borjú (Hill és mtsai., 2011). A magas csíraszám és a légzőszervi megbetegedések közötti kapcsolat korábbi kutatások alapján nem egyértelmű. Bár a levegőben lévő baktériumok többsége nem patogén, még az elpusztult baktériumok is terhelik a légzőrendszer védelmi mechanizmusait (Wathes és mtsai., 1983). Régóta feltételezték (Webster, 1984) és szűrt levegővel (alacsonyabb csíraszám és por) végzett vizsgálatok alapján sikerült is kimutatni összefüggést a levegő csíra-terhelése és a légzőszervi betegségek között (Pritchard és mtsai., 1981; Hillman és mtsai., 1992). Természetes szellőzésű istállóban vizsgálták egyes környezeti tényezők és a légzőszervi betegségek összefüggéseit: a légzőszervi megbetegedések előfordulása nőtt az egyedi borjúketrecek levegő csíra-terhelésének növekedésével (Lago és mtsai., 2006). Korábban azonban nem találtak különbséget a légzőszervi megbetegedések előfordulásában azokban az istállóban, ahol a levegő baktérium és gombaterheltsége jelentősen eltért (Blom és mtsai., 1984). Egy japán tejelő állományban pozitív korrelációt találtak a $0,3\text{-}5,0\ \mu\text{m}$ -es aeroszolfrakció és az aerob baktériumok levegőben lévő koncentrációja között (Islam és

mtsai., 2020). Egy tojóállományon végzett vizsgálat szerint a vektor szereppel elsősorban a > 3,3 µm részecskék bírnak (Zheng és mtsai., 2013). Mivel ezek a részecskék már lejuthatnak a mélyebb légutakba, nem zárható ki a megbetegedésekben való szerepük.

A levegő csíratelhelésének meghatározása nem az egyes baktériumok izolálására és megszámlálására irányul, hanem az összcsíraszám (CFU/m³) tekinthető levegőhigiéniai markernek (Nordlund, 2008). A lemezeken jellemzően vegyes baktériumflóra tenyészthető ki, amely általában a következőkből áll: *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus* sp. és *Escherichia coli*. A mintavételt és az értékelést nehezíti az a tény, hogy számos eszközt (pl. impakciós készülékeket) a tiszta helyiségek monitorozására fejlesztettek ki, azonban az istállólevegőből vett nagyon kis térfogatú minták esetén is túlnövik a lemezt a baktériumok (Nordlund, 2008). A kültéri levegő csíraszámja jellemzően 100-1 000 CFU/m³ és 20 000 CFU/m³ között alakul, míg borjúházakban 20 000 CFU/m³ jellemző, de elérheti a 100 000 CFU/m³-t is, ha a borjú felkavarja az almot. A jól szellőző istállók levegőjének csíraszámja 5 000 – 30 000 CFU/m³ között jellemző, míg elégtelen ventiláció esetén akár 100 000 CFU/m³, sőt több millió CFU/m³ is mérhető, mely esetben már gyakoriak a légzőszervi problémák (Nordlund 2008). Természetesen egy agarlemezen több ezer telepet nehéz vagy akár lehetetlen is megszámlálni, de hígítási sorozat készíthető, amellyel jól becsülhető az 1 m³-re vonatkozó koncentráció (Islam és mtsai., 2019a). A borjúistállóknban végzett vizsgálatok szerint évszaktól és helyszíntől függően nagy különbségek mutatkoznak a levegő élőcsíra-terhelésében (**6. Táblázat**).

A levegőbe jutó mikroorganizmusok clearance-ét elsősorban a kiszáradás és a szellőzés határozza meg, de kisebb mértékben a kiülepedésnek és az állatok általi belélegzésnek is van hatása (Webster, 1984). A legtöbb baktérium érzékeny a kiszáradásra, a levegőbe kerülve másodpercek alatt elpusztulnak, azonban 75-80% RH felett általában percekig képesek életben maradni (fajtól függően), így a levegő baktériumsűrűsége jelentősen megnő (Webster, 1984; Nordlund, 2008; Malá és Novak, 2021). A hideg levegő RH értéke még azonos abszolút vízmennyiség mellett is magas, ami megmagyarázza a légzőszervi és hasmenéses betegségek nagyobb arányú előfordulását télen (Gulliksen és mtsai., 2009a), míg nyáron a melegebb levegő és az alacsonyabb RH a baktériumok kiszáradásához, ezáltal a levegő alacsonyabb élőcsíra-terheléséhez vezet. Egy japán vizsgálatban nem találtak összefüggést a levegőben lévő különböző baktériumok és az RH között, feltehetően azért, mert a vizsgálatok során jelentős különbségek voltak az RH-ban (Islam és mtsai., 2019b). A hőmérsékletnek a levegőben lévő mikroorganizmusokra gyakorolt hatása azonban nem teljesen tisztázott (Zhai és mtsai., 2018), egyes szerzők ugyanis erős pozitív korrelációt találtak a hőmérséklet és a levegő élőcsíra-terhelése között (Islam és mtsai., 2020). Nem találtak viszont összefüggést a baktériumok összcsíraszámja és az aeroszolkoncentráció között (Islam és mtsai., 2019a). Mindemellett a

levegőben lévő baktériumok száma még az állománysűrűségtől is függ, például annak megduplázásakor a tízszeresére fokozott szellőzés sem tudja teljes mértékben kompenzálni a levegő élőcsíra-terhelését (Webster, 1984). A különböző vizsgálatok (Lago és mtsai., 2006; van Leenen és mtsai., 2020) különböző átlagos baktérium koncentrációt (112 280 vs. 247 000 CFU/m³) írtak le borjaknál, amit magyarázhat az eltérő életkor is (eltér a testfelület mérete, mely a baktériumok forrása lehet), illetve az egyedi vagy csoportos elhelyezés is. Mások azonban nem találtak szignifikáns összefüggést az egyes aeroszol frakciók és az állománysűrűség, illetve a levegőben lévő aerob baktériumok koncentrációja és az állománysűrűség között (Islam és mtsai., 2020).

6. Táblázat A levegő élőcsíra-terhelése borjútartási környezetben (CFU/m³)

Érték	CFU/m ³		Körülmények	Forrás
	Abszolútérték	log ₁₀		
Átlag	112 280	4,05	természetes szellőzésű borjúistállóknban felállított ketrecekben, télen	Lago és mtsai., 2006
Min	29 644	4,47		
Max	> 326 418	> 5,51		
Átlag	44 482	4,65	természetes szellőzésű borjúistállók folyosóin, télen	Lago és mtsai., 2006
Min	5 274	3,72		
Max	> 326 418	> 5,51		
Átlag	14 125	4,15	június - október	Islam és mtsai., 2019a
Max	52 481	4,72	szeptember	
Átlag	1 479	3,17	november - május 4-5 hónapos borjak	Islam és mtsai., 2020
Min	417	2,62	február	
Max	4 571	3,66	március	
Átlag	247 002	5,39	tej- és húshasznú borjak, szalma alom, Január - április	van Leenen és mtsai., 2020
Min	28 000	4,45		
Max	400 000	5,6		
Átlag	32 359	4,51	tejhasznú borjak ketreceiben, télen	Bonizzi és mtsai., 2022
Min	2 344	3,37		
Max	131 825	5,12		

A Gram-negatív baktériumok mindenütt előfordulnak az állattartó épületekben, és viszonylag nagy számban vannak jelen a borjúistállók levegőjében is, ezért az endotoxinok légúti gyulladásban betöltött szerepét is figyelembe kell venni (Islam és mtsai., 2019a). Az aeroszol részecskék méretétől függ, hogy a légutakban milyen mélyre jutnak le (van Leenen és mtsai., 2021), lovaknál leírtak a PM és endotoxinok inhalációjához köthető krónikus légzőszervi megbetegedést (Ivester és mtsai., 2014). A neutrofil granulociták endotoxinok hatására szövetkárosító enzimeket szabadítanak fel, de tolerancia esetén a sejtek válasza sikertelen lehet. Sőt, akár a makrofágok válasza is csökkenhet a későbbi mikrobiális ingerekre, ami csökkenti a neutrofil granulociták beáramlását, így fokozódhat a megbetegedésre való hajlam (Miyata és van Eeden, 2011; Sahlander és mtsai., 2012; van Leenen és mtsai., 2021). Ahogy azt állattenyésztésben dolgozók vonatkozásában is leírták, feltételezhető, hogy a borjakban is tolerancia alakul ki a születéstől fennálló jelentős endotoxin-terhelés miatt. Erre utal, hogy a BAL minták elemzése során nem találtak neutrofil gyulladásos választ, továbbá a toleranciát kiváltó, de akut légzési problémát még nem okozó, enyhén emelkedett endotoxin koncentráció krónikus gyulladáshoz vezethet, ami folyamatosan emelkedett neutrofil alap-koncentrációt eredményez, amely csak jelentős PM csúcsértékek esetén emelkedik meg (van Leenen és mtsai., 2021). Borjúistállókban nem találtak összefüggést a PM és az endotoxin koncentrációk között, azonban a ≥ 1 cm-es tüdőszöveti léziók jelzésére a PM10 frakcióban mérve az optimális endotoxin aktivitási határérték 8,5 EU/ μg (*endotoxin unit*) volt. Ezt a határértéket a vizsgált állományok 11,4%-ában meghaladta az endotoxin aktivitás (van Leenen és mtsai., 2021).

2.2 A BRDC KLINIKAI ÉS LABORDIAGNOSZTIKAI VONATKOZÁSAI

2.2.1 Klinikai vonatkozások

A légzőszervi megbetegedések tipikus tünetei közé tartozik az emelkedett légzésszám és a láz, levertség és étvágytalanság, köhögés, orr- és kötőhártya váladékozás, valamint a hallgatózással észlelhető abnormális légzési zörejek (Lorenz és mtsai., 2011; McGuirk és Peek, 2014). Nagylétszámú állományokban azonban ezeket gyakran csak akkor észlelik, mikor már az állomány nagyobb része érintett és a tünetek kifejezettek. Egy minnesotai vizsgálat szerint például az állattartók specifikusan felismerik a légzőszervi megbetegedéseket, de az észlelés érzékenysége alacsony, mindössze 58 % (Sivula és mtsai., 1996). A BRDC esetén a lázas állapot felismerése és a légutak vizsgálata kulcsfontosságú, a klasszikus belgyógyászati diagnosztikai módszerek érzékenysége viszont alacsony.

A rektális hőmérséklet mérését diagnosztikai értéke miatt széles körben használják. Lázás állapotról általában 39,2 °C fölött beszélhetünk, borjaknál a magasabb, 39,5 °C-os határérték tekinthető irányadónak (Divers és Peek, 2008). Emellett a testhőmérséklet magas külső




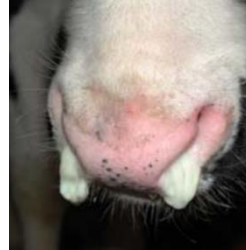




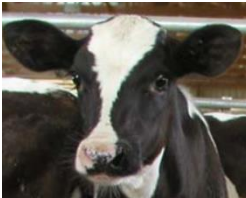



hőmérséklet esetén növekszik, míg magas relatív páratartalom és légmozgás esetén csökken (Theurer és mtsai., 2014), valamint a cirkadián ritmus szerint akár 1,4 °C-ot is változhat (Piccione és mtsai., 2003). Mindezeket a lázat is alapul vevő BRDC-diagnosztikai protokolloknál is figyelembe kell venni. Munkaerő-igénye miatt – főként nagy állományokban – a rendszeres testhőmérséklet mérés nem, vagy csak részlegesen kivitelezhető. Ma már kereskedelmi forgalomban is kaphatók a testhőmérséklet valós idejű (real-time) monitorozásra alkalmas precíziós eszközök. Bizonyos típusaik a fülkagylóra erősítve és érzékelőiket a külső hallójáratba vezetve rögzítik annak hőmérsékletét. Ugyanakkor, a légzőszervi megbetegedések korai jelzésére kevésbé alkalmasak: bár kellően specifikusak, a klinikai tüneteket mutató borjaknál gyakran nem jeleznek, így érzékenyséjük alacsony (McCorkell és mtsai., 2014). Ennek hátterében számos ok, pl. magas küszöbértékek, helytelen felhelyezés, illetve elmozdulás, az állatnak okozott diszkomfort és a környezeti hőmérséklet hatása is állhat (McCorkell és mtsai., 2014).

2.2.1.1 Klinikai diagnosztikai pontrendszerek

A klinikai vizsgálatokat egyszerűsítendő használhatunk különféle pontrendszereken alapuló diagnosztikai sémákat, melyekben az egyes tüneteket súlyosságuk szerinti pontozással értékeljük annak eldöntésére, hogy a meglévő tünetek mellett szükséges-e további diagnosztikai vizsgálat, kell-e kezelést alkalmazni, vagy elegendő további megfigyelést végezni. Az ilyen pontrendszerek előnye, hogy kevés gyakorlattal és olcsón meglehetősen megbízható eszközként szolgálnak a megbetegedés súlyosságának becslésében (Love és mtsai., 2014, 2016; Probo és Veronesi, 2022), ugyanis több vizsgáló esetén is viszonylag objektívek, sőt, egyedi és csoportszinten is alkalmazhatók.

Az egyik legismertebb a Wisconsin pontrendszer (Wisconsin Scoring Chart) (McGuirk és Peek, 2014), melyben értékelhető a négy vezető tünet (láz, köhögés, orr vagy kötőhártya-váladék, fülek állása) megléte, illetve súlyossága, ezáltal elkülöníthetőek a légzőszervi problémákkal érintett és az egészséges borjak (**7. Táblázat**). Ugyancsak a tünetekre épülő, de egyszerűsített pontozásos módszert alkalmaztak egy argentin vizsgálatban (Jaureguiberry és mtsai., 2023). Mivel ez utóbbi rendszer csak két szintet értékel (van tünet vagy nincs tünet), így még tovább csökkenthető a vizsgálatra fordított idő és az állatokat érő stressz. Sőt, mivel nem igényel közvetlen érintkezést az állatokkal, így a fertőzés átvitelének is kisebb az esélye, vagyis csoportos tartásban előnyösebb. Ugyanakkor alacsony prevalencia esetén a testhőmérséklet ellenőrzése is szükséges, a fals pozitív jelzések csökkentésére. Bár ezek a rendszerek az ajánlások szerint heti 2-3-szori alkalmazás mellett jelentősen javítják a légzőszervi- és hasmenéses megbetegedések időbeli felderítését, mégis jelentős emberi munkát igényelnek, és kivitelezésük is függ a tartásmódtól, elsősorban tejelő állományok borjainál alkalmazhatók.

7. Táblázat Wisconsin pontrendszer (McGuirk és Peek, 2014; University of Wisconsin – School of Veterinary Medicine, 2020)

Klinikai paraméter	Pontozás és értékelés			
	0	1	2	3
Rektális T (°C)	37,8-38,3	38,3-38,8	38,9-39,4	> 39,4
Köhögés	Nincs	Egyszeri (indukált)	Többszöri indukált vagy alkalmankénti spontán	Spontán ismétlődő
Orrváladék	Normál, savós váladék	Kis mennyiségű egyoldali, pelyhes váladék	Kétoldali pelyhes, vagy bőséges nyálkás váladék	Bőséges, kétoldali, mukopurulens váladék
				
Szem váladékozás és / vagy fül	Normál szem és fül	Enyhe szem váladékozás vagy fülrázás	Mérsékelt kétoldali szemváladékozás vagy enyhe egyoldali füllógatás	Súlyos kétoldali szemváladékozás, erős fejdaltartás, kétoldali füllógatás
				
				

Egy belga vizsgálatban a ≥ 1 cm méretű léziók prevalenciája 81,8% volt a huzatos, és 54,2% a meleg, száraz, ammóniadús környezetben, szemben a normál környezeti körülményekkel, ahol 31,6 %-os prevalencia volt megfigyelhető (van Leenen és mtsai., 2020). Mitöbb, hasonló méretű elváltozásokat már igen alacsony (> 4 ppm) NH_3 koncentráció mellett is

találtak (van Leenen és mtsai., 2020). Habár az ultrahangos vizsgálat a hallgatózásos kopogtatásnál idő- és eszközigényesebb, de sokkal érzékenyebb, az egyszerűbb berendezések pedig állományszinten nem jelentenek nagy költséget és más vizsgálatokra is használhatók. Ugyanakkor az akut és krónikus elváltozások között nem tud különbséget tenni. Vagyis a vizsgálatkor látható elváltozások lehetnek idültek, de akár korábbi légzőszervi megbetegedésből származó hegszövetek is (van Leenen és mtsai., 2021).

2.2.1.2 Ultrahangos vizsgálatok

A mellkasi hallgatózásos-kopogtatás szenzitivitása mindössze 5,9% az ultrahanggal detektált tüdőbeli elváltozások felismerésében (Buczinski és mtsai., 2014), míg az ultrahangos vizsgálat a léziókat akár szubklinikai esetben is felismerhetjük (Ollivett és mtsai., 2015). Ugyanis a bakteriális (és olykor a vírusos) megbetegedések levegőtlen felszíni tüdőlebenyeket eredményeznek, melyek az ultrahang-képen homogén, hypoechogén szerkezetű, májhoz hasonló területként jelennek meg. Mindehhez akár egy lineáris rektális fejjel rendelkező hordozható ultrahang-készülék is elegendő lehet (Ollivett és mtsai., 2015; van Leenen és mtsai., 2020), mellyel a mellkas testfelszínhez közeli területei szisztematikusan vizsgálhatók (Ollivett és mtsai., 2015) és az elváltozások azok mélysége alapján osztályozhatók. Összefüggéseket találtak az egyes mikroklimatikus változókkal is: tüdőbeli szöveti elváltozások gyakorta megfigyelhetők huzatos környezetben tartott borjaknál (Buczinski és mtsai., 2018a).

2.2.2 Laboratóriumi vizsgálatok

Ha a BRDC laboratóriumi diagnosztikájáról beszélünk, gyakran csak a háttérben álló fertőző ágensek kimutatására gondolunk. Természetesen ez kulcsfontosságú az adekvát kezelés (antibiotikumok) és a megelőzési stratégiák (vakcinázás, környezeti higiéné és járványvédelmi óvintézkedések) szempontjából. Ugyanakkor a beteg állatok felismerése, a megbetegedés súlyosságának felmérésére számos egyéb laboratóriumi vizsgálatot is végez(tet)hetünk. Az itt leírtak elsősorban a mintavételre és a telepi viszonyok közötti lehetőségekre, azok előnyeire és hátrányaira fókuszálnak, az egyes fertőző ágensek mikrobiológiai és molekuláris biológiai tulajdonságai meghaladják az értekezés kereteit, azokról más, részletes forrásokból tájékozódhatunk.

Alapvetésként elmondható, hogy alkalmanként több, már klinikai tüneteket mutató, de még nem kezelt állatot célszerű vizsgálni. Olyan egyedeket kell kiválasztani, amelyek a klinikai tünetek, életkor és tartásmód szempontjából reprezentálják a megbetegedést, ezzel elkerülendő a más okból megbetegedett és elhullott állatok felesleges és drága vizsgálatát (Cooper és Brodersen, 2010; Caswell és mtsai., 2012). Figyelembe kell venni a megbetegedés klinikai és járványtani vonatkozásait, mellyel irány szabható a diagnosztikai vizsgálatoknak. A minták

megfelelő tárolása és szállítása elengedhetetlen, az autolízis ugyanis a legtöbb vizsgálatot ellehetetleníti, vagy téves eredményre vezethet. A biokémiai és szerológiai vizsgálatra (pl. szérum, plazma) és PCR vizsgálatokra szánt mintáknál kerülendő a felesleges fagyasztási és felolvasztási ciklusok, a hematológiai és mikrobiológiai mintáknál fontos a hűtve tárolás és szállítás, kórszöveti anyagoknál pedig a megfelelő minőségű fixálás.

Az eredmények értékelésekor figyelembe kell venni a következőket (Fulton és Confer, 2012):

- Kórokozó kimutatása szöveti elváltozás nélkül: **fertőzés**
- Kórokozó kimutatása + szöveti elváltozás: **megbetegedés** (klinikai vagy szubklinikai)
- Kórokozó kimutatása + szöveti elváltozással egybeeső tünetek: **klinikai megbetegedés**
- Szerológia: korábbi kapcsolat a kórokozóval, de további következtetés nem mindig vonható le

2.2.2.1 Hematológia

A hematológiai vizsgálatok alvadásban gátolt, EDTA-s vérből végezhető, a heparinos mintavétel viszont nem javasolt, mivel zavarja a fehérvérsejt-számlálást (Roland és mtsai., 2014). A vérvételi csövet jelig kell tölteni, majd óvatosan, de alaposan át kell forgatni, hogy a véralvadásgátlóval keveredjen a minta. Célszerű a mintákat 4 °C-on hűtve tárolni és 24 órán belül a laboratóriumba juttatni. Diagnosztikai értékük ugyanakkor a BRDC esetén korlátozott. A gyulladásos körképek során ugyanis szarvasmarhákban a fehérvérsejtszám – összehasonlítva pl. a kutyával vagy a lóval – csak enyhén emelkedik, mitöbb, a gyulladásos válasz első szakaszában neutropenia jellemző. Ennek oka, hogy ebben a fajban kicsi a csontvelői érett neutrofil granulocita raktár, a neutrofilia és balratolódás (Stab-, vagy korábbi alakok) csak a granulopoiesis fokozódásakor, 3-5 nap elteltével jellemző. A gyógyulási szakaszban ugyanakkor reaktív limfocitózis is előfordulhat. Továbbá figyelembe kell venni, hogy borjakban az élettani fehérvérsejtszám magasabb a felnőttekhez képest, mitöbb, 3 hónapos kor előtt a neutrofil sejtek aránya is magasabb, mint a limfocitáké, majd az életkorral csökkenő fehérvérsejtszám és kb. 1:2 neutrofil : limfocita arány a jellemző (Roland és mtsai., 2014). Stresszhatáskor (pl. választás, átcsoportosítás) ugyanakkor limfopenia és neutrofilia, de ennek ellenére csökkent neutrofil funkció tapasztalható (Lynch és mtsai., 2010). A stresszhatást jelzi a neutrofil granulocita / limfocita hányados (Ne/Ly) emelkedése is, így annak hatékony biomarkere lehet, de a Ne/Ly hányados még fokozatos választás során is növekedhet (Kim és mtsai., 2011). A választással összefüggő neutrofil granulocita szám emelkedés átmeneti, 3-7 nappal a választást követően az azt megelőző alapértékre csökken, de egyes citokinek még a választás után 14 nappal is emelkedett koncentrációban lehetnek jelen, ami a stresszhatás fennállására utal (O’Loughlin és mtsai., 2014). Ebből azonban az is következik, hogy ebben az időszakban a fehérvérsejtszám,

illetve -arány változása kevésbé alkalmas a BRDC diagnosztikára. Krónikus légzőszervi problémáknál pedig emelkedett fehérvérsejtszám, illetve a hypoxia miatt emelkedett hemoglobin koncentráció és vörösvérsejtszám is mérhető (Šoltésová és mtsai., 2015). Súlyos gyulladáskor vérkenet-elemzéssel toxikus sejtek is megfigyelhetők.

2.2.2.2 Biokémia: enzimek, szérum amyloid-A, haptoglobin

Egyes szérum biokémiai paraméterek szintén jelző értékkel bírnak a BRDC diagnosztikájában. Bár specifikus eredményt nem várhatunk, a klinikai-járványtani képet kiegészítve a megbetegedés súlyosságára, kimenetelére, valamint a kezelés eredményességének megítélésére használhatjuk azokat.

A rutin biokémiai paraméterek közül a laktát-dehidrogenáz (LDH) enzim legnagyobb mértékben az izomsejtekben fordul elő, azok sérülésekor vagy fokozott izommunka során – így például nehezített légzéskor is – a vérbeli koncentrációja emelkedik. Sőt, emelkedhet a kreatinin-kináz (CK) és aszpartát-transzamináz (AST / GOT) koncentrációja is, szintén az izom eredetre (fokozott légzés, elfekvés miatti izom károsodás) visszavezethetően (Šoltésová és mtsai., 2015). A gyulladással járó válasz során emelkedő globulin, ezáltal emelkedett totál protein értékekre is számíthatunk. Továbbá, súlyos eseteknél hordozható (point-of-care) sav-bázis automatákkal a hypercapnia és a respirációs acidózis foka is meghatározható, így a prognózis pontosítható.

A gyulladással járó kórképek diagnosztikájában azonban az akut-fázis fehérjék (AFF) a legjelentősebb biokémiai paraméterek. A gyulladást kiváltó stimulus hatására az egyes patofiziológiai folyamatoknak megfelelő mintázattal pro-inflammatorikus citokinek (IL-1 β , IL-6, TNF- α) termelődnek, melynek hatására beindul az akut fázis válaszreakció. Ennek során a máj (de más szövetek is) akut-fázis fehérjéket termelnek, melyek aztán a gyulladásra adott szisztémás reakció számos aspektusában fontos szerepet játszanak, így elősegítik számos kórokozó opszonizációját, a potenciálisan toxikus anyagok eltávolítását és gyulladás különböző szakaszainak általános szabályozását (Ceciliani és mtsai., 2012; Cray és mtsai., 2009). Egészséges állapotban koncentrációjuk alacsony, majd stimulus hatására gyorsan, akár az alapszint 10-100-szorosára is emelkedhetnek. Az ilyen AFF-eket major AFF-éknek nevezzük, szarvasmarhánál a szérum amyloid-A (SAA) és a haptoglobin (Hp) tartozik ide. A SAA koncentrációja már a stimulus után 4 órával emelkedik, csúcspontját 24-48 óra után éri el, míg a Hp emelkedéséhez 24-48 órára van szükség. A felezési idejük rövid, a gyulladás oldódása után gyors csökkenésnek indul, így a kezelés hatékonyságának monitorozására is alkalmas, sőt egy vizsgálat szerint a SAA 100% érzékenységgel, míg a Hp 76% specificitással elkülönítette a heveny és idült folyamatokat (Horadagoda és mtsai., 1999). Ezekkel ellentétben, egyes fehérjék koncentrációja a gyulladással járó válasz során csökken, ezeket negatív AFF-éknek nevezzük. Ide sorolható pl. az albumin, melynek

koncentrációja a gyógyulást követően csak lassan emelkedik az alapszintre (felezési ideje 14-20 nap).

Borjaknál a születéskor még alacsony AFF koncentrációk mérhetőek, de már az első néhány órában emelkedés tapasztalható. A koncentrációjuk a születést követő 3 hétben csökken, majd eléri a felnőtt, egészséges állatokra jellemző értéket. A postpartum emelkedett érték összefügghet a születés folyamatával és / vagy a kolosztrummal is. Ilyen életkorban ezt a stresszhatást is számításba kell venni az értékelésnél (Orro és mtsai., 2008). A BRDC szempontjából az alábbiak szerint használhatjuk az AFF-éket:

- (1) Vírusos fertőzés (pl. BRSV) kezdete után kb. 1 héttel emelkedő SAA koncentráció mérhető, majd a bakteriális felülfertőződéskor (kb. 3. héten) magasabb SAA és magas Hp koncentráció jellemző, mely a 6. hétre csökken az alapszint közelébe (Orro és mtsai., 2008).
- (2) A Hp válasz erősebb szöveti sérülés után jelentkezik, ami jellemzőbb a bakteriális fertőzésekre (Orro és mtsai., 2011), emiatt jó marker az olyan BRDC eseteknél, ahol gyulladáscsökkentő terápia is szükséges (Humblett és mtsai., 2004).
- (3) BRDC kezelés monitorozása: a kezdeti magas koncentráció (pl. SAA) hatékony antibiotikum terápia esetén csökken (Joshi és mtsai., 2018).

Hozzá kell azonban tenni, hogy tisztán légzőszervi vírusok (pl. BAV-7, BAV-3, BCoV, PI-3V és BRSV) esetén előfordulhat, hogy nem csak a klinikai tünetek hiányoznak, de AFF emelkedés sem mindig jellemző, noha szerokonverzió ilyenkor is kimutatható (Nikunen és mtsai., 2007). Ugyanakkor a vírusos és bakteriális fertőzések között differenciálásra alkalmasak lehetnek az AFF-ék (Nikunen és mtsai., 2007), valamint a klinikai tünetek fokozódásával (nagyobb klinikai pontszám) emelkedő SAA és Hp, illetve csökkenő albumin értékek várhatók, melyek a gyógyulás során (a klinikai pontszám csökkenésével) ellentétesen változnak (Joshi és mtsai., 2018).

2.2.2.3 Mikrobiológiai és PCR vizsgálatok

A BRDC-ben résztvevő patogén vírusok és baktériumok jellemzőiről számos összefoglalót találhatunk a szakirodalomban (Brodersen, 2010; Caswell és mtsai., 2010; Griffin és mtsai., 2010; Ridpath, 2010; Saif, 2010) és a mintavételek részletes kivitelezésére is számos forrás áll rendelkezésre (Cooper és Brodersen, 2010; Pardon és Buczinski, 2020). Emiatt itt elsősorban a gyakorlat szemszögéből hasonlítunk össze mintavételi technikákat (**8. Táblázat**) és az ezekből nyerhető eredményeket.

A mikrobiológiai mintavétel jellegétől függ az eredmények értelmezése. Az orrüregi tamponminták elsődlegesen a felső légúti vírusok azonosítására alkalmasak, míg a

bronchoalveoláris lavage (BAL) illetve transtracheális lavage (TTW) virológiai, bakteriológiai, citológiai és parazitológiai vizsgálatra is alkalmas (Caswell és mtsai., 2012; Cooper és Brodersen, 2010). A szarvasmarhák bakteriális légzőszervi patogénjei a normál felső légúti flóra tagjai, így kimutatásuk még nem feltétlen jelent összefüggést a megbetegedéssel, viszont nagyszámú kolónia (telep) esetén már következtethetünk az ok-okozati kapcsolatra (Fulton és Confer, 2012). Egy felmérés szerint az orrtamponból végzett mikrobiológiai vizsgálat eredménye nem feltétlen korrelál a tüdővel, csak az esetek kb. 68%-ában azonosak az izolátumok. Ráadásul úgy is jelen lehetnek az orrüregben, hogy nem okoznak megbetegedést, habár a két lokációnál hasonló antimikrobiális érzékenység jellemző (Caswell és mtsai., 2012). Az orr-garat tampon (NPS) és az alsó légúti minták (BAL, TTW) között egyedi szinten nem mindig van összefüggés, de csoport szinten már használható eredményre juthatunk. A mintavételre célszerű a következő szempontoknak megfelelő borjakat kiválasztani: ≥ 5 pont a Wisconsin Calf Respiratory Scoring rendszer szerint és $\geq 39,4$ °C testhőmérséklet, valamint az aktuális megbetegedés során még nem kaptak gyógyszeres antibiotikus és/vagy gyulladáscsökkentő kezelést (ellenkező esetben bizonyos kórokozók kimutathatósága csökken). Ugyanakkor még az alsó légúti minták eredményei is fenntartásokkal kezelendők: egy dán vizsgálatban látszólag egészséges borjak mintáinak 63 %-ából mutattak ki potenciálisan patogén baktériumokat, melyek 60 %-ában szintenyészetben, vagy több patogén baktérium vegyes tenyészetben fordult elő (Angen és mtsai., 2009).

Vírusos pneumoniák (BRSV, BCoV, BHV-1, PI-3V) akut szakaszában a PCR kiváló diagnosztikai eszköz, kórbonctani mintákból és élő állatoktól származó orrtamponból is elvégezhető (Caswell és mtsai., 2012). A PCR vizsgálatok előnyei között említhető, hogy egyszerre akár több patogén is vizsgálható, sőt a nagy érzékenység miatt akár egyesített (pool) mintákra is alkalmazható (O'Neill és mtsai., 2014). Nehezen tenyésztendő kórokozóknál (pl. a *Mycoplasma bovis*) ugyancsak a PCR-diagnosztika lehet segítségünkre (Parker és mtsai., 2018).

A helytelen mintavétel, tárolás és szállítás azonban negatív, vagy inkonzulzív eredményre vezethet. A mikrobiológiai vizsgálatoknál torzíthatja az eredményt, ha az állat már kapott antibiotikumot a mintavétel előtt, ugyanis a megváltozott flóra túlnőheti a patogént, különösen akkor, ha nem friss mintából végezzük a tenyésztést. Elhullott állatokból származó mintáknál fontos, hogy az ép és elváltozott terület határáról származó konszolidált területről vegyünk mintát (ezek a területek a legutoljára fertőzöttek, míg a cranioventralis területen lévő régebbi elváltozásokat nagyobb valószínűséggel kolonizálják másodlagos kórokozók), elkerülve a tályogos területeket, melyekből általában csak másodlagos és opportunistá patogének mutathatók ki (Caswell és mtsai., 2012). A mikrobiológiai vizsgálatra szánt szövetminták legalább 4 cm átmérőjűek legyenek. Ezzel jobban elkerülhető a kontamináció, mintha a boncoláskor a tüdő

metszészlapjáról vennék transzport tápközegbe tamponmintát, mivel a szövetdarab felületét a laborban leégetik a mintavétel előtt. Ugyanakkor a tamponmintát egyszerűbb vizsgálatra küldeni és jobb a prezerváció is (Caswell és mtsai., 2012). Mindezekről függetlenül fontos a kórboncolás során gyűjtött minták hűtve tárolása és gyors szállítása.

A klasszikus mikrobiológia tenyésztés mellett ma már elérhetők újabb módszerek, így pl. a tömegspektrometriás fehérjeazonosításon alapuló rendszerek (pl. MALDI-TOF) is. Ezek a vizsgálatok gyorsan, akár primer mintából is elvégezhetőek. Ugyanakkor polimikrobás minták - pl. légzőszervi, enterális - eredményei gyakran nehezen értelmezhetőek és speciális előkészítést igényelnek (Pardon és Buczinski, 2020). Hasonló fehérje-profilú kórokozók (Rychert, 2019), valamint a túl fiatal, vagy öreg törzsek fals eredményt adhatnak, mitöbb, gyakran olyan fajok azonosíthatók, melyeknek nincs klinikai jelentősége. Emiatt az interpretációban mindenképp szükséges egy tapasztalt mikrobiológus segítségét igénybe venni.

A PCR vizsgálat sem vezet azonban mindig eredményre. A vírusürítés általában a klinikai megbetegedés 1-4. napján, azaz a fertőzést követő 4-7 nappal jellemző, tehát néhány nappal a klinikai tünetek megjelenését követően már nehéz azokat kimutatni. Ilyen esetben a hevenyebb tüneteket mutató állatoktól kell mintát venni, vagy savópár vizsgálatot érdemes indítani (Caswell és mtsai., 2012). A kórokozó eloszlása sem feltétlenül egyenletes az érintett szervekben, így érdemes több helyről is mintát venni: 2 mintát a cranioventralis és 1 mintát a dorsocaudalis részről (pl. előfordul, hogy a BRSV csak a cranioventralis részről mutatható ki, dorsocaudalisan nem) (Caswell és mtsai., 2012). Egyes vírustörzsek esetén (különösen RNS vírusoknál) előfordulhat, hogy a rutin tesztek nem alkalmasak az új genetikai variánsok felismerésére (Caswell és mtsai., 2012). A *Mycoplasma bovis* detektálására elsősorban a sajtos elhalásos focusok, illetve a konszolidált területek a megfelelőek, de egyes esetekben kórszövetteni és immunhisztokémiai módszerek is szükségesek lehetnek (Caswell és mtsai., 2012). Továbbá a kórokozó kimutatása nem mindig jelent ok-okozati összefüggést. A PCR ugyanis nagyon érzékeny, kis mennyiségű nukleinsavat is detektál, mely származhat akár az orrüreg és légcső normál flórájának inhalálásából is, de lehet az immunrendszer által már elölt vírusok és baktériumok nukleinsav-maradványa is (Fulton és Confer, 2012). Élővírusos vakcinával intranasalisan immunizált borjaknál a vakcinavírusok megeredve pozitív eredményt adhatnak, emiatt érdemes kihagyni a 30 napon belül vakcinázott egyedeket (Doyle és mtsai., 2017). Bakteriális kórokozóknál a PCR hátránya, hogy nem kapunk információt az antimikrobiális érzékenységről, illetve a fakultatív patogének (pl. *Pasteurellaceae*) jelenlétét nehéz interpretálni (Fulton és Confer, 2012).

8. Táblázat Mintavételi lehetőségek mikrobiológiai és PCR vizsgálatokhoz (Doyle és mtsai., 2017 nyomán).

Módszer és mintavételi terület	Előny	Hátrány	Kivitelezés
NS orrüregi nyálkahártya	<ul style="list-style-type: none"> • olcsó és egyszerű • vírusok kimutatása (pl. PCR) 	<ul style="list-style-type: none"> • nehéz interpretálni (kommenzalisták kontaminációja) • nem feltétlenül reprezentálja az alsó légúti flórát • lehetséges komplikációk: vérzés, eltörhet a mintavevő pálca 	<ul style="list-style-type: none"> • orrnyílások tisztítása e.h. papírtörölővel • transzportos mintatvevő palcát teljes hosszában bevezetni, a nyálkahártyán megforgatni, majd kihúzni.
NPS nasopharyngealis nyálkahártya	<ul style="list-style-type: none"> • NS-nél megbízhatóbb • orrüregen át kell vezetni • vírusok kimutatásához jobb, több epithel sejt nyerhető 	<ul style="list-style-type: none"> • NS-nél nehezebb vezetni • nem feltétlenül reprezentálja az alsó légúti flórát • drága és más célú mintavevő (pl. uterin minták) • lehetséges komplikációk: vérzés, eltörhet a mintavevő pálca 	<ul style="list-style-type: none"> • orrnyílások tisztítása e.h. papírtörölővel • a hosszú (kb. 60 cm) katétert a szem medialis canthusától 2 cm rostralisán lévő mélységig felvezetni majd a mintavevő hüvelyből kb. 4 cm hosszan továbbvezetni a tampont • a nyálkahártyán megforgatni, majd a hüvelybe visszahúzni, végül az egészet kihúzni
BAL véletlenszerű tüdőterület	<ul style="list-style-type: none"> • orrüregen át kell vezetni • reprezentatívabb az alsó légutakra 	<ul style="list-style-type: none"> • kontaminálhatják a felső légúti kommenzalisták a katéter levezetésekor • a bifurcatio-nál az egyik irányba tér a cső, ezáltal csak az adott tüdőfél (tüdőrésztlet) területéről nyerhetők kórokozók • problémát jelent, ha nem egyenletes a kórokozók eloszlása a tüdőben • lehetséges komplikációk: sérülés, vérzés a levezetéskor, légzőszervi distressz a nem megfelelő aspirációkor 	<ul style="list-style-type: none"> • orrnyílások tisztítása e.h. papírtörölővel • a katétert az orron keresztül kell vezetni addig, míg el nem akad a bronchusban. • 30-250 ml steril isotoniás sóoldatot injektálása és visszahívása (kb. 1/3-a az injektálnak) • a visszanyert folyadékot szét kell osztani mikrobiológiai, PCR és citológiai vizsgálatokhoz
TTW légső bifurcatio	<ul style="list-style-type: none"> • reprezentatív az alsó légutakra 	<ul style="list-style-type: none"> • meglehetősen invazív és drága • lehetséges komplikációk: bőr alatti emphysema, sebfertőzés, helyi vérzés, elszakadó katéter a légsőben maradhat, légzőszervi distressz a nem megfelelő aspirációkor 	<ul style="list-style-type: none"> • speciális kit érhető el hozzá • a légső fölötti bőrterületet műtétilag elő kell készíteni (szórnyírás, alkoholos fertőtlenítés, lidokainos beszűrés) • légső átszúrása tűvel / katéterrel • a visszanyert folyadékokat szét kell osztani mikrobiológiai, PCR és citológiai vizsgálatokhoz

Magyarázat: NS = orr tampon, NPS = nasopharyngealis tampon, BAL = bronchoalveolaris lavage, TTW = transtrachealis mosás

Az így kapott eredmények járványtani szempontból is fontosak, ugyanis információt szolgáltatnak az egyes kórokozók különféle szarvasmarha-állományokban, illetve termelési

rendszerekben való terjedéséről és prevalenciájáról továbbá a patogén baktériumok antibiotikum-érzékenységéről, ami elengedhetetlen a menedzsment és vakcinázási stratégiák kialakításához (O'Neill és mtsai., 2014).

2.2.2.4 Szerológiai vizsgálatok

A szerológiai vizsgálatokat a megbetegedések diagnosztikájára, a maternális immunitás felmérésére és a vakcinázásra adott válasz felmérésére egyaránt használhatjuk. A módszerek azonban többnyire nem alkalmasak a fertőzéstől, a maternális védelemből, vagy épp a vakcinázásra adott válaszból származó ellenanyagok elkülönítésére (kivéve pl. IBR DIVA tesztek). A szerokonverzió csak a kórokozóval való kontaktust és nem a megbetegedést jelzi, így elsősorban egy-egy csoport vagy állomány aktív fertőződésének nyomkövetésére, mintsem egyedi diagnosztikára szolgál (Fulton és Confer, 2012).

Klinikai megbetegedés esetén alapvetően két szerológiai módszert választhatunk. A vírusneutralizációval (VN) a meghatározott mennyiségű vírus szérumban lévő ellenanyagok általi neutralizációját vizsgáljuk. Minél nagyobb hígításban neutralizál a szérum (azaz a benne lévő ellenanyagok), annál nagyobb titeret kapunk. Bár az ellenanyag titer vizsgálata költséghatékonyabb a vírus izolációs, PCR, illetve kórszövettani vizsgálatoknál, de egyszerű titer értékekből nem lehet messzemenő következtetéseket levonni, gyakorta félrevezetik a diagnosztikát, emiatt savópár vizsgálatra van szükség (Caswell és mtsai., 2012). Vírusfertőzések okozta szerokonverzióra utal, ha a savópár vizsgálat során az akut szakaszban vett mintához képest a legkevesebb 10-14 nappal vett konvaleszcens savóban legalább négyszeres titeremelkedést mérünk (Fulton és mtsai., 2004; Fulton és Confer, 2012). Az ilyen vizsgálatok összköltsége már kevésbé kedvező, mégis jó módszer akkor, ha nem volt lehetőség a megbetegedés akut szakaszában a mintavételre, így a vírusürítést detektáló módszerek már nem alkalmazhatók (Caswell és mtsai., 2012).

Az ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) módszerrel kvalitatív eredményt kaphatunk (pozitív vagy negatív), de kifejezhető az optikai denzitás értékében is, sőt a szérumból képzett hígítási sorral titerértékek is kaphatók. Megfelelő módszerrel akár az IgG, IgA és IgM frakciók is vizsgálhatók. Ugyanakkor az ELISA csak az ellenanyagok és a vírus között kötődést vizsgálja, mely létrejöhet a virion sejtbe jutáshoz nem szükséges részeivel is, míg a VN vizsgálat funkcionális teszt, a vírussal szemben hatékony ellenanyagokat mutatja ki (Fulton és Confer, 2012).

Az ELISA módszer alkalmazható antigén kimutatására is (pl. BVDV, BRSV, PI-3V, BHV-1). Negatív eredményt kaphatunk pl. a vírus antigéneket kimutató módszereknél (pl. antigénfogó ELISA-k), ha a vizsgált mintában lévő ellenanyagok (melyek származhatnak a kolosztrális

védelemből, vakcinázásból, vagy akár a szóban forgó fertőzésre adott immunválaszból) interferálnak a patogénnel (Caswell és mtsai., 2012).

A maternális védelem hossza meglehetősen változatos, kórokozónként eltérő lehet. Szeronegatívnak tekinthetők a borjak ha $< 1:4$ (BVDV1a, BVDV1b, BVDV2, PI-3V és BRSV), illetve, ha $< 1:10$ (BHV-1) vírus-neutralizációs titer mérhető (Fulton és mtsai., 2004). Az egyes kórokozókkal szembeni szerokonverzió, illetve az ellenanyagtiter csökkenésének detektálása a nagyobb maternális titerrel rendelkező borjak esetén nehezebb, mint az alacsonyabb titerrel rendelkezőknél (Windeyer és mtsai., 2015). Ennek az az oka, hogy a \log_2 reciprok ellenanyag titer 1-gyel való növekedéséhez az adott ellenanyag szintnek meg kell duplázódnia, vagyis az eleve magasabb titerrel rendelkező borjakban nagyobb mennyiségű ellenanyagot kell termelődnie a titerérték emelkedéséhez, mint az alacsonyabb titerű borjaknak.

A maternális immunitásra jellemző felezési idő 16-28 napra tehető (Fulton és mtsai., 2004), de ez függ attól is, hogy a születést követő 24 órán belül mennyi ellenanyagot vett fel a borjú, illetve annak mekkora hányada szívódott fel. Sőt, vírusonként is eltérő felezési idővel lehet számolni: egy húshasznú állomány nem vakcinázott borjainál a BVDV1a, BVDV1b, BVDV2 és a BHV-1 esetén 21,2 – 23,1 nap közötti átlagos felezési idő volt jellemző, míg a PI-3V-nél 30,3, a BRSV-nél pedig 35,9 napot mértek (Fulton és mtsai., 2004). Mindezek alapján a kiszámítható a szeronegatívra válás várható ideje, bár a változatos kiindulási titerértékek miatt jelentősen eltérhet egy állományon belül, ezért az ilyen előjelzés pontatlanságát szem előtt kell tartani. A légzőszervi vírusokkal szembeni maternális immunitás időtartamának egyedenkénti változatossága végső soron gyenge állományszintű immunitáshoz vezet (Chamorro és mtsai., 2014). A változatosságot aktív vírusfertőzés vagy a borjak vakcinázása is befolyásolhatja, de jelentősége lehet az ellenőrizetlen kolosztrum itatásnak és a következményes hiányos passzív transzfernek is. Vagyis, ha egy állatcsoport vakcinázási tervét a szeronegativitás előjelzésével szeretnénk kialakítani, akkor figyelembe kell venni, hogy az adott csoportban milyen széles tartományban fordulnak elő az adott ellenanyagra vonatkozó kezdeti titerértékek. Változatos titerértékek mellett nehéz megállapítani, hogy mikor célszerű vakcinázni az állományt, hiszen az állatok egy részénél a még jelentős maternális ellenanyagszint miatt sikertelen lehet a vakcinázás, míg más egyedeknél már semmilyen védelem nincs, azaz adott esetben már el is késett az immunizálás. Ráadásul mivel vírusonként is eltér a szeronegatívra válás ideje, így a kombinált vakcinák alkalmazását is nehéz időzíteni. Az mindenesetre elmondható, hogy ha egyáltalán nincs jelen, vagy csak alacsony mennyiségben vannak jelen ellenanyagok, akkor a borjak fogékonyabbak a megbetegedésekre (Mechor és mtsai., 2001), illetve hat felezési idő elteltével a passzív védelem már biztosan nem elégséges, de a védelem hossza ennél rövidebb is lehet (Mechor és mtsai., 2001). A titerértékeken alapuló döntéseknél azonban számításba kell venni,

hogyan az immunogének (pl. vakcina) immunológiai memóriát indukálhatnak, melyek függetlenek a maternális immunitástól (Fulton és mtsai., 2004). Ekkor ugyan nincs ellenanyag-titer emelkedés, de sejt-mediált válasz kialakulhat (Ellis és mtsai., 1996). Továbbá a vakcinázással elérni kívánt ún. „védő ellenanyag titer” értéke sem határozható meg pontosan, hiszen a vakcinázási kísérletek körülményei nem azonosak az akár több és változatos virulenciájú fertőző ágens, eltérő genetikai állományt, takarmányozási és tartási körülményeket is felvonultató telepi körülményekkel, vagyis a kalkulált védő titer nem biztos, hogy az adott állományban érvényes (Fulton és Confer, 2012).

2.2.2.4.1 Maternális immunitás ellenőrzése telepi körülmények között

Egy átfogó, légzőszervi megbetegedések kontrollálására szolgáló programban a gyakorló állatorvosoknak folyamatos figyelemmel kell lenni a kolosztrum-menedzsmentre, és monitorozni kell a hiányos kolosztrális immunitás (failure of passive transfer, FPT) incidenciáját (Gorden és Plummer, 2010). A maternális immunitás hossza az elfogyasztott és felszívódott ellenanyagok mennyiségétől függ (Fulton és mtsai., 2004), melyet a kolosztrum immunglobulin tartalma (és az azt befolyásoló tényezők), valamint a kolosztrumítás körülményei határoznak meg (Godden, 2008; Godden és mtsai., 2019). Ismert minőségű és mennyiségű kolosztrum itatásával egységes maternális védelem alakítható ki, homogén immunstátusz esetén az ellenanyag titerértékek alapján előjelezhető a vakcinázásra legalkalmasabb időablak, de zárt állományokban akár a borjúkori, légzőszervi vírusok elleni vakcinázás is elhagyhatóvá válhat. A rutin telepi kolosztrum menedzsmentben azonban nem az egyes ellenanyagok titerértékét vizsgáljuk, hanem az immunglobulinok mennyiségének közvetlen, vagy közvetett mérését és becslését alkalmazzuk. A különböző mérési módszereket és az irányadó célértékeket a **9. Táblázatban** foglaltuk össze. Az ezektől elmaradó szérum IgG értékek esetén hiányos passzív transzferről (FPT) beszélünk. Ugyanakkor a magasabb szérum IgG és az alacsonyabb morbiditás közötti összefüggések alapján a mért értékek kategorizálhatók és egyedi, valamint állományszintű értékelésre is alkalmazhatók (**10. Táblázat**, Godden és mtsai., 2019).

A kolosztrum immunglobulin-tartalma ellenőrzésének gold standard módszere a radiális immunodiffúzió (RID), amely azonban csak laboratóriumi körülmények között kivitelezhető és 18-24 óra elteltével bírálható el (Bielmann és mtsai., 2010). Gyakorlatiasabb a sűrűség vizsgálatán alapuló hydrométerek használata, ugyanis a sűrűség korrelál az oldatok oldottanyag-tartalmával, így a kolosztrum fehérje, illetve immunglobulin tartalmával (Fleenor és Stott, 1980). A kolosztruméterek (speciális hydrométerek) telepi körülmények között is gyors eredményt adnak, hátrányuk azonban a hőérzékenység és az eszköz törékenysége (Bielmann és mtsai., 2010). A tej oldottanyag-tartalmának vizsgálatára Brix-refraktométer is alkalmas (Moore és mtsai., 2009), melynek előnye, hogy nem érzékeny a kolosztrum hőmérsékletére (Bielmann és mtsai., 2008),

friss és fagyasztott mintával is használható, sőt a RID módszerrel összevetve telepi monitoring céljára is alkalmas (Bielmann és mtsai., 2010).

9. Táblázat Kolosztrum és borjú szérumban IgG koncentrációjának mérése és becslése. STP = szérumban totál protein; RID = radiális immunodiffúzió

Paraméter	Célérték	Forrás
Kolosztrum IgG cc.	≥ 50 g/l (50 mg/ml) (RID)	Quigley és mtsai., 2013
	> 1046 g/l sűrűség (kolosztruméter)	Fleenor és Stott, 1980
	≥ 21 vagy ≥ 22 Brix % (refraktométer)	Bielmann és mtsai., 2010; Quigley és mtsai., 2013
Borjú szérumban IgG cc.	≥ 10 g/l (10 mg/ml) (RID)	Godden, 2008
	≥ 52 vagy ≥ 55 g/l (5,2 vagy 5,5 g/dl) STP (refraktométer)	Godden, 2008
	≥ 7,8 vagy ≥ 8,4 Brix % (refraktométer)	Deelen és mtsai., 2014; Morrill és mtsai., 2013
	„Pozitív” (≥ 10 g/l (kvalitatív gyorsteszték) Precipitáció 14 %-os Na ₂ SO ₃ oldatban	Kaske és Bleul, 2021 Brydl, 2003

10. Táblázat A szérumban IgG értékekkel egyenértékű STP és Brix értékek alapján javasolt kategorizálás a borjak kolosztrum-ellátottságának ellenőrzéséhez (Godden és mtsai., 2019 nyomán).

Kategória	Javasolt IgG konc. (g/L)	Egyenértékű STP konc. (g/L)	Egyenértékű Brix érték (%)	Borjak aránya kategóriánként (%)
Kiváló	≥25.0	≥62	≥9.4	>40
Jó	18.0–24.9	58–61	8.9–9.3	~30
Megfelelő	10.0–17.9	51–57	8.1–8.8	~20
Kedvezőtlen	<10.0	<51	<8.1	<10

A kialakult maternális védelmet a kolosztrum felvételét követő szérumban IgG koncentrációval lehet jellemezni, melynek gold standard módszere szintén a RID (Deelen és mtsai., 2014). Mivel újszülött borjakban az immunglobulinok adják a szérumban összfehérje (serum total protein, STP) nagy hányadát, így telepi körülmények között az STP refraktometriás mérése is alkalmas a passzív transzfer ellenőrzésére (Calloway és mtsai., 2002; Moore és mtsai., 2009). Ugyancsak használhatók a Brix-refraktométerek is, mivel az STP és Brix% értékek egymással ($r = 1,00$) és a RID során mért IgG-vel is nagyon jól ($r = 0,93$) korrelálnak (Deelen és mtsai., 2014). További előnye a Brix-refraktométereknek, hogy ugyanaz az eszköz használható a kolosztrum és a szérumban mérésére is, míg az STP mérésére alkalmas refraktométerek a speciális kalibráció miatt a kolosztrum vizsgálatára nem alkalmasak (Deelen és mtsai., 2014).

2.2.2.5 Kórszövetten és citológia

Elhullás esetén kézenfekvő a kórszövetteni vizsgálatra való mintagyűjtés, noha a telepi gyakorlatban nem mindig oldható meg a gyors boncolás. A minták gyűjtése során fontos a precíz, lehetőleg fotókkal kiegészített (méretarányokkal jelzett) dokumentáció, az oldalankénti és lebenyenkénti külön mintagyűjtő edények használata. A mintagyűjtés több (legalább 3-5) helyről, az ép és elváltozott részek határáról és elváltozásmentes tüdőterületről is történjen, ezzel lefedve a léziók teljes spektrumát (pl. ugyanazon tüdőben lehet cranioventralisan consolidatio és tályog, dorsocaudalisan pedig interstitialis pneumonia és pleuritis). Továbbá hozzátartozó nyirokcsomókból való mintavétel, sőt a felső légutak és a mellhártya vizsgálata és az ezekből való minta gyűjtése is szükséges. Ha a boncoláskor nem egyértelmű a diagnózis, érdemes nem légzőszervi eredetű mintákat is venni. BVDV fertőzés esetén myocardialis elváltozások (dyspnoe, szívelégtelenség miatt), lymphocytás arteritis, lymphoid szövetek depletioja figyelhető meg, továbbá BVDV és BCoV okozhat bélbeli léziókat is találhatunk (Caswell és mtsai., 2012).

A megfelelő konzerválás érdekében a szöveteket kb. 1 cm-es vastagságban érdemes bemetszeni és 1:10 térfogatarányban 10 %-os pufferolt formalinba kell helyezni. A vastagabb szövetdarabok közepe ugyanis nem fixálódik, autólízis miatt értékelhetetlenné válhat a minta. Immunhisztokémiai antigén-detektálást zavarja a hosszas fixálás, a legelőnyösebb a 7 napnál rövidebb ideje fixált minták használata (Caswell és mtsai., 2012). A korrekt diagnózishoz érdemes a hisztopatológus részére részletes kórelőzményi, kezelési és járványtani adatokkal szolgálni. Természetesen a boncoláskor vett mintákból a vonatkozó mintagyűjtési és tárolási irányelveket betartva mikrobiológiai és PCR vizsgálatok is végezhetőek.

Élő állatoknál a BAL és TTW minták citológiai elemzése is segíthet a szubklinikai esetek felderítésében, de a differenciál sejtszámlálás határértékei nincsenek egyértelműen meghatározva (Ollivett és mtsai., 2015).

2.2.2.6 Parazitózisok

Érdemes számításba venni a parazitózisok, így a coccidiosis szerepét is, mely a hazai állományok 86 %-ban jelen van (Farkas és mtsai., 2007). A legfogékonyabb állatok (< 6 hónapos) gyakran csak szubklinikailag fertőzöttek, de bélfalkárosító (így maldigestiohoz, malabsorptiohoz vezető) és immunszuppresszív hatásuk révén szerepet játszhatnak az ebben a korban ugyancsak jellemző BRDC kialakulásában is. A kórokozó jelenlétét felszínűsítésos bélsárvizsgálattal lehet kimutatni, melyhez a mintát közvetlenül a rectumból, vagy a frissen hullatott bélsárból érdemes gyűjteni.

Legelőn tartott állatoknál légzőszervi tünetekkel jár a dictyocaulosis, melynek antemortem diagnosztikájához a pátens szakaszban a több állatból származó bélsárminta Bearmann-féle lárvaizolációs vizsgálata szükséges, míg elhullás esetén az alapos kórbonctani és kórszövetteni vizsgálat során interstitialis pneumonia (akut, prepatens szakasz, a migráló lárvák miatt), illetve lobularis atelectasia és a tüdő-konzolidáció (krónikus, pátens vagy postpatens szakasz) figyelhető meg (Caswell és mtsai., 2012). Az ürülő lárvák számában jelentős ingadozás jellemző és nincs közvetlen arányban a tüdőben megtelepedett lárvák számával (Kassai, 2003a). Negatív laboreredményt kaphatunk az akut szakaszban (migráló lárvák), amikor még nincsenek adult alakok a bronchusokban és lárvák sem a bélsárban, de ugyanez a helyzet a krónikus és a postpatens szakaszban is. Mitöbb, a részleges immunitással rendelkező állatokban bár súlyos tünetek jelentkezhettek, patens fertőzés nem alakul ki. Vagyis a lárvaizolációs vizsgálat nem alkalmas a prepatens, a postpatens és a részleges immunitás miatti nonpatens fertőzések diagnosztikájára (Caswell és mtsai., 2012).

2.2.2.7 Mikotoxikózisok

A kérődzők mikotoxinokkal szembeni ellenállóképessége régóta ismert. Bár a bendőflóra képes a mikotoxinokat megkötni, illetve inaktiválni, a fiatal, még monogastricusnak tekinthető borjakban ez a konverzió alacsonyabb mértékű lehet (Rodrigues, 2014; Pomothy és mtsai., 2020). Így például az aflatoxin és a trichotecének immunszuppresszív hatása révén csökkenhet a környezeti és mikrobiális stresszorokkal szembeni ellenállóképesség, emiatt az összetett oktanú megbetegedések hátterének felderítésekor ez irányú vizsgálatokat is érdemes végezni. Emellett újabb, in vitro kutatások szerint a belélegzett mikotoxinok közvetlenül is károsíthatják a légúti epithel sejteket, illetve azok barrier és mukociliaris funkcióját, ezzel elősegítve a patogének invázióját (Lee és mtsai., 2016; Van Cleemput és mtsai., 2019; Prathap-Kumar és mtsai., 2023).

2.2.3 A közeli jövő

Mivel az állatlétszámtól függően még a legegyszerűbb szűrővizsgálatok is nagyon munkaerő-igényesek lehetnek, nagyban elősegíthetné a megbetegedések korai stádiumban történő észlelését az olyan precíziós (precision livestock farming; PLF) technológiák alkalmazása, melyek valós időben detektálják egyes klimatikus és levegőminőségi környezeti tényezők (pl. hőmérséklet, páratartalom, NH₃, por, bioaeroszok, légáramlás stb.) kedvezőtlen irányú változását, illetve észlelik az olyan tünetek megjelenését, mint a mozgási aktivitás és a takarmányfogyasztás változása, vagy pl. a köhögés a BRDC esetén. A rögzített adatok számítógépes feldolgozását követően a jól optimalizált PLF rendszerek megkönnyíthetnék a környezeti tényezők változásának nyomonkövetését, illetve a tünetek megjelenésének korábbi felismerését.

A fülbe helyezhető hőmérők alacsony szenzitivitását vélhetően javítani lehetne egy komplex, a füljelzőtől független, a környezeti tényezőket (hőmérséklet, páratartalom, szélsébség) is mérni képes rendszerrel, ahol a füljelző adatai a környezeti paraméterekkel korrigálhatók lehetnek, mitöbb, a füljelzőbe épített accelerométer segítségével meghatározható a borjak mozgási aktivitása is. Ezen adatok összevetésével kiszűrhetők lennének az emelkedett testhőmérsékletű, alacsony mozgási aktivitású, azaz potenciálisan beteg borjak. Továbbá, a BRDC egyik jellemző klinikai tünete a köhögés, mely hangrögzítést követően számítógépes rendszerekkel analizálható és más, pl. mechanikai hangoktól elkülöníthető (Ferrari és mtsai., 2010). Sertések köhögésszámlására alkalmas eszköztől hazai tapasztalatok is rendelkezésre állnak (Könyves és mtsai., 2015).

Habár mostanra számos ígéretesnek tűnő és terepi vizsgálatok szerint is jól teljesítő technológiai újítás érhető el, egyelőre a légzőszervi megbetegedések PLF rendszerű monitorozása még számos kihívást rejt magában (Garrido és mtsai., 2023). A megelőző menedzsment-intézkedésekre irányuló kockázatelemzési eszközök, illetve a pontozó rendszerek folyamatos, együttes alkalmazása egy gyors, olcsó és átfogó BRDC-kontroll program alapjául szolgálhat, az újabb borjak születésével a megbetegedések incidenciája a kontroll program bevezetését követő hónapokban már csökkenést mutathat (Maier és mtsai., 2019).

3 SAJÁT VIZSGÁLATOK

A vizsgálatokat egy közép-magyarországi nagyüzemi tejtermelő tehenészetben, Jászárokszálláson végeztük 2019. júliusa és 2020 februárja között. A gazdaságban kizárólag holstein-fríz fajtájú szavasmarhákat tartanak, melyeket a vizsgálatok idején három telephelyen helyeztek el. A központi telepen (hrsz. 0265/1, GPS: 47°38'06.91" É, 19°54'59.72" K) tartották a termelő állományt (átlagos tehén létszám 2019-ben 530 egyed), illetve itt történt a borjúnevelés a választásig (kb. 80-90 napos életkor), majd a borjakat áttelepítették az üszőnevelő telepre (GPS: 47°37'23.74" É, 19°58'07.09" K), ahol 1 éves korukig nevelték őket. Ezt követően 7 hónapos vemhes üsző korukig a jászágói üszőnevelő telepen tartották az állatokat. A bikaborjakat továbbhízalásra választás előtt értékesítették. Az átlagos havi borjú- és növendék létszám a vizsgált időszakban: szaporulat: 68 egyed; szopós borjú (választásig): 154 egyed; növendék üsző választástól 1 éves korig: 312 egyed; növendék üsző 1 éves kortól: 265 egyed.

3.1 KÖRNYEZETDIAGNOSZTIKAI MONITORING LEHETŐSÉGEK VIZSGÁLATA

3.1.1 A vizsgálatok indokoltsága, célkitűzések

Kutatásunk fő hipotézise az volt, hogy a környezet fokozottabb ellenőrzésével felismerhetőek a BRDC szempontjából kockázatos mikroklimatikus viszonyok, ezzel elősegíthető a megbetegedések korai felismerése és a szükséges kezelések mielőbbi megkezdése.

Ennek érdekében vizsgáltuk, hogy üzemi körülmények között a folyamatos, valós idejű mérések alkalmasak-e a kritikus mikroklimatikus tényezők hosszú távú dinamikájának és napi mintázatainak, valamint az egyes paraméterek összefüggéseinek monitorozására. A hajlamosító kockázati tényezőként jelentkező kritikus körülmények és technológiai folyamatok azonosítására irányuló vizsgálatokat eltérő borjútartás-technológiai feltételek között végeztük annak érdekében, hogy eredményeink felhasználhatók legyenek egy BRDC kockázatának előrejelzésére szolgáló precíziós állattenyésztési (PLF) rendszer kifejlesztésében.

3.1.2 Anyag és módszer

Különböző borjútartás-technológiai körülmények között vizsgáltuk a mikroklimatikus és levegőminőségi paramétereket 2019. július és 2020. február között egy közép-magyarországi nagyüzemi tejtermelő tehenészetben. Telepített monitoring eszközökkel (U1, U2 és U3) egyedi borjúketrecekben (EBK, U2) és csoportos borjúházakban (7CSBH, U2), kísérleti csoportos borjúházakban (KCSB, U1) és egy hagyományos csoportos borjúnevelő istállóban (HCSB, U3) végeztünk méréseket (**1. Ábra**). A különböző egységekben, adott időszakokban párhuzamosan, vagy részben párhuzamosan, különböző korcsoportú borjak elhelyezésére szolgáló tartástechnológiai egységekben zajlottak a mérések, azaz nem egy korcsoportot követtünk

nyomon a felnevelés során különböző tarásmódváltozásokat lekövetve. A kültéri EBK-k és 7CSBH-k a központi telepen helyezkedtek el. Mivel mindkét típusú borjúnevelő egység a telep ugyanazon területén helyezkedett el, így a mikroklímájukat ugyanazzal az telepített monitoring eszközzel (U2) vizsgáltuk. Az EBK-k egy 1,2 x 1,0 m-es fémketreces kifutóból és egy 1,5 x 1,0 m-es üvegszálás borjúházból álltak. Minden 7CSBH-ban 7 borjút neveltek, amelyek egy 3 x 3 m-es ketreces kifutóból és egy 3 x 3 m-es üvegszálás borjúházból álltak. A választás után a borjakat egy kb. 4 km-re lévő üszőnevelő telepre szállították, ahol HCSB-ben nevelték őket, amely épülettípus ma is széles körben elterjedt Magyarországon. A HCSB egy kb. 60 x 10 m-es téglapépítésű, sátortetős épület volt, keleti oldalán fedetlen kifutóval. Az épület és a kifutó is 3 részre volt osztva (3 x 40 borjú számára). A 2019/20-as tél folyamán két modern, karámmal ellátott kísérleti csoportos kültéri borjúházat (*KCSB, Holm&Laue Multimax Duo Veranda pen, Westerrönfeld, Németország és Hampel Calf-Tel hutch, Germantown, WI, USA*) is használtak kísérleti egységként a választott borjak számára (6-6 borjú). A KCSB-k egy 6 m²-es műanyag borjúházból és egy 7 m²-es fedett kifutóból álltak. A borjúnevelő egységeket az itt bemutatott vizsgálatok során U1, U2 és U3 néven említjük, a telepített monitoring eszközök nevei alapján.

A borjúnevelő egységek főbb tulajdonságait és a mérési körülményeket az **11. Táblázat** és a **2. Ábra** mutatja be, míg az érzékelők műszaki adatait és a mért mikroklimatikus tényezőkre vonatkozó határértéket és illetve szakirodalomban fellelhető kritikus értékeket a **12. Táblázat** foglalja össze. Mindhárom telepített eszköz (*Boreas Kft., Érd, Magyarország*) folyamatosan mérte a hőmérsékletet (T) és a relatív páratartalmat (RH) a BHP-06 érzékelővel, a szélességet (WS) BWS-06/HW hődrótos anemométerrel, valamint a PM_{2,5} és PM₁₀ szállópor koncentrációt a Honeywell HPM115S0 érzékelővel. A HCSB-ben felszerelt U3 eszköz a BGS-06 amperometriás érzékelőkkel az alábbi gáznemű paraméterek koncentrációit is rögzítette: szén-monoxid (CO), szén-dioxid (CO₂), kén-hidrogén (hidrogén-szulfid, H₂S), ammónia (NH₃) és metán (CH₄). Az eszközök 10 (U1 és U2) és 5 perces (U3) időközönként rögzítették az adatokat, majd egy központi szerverre továbbították azokat. A vizsgálati időszak alatt folyamatosan neveltek borjakat az U2 (1-3 hónapos életkor, választásig) és az U3 (> 3 hónapos életkor) nevelőegységekben, míg az U1 egységben csak 2019 decemberétől 2020 januárjáig (3-4 hónapos életkor) tartottak állatokat. Az U1 és U3 eszközöket a két különböző, de a választást követően széles körben használt borjúnevelő egység mikroklimatikus jellemzőinek vizsgálatára használtuk. Műszaki okok miatt az U3 egységet csak 2019 november végéig használtuk, azaz ezt követően folyamatos mérési adatok nem álltak rendelkezésre a HCSB-ben.

A téli hónapokban (az ezekben az egységekben tartott borjak életszakaszainak megfelelően) hetente háromszor kézi részecskeszámlálóval (*KRSZ, Trotec PC220, Trotec GmbH, Heisenberg, Németország*) is elvégeztük a hőmérséklet, a relatív páratartalom és a szállópor részecskék [PM_{2,5} és PM₁₀ koncentráció µg/m³-ben, valamint méret szerint a 0,3 – 10,0 µm

részecskeszám (db/m³) pontmérését a 7CSBH, KCSB és HCSB nevelőegységekben (**2. Ábra**). Az adatokat egymás után a vizsgált borjúnevelő egységek 3 különböző pontján rögzítettük. Ugyanezen rendszer szerint hetente egyszer levegőmintákat is vettünk hordozható, impakciós levegő-mintavevővel (*ILMV, MicroBio MB2, Cantium Scientific Ltd., Dartford, Egyesült Királyság*) a levegő élőcsíra-terhelésének mérésére (**2. Ábra**). Röviden: a mintavétel előtt a készülék fém, lyuggatott burkolatát alkohollal fertőtlenítettük, majd mérési pontonként 10-10 liter levegőmintát áramoltattunk PCA agarra (plate count agar). Az agarlemezeket a mintavételt követően 4-8 °C-on tároltuk a másnapi laboratóriumba szállításig (*Eurofins Food Analytica, Gyula, Magyarország*). A lemezeket a munkahelyi levegő mikrobiális számlálására vonatkozó szabvány szerint teszteltük (ütközéses módszer, telepszámlálás, MSZ EN 13098:2001 és MSZ EN ISO 4833-2:2014; inkubálás 30 °C-on, 72 óra). Az eredményeket telepképző egység/m³-ben (CFU/m³) fejeztük ki.

Az adatfeldolgozás R-project (*Posit, Boston, MA, USA*) statisztikai szoftverrel és Microsoft Excel (*Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA*) táblázatkezelővel történt. Az adattisztítási folyamat során a megfigyeléseket összehasonlítottuk a linearitási intervallum alsó és felső határával. Az e határértékeken kívül eső méréseket nemlineáris méréseknek tekintettük, és a statisztikai elemzés során nem vettük figyelembe. Helyszínenként és mikroklímikus paraméterenként leíró statisztikát készítettünk a megfigyeléseink havi, napi és óránkénti minimum, maximum, medián, valamint átlagértékeiről és a szórásokról, továbbá az óránkénti értékek havi átlagairól, valamint határértéket túllépő napok és órák számáról és arányáról. Az induktív statisztikai elemzések során Pearsson-korrelációval vizsgáltuk a mikroklímikus paraméterek összefüggéseit, valamint lineáris modellt készítettünk az egyes borjúnevelő egységek összehasonlítására. A kézi részecskeszámlálóval mért értékek, illetve a levegő élőcsíra-terhelésének egyes nevelőegységek közötti összehasonlítására ANOVA tesztet végeztünk. Az eredményeket táblázatokban foglaltuk össze, illetve vonaldiagramokon ábrázoltuk.

11. Táblázat A borjúnevelő egységek és a mérési körülmények főbb jellemzői (U1, U2 és U3).

Helyszín Eszköz	Helyszín tulajdonságai	Borjú korcsoport	Időszak	Mérőeszközök elhelyezése
EBK U2	<ul style="list-style-type: none"> déli vagy északi irányba nyitott borjúház szalma alom (kívül és belül) etetődoboz, itatóvödör 	5 hetes korig	2019. szept. – 2020. febr.	
7CSBH U2	<ul style="list-style-type: none"> déli irányba nyitott borjúház szalma alom (kívül és belül) itatóvödrök, szalmarács, fedett jászol 	5 - 12 hetes kor között (választásig)		<ul style="list-style-type: none"> állványon kb. 1,5 m magasságban a borjúház és a kifutó határán
KCSB U1	<ul style="list-style-type: none"> déli irányba nyitott borjúház szalma alom (kívül és belül) önitató, szalmarács, fedett jászol 	12 - 18 hetes kor között (választás után, kísérleti)		
HCSB U3	<ul style="list-style-type: none"> déli és északi irányba nagyméretű ajtónyílások kisebb ablakok és ajtónyílások a hosszanti oldalon beltéren szalma alom, kifutóban beton padozat fedetlen jászol a kifutó hosszában, labdás önitató 	> 12 hetes (választás után, hagyományos)	2019. júl. - 2019. nov.	<ul style="list-style-type: none"> épületen belül falon kb. 2 m magasságban a középső istállórészben

Magyarázat: Az U1, U2 és U3 a telepített mérőeszközök elnevezései, egyúttal jelölik a borjúnevelő egységeket is: EBK = egyedi borjúketrec (U2), 7CSBH = csoportos borjúház 7 borjú számára (U2), KCSB = kísérleti csoportos borjúház (U1), HCSB = hagyományos csoportos borjúnevelő istálló (U3).



1. **Ábra** A vizsgálatok helyszínéül szolgáló borjúnevelő egységek és az állattartó telepek elhelyezkedése: csoportos borjúházak 7 borjú számára (7CSBH, U2), kísérleti csoportos borjúházak (KCSB, U1) és hagyományos csoportos borjúnevelő istálló (HCSB, U3).

12. Táblázat Az U1, U2 és U3 telepített mérőeszközök szenzorainak technikai adatai és az alkalmazott szakirodalmi határértékek.

Eszköz	Szenzor	Paraméter	Mérési tartomány	Felbontás	Határérték	Forrás	
U1	Boreas BHP-06	T	-50 - +70 °C	0,1 °C	-		
		RH	0-100%	0,1%	80% 85%	Webster, 1984 Webster, 1984; Lorenz és mtsai., 2011	
U2	Boreas BWS-06/HW hődrótos anemométer	WS	0,01-10 m/s	0,01 m/s	0,2 m/s 0,6 m/s	Roland és mtsai., 2016 Roland és mtsai., 2016	
U3	Honeywell HPMA115S0	PM2,5	0-1000 µg/m ³	1 µg/m ³	25 µg/m ³ 15 µg/m ³	WHO, 2005 WHO, 2021	
		PM10	0-1000 µg/m ³	1 µg/m ³	50 µg/m ³ 45 µg/m ³	WHO, 2005 WHO, 2021	
U3	Boreas BGS-06 amperometriás szenzor	CO	0-200 ppm	12,5 ppb (0,0125 ppm)	10 ppm	EFSA, 2009	
		CO ₂	200-40000 ppm	1 ppm	3000 ppm	EFSA, 2009	
			200-40000 ppm	1 ppm	2000 ppm	Rafai, 2003	
		H ₂ S	0-50 ppm	1 ppb (0,001 ppm)	0,5 ppm	EFSA, 2009	
		NH ₃	0-100 ppm			20000 ppb (20 ppm)	EFSA, 2009
						1 ppb (0,001 ppm)	10000 ppb (10 ppm)
CH ₄	0-30 ppm	1 ppb (0,001 ppm)	4000 ppb (4 ppm)	-	van Leenen és mtsai., 2020		

Magyarázat: Az U1, U2 és U3 a telepített mérőeszközök elnevezései; T = hőmérséklet, RH = relatív páratartalom, WS = szélesebbesség; PM2,5 és PM10 = 2,5 és 10 µm mérettartományú szállópor koncentráció; CO = szén-monoxid; CO₂ = szén-dioxid; H₂S = kén-hidrogén; NH₃ = ammónia; CH₄ = metán.



2. Ábra Az egyes telepített monitoring eszközök elhelyzése a borjúnevelő egységekben, illetve az alkalmazott kézi mérőeszközök.

3.1.3 Eredmények

A hőmérséklet (T), a relatív páratartalom (RH), a szélesség (WS) és a szálló por (PM_{2,5} és PM₁₀) koncentrációk adatait júliustól novemberig gyűjtöttük a hagyományos borjúnevelő istállóban (HCSB = U3), valamint szeptembertől februárig a kiscsoportos nevelőegységekben (KCSB = U1 és 7CSBH = U2), amelyek havi átlagértékeit a **3., 5. és 6. Ábrák és a Függelék 1. Táblázat** foglalják össze, míg a napi átlagokat diagramokon ábráztuk (**3., 5. és 6. Ábrák**). A telepített eszközök délelőtti adatainak és a KRSZ által mért (pontmérések) értékek havi középértékeit a **4., 7. és 9. Ábrák és a Függelék 2. Táblázat** mutatják be. A lineáris modelleket az egyes mikroklimatikus tényezőkre vonatkozó kritikus határértékek (**12. Táblázat**) figyelembevételével futtattuk, amely során a 7CSBH (U2) nevelőegység értékeit vettük alapul (mivel a telepen ez a helyszín szolgált a borjúnevelésre a választásig) és ehhez hasonlítottuk a KCSB (U1) és a HCSB (U3) egységekben gyűjtött adatokat. A modell a három helyszínt a szeptembertől novemberig mért értékek, míg a két kiscsoportos helyszínt (7CSBH és KCSB) a szeptembertől februárig tartó időszak adatai alapján hasonlította össze (**13. Táblázat**). A táblázatban bemutatjuk az egyes helyszíneken mért értékek határérték feletti arányát (95%-os konfidenciaintervallum megadásával) is, továbbá azon napok számát és arányát, amikor a különböző mikroklimatikus paraméterek napi átlagértékei az ajánlott határértékek fölé estek. A modell vizsgálta a hónap, illetve helyszín: hónap interakció hatását is, melyek szignifikáns eredményei a szövegben kerülnek megadásra. A HCSB-re vonatkozóan meghatároztuk azoknak a napoknak és óráknak a számát és arányát, amikor az átlagos károsgáz-koncentráció meghaladta a határértékeket (**15. Táblázat**).

3.1.3.1 Hőmérséklet, relatív páratartalom

Ősszel mindvégig a HCSB (U3) istálló volt a legmelegebb, míg a KCSB (U1) és 7CSBH (U2) egységeket hasonló T jellemezte. A havi átlagos RH fordítottan változott a T-vel, és hasonló megállapítás tehető a napi átlagos T-re és RH-ra is. Az egyes helyszínek RH értéke ősszel szignifikáns eltérést mutatott (**13. Táblázat**). Attól függően, hogy a 80 vagy 85%-os RH értéket tekintjük határnak, a mért értékek körülbelül fele, illetve több mint fele meghaladta azt a kiscsoportos egységekben, melyek közül az U1 volt a legpárásabb. Hozzájuk képest az U3 egységben ritkán fordultak elő 80%-os határérték feletti értékek. Mivel az HCSB-ben nem mértünk > 85%-os páratartalmat, így erre a határértékre vonatkozóan a modell nem volt alkalmas a 7CSBH-val való összehasonlításra, illetve nem volt megadható a limit-törés valószínűsége (és a konfidencia-intervallum) sem a HCSB-re. Az U1 és U2 őszi és téli értékeit együttesen vizsgálva az értékek több mint fele, sőt kétharmada lépte át a határértéket. Azon napok arányát, amikor a napi átlag határérték fölött volt, a **8. Ábra** mutatja be. Ha a *hónap*, illetve a *helyszín: hónap* interakciókat is figyelembe vesszük a modellben, akkor látható, hogy 80% RH-limit mellett a határérték feletti

RH értékek gyakoriságát nem a hely, hanem a hónap határozta meg ($P < 0,0001$), míg 85%-os limit esetén a hely:hónap interakció szerepe is szignifikáns volt ($P = 0,0001$). Az őszi hónapokban a havi átlagok óránkénti mintázatát elemezve (**4. Ábra**) a legalacsonyabb T és a legmagasabb RH mindegyik helyszínen reggel 6-7 körül volt megfigyelhető, majd a T emelkedett és az RH fokozatosan csökkent. A legmagasabb T és a legalacsonyabb RH 14 és 17 óra között volt mérhető, majd a T fokozatosan csökkent, és az RH reggelig emelkedett.

3.1.3.2 Szélsébség

A légmozgás minden helyszínen jelentős különbséget mutatott az őszi időszakban (**13. Táblázat**). A 7CSBH (U2) lényegesen huzatosabb volt, mint a KCSB (U1) és a HCSB (U3). Ha a huzatos időszakokat vizsgálva 0,2 m/s légmozgást vettük határértéknek, akkor a mért értékek háromnegyed része, míg 0,6 m/s-os limitnél a mért értékek mintegy fele esett a határérték fölé a kiscsoportos egységekben. Ezzel szemben a HCSB-ben (U3) ritkán tapasztaltunk ilyet (0,2 m/s-nál kb. 5%-ban, míg 0,6 m/s-nál csak elvétve). Ha a KCSB (U1) és 7CSBH (U2) egységek őszi és téli adatait együtt elemezzük, hasonló arányban láthatunk limit-törést. Azon napok arányát, amikor a napi átlag határérték fölött volt, a **8. Ábra** mutatja be. Ha a modellben figyelembe vesszük a hónap és a helyszín: hónap interakciókat is, akkor látható, hogy a határérték feletti légmozgás gyakoriságát a helyszín határozta meg ($P < 0,0001$), amely különösen jól látható, ha a határértéket meghaladó napok (H.M.N., azaz amikor a napi átlagérték meghaladta a határértéket) számát hasonlítjuk össze. A havi átlagok óránkénti mintázatát a helyszínek szerint elemezve az alábbiakat találtuk: a hőmérséklet napközben emelkedett, a szélsébség is magasabb volt a nap melegebb időszakában. A légmozgás délelőtt és délután a kiscsoportos egységekben magasabb volt az átlagosnál, a csúcserkékek közvetlenül dél után voltak mérhetőek, míg este és éjszaka alacsonyabb értékek voltak jellemzőek (**5. Ábra**). A HCSB-ben ugyanezt a mintázatot figyeltük meg alacsonyabb értékekkel és kisebb mértékű napközbeni ingadozásokkal. Eredményeink alapján az KCSB (U1) és 7CSBH (U2) egységek esetében határértéktől függően a napok több mint fele (0,6 m/s), illetve háromnegyede (0,2 m/s) huzatos volt, míg a HCSB (U3) istálló szinte szélcsendes volt, gyakorlatilag álló levegő jellemezte.

3.1.3.3 Aeroszolok (szálló por és levegő élőcsíra-terhelés)

A szállópor értékek havi átlaga az ősz során emelkedett. A nyári PM-szintek a HCSB-ben (U3) alacsonyak voltak, majd az ősz során emelkedtek. A három egység jelentősen különbözött a PM-koncentrációk tekintetében. A KCSB (U1) lényegesen porosabb volt, mint a 7CSBH (U2) és a HCSB (U3), de a 7CSBH is porosabb volt, mint a HCSB. A PM10 frakció esetében az értékek ritkán haladták meg az 50, illetve 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ határértéket. Ugyanakkor a PM2,5 részecskék 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -es határt gyakrabban, a KCSB (U1) esetében az összes mérés közel negyedénél meghaladták, míg 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -es küszöböt figyelembe véve a mért adatok közel fele a határérték fölé esett (**13.**

Táblázat). A téli értékek (február kivételével) magasak és meglehetősen hasonlóak voltak a KCSB (U1) és a 7CSBH (U2) esetében (**Függelék 1. Táblázat**), azonban a KCSB (U1) és 7CSBH (U2) helyszíneket az őszi-téli időszak alapján összehasonlítva a KCSB (U1) volt a porosabb. Ekkor mindkét helyszínen a mért PM_{2,5} értékek >30 és >50%-ában (határértékektől függően) tapasztaltunk limit-törést (**13. Táblázat**). A határérték fölötti napi átlagú napok arányát a **8. Ábra** mutatja be. A két kics csoportos egységben mindkét részecskefrakcióban a hónap és a helyszín: hónap kölcsönhatás is befolyásolta a magas porkoncentráció gyakoriságát ($P < 0,0001$).

A napi átlagos PM_{2,5} értékek mindegyik helyszínen ingadoztak (**6. Ábra**). A PM₁₀ koncentrációja általában csak kis mértékben haladta meg a PM_{2,5}-t (néhány $\mu\text{g}/\text{m}^3$ különbség). A havi átlagok óránkénti mintázatát elemezve a PM_{2,5} koncentráció-profilok helyszínenként eltérőek. Minden hónapban mindegyik helyszínen a kora délutánok voltak a legkevésbé porosak. Továbbá, mindegyik helyszínen reggel és késő délután/este volt megfigyelhető magasabb PM_{2,5} koncentráció, bár ez a mintázat nem minden hónapban volt jellemző (**7. Ábra**).

Ezzel szemben a KRSZ-val mért havi átlagos PM₁₀ cc. egyértelműen nagyobb volt, mint a PM_{2,5} cc., továbbá mindegyik helyszínen mindkét frakció átlagértékei meghaladták az U1 telepített eszköz délelőtti átlagértékeit (**7. Ábra és Függelék 2. Táblázat**). A nevelőegységeket ANOVA-tesztel hasonlítottuk össze (**Függelék 2. Táblázat**). Az decemberi KRSZ-adatok alapján (amikor mindhárom helyen történt KRSZ-mérés) a helyszínek között nem volt különbség, kivéve az U2-U3 összehasonlítást, melyben a T szignifikánsan eltért, habár viszonylag kevés adatpont állt rendelkezésre. Ugyanakkor az U1 és az U3 nevelőegységek decemberi - februári mérési eredményeit összehasonlítva az U3-ban az RH, PM_{2,5} és PM₁₀ koncentrációk, valamint 0,3 és 1,0 részecskeszámok szignifikánsan alacsonyabbak voltak, mint az U1-ben (**9. Ábra**). A levegő élőcsíra-terhelésének átlagai (**14. táblázat**) az U1-ben és U2-ben magasabbak voltak az U3-hoz képest, azonban a decemberi adatpontok korlátozott száma miatt nem volt lehetséges mindhárom helyszín összehasonlítása. Az U1 és U3 helyeket a decemberi és januári adatpontok alapján ANOVA-val hasonlítottuk össze, azonban a különbség nem volt szignifikáns ($P = 0,0706$).

3.1.3.4 Káros gázok

A CO₂, H₂S és NH₃ havi átlagértékei általában alacsonyak voltak (**10. Ábra és Függelék 1. Táblázat**), míg ezen gázoknak és a CH₄-nek a napi átlagértékei ingadoztak (**11. Ábra**). A havi átlagok óránkénti mintázatát elemezve reggeltől estig a H₂S, NH₃ és CH₄ koncentrációjának enyhe növekedése figyelhető meg (**12. Ábra**). A H₂S és CO koncentráció soha nem haladta meg a határértékeket, és az NH₃ szintek óránkénti átlaga is csak ritkán emelkedett 4 ppm (4000 ppb) fölé. Ugyanakkor CO₂-szint a mért napok és órák egy részében, különösen összefüggően emelkedett volt (**15. Táblázat**).

13. Táblázat Az U1, U2 és U3 egységek mikroklimatikus tulajdonságait összehasonlító, alkalmazott határértékeket figyelembe vevő logisztikus modellek, az U2 egységet alapul véve. A helyszínek közötti különbségek szignifikánsak, ha a $P < 0,05$. A valószínűség a mért értékek határérték feletti hányadát mutatja 95%-os konfidencia-intervallum mellett.

Évszak	Paraméter	Határ- érték	Helyszín	P-érték	Valószínűség (LCL - UCL)	H.M.N. / Összes nap (arány)
Ősz (U1, U2, U3)	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	U2		0,04 (0,03 - 0,04)	1 / 91 (1,10%)
		50	U1	0,0007	0,05 (0,05 - 0,06)	4 / 91 (4,40%)
		50	U3	0,0013	0,02 (0,01 - 0,03)	1 / 80 (1,25%)
		45	U2		0,05 (0,04 - 0,06)	4 / 91 (4,40%)
		45	U1	0,0001	0,07 (0,06 - 0,09)	5 / 91 (5,49%)
		45	U3	< 0,0001	0,03 (0,02 - 0,03)	2 / 80 (2,50%)
	PM2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25	U2		0,16 (0,15 - 0,17)	18 / 91 (19,78%)
		25	U1	< 0,0001	0,24 (0,22 - 0,26)	21 / 91 (23,08%)
		25	U3	< 0,0001	0,11 (0,10 - 0,13)	6 / 80 (7,50%)
		15	U2		0,37 (0,35 - 0,38)	39 / 91 (42,86%)
		15	U1	< 0,0001	0,44 (0,42 - 0,46)	43 / 91 (47,25%)
		15	U3	0,0005	0,32 (0,30 - 0,34)	26 / 80 (32,50%)
	RH %	80	U2		0,55 (0,54 - 0,57)	36 / 91 (39,56%)
		80	U1	< 0,0001	0,61 (0,59 - 0,63)	42 / 91 (46,15%)
		80	U3	< 0,0001	0,001 (0,000 - 0,004)	0 / 80 (0,00%)
		85	U2		0,45 (0,43 - 0,46)	29 / 91 (31,87%)
		85	U1	< 0,0001	0,54 (0,52 - 0,56)	36 / 91 (39,56%)
		85	U3	<i>n. b.</i>	<i>n. b.</i>	0 / 80 (0,00%)
	WS m/s	0,2	U2		0,85 (0,84 - 0,86)	90 / 90 (100%)
		0,2	U1	< 0,0001	0,76 (0,74 - 0,78)	84 / 90 (93,33%)
		0,2	U3	< 0,0001	0,05 (0,04 - 0,06)	3 / 89 (3,37%)
0,6		U2		0,57 (0,56 - 0,59)	66 / 90 (73,33%)	
0,6		U1	< 0,0001	0,49 (0,47 - 0,51)	40 / 90 (44,44%)	
0,6		U3	< 0,0001	0,01 (0,00 - 0,01)	0 / 89 (0,00%)	
Ősz és tél (U1, U2)	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	45	U2		0,13 (0,12 - 0,13)	18 / 175 (10,29%)
		45	U1	< 0,0001	0,17 (0,15 - 0,18)	22 / 172 (12,79%)
		50	U2		0,09 (0,09 - 0,10)	12 / 175 (6,86%)
		50	U1	< 0,0001	0,12 (0,11 - 0,13)	18 / 172 (10,47%)
	PM2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15	U2		0,50 (0,49 - 0,51)	98 / 175 (56,00%)
		15	U1	0,0001	0,54 (0,52 - 0,55)	100 / 172 (58,14%)
		25	U2		0,32 (0,31 - 0,33)	61 / 175 (34,86%)
		25	U1	< 0,0001	0,37 (0,36 - 0,39)	67 / 172 (38,95%)
	RH %	80	U2		0,63 (0,62 - 0,64)	91 / 175 (52,00%)
		80	U1	< 0,0001	0,68 (0,66 - 0,69)	104 / 172 (60,47%)
		85	U2		0,52 (0,51 - 0,54)	75 / 175 (42,86%)
		85	U1	< 0,0001	0,60 (0,58 - 0,61)	86 / 172 (50,00%)
	WS m/s	0,2	U2		0,86 (0,85 - 0,87)	167 / 172 (97,09%)
		0,2	U1	< 0,0001	0,78 (0,76 - 0,79)	160 / 171 (93,57%)
		0,6	U2		0,56 (0,55 - 0,57)	116 / 172 (67,44%)
0,6		U1	< 0,0001	0,50 (0,48 - 0,51)	82 / 171 (47,95%)	

Magyarázat: LCL = konfidencia intervallum alsó határa, UCL = konfidencia intervallum felső határa, H.M.N. = Határértéket meghaladó napok száma; Az U1, U2 és U3 a telepített mérőeszközök elnevezései; T = hőmérséklet, RH = relatív páratartalom, WS = szélesebbesség; PM2,5 és PM10 = 2,5 és 10 μm mérettartományú szállópor koncentráció; n.b. = nem becsülhető.

14. Táblázat A téli hónapok (dec. – febr.) levegő élőcsíra-terhelése az egyes borjúnevelő egységekben [CFU/m³ (sd)].

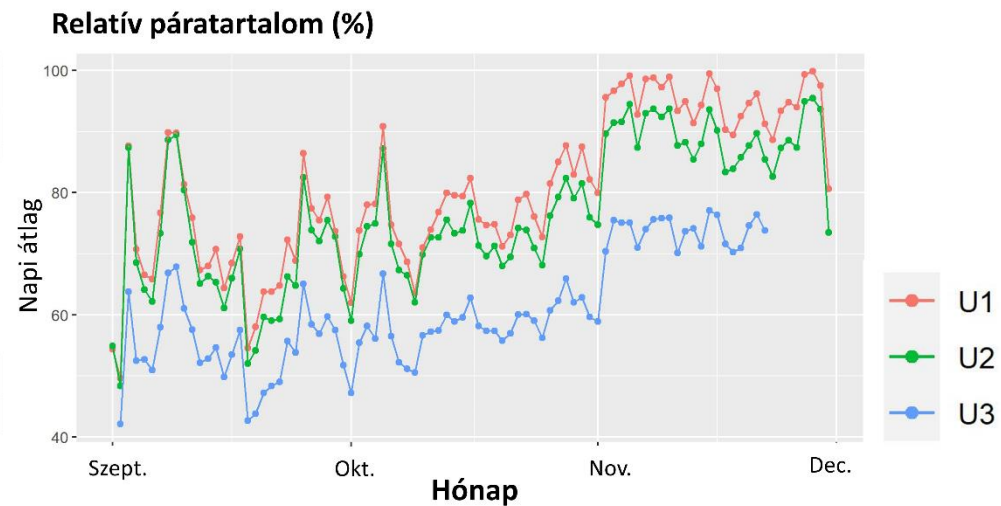
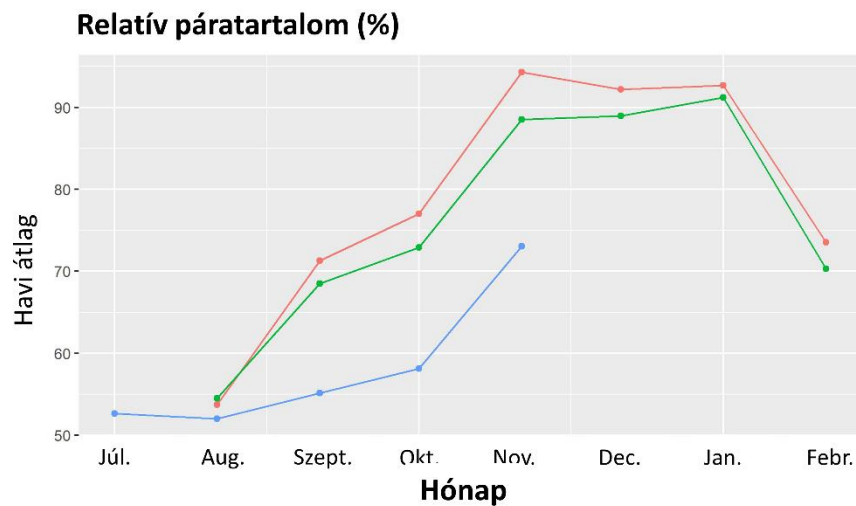
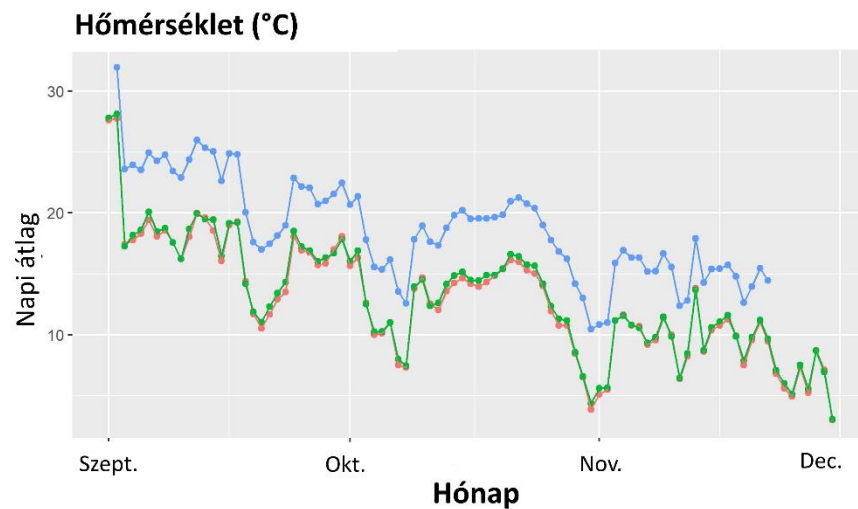
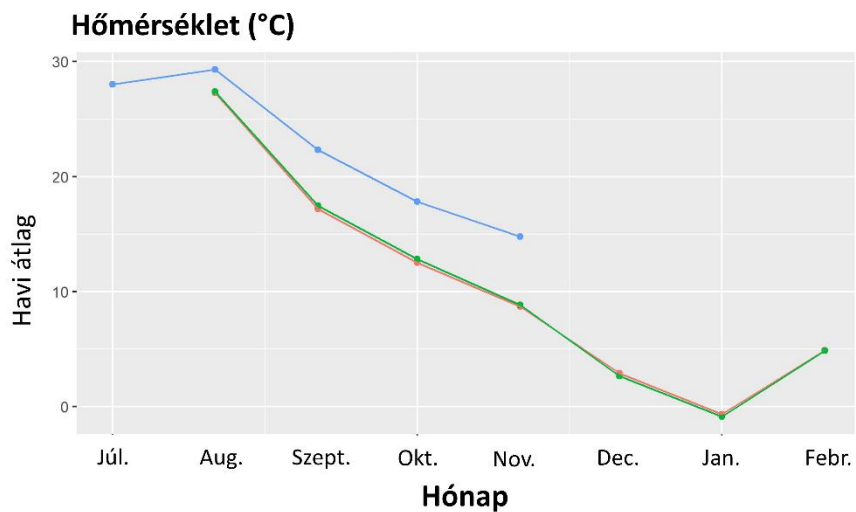
Helyszín	December	Január	Február
U1	8100 (6318)	17744 (16495)	n.m.
U2	10700 (9166)	n.m.	n.m.
U3	6333 (6380)	6866 (4927)	6100 (4782)

Magyarázat: n.m. = nem történt mérés.

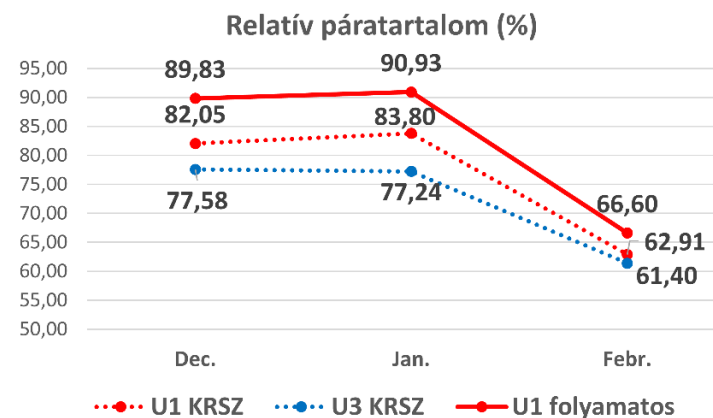
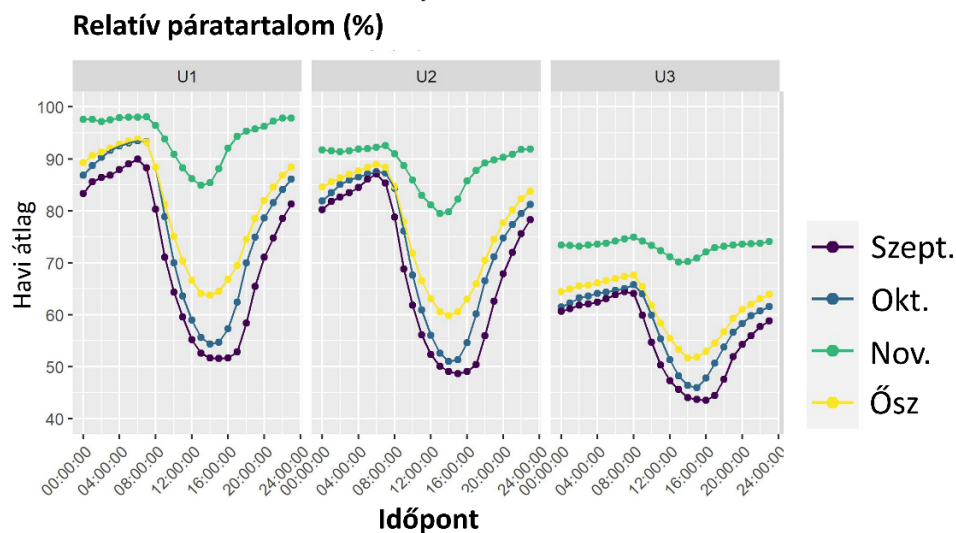
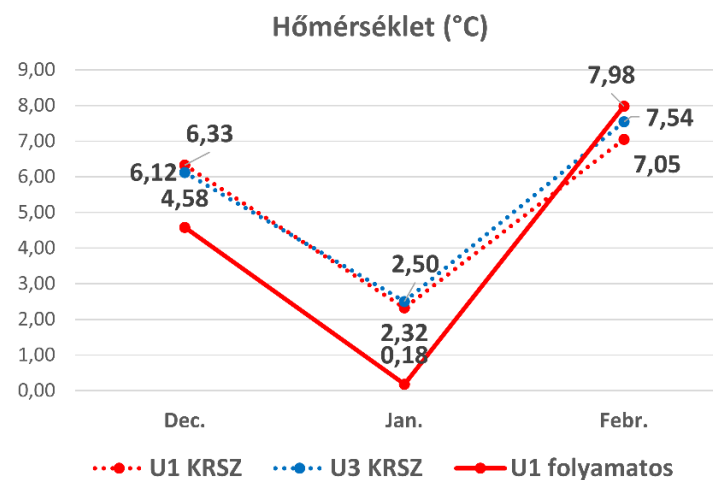
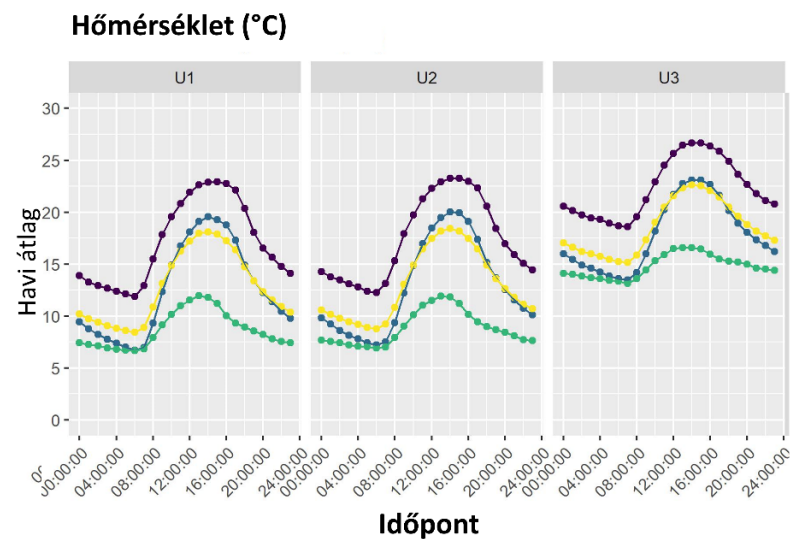
15. Táblázat Azon napok és órák száma, illetve aránya, amikor a napi- és óránkénti átlagértékek meghaladták a vizsgált káros gázok alkalmazott határértékeit az U3 istállóban 2019 nyarán és őszén.

Paraméter	Határérték	Évszak	H.M.N. / Összes nap (aránya)	H.M.O. / Összes óra (aránya)
NH ₃ ppb	4000	Nyár	0 / 48 (0%)	0 / 1144 (0%)
		Ősz	0 / 80 (0%)	11 / 1910 (0,58%)
	10000	Nyár	0 / 48 (0%)	0 / 1144 (0%)
		Ősz	0 / 80 (0%)	0 / 1910 (0%)
CO ₂ ppm	2000	Nyár	0 / 41 (0%)	77 / 976 (7,89%)
		Ősz	10 / 80 (12,5%)	294 / 1910 (15,39%)
	3000	Nyár	0 / 41 (0%)	9 / 976 (0,92%)
		Ősz	3 / 80 (3,75%)	134 / 1910 (7,02%)
H ₂ S ppb	500	Nyár	0 / 48 (0%)	0 / 1144 (0%)
		Ősz	0 / 80 (0%)	0 / 1910 (0%)
CO ppb	10000	Nyár	0 / 48 (0%)	0 / 1144 (0%)
		Ősz	0 / 80 (0%)	0 / 1910 (0%)

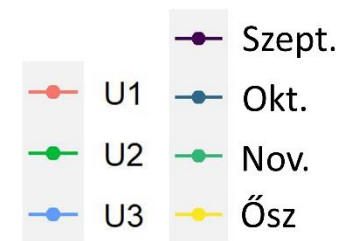
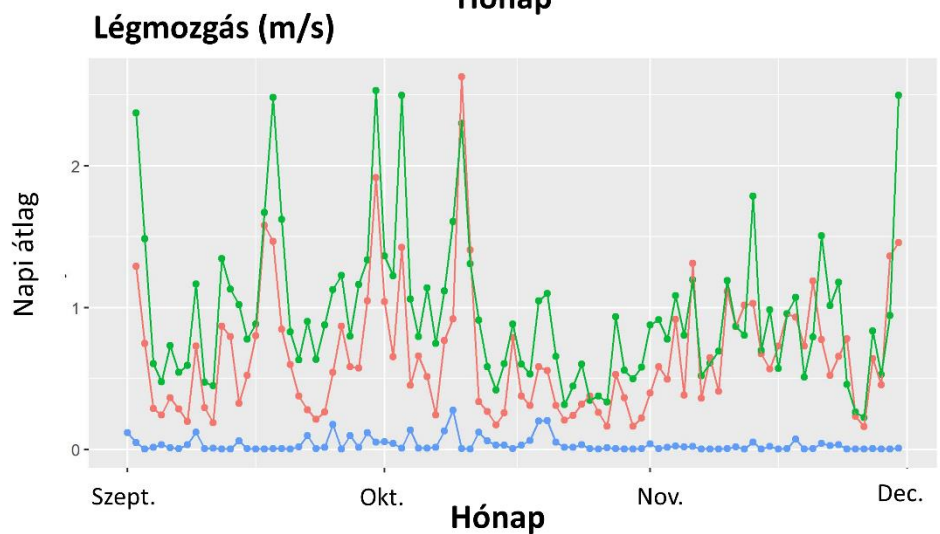
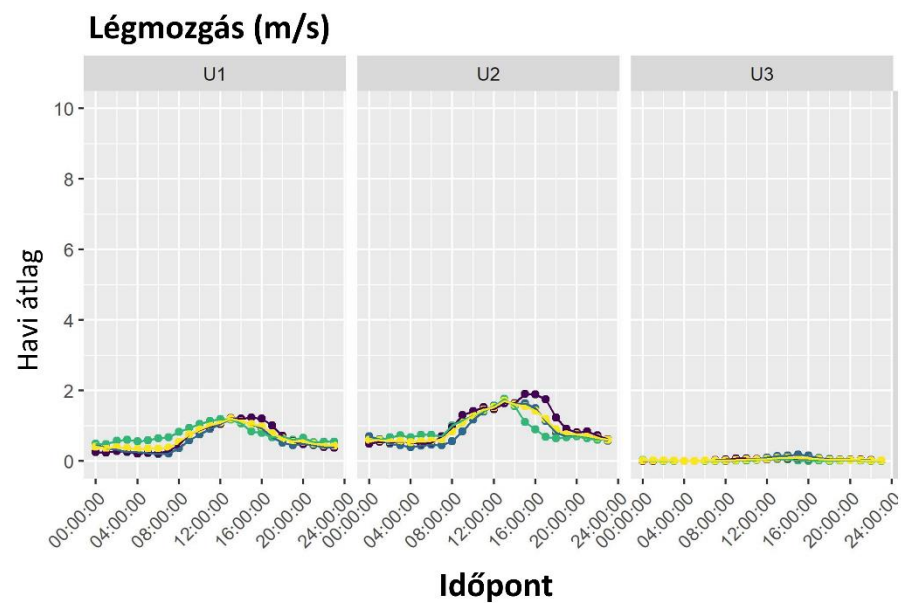
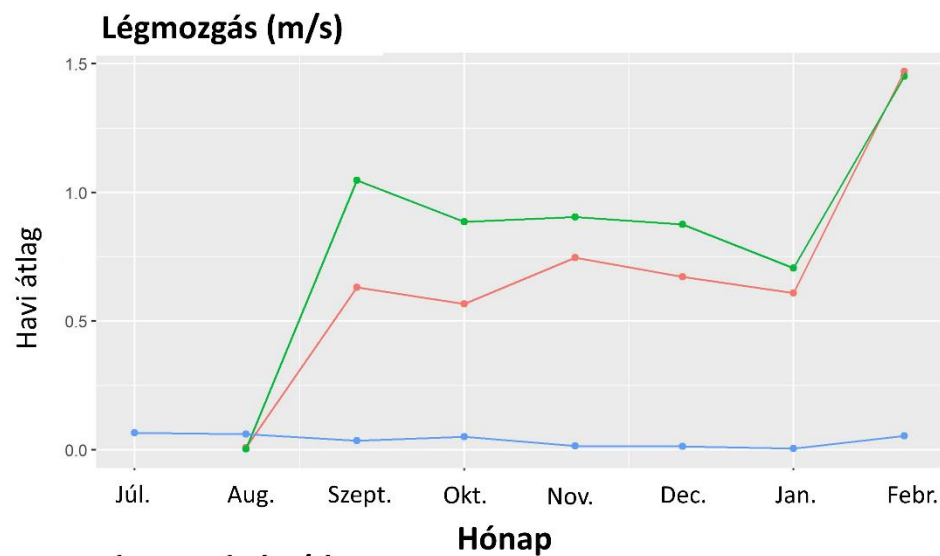
Magyarázat: H.M.N.= Határértéket meghaladó napok száma; H.M.O. = Határértéket meghaladó órák száma; az U3 a telepített mérőeszköz elnevezése, egyúttal jelöli a hagyományos csoportos borjúnevelő istállót (HCSB) is; NH₃ = ammónia; CO₂ = szén-dioxid; H₂S = kén-hidrogén; CO = szén-monoxid.



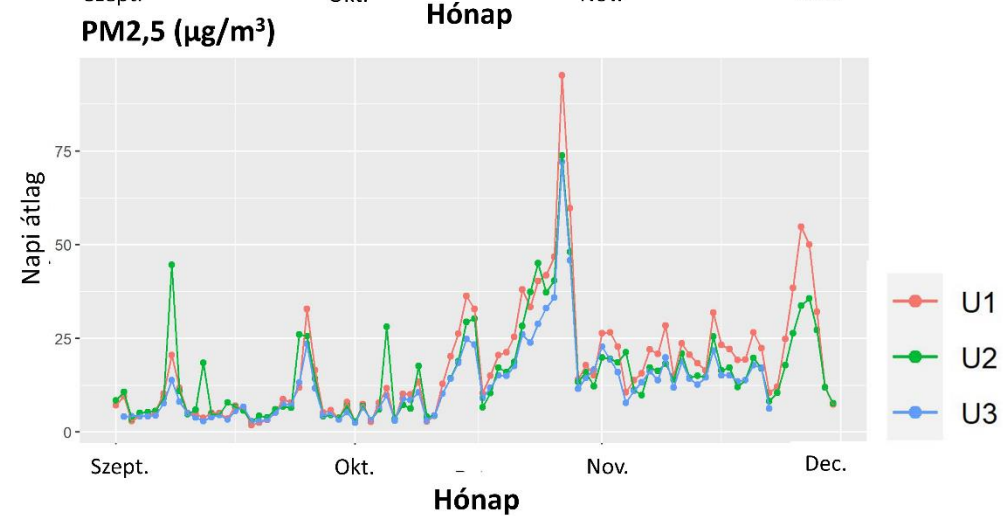
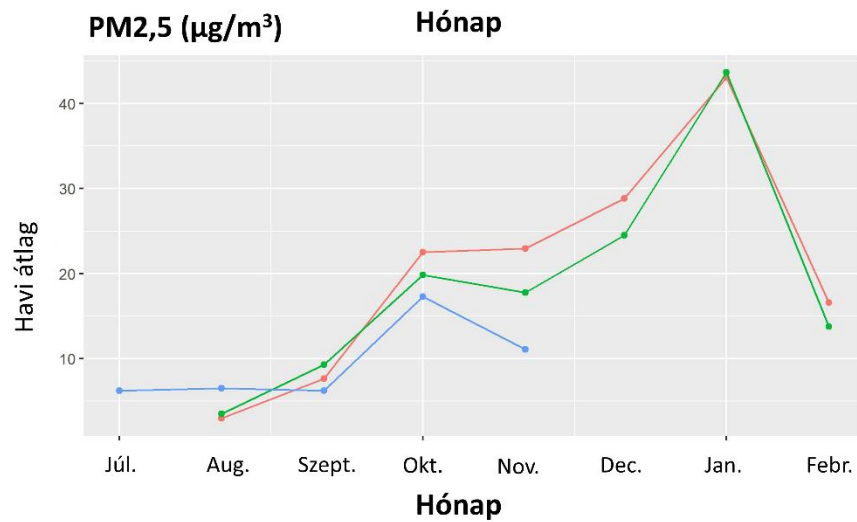
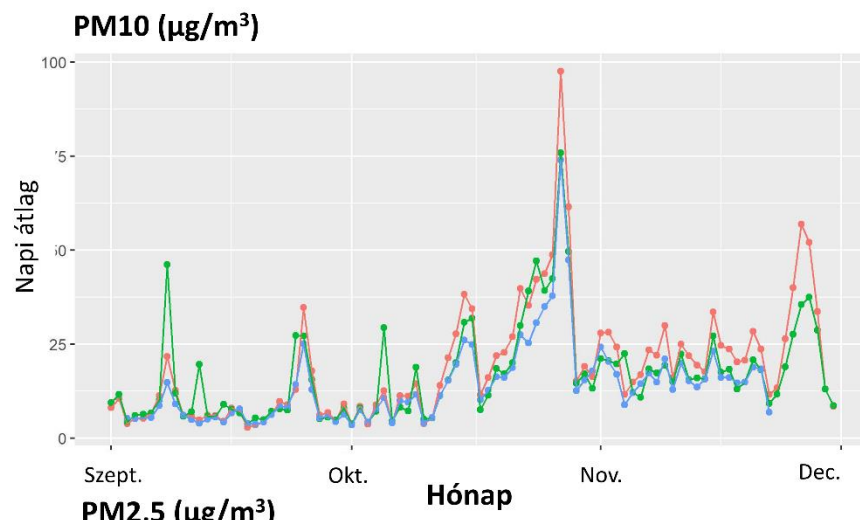
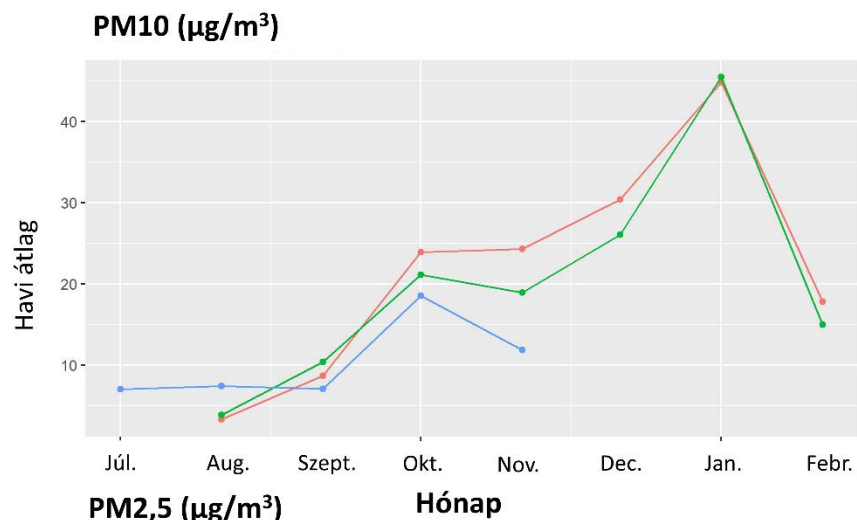
3. Ábra A havi (2019. júl. – febr.) és napi (2019. szept. – nov.) átlagos hőmérséklet és relatív páratartalom az U1, U2 és U3 helyszíneken.



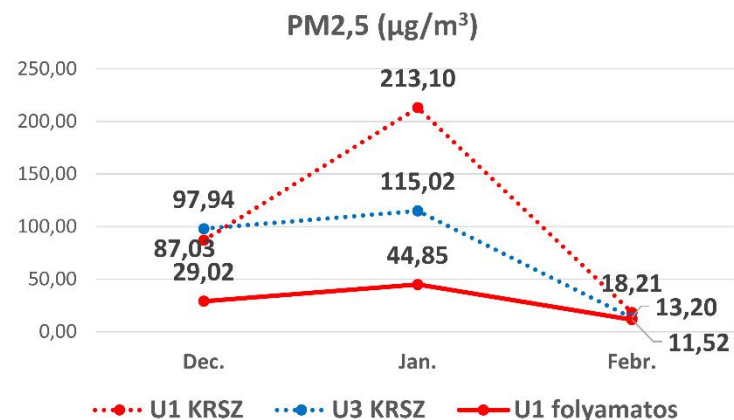
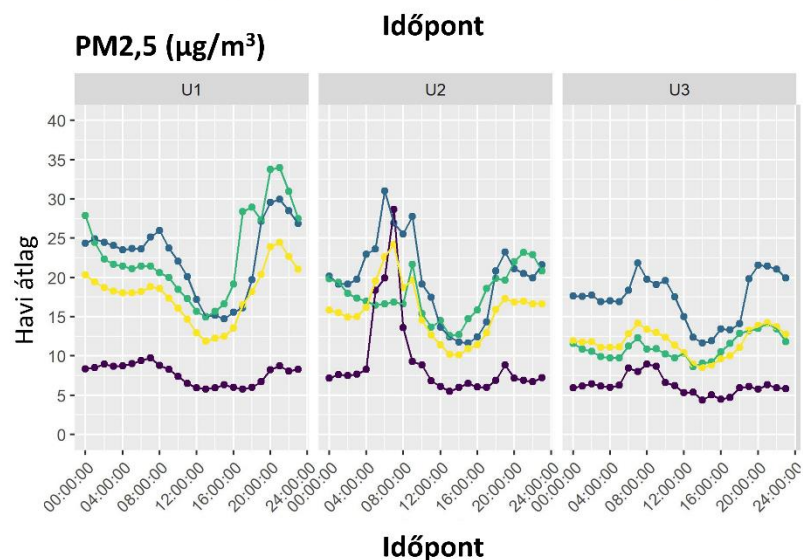
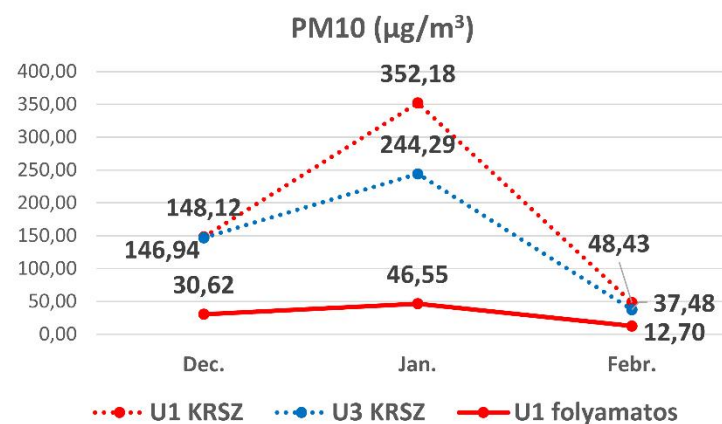
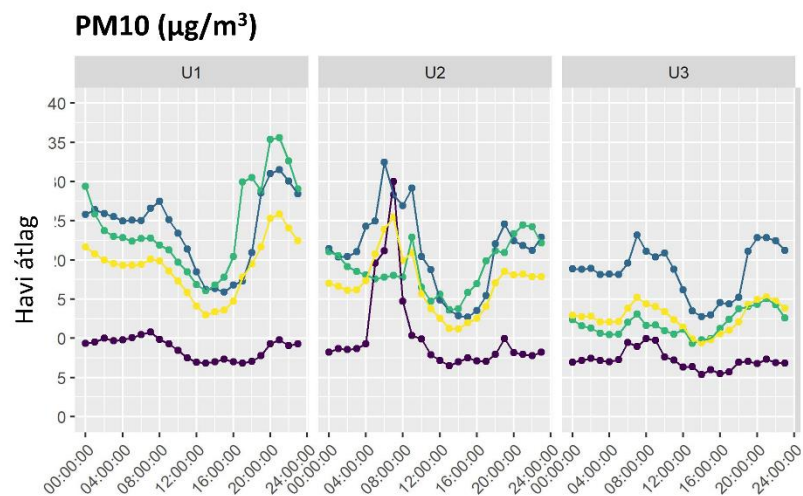
4. Ábra A havi átlagos hőmérséklet és relatív páratartalom óránkénti mintázata az U1, U2 és U3 helyszíneken (2019 szept. – nov., bal oldal). Az U1 és U3 helyszíneken a téli időszakban délelőttönként (9:00 – 12:00) kézi részecskeszámlálóval (KRSZ) és az U1 telepített mérőeszközzel mért értékek havi átlagai (jobb oldal).



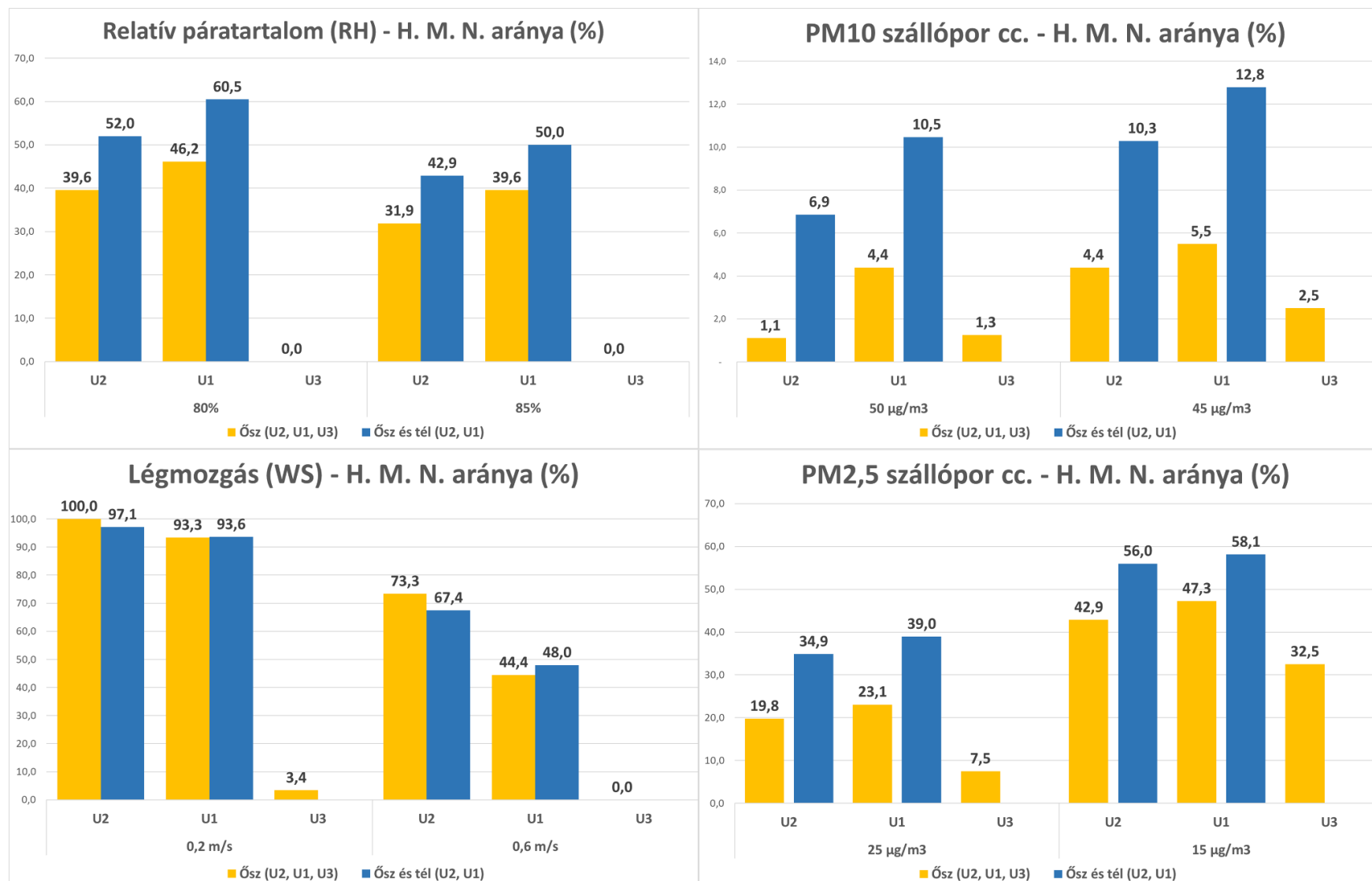
5. **Ábra** Az U1, U2 és U3 helyszíneken mért havi (2019. júl. – febr.) és napi (2019. szept. – nov.) átlagos légmozgás (bal oldal), valamint a havi átlagos légmozgás óránkénti mintázata (2019. szept. – nov., jobb oldal).



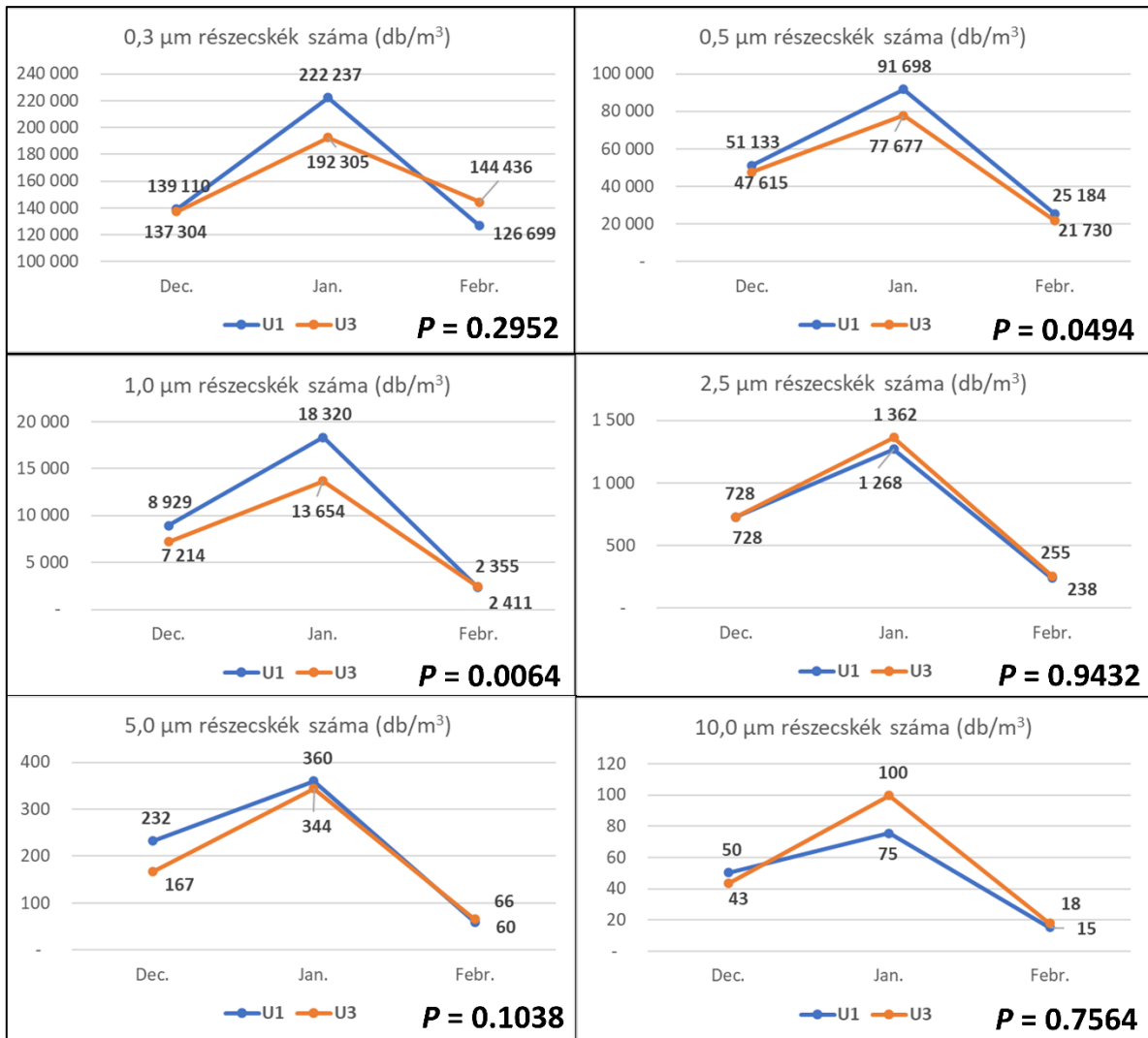
6. Ábra A havi (2019. júl. – febr.) és napi (2019. szept. – nov.) átlagos PM10 és PM2,5 szállópor koncentráció az U1, U2 és U3 helyszíneken.



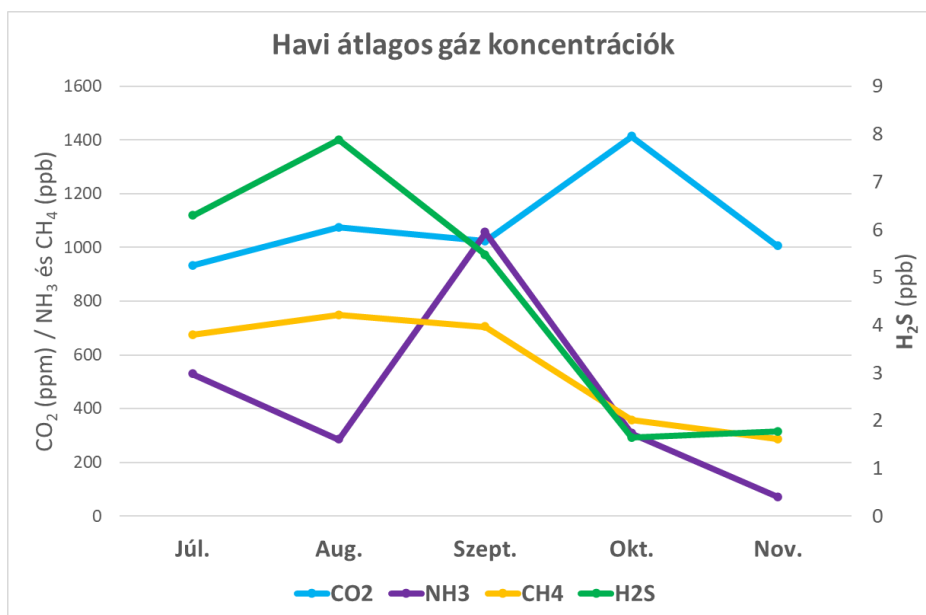
7. Ábra A havi átlagos PM10 és PM2,5 koncentrációk óránkénti mintázata az U1, U2 és U3 helyszíneken (2019 szept. – nov., bal oldal). Az U1 és U3 helyszíneken a téli időszakban délelőttként (9:00 – 12:00) kézi részecskeszámlálással (KRSZ) és az U1 telepített mérőszközzel mért értékek havi átlagai (jobb oldal).



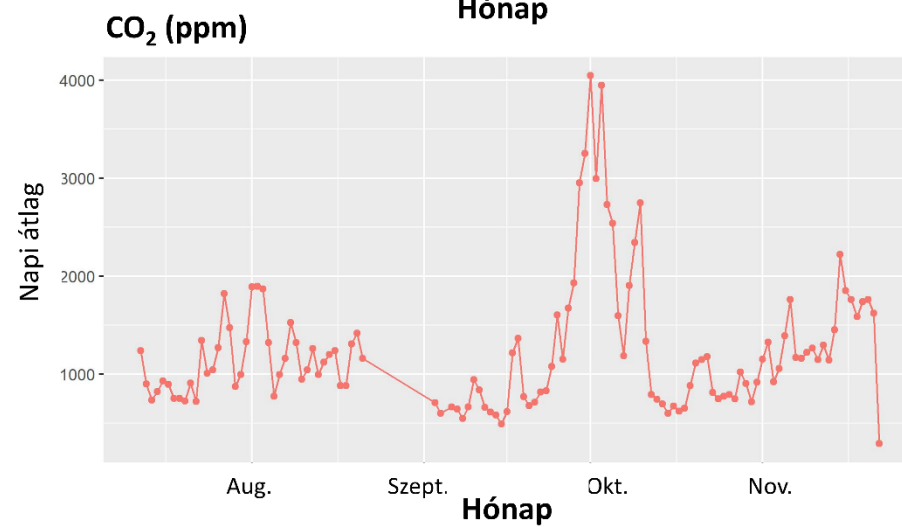
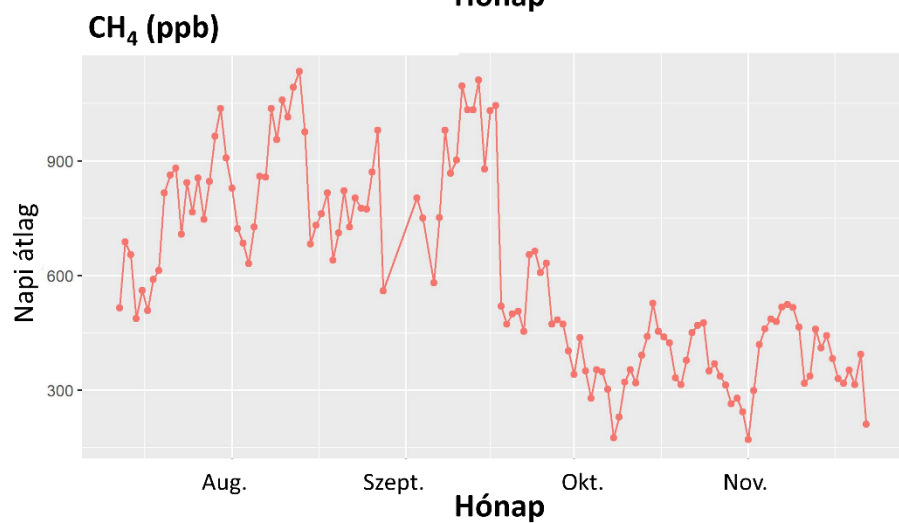
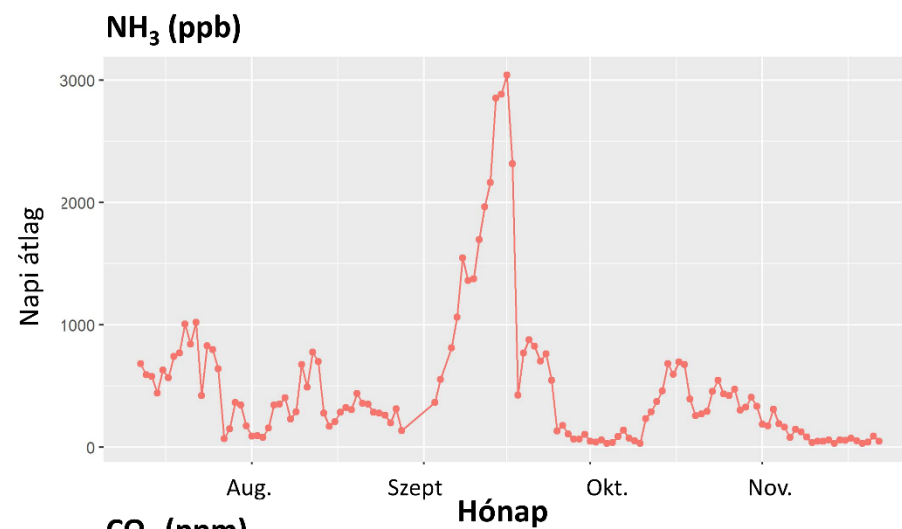
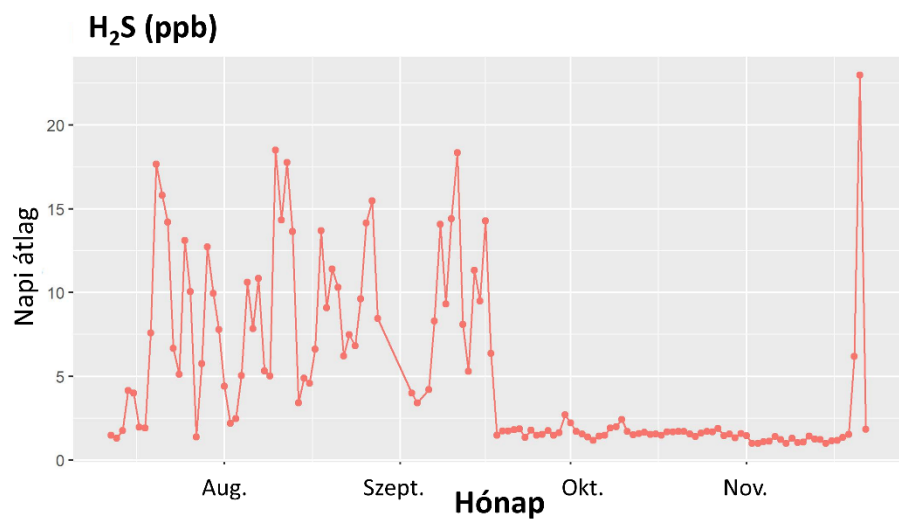
8. Ábra Az alkalmazott határértékeket meghaladó napok (H.M.N.) aránya az egyes mikroklimatikus paraméterek vonatkozásában az U1, U2 és U3 borjúnevelő egységekben az őszi, illetve őszi és téli időszakban.



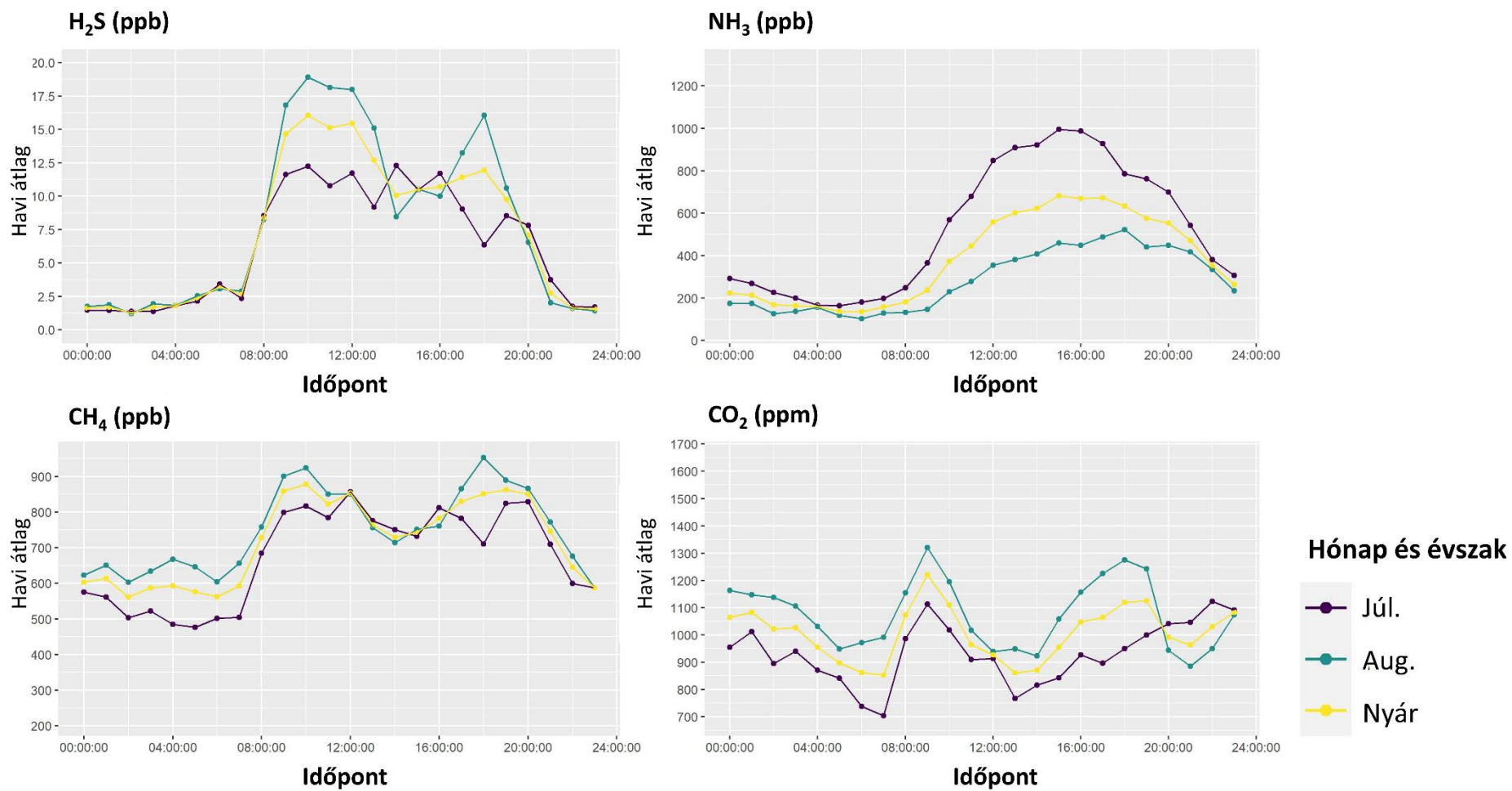
9. Ábra Az U1 és U3 helyszíneken a téli időszakban délelőttként (9:00 – 12:00) mért részecskeszámok havi átlagai méretfrakciónként (szignifikanciaszint: $P < 0,05$).



10. Ábra A havi (2019. júl. – nov.) átlagos gáz koncentrációk a hagyományos istállóban (U3).



11. **Ábra** Napi átlagos kén-hidrogén (H₂S), ammónia (NH₃), metán (CH₄) és szén-dioxid (CO₂) koncentráció az U3 helyszínen (2019 júl. – nov.).



12. Ábra A havi átlagos kén-hidrogén (H₂S), ammónia (NH₃), metán (CH₄) és szén-dioxid (CO₂) koncentráció óránkénti mintázata az U3 helyszínen (2019 júl. – aug.).

3.1.3.5 A mikroklimatikus tényezők közötti korreláció

A telepített eszközökkel mért egyes tényezők közötti korrelációk általában szignifikánsak voltak (köszönhetően a nagyszámú adatnak, $P < 0,0001$, **16. és 17. Táblázat**), azonban a korrelációk erőssége Evans (1996, idézi Papageorgiou 2022) osztályozása szerint változó volt. A T és RH erős negatív korrelációt mutatott minden egységben, míg a T és CH₄ erős pozitív korrelációt mutatott a HCSB-ben (U3). A korreláció mérsékelt volt egyes gázparaméterek, valamint a T és PM részecskék között, míg gyenge korreláció volt megfigyelhető egyes gázparaméterek és a T, illetve RH között. A PM10 és PM2,5 koncentrációk erősen korreláltak, és ugyanez jellemezte a KRSZ-val mért értékeket is. A PM részecskék és az RH – a telepített és a KRSZ eszköztől függően – a közepestől erősig korreláltak. A szállópor koncentrációk légmozgással való korrelációja helyszínenként eltérő, a kiscsoportos nevelőegységek huzatosabb környezetében gyenge negatív korreláció állt fenn, míg a hagyományos borjúistálló gyakorlatilag álló levegője mellett nem találtunk korrelációt. A relatív páratartalom és a légmozgás között gyenge negatív korreláció állt fent a kiscsoportos egységekben és nagyon gyenge korreláció a hagyományos istállóban (**16. Táblázat**).

16. Táblázat A telepített mérőeszközök és kézi részecskeszámláló által mért mikroklimatikus paraméterek közötti Pearson korrelációs koefficiens (r) az U1, U2 és U3 helyszíneken. A csillag szignifikáns korrelációt jelez ($*P < 0,0001$, $**P < 0,01$). A korreláció erősségét Evans (1996, idézi Papageorgiou, 2022) adtuk meg: 0,00-0,19 = nagyon gyenge; 0,20-0,39 = gyenge; 0,40-0,59 = közepes; 0,60-0,79 = erős; 0,80-1,0 = nagyon erős.

Változó 1.	Változó 2.	Rögzített mérőeszközök folyamatos mérés			Kézi részecskeszámláló pontmérés
		U1 r	U2 r	U3 r	minden helyszínen r
PM10	PM2,5	0,99*	1,00*	1,00*	0,96**
RH	PM2,5	0,41*	0,30*	0,29*	0,65**
RH	PM10	0,40*	0,31*	0,29*	0,67**
WS	T	0,15*	0,21*	0,17*	N.m.
WS	PM10	-0,30*	-0,21*	-0,09*	N.m.
WS	PM2,5	-0,31*	-0,21*	-0,09*	N.m.
WS	RH	-0,34*	-0,38*	-0,18*	N.m.
T	PM10	-0,40*	-0,30*	-0,31*	-0,29
T	PM2,5	-0,40*	-0,30*	-0,31*	-0,21
T	RH	-0,62*	-0,63*	-0,67*	-0,31

Magyarázat: az U1, U2 és U3 a telepített mérőeszközök elnevezései, egyúttal jelölik a borjúnevelő egységeket is; T = hőmérséklet, RH = relatív páratartalom, WS = szélsébség; PM2,5 és PM10 = 2,5 és 10 μm mérettartományú szállópor koncentráció; N.m. = nem mérhető.

17. Táblázat A telepített mérőeszköz által mért mikroklimatikus paraméterek közötti Pearson korrelációs koefficiens (r) az U3 helyszínen. A csillag szignifikáns korrelációt jelez (* $P < 0,0001$). A korreláció erősségét Evans (1996, idézi Papageorgiou, 2022) szerint adtuk meg: 0,00-0,19 = nagyon gyenge; 0,20-0,39 = gyenge; 0,40-0,59 = közepes; 0,60-0,79 = erős; 0,80-1,0 = nagyon erős.

Változók	CO ₂	NH ₃	H ₂ S	CH ₄	CO
T	-0,07*	0,33*	0,36*	0,62*	0,08*
RH	0,02*	-0,30*	-0,20*	-0,20*	0,08*
WS	0,13*	-0,08*	-0,01	-0,10*	-0,08*
PM10	-0,09*	-0,11*	-0,06*	-0,18*	0,61*
PM2,5	-0,09*	-0,11*	-0,06*	-0,18*	0,61*
CO	-0,11*	0,15*	0,18*	0,25*	
CH ₄	-0,16*	0,54*	0,47*		
H ₂ S	-0,07*	0,32*			
NH ₃	-0,37*				

Magyarázat: Az U3 a telepített mérőeszköz elnevezése, egyúttal jelöli a hagyományos csoportos borjúnevelő istállót (HCSB) is; T = hőmérséklet, RH = relatív páratartalom, WS = szélesebbesség; PM2,5 és PM10 = 2,5 és 10 μm mérettartományú szállópor koncentráció; CO₂ = szén-dioxid; NH₃ = ammónia; H₂S = kén-hidrogén; CH₄ = metán; CO = szén-monoxid.

3.1.4 Megbeszélés

A természetesen szellőztetett istállók belső klimatikus viszonyai korrelálnak a külső hőmérséklettel, és szezonális mintázat is megfigyelhető (Seedorf és mtsai., 1998). A légzőszervi problémák szempontjából kockázati tényezőnek tekinthető a nagy állománysűrűség és az idősebb állatokkal egy légtérben való együtttartás, a > 75%-os RH, a rossz levegőminőség (káros gázok, por, magas élőcsíra-terhelés), az alom típusa és a berendezések tisztasága (Lago és mtsai., 2006; Woolums és mtsai., 2009). Más források szerint nincs összefüggés a PM-koncentrációk és a borjúistállók állománysűrűsége között (Islam és mtsai., 2020). Belga állományokban végzett huszonnégyórás mérések nem találtak összefüggést a PM cc. és számos környezeti változó, például a hőmérséklet, RH, légmozgás, a levegő élőcsíra-terhelése, az NH₃ és a CO₂ között (van Leenen és mtsai., 2021). Ezzel ellentétben saját méréseink szerint a PM gyengén, illetve mérsékelten korrelált a hőmérséklettel, a relatív páratartalommal és a légmozgással, valamint erősen a CO-dal. A fent idézett belga közleményhez képest nagyszámú, folyamatos és nagy időtávú adatsor állt rendelkezésünkre, ami megbízhatóan alátámasztja a talált összefüggéseket.

3.1.4.1 Hőmérséklet, relatív páratartalom és szélesebbesség

Az alacsony T nem önmagában, hanem más kedvezőtlen tényezőkkel (páratartalom és szél) együtt fokozott morbiditáshoz és mortalitáshoz vezethet. A borjúistállókban és borjúházakban az optimális RH 50 és 70-80% között változik, míg az alacsony RH (< 50%) kizárhatja a légúti hám felületét, ami fertőzésekhez vezethet (Malá és Novak, 2021; Müller,

2021). Más források azt állítják, hogy a problémák a természetesen szellőztetett borjúistállóban akkor kezdődnek, amikor hideg és nedves időben a RH nem csökkenthető 85% alá (Webster, 1984; Lorenz és mtsai., 2011), ugyanis az alacsony hőmérséklet és a magas RH (< 10 °C és > 85% relatív páratartalom) károsítja a borjak egészségét (Nonnecke és mtsai., 2009). A KCSB-ben (U1) és a 7CSBH-ban (U2) hasonló T volt jellemző, azonban a KCSB-ben (U1) kb. 2-5%-ponttal magasabb volt az RH a 7CSBH-hoz (U2) képest. Ráadásul mind az KCSB (U1), mind a 7CSBH (U2) egységekben az RH szintek a 80% és 85% -os határértéket az összes mérés felében, illetve még nagyobb részében meghaladták, míg a HCSB-ben (U3) csak alkalmanként tapasztaltunk ilyet. Eredményeink szerint novembertől januárig a kiscsoportos egységekben jellemző volt a 10 °C alatti havi átlagos T és a 85% feletti havi átlagos RH, ami azt jelenti, hogy az ősszel született borjak életük egyik legkritikusabb szakaszát (beleértve az elválasztást és a csoportosítást is) kockázatos körülmények között tölthetik. A KCSB (U1) egység zártabb hely volt, és a WS is alacsonyabb volt itt a 7CSBH-hoz (U2) képest (lásd bővebben később), míg a HCSB-ben volt a legalacsonyabb a légmozgásához. Emiatt feltételezzük, hogy a WS és a környező szélfogó tereptárgyak szerepet játszhattak ezen nevelőegységek páratartalmának kialakulásában. A BRDC szempontjából ez akkor lehet fontos, ha az alacsony T-vel társuló magasabb páratartalmú levegő az alacsony légmozgás miatt nem tud kicserélődni, így kedvező körülmények alakulhatnak ki a levegőben lévő csírák számára.

Ugyanakkor a huzatos környezet sem kedvező. Amikor a légmozgás nagyobb, mint 0,3 m/s (Buczinski és mtsai., 2018a) vagy 0,5 m/s (Lundborg és mtsai., 2005), akkor huzatról beszélünk, míg mások azt állítják, hogy alacsony hőmérsékletnél a > 0,2 m/s, míg magas hőmérsékletnél a > 0,6 m/s légmozgás kerülendő (Malá és Novak, 2021). Van Leenen és mtsai. (2020) csak a > 0,8 m/s légmozgásnál találtak összefüggést az ultrahanggal detektálható tüdőbeli elváltozásokkal. Vizsgálatunkban a huzatos környezet vélhetően a kiscsoportos nevelőegységek elhelyezkedésével magyarázható. A KCSB (U1) egység kevésbé volt huzatos, mivel a kifutó és a telepített mérőeszköz fölé nyúló teteje volt, és növényzet (bokrok, fák) vette körül. Ezzel szemben a 7CSBH (U2) három oldalról nyílt terepen helyezkedett el (a borjúházat északról egy istálló határolta). Mivel jelentős különbségeket találtunk az egységek között, a borjúházak és a környező tereptárgyak elhelyezkedése döntő jelentőségű lehet a huzat mérséklésében. Közelmúltbeli vizsgálatok szerint az ultrahanggal kimutatható tüdőszöveti elváltozások huzatos környezetben is jelen lehetnek (Buczinski és mtsai., 2018a). Nem találtunk összefüggést a légmozgás és a T között, de a légmozgás és az RH között a kiscsoportos borjúnevelőkben gyenge korreláció állt fenn. Van Leenen és mtsai. (2020) szerint a légmozgás a hőmérséklettel és a páratartalommal sem korrelált. Feltételezték azonban, hogy a huzat vezethetett légúti gyulladáshoz, amely tovább fejlődött tüdőgyulladássá, mivel a ≥ 1 cm-es, ultrahanggal detektálható tüdőbeli léziók prevalenciája 81,8% volt a huzatos és

54,2% a meleg, száraz és ammóniában gazdag környezetben, szemben a normál környezeti feltételek melletti 31,6% -kal (van Leenen és mtsai., 2020).

3.1.4.2 Aeroszolok (szálló por és levegő élőcsíra-terhelés)

Az U1, U2 és U3 egységek átlagos szállópor-koncentrációja összhangban volt más, tejhasznú állományokban végzett vizsgálatokkal, ahogy azt az irodalmi áttekintésben összefoglaltuk. Humán vonatkozásban a szállópor 24 órás átlagos koncentrációja nem haladhatja meg a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t a PM_{2,5} és a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t a PM₁₀ frakció esetében a régi WHO-szabvány szerint, míg az új előírás $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t határoz meg a PM_{2,5} és $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t a PM₁₀ esetére (WHO, 2005, 2021). A napi és óránkénti átlagos PM₁₀-koncentráció ritkán haladta meg ezeket a határértékeket. Ezzel szemben a PM_{2,5}-koncentráció az idő körülbelül harmadában-felében túllépte a $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es határértéket. A HCSB (U3) ebből a szempontból kedvezőbbnek tűnt. Egy tejhasznú állomány termelőistállójában a 2019/20-as téli időszakban végzett lengyel vizsgálatban a PM_{2,5} és a PM 10 cc. ugyancsak a vizsgált napok jelentős hányadában meghaladta a határértékeket (Nieckarz és mtsai., 2023). Egyes szerzők szerint magasabb aeroszol koncentráció jellemző télen (Tan és Zhang, 2004; Mahendran és mtsai., 2023), és ugyanezt az eredményt kaptuk mi is a KCSB (U1) és a 7CSBH (U2) egységekben. Bár az állatok légzőszervi megbetegedésekre vonatkozóan nincsenek ajánlások, a PM_{2,5} és a kisebb részecskefrakciók felhalmozódnak a tüdő parenchymában, ami súlyos légzőszervi és szisztémás betegségekhez vezethet (Losacco és Perillo, 2018). A PM-részecskék forrása lehet az alom vagy maga a borjú, de befolyásolhatja a légmozgás, az alomkezelés, az állatok aktivitása és az állománysűrűség is. Megfigyeltük a PM-koncentrációk diurnális profilját: magasabb koncentráció volt jellemző reggel és késő délután / este, míg a legalacsonyabb értékekkel kora délután találkoztunk. Joo és mtsai. (2013) ugyancsak diurnális változásról számolt be természetesen szellőzésű tejelő istállókban: a PM_{2,5} és PM₁₀ koncentráció szintén késő este tetőzött, míg éjszakától reggelig mérték a legalacsonyabb értékeket. Van Leenen és mtsai. (2021) szerint a csúcserkékek az almozáshoz vagy az etetéshez kapcsolódnak, mivel ezek a legjelentősebb PM források, de befolyásolhatja a szellőzés és az állatok mozgása is. Az állatok aktivitásának megfelelően magasabb PM-koncentrációk mérhetők nappal, mint éjszaka (Tan és Zhang, 2004), és mivel a szarvasmarhák aktivitása este növekszik, a porképződés csökkenthető az etetés időzítésével, ami által a kérődzés a megnövekedett aktivitás időszakára tolható (Urso és mtsai., 2021). Mások szerint azonban az állatok fokozott aktivitásának nincs jelentős hatása, bár alacsonyabb reggeli csúcsok megfigyelhetők a takarmányozással kapcsolatban (Joo és mtsai., 2013). A reggeli etetés magyarázatot adhat a 7CSBH (U2) egységben a kora reggeli órákban megfigyelt csúcserkékekre. A HCSB (U3) esetében ugyanez kevésbé valószínű, mivel a járszol a mérőegységtől távol, a kifutóban helyezkedett el. Másrészt, a KCSB-ben (U1) az őszi időszakban nem tartottak borjakat, de a reggeli és délutáni csúcsok ebben az egységben is jellemzőek voltak.

Vizsgálatunkban a KRSZ által mért koncentrációk magasabbak voltak a telepített eszközökhöz képest, sőt a PM10 koncentrációja körülbelül 1,5-2-szerese volt a PM2,5-nek. A 20 µm-nél nagyobb részecskék kb. 1,0 m/s, míg az 5 µm-es részecskék 0,1 m/s sebességgel ülepednek (Pearson és Sharples, 1995). A KRSZ-val mért 2,5 µm-es vagy annál kisebb részecskék száma nagyságrendekkel nagyobb volt, mint az 5,0 és 10,0 µm részecskék száma. Ezek magyarázatot adhatnak arra, hogy a KRSZ-val mért PM2,5 és PM10 koncentrációk közötti különbség miért volt jóval nagyobb, mint a telepített eszközök esetén. A KRSZ-t kb. 1,0 m magasságban használtuk, és az almot valószínűleg a borjak mozgása és/vagy a mérést végző emberek felkavarhatták, amikor beléptek a borjúházba és az istállóba, a nagyobb részecskék pedig valószínűleg még nem ülepedtek le a mérés pillanatában. Ezzel szemben kézben tartott KRSZ-nél a telepített eszközöket magasabbra szerelték, és csak 5-10 perces időközönként rögzítették az adatokat, ami időt engedett a nagyobb részecskék leülepedésére, míg a kisebbek hosszabb ideig lebeghettek a levegőben. Ebből azt a következtetést vonjuk le, hogy a felszerelt eszközökből származó adatok jobban reprezentálhatják az épületek valós jellemzőit, és a KRSZ-k eredményei félrevezetőek lehetnek.

Megállapítottuk, hogy a PM koncentráció negatívan korrelált a környezeti T-vel, míg pozitívan korrelált a RH-val, hasonlóan ahhoz, amit Nieckarz és mtsai. (2023) is közöltek. Mások azonban ellenkező irányú korrelációt találtak (Joo és mtsai., 2013). Feltehetően a környezeti, nem állati eredetű PM-források szerepe sem elhanyagolható, és a kevésbé szeles környezet (a légmozgás általi kisebb mértékű tisztulás) is magyarázat lehet erre. Mindegyik helyszínen azt tapasztaltuk, hogy minden hónapban a kora délutánok voltak a legkevésbé poros és egyben legszeleesebb időszakok, melyhez hasonló mintázatról számoltak be természetes szellőzésű istállókat vizsgálva Joo és mtsai. (2013). Ráadásul a téli időszakban a február volt a legszeleesebb, de kevésbé poros hónap a KCSB-ben (U1) és a 7CSBH-ban (U2) is, míg január volt a legporosabb és legkevésbé szeles. Az istállók szellőzése többféleképpen is befolyásolhatja a szállópor-koncentrációt: a beáramló levegő port vihet az istállóba, míg a megfelelő mértékű szellőzés elősegíti a PM eltávolítását, ugyanakkor az erős szél növeli a turbulenciát, emiatt a szállópor részecskék hosszabb ideig maradnak levegőben (Joo és mtsai., 2013). A lineáris modell és a korrelációk alapján feltételezhető, hogy a nyitott nevelőegységekben nem a szél vezetett magas PM2,5 koncentrációhoz, éppen ellenkezőleg, a legszeleesebb kora délutáni időszakban megtisztította a levegőt a portól, vagyis a megfelelő légmozgásnak szerepe lehet a szállópor koncentráció csökkentésében.

A levegő borjúistállókban jellemző csíráterhelésének szakirodalmi forrásai évszaktól és helyszíntől függően nagy különbségeket mutattak, ahogy azt az irodalmi összefoglalóban összegeztük. A levegő eredetű csíráterhelés a KCSB (U1), 7CSBH (U2) és a HCSB (U3) egységekben

egyaránt viszonylag alacsony volt, azonban a szórások magasak voltak, és kiugró értékek is előfordultak, sőt, az értékek néha még ugyanazon egységen és napon belül is változtak. A havi átlagértékek összhangban vannak azokkal az adatokkal miszerint a kültéri levegő csíraszám általában 20 000 CFU/m³-ig terjedhet, míg jól szellőző istállókban 5 000–30 000 CFU/m³ csíraszám jellemző (Nordlund, 2008). A mintavételi és értékelési technikákat alapvetően a tiszta helyiségek monitorozására fejlesztették ki, azonban istállókörülmények között a baktériumok még nagyon kis mennyiségű levegőminta esetén is túlnövik az agarlemez (Nordlund, 2008), ami megnehezíti vagy lehetetlenné teszi a telepek számlálását. Emiatt hígítási sorozatok (Islam és mtsai., 2019a) vagy kis mennyiségű levegőminták használhatók, majd az adatok extrapolálhatók 1 m³-re, de az ily módon számított értékeket gyakran nehéz értékelni. Sőt, mivel a levegőben lévő baktériumok főként az állatok testfelületéről és trágyából, valamint az alomból származnak (Webster, 1984), a borjak bármilyen mozgása, illetve a területre való belépés az alom és a trágya felkavarásával járhat, ami ugyancsak jelentősen befolyásolhatja az eredményeket.

3.1.4.3 Káros gázok

A káros gázok koncentrációjának napi dinamikája folyamatos mérések alapján ábrázolható, és a kapcsolódó technológiai folyamatok azonosíthatók (Zou és mtsai., 2020). A HCSB-ben (U3) mért gázok koncentrációja ritkán haladta meg a vonatkozó határértékeket. A tejelő állományokban az istállókban jelenlévő CH₄ és CO₂ túlnyomórészt a szarvasmarhák emésztéséből és légzéséből származik (Jungbluth és mtsai., 2001). A CO₂ alkalmas az istállók szellőzésének ellenőrzésére: figyelembe véve az állattartó épületekben megengedett 3000 ppm CO₂-határértéket (EFSA, 2009), a HCSB (U3) istálló a vizsgálati időszak egy részében, különösen ősszel rosszul szellőzött, amint az az alacsony légmozgás alapján várható volt.

A H₂S és az NH₃, mint a legjelentősebb istállógázok koncentrációja általánosan alacsony volt, soha nem érte el a 0,5 ppm-et (500 ppb, EFSA, 2009), illetve a 20 ppm-et (20 000 ppb, EFSA, 2009). Bár nem írtak le egyértelmű koncentráció vs. káros hatás összefüggést (Seedorf és Hartung, 1999; Kaufman és mtsai., 2015), az NH₃ negatív hatása még alacsony koncentrációban is jelentős lehet. Borjakban ≥ 1 cm-es tüdőszöveti léziókat mutattak ki ultrahanggal > 4 ppm NH₃ koncentráció mellett, és növekvő NH₃ koncentráció esetén a bronchoalveoláris lavage (BAL) mintákban emelkedett magvas sejtszám és megnövekedett epithelsejt-arány jellemző (van Leenen és mtsai., 2020). Az NH₃ napi átlagos koncentrációja soha, míg az óránkénti átlagok is csak ritkán lépték túl a 4 ppm értéket, ami egybeesik más, tejelő tehenészetekben végzett vizsgálatokkal (ld. az irodalmi áttekintésben).

Egyes kutatások szerint nincs összefüggés a szarvasmarha-istállókban a T és NH₃, illetve a RH és NH₃ koncentráció között (Seedorf és Hartung, 1999; Kaufman és mtsai., 2015). Mások

szerint viszont az NH_3 koncentráció hőmérsékletfüggő (Jungbluth és mtsai., 2001; Ngwabie és mtsai., 2011), napi mintázatot mutat, és délután a legmagasabb (Teye és mtsai., 2008), ami a trágya magasabb hőmérsékleten fokozódó ureázaktivitásával magyarázható (Zou és mtsai., 2020). Az alacsonyabb T-nél és magasabb RH-nál mérhető alacsony NH_3 -koncentráció vélhetően az NH_3 vízben való oldódásának is betudható (Saha és mtsai., 2014; Zou és mtsai., 2020). Zou és mtsai.-hoz (2020) hasonlóan csak gyenge korrelációt találtunk a T-vel és az RH-val, valamint megfigyeltük a H_2S és NH_3 koncentrációk napi változásait, miszerint mindkét gáz koncentrációja délután volt magasabb, ami különösen nyáron volt szembetűnő. Az NH_3 koncentráció szeptember eleji drasztikus csökkenése összefügghet a mélyalom eltávolításával és friss szalmával való pótlásával. Az őszi alacsony értékek a csökkenő hőmérséklettel és az emelkedő páratartalommal magyarázhatók, míg a kisebb csúcsok és csökkenések az alomfrissítéseknek tulajdoníthatók. Mindezek felhívják a figyelmet az alomkezelés fontosságára.

A metán fontos üvegházhatású gáz, de nincs határértéke az állatokra és az emberekre vonatkozóan (EFSA, 2009). A trágyából felszabaduló CH_4 mennyiségének a hőmérséklettel növekednie kell (Ngwabie és mtsai., 2011). Erős pozitív korrelációt találtunk a CH_4 és a T között, és a CH_4 cc. magasabb volt a vizsgálat nyári időszakában, majd szeptember elején hirtelen csökkent a mélyalom eltávolítása után. Ezzel ellentétben egy tejelő tehénistállóban, ahol a hígtrágyát kaparók segítségével rendszeresen eltávolították, negatív korrelációt találtak a napi CH_4 -kibocsátás és a beltéri hőmérséklet között, valamint pozitív kapcsolatot figyeltek meg a CH_4 -kibocsátás és a tehenek aktivitása között mind napi, mind napon belüli viszonylatban. Ezt azzal magyarázták, hogy a hőmérséklet növekedésével csökkent az állatok aktivitása, ezáltal csökkent a termelt CH_4 mennyisége is (Ngwabie és mtsai., 2011). A nyári időszakban a mi eredményeink szerint is jellemző volt a CH_4 cc. napi ingása: a csúcserkékek 10 és 18 óra körül voltak megfigyelhetők, ami valószínűleg a táplálkozással és az állatok tevékenységével is összefüggött, amint arról mások is beszámoltak (Ngwabie és mtsai., 2011). A napi mintázat azonban kevésbé volt nyilvánvaló ősszel, amikor a CH_4 cc. is alacsonyabb volt. Mindebből arra a következtetésünk, hogy természetes szellőzésű istállók CH_4 termelésében a hőmérséklet mellett a trágyakezelés is meghatározó tényező.

3.1.4.4 Gyakorlati tapasztalatok a valós idejű monitoring rendszer üzemeltetésében

Hosszú távú tapasztalatainkat összegezve a következőket javasoljuk az állattartó-telepi felhasználásra szánt valós idejű monitoring rendszerek üzemeltetéséhez:

1. A méréseknek a telepi munka minden fázisát reprezentálniuk kell.

2. Az eszközök mérőegységeit az állatok magasságában kell elhelyezni, és lehetőleg nagylyukú dróthálós dobozzal kell körülvenni a borjak vagy a technológiai folyamatok (pl. gépi almozás) által okozott károk elkerülése érdekében úgy, hogy biztosított legyen a szabad levegőáramlás a mérőegység körül.
3. A mérőeszközök kábeleit rugalmas fémcsövekkel kell burkolni a borjak által okozott károk elkerülése érdekében.
4. Folyamatos műszaki támogatásra és a hibákat azonnal jelző szoftverre van szükség (pl. internetkapcsolat vagy áramellátás megszakadása, kétes validitású adatok).
5. A telep munkatársainak (műszakvezető, villanyszerelő) ismerniük kell a rendszer működését, és rendelkezniük kell alapvető hibaelhárítási készségekkel.
6. Az üzembe helyezés előtt előzetes tesztelés és validálás javasolható.
7. A rendszeres ellenőrzések elengedhetetlenek (biztonsági kamera és helyszíni ellenőrzések) az eszközök integritásának és tisztaságának biztosítására (pl. trágya vagy szalma borítja a mérőeszközt).
8. Az összegyűjtött adatokat akkor is ellenőrizni kell, ha nincsenek kedvezőtlen körülményekről szóló értesítések. Az adatok trendjében bekövetkező változásoknak is jelentős információtartalma lehet.

3.1.4.5 A mikroklimatikus tényezők valós idejű monitorozásának előnyei telepi körülmények között

Az általunk használt rendszer alkalmas volt a mikroklimatikus tényezők valós idejű monitorozására állattartó-telepi körülmények között. Azonosítani tudtuk az egyes mikroklimatikus paraméterek specifikus mintázatait, a hosszú távú és napon belüli, határértékeket meghaladó időszakait és napi ingadozásait a különböző borjútartási körülmények között. Az adatok és az üzemeltetési tapasztalatok figyelembevételével speciális szoftver fejleszthető, amely valós időben képes monitorozni a különböző borjúnevelő egységeket. Mivel az egyes mikroklimatikus paraméterek között gyakran nincs, vagy csak gyenge korreláció figyelhető meg, ez a fajta monitoring rendszer valószínűleg nem lesz képes előre jelezni a kritikus szállópor- vagy gáz koncentrációkat. Kedvezőtlen körülmények esetén azonban értesíthetné a felhasználókat, akik az eredmények alapján felülvizsgálhatják a kapcsolódó technológiai folyamatokat, illetve nyomon követhetik a megváltoztatott folyamatok hatását. Például magas szállópor koncentráció esetén az olyan porképző folyamatok, mint a trágya eltávolítása, a szalmázás és a takarmánykiosztás vagy bármely más, az állatok mozgását elősegítő tevékenység a nap azon időszakaira időzíthető, amikor a részecsk koncentráció egyébként is alacsonyabb, de a jászlak áthelyezése, kevésbé poros alomanyag használata vagy kiszórási technológia megváltoztatása is jelentős hatással lehet. A klinikai BRDC esetek vagy a kóros vágóhídi leletek

előrejelzése alkalmas valós idejű mikroklíma-monitoring rendszerek használatával kapcsolatban további vizsgálatok szükségesek.

Másrésről a hagyományos istállók modern építményekre való cserélése nagy beruházást igényel. Ezért javasoljuk, hogy az új borjúnevelő egységek építése előtt mérjék fel a meglévő épületek mikroklimatikus viszonyait, és vizsgálják felül a kapcsolódó tartástechnológiai tényezőket. A BRDC szempontjából alacsony kockázatú mikroklimatikus környezet megfelelő menedzsment intézkedésekkel akár egy kevésbé korszerű istállóban is biztosítható, ahogy azt a HCSB (U3) istálló esetében tapasztaltuk. Bár a vizsgálatunkban csak egy (de elterjedt) épületípust monitoroztunk, ezek az eredmények kiindulópontként szolgálhatnak azon állatorvosok és állattenyésztők számára, akik fel szeretnék mérni saját telepük épületeinek mikroklimatikus viszonyait.

Összefoglalva, a valós idejű PLF monitoring rendszerek segíthetnek a kedvezőtlen környezeti feltételek korai felismerésében, amely alapján megelőző intézkedések és enyhítő lépések tehetők, illetve a klinikai megbetegedések időben diagnosztizálhatók. Végezetül, mindezek elősegíthetik a korai beavatkozást, ezáltal csökkentve a gazdasági károkat és a gyógyszerfelhasználást. Az ilyen rendszerek használata különösen azokban a gazdaságokban lehet hasznos, ahol más hajlamosító tényezők, például hiányos járványvédelmi intézkedések és az állomány-egészségügyi státusz jellemző, és minden megelőző lépés fontos lehet a BRDC káros hatásainak enyhítésében.

3.2 ÁLLOMÁNY-EGÉSZSÉGÜGYI MONITORING LEHETŐSÉGEK VIZSGÁLATA

3.2.1 A vizsgálatok indokoltsága, célkitűzések

A vizsgálatainkat kettős céllal végeztük. Egyrészt, a tartási helyszíneket (7CSBH, KCSB és HCSB) jellemző mikroklimatikus viszonyok borjak egészségére és a BRDC kialakulására gyakorolt hatásának értékelése megkívánta több más, állattól függő és független kockázati tényezők felmérését. Ennek érdekében rendszeresen vizsgáltuk a borjak általános egészségi állapotát, az egyedi ellenállóképesség, különösen a maternális védelem jellemzőit, az állomány járványtani helyzetét és a BRDC szempontjából jelentős virális és bakteriális kórokozók jelenlétét, valamint az immunszuppresszív tényezőként számításba jövő parazitózisokat.

Másrészt, ugyanezen vizsgálatok a mai diagnosztikai és logisztikai lehetőségek mellett egyre könnyebben hozzáférhetőek, így nem csak az állatklinikai, hanem akár az állattartó telepi állatorvosok eszköztárát is bővíthetik. Célunk az volt, hogy a felmérjük, beilleszthető-e az egyes kockázati tényezőket komplex módon felmérő vizsgálatok a rutin állomány-egészségügyi programba, ezzel segítve a pontosabb diagnózist és a hajlamosító körülmények felismerését, melyek egyaránt szükségesek megelőzés, az adekvát kezelés és a gyógyszerfelhasználás csökkentése érdekében.

3.2.2 Anyag és módszer

A klinikai és laboratóriumi vizsgálatokra 2019. szeptembere és 2020. februárja között került sor, melybe a 2019 szeptemberében született borjakat vontuk be születési sorrendjükben. A vizsgálatokat a tartástechnológiai mérőföldkövek szerint 24-72 órás életkortól 150 napos életkorig ütemeztük, a teljes vizsgálatsorozat összesen kb. fél évet vett igénybe, ezzel lefedve a borjúnevelés időszakát az őszi és téli évszakokban.

3.2.2.1 Az állomány és a tartástechnológia jellemzői

A vizsgálatokba 28 holstein-fríz fajtájú, nőivarú, továbbtenyésztésre szánt borjút vontunk be, melyet az Állatvédelmi Tudományos Etikai Tanács szakvéleménye (ÁTET KA-2779) alapján a Pest Megyei Kormányhivatal (PE/EA/1144-7/2019) engedélyezett. Az elvégzett beavatkozások enyhe súlyossági besorolás alá tartoztak, nem okoztak a rutin állatorvosi beavatkozásnál nagyobb fájdalmat. A mintavételekhez történő rögzítés ideiglenesen kellemetlenséget okozhatott az állatok számára. Az állatokra helyezett automata aktivitásmérő eszköz a szarvasmarha tartásban bevált készülék, alkalmazása az állatok számára semmilyen kellemetlenséggel nem járt.

A borjak mindegyike a helyszíni állományból származott. Az állományt zártan tartották, mely mentes volt a szarvasmarha gümőkórtól, brucellózistól, enzootiás leukózistól, valamint a

szarvasmarha fertőző rhinotracheitise (IBR) és vírusos hasmenése (BVD) fertőzöttségtől. Az anyaállatokat a szárazra állításkor és az elletői előkészítés során kétszeri alkalommal polivalens oltóanyaggal rotavírus, coronavírus és *E. coli* ellen vakcinázták, a borjak azonban semmilyen aktív immunizálásban nem részesültek.

3.2.2.1.1 Elhelyezés

A borjakat 2019 szeptemberében születési ütemük szerint vontuk a vizsgálatokba, mely a születésétől kb. 150 napos életkorig tartott. Minden egyes állatot a választásig azonos tartástechnológiai rendszerben tartottak, mely teljes egészében megegyezett az alábbi telepi gyakorlattal, ahogy azt a **13. Ábra** sematikusán szemlélteti. A nevelőegységek technikai paramétereit a **11. Táblázatban** foglaltuk össze

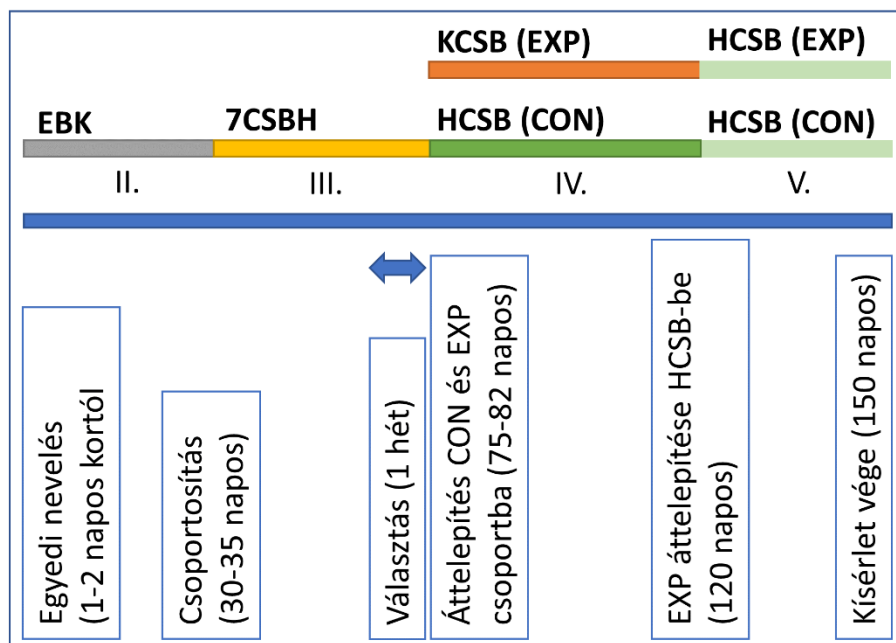
- I. Születést követően az anyjuktól azonnal elválasztott borjakat az első 24-48 órában az elletőistálló naposborjak számára lekerített részében, növekvő szalmaalmos csoportos karámban helyezték el. Itt történt köldökcsomk ellátása és a kolosztrum itatása is.
- II. 24 – 48 órás kortól 5 hetes korukig kültéri egyedi borjúketrecekben (EBK) nevelték a borjakat.
- III. 5 hetes koruktól a választásig (kb. 80 napos korig) kiscsoportos, 7 borjú elhelyezésére alkalmas kültéri borjúházakban (7CSBH) nevelték a borjakat.
- IV. A választást követően két, egymástól különböző tartási rendszer borjak egészségére gyakorolt hatásának vizsgálata céljából két borjúcsoportot alakítottunk ki. A csoportok létszámát a technológia lehetőségei szerint határoztuk meg, így az üszőnevelő telepre érkezéskor a kísérleti csoportba 12 (2 x 6), míg a kontroll csoportba 16 állat került véletlenszerű besorolással. A kontroll csoportot alkotó borjak a választást követően a telepi gyakorlatnak megfelelően hagyományos csoportos borjúnevelő (HCSB) istállóban kerültek elhelyezésre, míg a kísérleti csoportba tartozó állatokat két, egymás mellett elhelyezett, egyenként 6-6 borjú fogadására alkalmas korszerű kísérleti csoportos borjúházban (KCSB) helyeztünk el.
- V. A 80-120. nap között alkalmazott eltérő tartástechnológia későbbi életszakaszra gyakorolt hatásait tovább vizsgálandó, mindkét csoport egyedeit 120 napos kortól 150 napos korig a HCSB épületében helyeztük el.

3.2.2.1.2 Takarmányozás

A vizsgálatban résztvevő borjak takarmányozása a telepi gyakorlatnak megfelelően történt. Születést követő 1-2 órán belül fejenként 4 liter kolosztrum nyelőcsőszondán keresztüli itatására került sor a Coloquick® (*Coloquick International A/S, Skive, Dánia*) kolosztrum menedzsment rendszere szerint. A telepen a minősítést Brix-refraktométerrel (Milwaukee

MA871, Milwaukee Instruments, Rocky Mount, NC, USA) végezték, az üszőborjakat kiváló minőségű (≥ 25 BRIX értékű) kolosztrummal itatták.

A kolosztrumfelvételt követően az egyedi borjúketrecbeli tartás idején a takarmányozás a napi kétszeri tejpótló borjútápszer (Vitafort Zrt., Dabas) vödörös itatásán alapult, melyet ad libitum felkínált granulált borjútáppal (Vitafort Zrt., Dabas) egészítettek ki. A tejpótló itatási idején kívül folyamatos ivóvíz-ellátás is biztosított volt. A kiscsoportos tartás választásig terjedő időszakában a napi kétszeri tejpótló borjútápszer mellé ad libitum borjútáp és kiváló minőségű széna állt a borjak rendelkezésére, míg a tejpótló itatási időpontokon kívül a folyamatos ivóvízellátás biztosítva volt. A választásra kb. 10 hetes korban fokozatosan, egy hetes időtartam alatt került sor. A választást követően mindkét tartási helyszínen ad libitum TMR (receptúra: Vitafort Zrt., Dabas) állt a borjak rendelkezésére, mely a kontroll csoport esetén etetőasztalon, míg a kísérleti csoportban vajúban került kiosztásra. Az ivóvíz-ellátás a kontroll csoport esetén egy darab labdás önitatóval, míg a kísérleti csoportban a két ketrecben külön, 1-1 szelepes önitatóval volt megoldva. A 120-150 napos kor közötti időszakban a takarmányozás a HCSB esetén leírtak szerint alakult.



13. Ábra A telepi tartástechnológia sematikus ábrázolása

3.2.2.1.3 Vizsgálatok ütemezése

A borjak környezeti változásokra adott biológiai válaszreakcióit ütemezett vizsgálatokkal és rendszeres ellenőrzésekkel kívántuk feltárni. Az ütemezett vizsgálatokat minden esetben valamilyen tartástechnológiai és / vagy takarmányozásbeli változáshoz kötve, összesen 7 alkalommal végeztük, melynek időpontjait és a mintatípusokat a **18. Táblázat** összegzi. Ezen túl

heti három alkalommal (hétfő, szerda, péntek) ellenőriztük a borjak egészségi állapotát. Klinikai tünetek, elsősorban emelkedett testhőmérséklet (láz) előfordulása esetén az ütemezett vizsgálatoknál ismertetett módszerekkel biológiai mintákat vettünk hematológiai, szerológiai, mikrobiológiai és PCR-diagnosztikai célra, valamint szükség szerint kezeltük a borjakat. A vizsgálatok és az eszközök szemleltetésére a **14. Ábra** szolgál.

3.2.2.1.4 Testtömeg mérés

Az ütemezett időpontokban, összesen 7 alkalommal végeztünk mérést, melyből az 1-6 alkalmakkor a borjak testmérete és a rendelkezésre álló humán erőforrás lehetővé tette a tartási helyen történő egyedi, digitális mérleggel (PS 1000, *Brecknell Avery Weight-Tronix LLC, Smethwick, West Midlands, UK*) történő mérést. A 7. mérés idejére a borjak mérete és kezelhetősége már nem tette lehetővé a korábbiakban alkalmazott módszert, emiatt a Beefie® (*Agroininja Kft., Pécs, Magyarország*) lézeres távolságmérővel összehangolt mobiltelefonos testtömegmérő alkalmazással becsültük az állatok tömegét. Az alkalmazással a beállított szarvasmarha fajta és kor alapján a mobiltelefon képernyőjére rajzolt sziluett segítségével az állattól megfelelő távolságra állva fénykép készíthető, majd a szoftver a távolság adatokat figyelembe véve becsüli a tömeget. Az 5-6. mérés során a mérleggel való mérés mellett az alkalmazással is becsültük a borjak testtömegét, így vált lehetővé, hogy a 7. mérés során már csak utóbbit alkalmazzuk. A testtömeg-adatokat kézzel írt jegyzőkönyvben, majd a vizsgálati napok végén online táblázatban rögzítettük.

3.2.2.1.5 Klinikai vizsgálat

A borjak klinikai vizsgálatának alapját a rendszeres rektális testhőmérséklet mérés jelentette. A testhőmérséklet emelkedését láznak tekintettük, ha ez elérte, illetve meghaladta a 39,5 °C-ot (Divers és Peek, 2008; Jackson és Cockcroft, 2002). Ezen kívül kerestük a gyakorlatban bevált klinikai pontrendszerekben (McGuirk és Peek, 2014; University of Wisconsin – School of Veterinary Medicine, 2020) is alkalmazott, a BRDC, illetve más megbetegedések (hasmenés, köldökgyulladás, ízületi gyulladás, stb.) során is előforduló jellegzetes tünetek jelenlétét: orrváladék (szerózus, gennyes), kötőhártyaváladék (szerózus, gennyes, csurgók jelenléte), fül állása, spontán köhögés, bélsár konzisztencia, köldök-, illetve ízületgyulladás jelei (duzzanat, kemény és meleg tapintat, fájdalmasság). Légzőszervi tünetek megléte esetén a mellkas hallgatósági vizsgálatát is elvégeztük.

18. Táblázat Az egyes mintavételek ütemezése, a minták típusai és a vizsgálatok iránya.

Sorszám	Időpont	Tartási hely	Élőtömeg mérés	Vér			Orrtampon		Bélsár			Környezeti élőcsíra terhelés (Levegőminták CFU szám)	Klimatikus paraméterek, levegőminőség (por, gázok)	Aktivitásmérés
	Az elléshez/születéshez viszonyítva, illetve adott technológiai időpontban			Hematológia	Virologia (VN)	IgG (Brix %)	qPCR	Tenyésztés	<i>Eimeria spp.</i>	<i>Cryptosporidium spp.</i>	<i>Giardia duodenalis</i>			
1.	24 – 48 ó (a kísérletbe vont állatok születési időszakában minden megszülető borjúból)	EBK	x	x	x	x	x	x				Az egyes tartási helyeken hetente 1x, helyenként 3-3 minta		
2.	30 - 35 n (egyedi ketrecből 7-es kertecebe)	7CSBH	x	x	x		x	x	x	x	x		x	
3.	68 - 75 n (tejmegvonás előtt)	7CSBH	x	x	x				x	x	x		x	
4.	75 - 82 n (tejmegvonás befejeztekor, az áthelyezés előtt)	7CSBH	x	x	x		x	x					x	x
V Á L A S Z T Á S - Tejmegvonás és áthelyezés a hagyományos, illetve a kísérleti tartási helyre (83 napos)*														
5.	86 n (áthelyezés után 48 órával)	HCSB / KCSB	x	x								Az egyes tartási helyeken hetente 1x, helyenként 3-3 minta	x	x
6.	120 n (kísérleti 7.csoport áthelyezése)	HCSB / KCSB	x	x	x		x	x	x				x	
7.	150 n (kísérlet befejezése)	HCSB / KCSB	x	x	x		x	x	x				x	

Magyarázat: EBK= egyedi borjúkretre; 7CSBH= hét borjú kiscsoportos ketrecben; HCSB= hagyományos csoportos borjúház; KCSB= kísérleti csoportos borjúház.

*A 83. napon a borjak véletlenszerűen kerülnek a kísérleti, illetve a kontroll csoportba

Bár az ilyen pontrendszerek (pl. Wisconsin Scoring Chart) telepi körülmények között is jól alkalmazhatók, a rendelkezésre álló idő- és emberi erőforrás keret, valamint a telepi sajátságok miatt a tünetek súlyosságának pontrendszer szerinti differenciálása csak részlegesen volt megoldható. Ebből következően a tünetek előfordulását (a testhőmérsékleten kívül) bináris rendszerben (jelen van / nincs jelen) rögzítettük, de súlyosságukat az adott vizsgálati napon kivitelezett kezelések alkalmával figyelembe vettük.

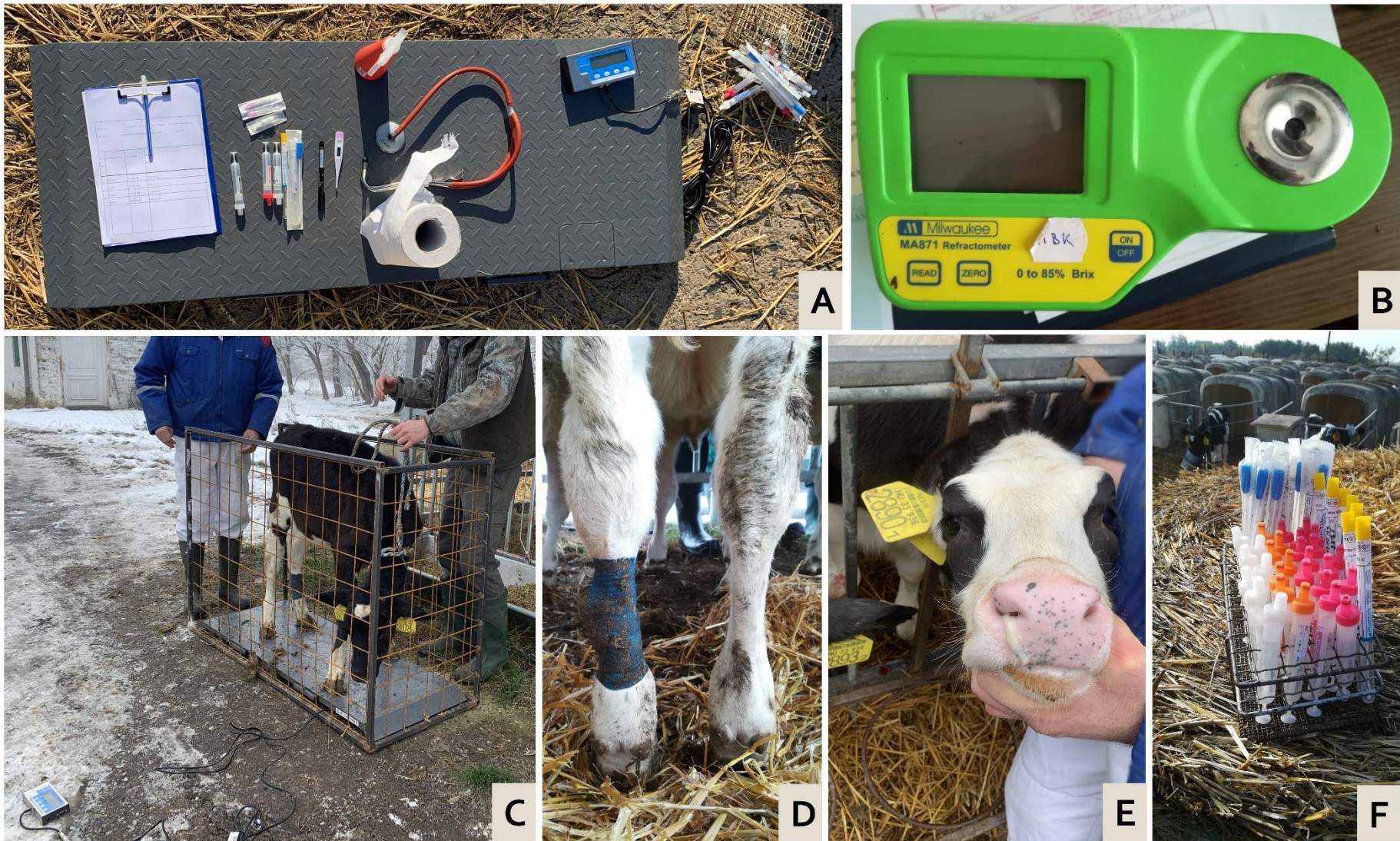
Erre a vizsgálati pontra az ütemezett vizsgálati alkalmakon túlmenően a heti háromszori ellenőrzéseken is sor került. A vizsgálati eredményeket kézzel írt jegyzőkönyvben, majd a vizsgálati napok végén online táblázatban rögzítettük A KCSB és HCSB tartási időszakaira vonatkozóan a borjakat a megbetegedések súlyossága szerint kategorizáltuk (**19. Táblázat** szerint). Egy-egy időszak az adott tervezett mintavétel napjától a következő tervezett mintavételt megelőző látogatás napjáig tartott.

19. Táblázat A borjakat érintő klinikai megbetegedések kategóriái az észlelt tünetek és a kapcsolódó kezelések szerint.

Kategória	Tünetek				Kezelések		
	Láz	Légzőszervi	Hasmenés	Egyéb	Szupportív	AB	NSAID
I. Nincs tünet és megbetegedés	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅
II. Enyhe tünetekkel járó	∅	+/-	+/-	+/-	+/-	∅	∅
III. Mérsékelt tünetekkel járó	∅	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
IV. Súlyos (komolyabb) tünetekkel	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
V. Láz látható tünet nélkül	+	∅	∅	∅	+/-	+/-	+/-

3.2.2.1.6 Aktivitásmérés

A borjak aktivitásának mérésére végtagra helyezhető HOB0® Pendant G (*Onset Computer, Corp., USA*) vízálló loggereket alkalmaztunk, melyeket vattába csomagolva, bandázssal rögzítettünk a jobb hátsó lábón a csánkízület alatt (Bonk és mtsai., 2013). A loggereket a 7CSBH-ban, a választás hetének 3. napján helyeztük fel, melyet a borjak 10 napon át viseltek. Az eszközzel (két tengelyen történő méréssel) a választás, majd a kontroll- (HCSB), illetve kísérleti tartási helyeken (KCSB) töltött első napok idején jellemző aktivitást (fekvéssel töltött idő) vizsgáltuk.



14. Ábra Az állomány-egészségügyi monitoring vizsgálati: A) Eszközök, B) Brix-refraktométer, C) Testtömeg mérése, D) HOBOT logger, E) BRDC tüneteinek keresése, F) Mintavételi eszközök

3.2.2.1.7 Laboratóriumi vizsgálatok

Az ütemezett és a rendszeres vizsgálatok során hematológiai, szerológiai, mikrobiológiai, PCR-diagnosztikai, illetve parazitológiai célra különböző biológiai mintákat gyűjtöttünk. A kolosztrum-ellátottságra vonatkozó adatokat kézzel írt jegyzőkönyvben, majd a vizsgálati napok végén online táblázatban rögzítettük. A laboratóriumi vizsgálatok eredményeit az egyes vizsgáló laboratóriumok eredményközlését követően szintén online táblázatban rögzítettük.

3.2.2.1.7.1 Mintatípusok

- A. **Szérum:** A mintát a v. jugularisból gyűjtöttük (*Monovette® natív vérvételi cső, Sarstedt AG & Co., Nümbrecht, Németország*) és a mintavételt követően hűtve tároltuk, majd alvadászt követően, 3-6 óra elteltével centrifugáltuk (4000 rpm, 10 perc), a leszeparált szérumot mikrocentrifuga-csövekben -20°C-on fagyasztva tároltuk.
- B. **Alvadásban EDTA-val gátolt teljes vér:** A mintát a v. jugularisból gyűjtöttük (*Monovette® K3 EDTA, Sarstedt AG & Co., Nümbrecht, Németország*) és a mintavétel idejétől a szállításon át a laboratóriumi feldolgozásig hűtve tároltuk.
- C. **Orrtampon minták:** A mintákat a jobb oldali orrüregből gyűjtöttük. Mintavétel előtt az orrnyílást a szennyeződésektől száraz papírtörülkövel megtisztítottuk, majd alkoholos bőrfertőtlenítővel fertőtlenítettük. Mikrobiológiai célra Amies szénmentes transzport tápközeget (*Copan, Brescia, Olaszország*), míg PCR-diagnosztikai célra kefésszerű mintavevő pálcát (*FloqSwab®, Copan, Brescia, Olaszország*) használtunk. Utóbbi mintákra a mintavételt követően a mintavevő kefésszerű részét elfedő mennyiségű, 2 ml térfogatú PBS pufferoldatot rétegeztünk. A mintákat a mintavételtől kezdve hűtve tároltuk és a megfelelő laboratóriumokba hűtve szállítottuk.
- D. **Bélsár minta:** A mintákat minden alkalommal a közvetlenül a végbélből gyűjtöttük, ezt követően a szállítás során és a laboratóriumban a feldolgozásig hűtve tároltuk.

3.2.2.1.7.2 Laboratóriumi vizsgálatok

- 1) **Kolosztrum-ellátottság ellenőrzése:** szérum mintából történt digitális Brix-refraktométer (*Milwaukee MA871, Milwaukee Instruments, USA*) segítségével 24-72 óras életkorban. A refraktométert az adott napi méréseket megelőzően a használati utasításnak megfelelően desztillált vízzel kalibráltuk.
- 2) **Hematológiai vizsgálatok:** a mennyiségi és minőségi vérkép (CBC + DIFF) mérését K3 EDTA mintákból az ÁTE Belgyógyászati Laboratóriumában végezték (*Advia 2120 hematológiai automata, Siemens Healthineers, Erlangen, Németország*) a mintavételtől számított 12-24 órán belül.
- 3) **Mikrobiológiai vizsgálatok:** a **18. Táblázat** szerint az 1., 2., 4., 6. és 7. ütemezett mintavételek, illetve a klinikai megbetegedések alkalmával az orrüregből gyűjtött mintákat

hűtve szállítottuk a vizsgáló laboratóriumba (*Eurofins Vet-Controll Kft., Budapest*), ahol aerob tenyésztést (Columbia véres agar, Drigalski agar, Baird-Parker agar, inkubáció: 37 °C, 24 óra) és kórokozó kimutatása esetén korongdiffúziós antibiotikum-érzékenységi vizsgálatokat végeztek.

- 4) **PCR-vizsgálatok:** a **18. Táblázat** szerint az 1., 2., 4., 6. és 7. ütemezett mintavételek, illetve a klinikai megbetegedések alkalmával az orrüregből gyűjtött mintákat hűtve szállítottuk a Tanszékre, ahol azokat -20°C-on fagyasztva tároltuk a későbbi *Mycoplasma sp.* PCR vizsgálatokig. Ezen kívül a 2. ütemezett vizsgálat során minden borjútól a hematológiai vizsgálatra szükségesen felül egy további EDTA-val alvadásban gátolt vérmintát is gyűjtöttünk az esetleges perzisztens BVDV fertőzöttség leukocita-szeparátumból PCR-vizsgálattal történő kimutatására. A molekuláris diagnosztikai vizsgálatokat az ÁTE Járványtani és Mikrobiológiai Tanszékén végezték el (nukleinsav izolálás: *Qiagen QIAamp DNA Mini Kit*, polimeráz-lánreakció: *Qiagen Fast Cycling PCR Kit*).
- 5) **Szerológiai vizsgálatok:** a **18. Táblázat** szerint az 1., 2., 3., 4., 6. és 7. ütemezett mintavételek, illetve a klinikai megbetegedések alkalmával gyűjtött szérum mintákat hűtve szállítottuk a Tanszékre, ahol azokat -20°C-on fagyasztva tároltuk. A minták a későbbiekben a fagyasztóláncot fenntartva kerültek a vizsgáló laboratóriumba (*ÁTE Járványtani és Mikrobiológiai Tanszék, Budapest*), ahol azokat a feldolgozásig továbbra is fagyasztva tárolták. Az inaktivált savókból 96 mintahelyes mikrotiter lemezeken (*TPP, Trasadingen, Svájc*) felező hígítással hígítási sort készítettek (hozzáadott foetalis borjúsavótól mentes) DMEM tápfolyadékkal (*Lonza, Walkersville, USA*), melyhez a vizsgált ellenanyagoknak megfelelő vírusokból készített (BHV-1, BRSV, PI-3V vagy BVDV) standard, 2000 TCID₅₀/ml (50% sejttenyészetet fertőző dózis) titerű szuszpenziót adtak savóhígításonként 50 µl (100 TCID₅₀) mennyiségben. A vizsgálati lemezek minden mintahelyéhez 100 µl MDBK (Madin-Darby-féle borjúvese) sejtsuszpenziót (4×10^4 sejt) adtak. A lemezeket 37°C hőmérsékleten, 5% CO₂ jelenlétében inkubálták és naponta ellenőrizték a vírusra specifikus sejtkárosító hatások (CPE) megjelenését (vírustól függően 2-6 nap). A savóminták vírusneutralizáló titerértékét a Spearman-Kärber számítás szerint határozták meg.
- 6) **Bélsár parazitológiai vizsgálata:** a **18. Táblázat** szerint a 2., 3., 6. és 7. ütemezett mintavételek, illetve a klinikai megbetegedések alkalmával az esetleges környezeti kontaminációt elkerülendő közvetlenül a rektumból, váltott gumikesztyűvel egyedenként kb. 100 ml mintát gyűjtöttünk műanyag tégelyekbe. A borjak *Cryptosporidium parvum* és *Giardia duodenalis* okozta fertőzöttségének felderítésére a 2. és 4. ütemezett vizsgálat alkalmával a helyszínen bélsár antigén tesztek alkalmaztunk (*FASTest® Crypto-Giardia strip, Megacor, Ausztria*). A gyűjtött mintákat ezt követően laboratóriumba szállítottuk, ahol 6-12 órán belül a coccidiumok okozta megbetegedések előfordulásának és súlyosságának

vizsgálatára kvantitatív ovoszkópiás módszerrel (oocysta per gram, OPG, Eckert és mtsai., 1995; Kassai, 2003b) mikroszkópos vizsgálatot végeztünk (*Vet-Med-Labor Zrt., Budapest*).

3.2.2.1.8 Adatfeldolgozás

Az adatfeldolgozáshoz és -elemzéshez R-project (*Posit, Boston, MA, USA*) és Python (*Python Software Foundation, Wilmington, DE, USA*) szoftvert, valamint Microsoft Excel (*Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA*) táblázatkezelőt használtunk.

A testtömeg, illetve aktivitási adatok normalitását Shapiro-Wilk teszttel ellenőriztük. A testtömeg változását t-próbával (normál eloszlás), illetve Mann-Whitney próbával (nem normál eloszlás) hasonlítottuk össze a CON és EXP csoportokban. Az aktivitási adatok elemzésekor a CON és EXP csoportokat t-próbával, míg az áthelyezés előtti és utáni időszakokat páros t-próbával hasonlítottuk össze.

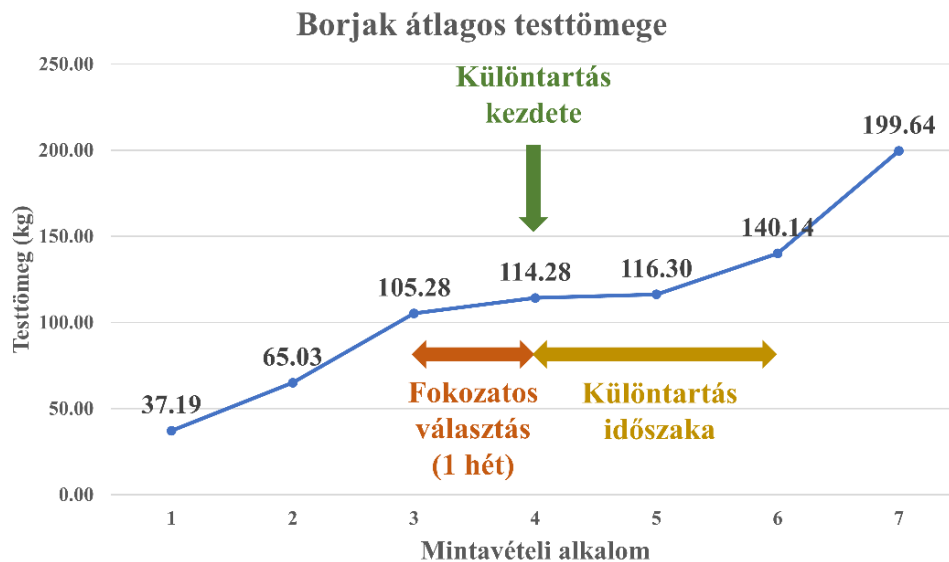
A klinikai és labordiagnosztikai eredményekről leíró statisztikát (minimum, maximum, medián, átlag, szórás) készítettünk. A VN-titerértékek 2-es alapú logaritmus transzformációját (\log_2 titer) követően a felezési időt az 1. mintavételkor titer és az 1. mintavétel és első negatív titerű mintavétel között eltelt napok számának hányadosaként számítottuk ki. Az induktív statisztikai elemzések során Spearman-korrelációval vizsgáltuk a kolosztrum és szérum BRIX értékek, illetve az ellenanyagtiterek összefüggéseit, továbbá kétmintás t-próbával vizsgáltuk, hogy milyen különbségek voltak megfigyelhetők a két tartási helyszínen (HCSB és KCSB) nevelt borjak testtömegében, az általuk fogyasztott kolosztrum és az első mintavételkor szérum Brix-értékében, az ellenanyagtiterekben, illetve az ellenanyagok eliminációjáig eltelt időben, és az ellenanyagok felezési idejében.

A **19. Táblázat** szerinti megbetegedés-kategóriák gyakoriságát khí-négyzet próbával (illeszkedés vizsgálat) hasonlítottuk össze a CON és EXP csoportokban. Továbbá időszakonként meghatároztuk az egyes megbetegedés-kategóriákba tartozó borjak számát és arányát, majd non-parametrikus Kruskal-Wallis teszttel összehasonlítottuk a HCSB-ben és KCSB-ben előforduló megbetegedések súlyosságát. A megbetegedés-kategóriák megállapítása során a láz súlyosságát, a klinikailag érintett szervrendszerek számát, valamint a terápia összetettségét és minőségét vizsgáltuk. A tervezett mintavételek alkalmával, illetve az azt megelőző és azt követő 1-1 hét során egészséges (azaz az **19. Táblázat** szerint I. kategóriába sorolható) borjak vérkép adataiból az állományra vonatkozó referencia-tartományokat számoltunk (t-eloszlás, 95 %-os konfidencia intervallum mellett).

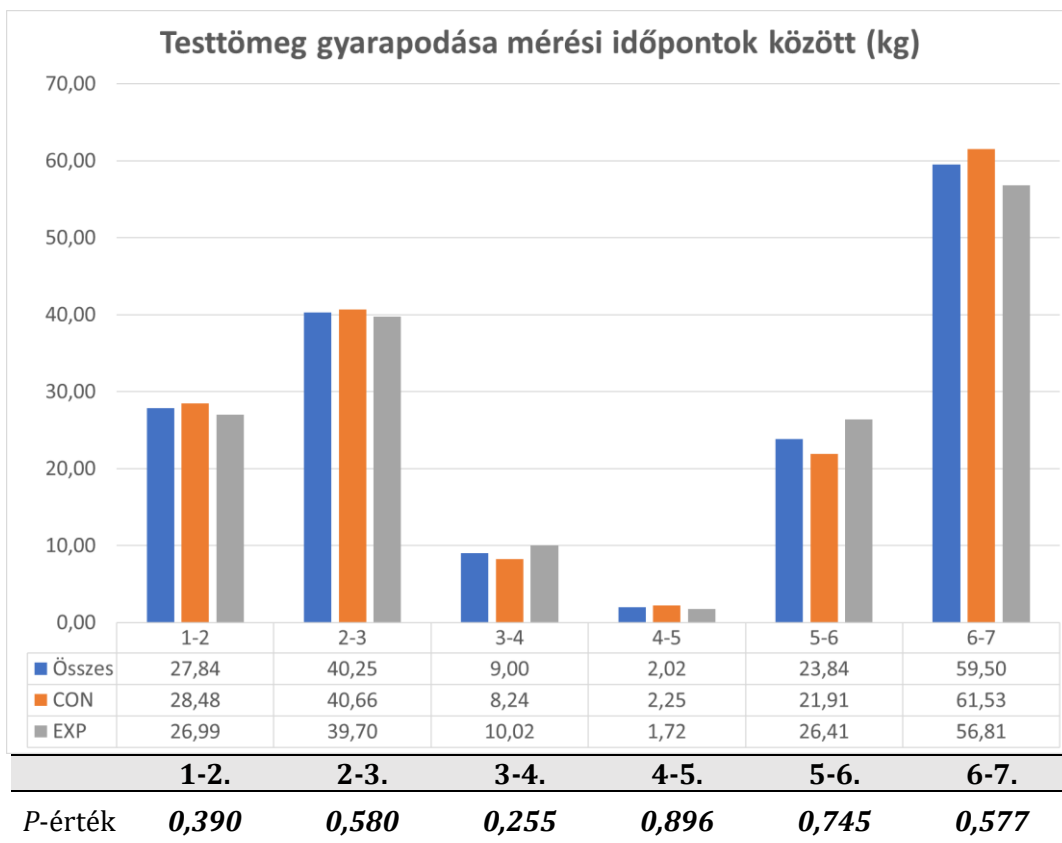
3.2.3 Eredmények

3.2.3.1 Testtömeg-gyarapodás

A borjak testtömegének változását a **15. és 16. Ábrák**, valamint a **Függelék 3. és 4. Táblázatok** szemléltetik. A testtömeg-gyarapodást az egyes időszakokban t-próbával (normál eloszlás: 1-2.; 2-3; 3-4; 4-5 és 6-7 mintavétel közötti periódusok), illetve Mann-Whitney próbával (nem normál eloszlás: 5-6 mintavétel közötti periódus) hasonlítottuk össze a CON és EXP csoportok között, melynek során egyik periódusban sem tapasztaltunk szignifikáns eltérést (**16. Ábra** és **Függelék 4. Táblázat**). Mindez arra utal, hogy a külön tartás időszakát megelőzően homogén volt az állomány és később az eltérő tartásmódnak sem volt szignifikáns hatása a testtömegre.



15. Ábra A vizsgált borjak átlagos testtömegének (kg) változása az egyes mintavételek időrendjében.



16. Ábra A testtömeg-gyarapodása (kg) az egyes mérési időpontok közötti időszakok során, illetve a CON és EXP csoportok összehasonlítása (szignifikancia szint: $P < 0,05$). **Magyarázat:** CON = kontroll csoport, EXP = kísérleti csoport

3.2.3.2 Kolosztrum management

A borjak által elfogyasztott kolosztrum minőségét (közvetve immunglobulin-koncentrációját) és a passzív transzfer megfelelőségét (24-72 órás életkorban vett vészérum) a Brix-értékkel jellemeztük. Eredményeink szerint a borjak mindegyike megfelelő minőségű kolosztrumot fogyasztott, és bár átlagosan 9,45-ös szérum Brix-értéket mértünk, egyes borjaknál hiányos volt a passzív transzfer (**20. táblázat**).

20. Táblázat A kolosztrum és az újszülött borjak szérumának BRIX-értékei.

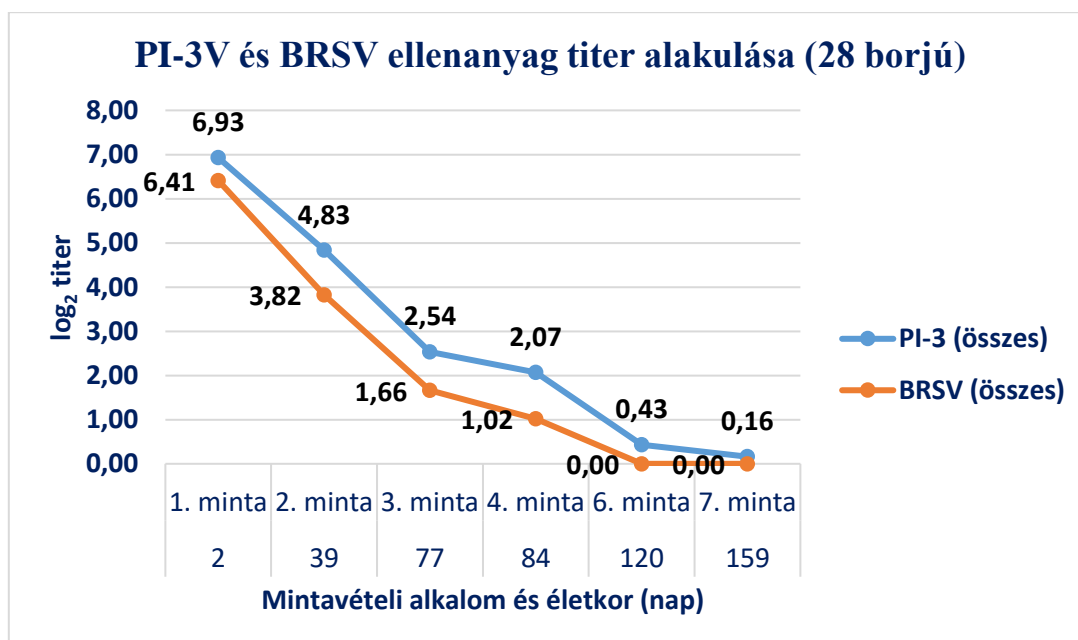
	Csoport	Átlag	Szórás	Min	Max	n (db)	P-érték
Születéskori testtömeg (kg)	Összes	37,19	5,45	26	46,8	28	0,8927
	CON	37,06	4,83	28	46,8	16	
	EXP	37,36	6,41	26	46,8	12	
Kolosztrum Brix (%)	Összes	27,89	3,00	23	32	28	0,3117
	CON	27,38	2,80	23	32	16	
	EXP	28,58	3,23	24	32	12	
Szérum Brix (%) 1-3 napos korban	Összes	9,45	1,13	7,2	11,7	28	0,8878
	CON	9,43	1,34	7,2	11,7	16	
	EXP	9,48	0,82	7,9	10,6	12	

3.2.3.3 Patogén faktorok felmérése

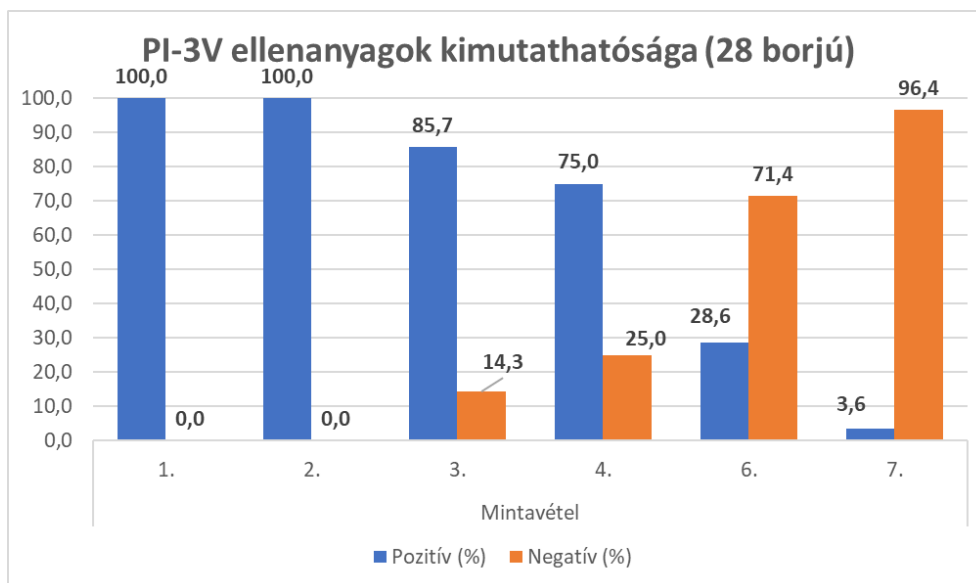
3.2.3.3.1 Szerológiai és virológiai státusz

Az ütemezett mintavételek során gyűjtött szérum mintákból VN-teszttel vizsgáltattuk a BRDC-ben előforduló vírusok, így szarvasmarha 1-es típusú herpeszvírusa (IBR), parainfluenza-3 vírus (PI-3V), szarvasmarhák járványos köhögésének vírusa (BRSV) és a BVDV vírusokkal szembeni ellenanyagok jelenlétét.

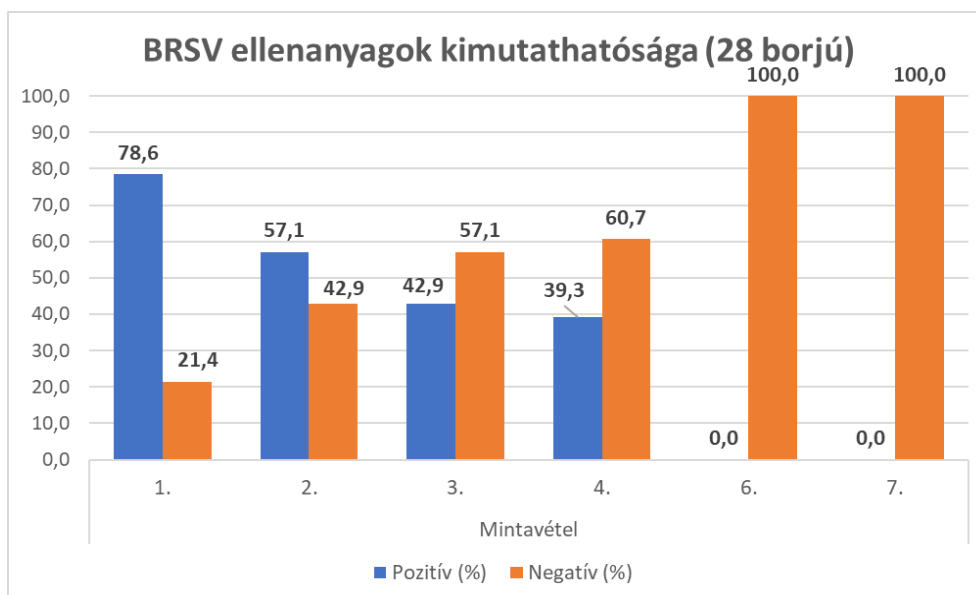
Eredményeink szerint a borjak mindegyike szeronegatív volt a BHV-1 és BVDV tekintetében, ami a telep mentességét tekintve várható eredmény volt. Ugyanakkor jól látható, hogy a parainfluenza-3 és a BRSV vírusok esetén a maternális ellenanyagok szintje folyamatosan csökkent, titeremelkedés nem volt mérhető. Megfigyelhető, hogy a PI-3V esetén a borjak mindegyike szeropozitív volt az első csoportosításkor, de háromnegyedük még a második átcsoportosításkor is, viszont a BRSV esetén egyes borjak a kolosztrumfogyasztást követően is szeronegatívak voltak, majd az első átcsoportosításra 40%-uk, míg a második alkalomra már 60 százalékuk vált szeronegatívvá. A PI-3V vírus ellen kezdetben 6,9 log₂-titerben jelen lévő maternális ellenanyagok átlagosan a 116. npra kiürültek, viszont a 83. napon még a borjak szeropozitívak voltak. A BRSV esetén kezdetben 6,4 log₂-titerben jelen lévő maternális ellenanyagok átlagosan a 84. npra ürültek ki, míg a 74. napon még kimutathatók voltak. Az eredményeket az 17., 18. és 19. Ábrák szemléltetik.



17. Ábra A PI-3V és BRSV ellenanyag titerek változása az ütemezett mintavételek időrendjében (minden borjú együttvéve)



18. Ábra A PI-3V ellenanyagok kimutathatóságának aránya az ütemezett mintavételek időrendjében (minden borjú együttvéve).



19. Ábra A BRSV ellenanyagok kimutathatóságának aránya az ütemezett mintavételek időrendjében (minden borjú együttvéve).

A BRSV esetén 6 borjúnál nem volt meghatározható a felezési idő, mivel már az első mintavételkor is szeronegatívak voltak. Így az első negatív titerértékig eltelt napok száma alapján kalkulált felezési időt 22 állatra tudtuk megadni. Ugyanakkor 14 állat esetében már a második mintavételre kiürültek a BRSV-vel szembeni maternális ellenanyagok. A PI-3V esetén egyetlen borjú (2887) ugyan a 7. mintavételre szeronegatívvá vált, de az addigi mintavételek alkalmával hullámzó VN-titerek kaptunk, ami miatt a felezési idő számításánál nem vettük figyelembe (természetes fertőzés okozta emelkedés, vagy analitikai hiba feltételezhető). Az eredményeket a **21. Táblázat** mutatja be.

21. Táblázat A PI-3V és BRSV vírusok elleni maternális ellenanyagok log₂ titer értékei és a változásukat jellemző mutatók.

	Paraméter	Csoport	Átlag	Szórás	Min	Max	n (db)	P-érték (t-próba)
PI-3V	log ₂ titer (1. minta)	Összes	6,93	1,31	3,46	8,50	28	0,1006
		CON	7,31	0,93	6,00	8,50	16	
		EXP	6,41	1,60	3,46	8,00	12	
	log ₂ titer (utolsó POZ)	Összes	2,03	1,22	1,00	5,49	27	0,8054
		CON	2,08	1,19	1,00	5,00	16	
		EXP	1,95	1,31	1,00	5,49	11	
	NEG (nap)	Összes	116,04	35,02	62,00	166,00	27	0,6659
		CON	118,44	37,91	62,00	159,00	16	
		EXP	112,55	31,78	74,00	166,00	11	
	utolsó POZ (nap)	Összes	83,33	26,25	33,00	124,00	27	0,4431
		CON	86,56	27,53	35,00	124,00	16	
		EXP	78,64	24,77	33,00	115,00	11	
	T _{1/2} (nap)	Összes	17,54	6,44	7,29	36,13	27	0,3634
		CON	16,53	5,80	7,29	24,12	16	
		EXP	18,99	7,31	9,75	36,13	11	
BRSV	log ₂ titer (1. minta)	Összes	6,41	3,70	0,00	11,00	28	0,1077
		CON	7,44	3,09	0,00	10,50	16	
		EXP	5,04	4,13	0,00	11,00	12	
	log ₂ titer (utolsó POZ)	Összes	3,42	2,45	1,00	10,50	14	0,3031
		CON	2,74	1,58	1,00	6,00	8	
		EXP	4,33	3,22	1,49	10,50	6	
	NEG (nap)	Összes	83,82	36,56	35,00	126,00	22	0,9471
		CON	84,21	38,61	35,00	126,00	14	
		EXP	83,13	35,21	35,00	126,00	8	
	utolsó POZ (nap)	Összes	73,50	18,38	40,00	90,00	14	0,0882
		CON	82,25	5,01	76,00	90,00	8	
		EXP	61,83	23,62	40,00	90,00	6	
	T _{1/2} (nap)	Összes	10,64	4,85	3,50	17,21	22	0,7854
		CON	10,44	5,55	3,50	17,21	14	
		EXP	10,98	3,63	5,38	15,75	8	

Magyarázat: log₂ titer (utolsó POZ): az utolsó pozitív (≥ 1:2) log₂ titer napja; NEG (nap): a negatív (< 1:2) log₂ titerig eltelt idő (nap); Utolsó POZ (nap): Az utolsó pozitív (≥ 1:2) log₂ titerig eltelt idő (nap); n (db) = az elemzés alapjául szolgáló állatok száma

Ezen kívül pozitív korreláció állt fenn a kolosztrumfelvételt követően mért szérumszén Brix-érték és a kezdeti PI-3V, illetve BRSV ellenanyagszintek között, valamint a kezdeti PI-3V titer és az utolsó pozitív titerű mintavételi alkalomig eltelt napok száma között. Ugyanakkor nem volt korreláció a kolosztrum és az annak elfogyasztása után mérhető szérumszén Brix értékek, valamint a kezdeti BRSV titer és az utolsó pozitív titerű alkalomig eltelt napok száma között (**22. Táblázat**).

22. Táblázat A maternális védelemre vonatkozó korrelációk (szignifikanciaszint: $P < 0,05$).

Változó 1.	Változó 2.	r	P-érték
szérum Brix%	kezdeti PI-3V titer	0,49	0,0042
szérum Brix%	kezdeti BRSV titer	0,42	0,0135
kezdeti PI-3V log ₂ titer	utolsó pozitív titerű nap	0,50	0,0038
kezdeti BRSV log ₂ titer	utolsó pozitív titerű nap	0,21	0,4657
kolosztrum Brix%	szérum Brix%	0,19	0,3296

3.2.3.3.2 Mikrobiológiai és PCR vizsgálatok

A transzport tápközeges orrtampon mintákból a BRDC kialakulásában ismert baktériumok közül a *Pasteurella multocida*-t és a *Mannheimia haemolytica*-t egyaránt izolálták (**23. Táblázat**). Mindezek többnyire egymagukban fordultak elő, de a legtöbb minta emellett vegyes flórát is tartalmazott, míg néhány esetben semmilyen baktériumot sem sikerült kimutatni, ami mintavételi hibát feltételez.

A tápközeg nélküli orrtampon mintákból kizárólag *Mycoplasma bovis* PCR vizsgálatot végeztünk. Mivel a szerológiai eredmények alapján az állomány BVD és IBR betegeségektől mentes volt (minden mintavételnél negatív VN-titer), továbbá a PI-3V és BRSV vírusok esetén természetes fertőzés nem alakult ki, így ezen vírusokra irányú PCR vizsgálatokra végül nem került sor. A *Mycoplasma bovis*-t az első mintavételkor csupán néhány borjúnál sikerült kimutatni, de később egyre több állat vált pozitívvá, míg a 4. mintavételnél már mindegyik borjúnál detektáltuk a baktériumot (**23. Táblázat**), majd a 6. és 7. alkalommal 1, illetve 2 borjú esetén nem sikerült kimutatni azt. Az 5. alkalommal nem végeztünk mikrobiológiai és PCR célú mintavételt, tekintettel arra, hogy a 4. alkalom mintavételére mindössze 72 órával előbb került sor. A 3. alkalommal a PCR mintavételek hiányosak voltak, így bár a vizsgált borjak zömében detektáltuk a *Mycoplasma bovis*-t, ennek adatait nem tüntettük fel.

23. Táblázat A borjak orrtampon mintáiból kimutatható releváns baktériumfajok, illetve az általuk érintett borjak százalékos aránya (és száma) mintavételi alkalmanként.

Mintavétel	1.	2.	3.	4.	6.	7.
Baktériumok	% (db)	% (db)	% (db)	% (db)	% (db)	% (db)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	7,14 (2)	3,57 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>Mannheimia haemolytica</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3,57 (1)	7,14 (2)
<i>Pasteurella multocida</i>	0 (0)	7,14 (2)	0 (0)	17,86 (5)	14,29 (4)	10,71 (3)
<i>Mycoplasma bovis</i>	17,86 (5)	78,57 (22)	n.a.	100 (28)	96,43 (27)	92,86 (26)

Magyarázat: n. a. = nincs adat.

3.2.3.3.3 Parazitológia

A parazitológiai vizsgálatok eredményeit a **24. Táblázat** foglalja össze. A borjak kb. egyharmadában sikerült kimutatni az EBK-ban töltött időszak, illetve a 7CSBH-ban töltött időszak, azaz a választás végén a *Cryptosporidium parvum* és a *Giardia duodenalis* protozoonokat. Az *Eimeria spp.* oocysták az EBK-ban töltött időszak végén a borjak több, mint feléből kimutathatók voltak, mennyiségük azonban igen nagy változatosságot mutatott. A sporulálatlan oocysták morfológiai jegyei (méret, alak) alapján több *Eimeria* faj okozta vegyes fertőzöttség volt igazolható, ugyanakkor sporuláltatást és fajszerűtű azonosítást nem végeztünk. Ezzel szemben a választási időszak végén már csak a borjak kb. harmadából sikerült kimutatni, ráadásul az ekkor vett minták oocysta tartalma jóval alacsonyabb volt. A KCSB-ben és HCSB-ben történő tartás időszakában az oocystákat már az egyedek közel háromnegyedéből kimutattuk, és emelkedett az OPG mennyiség is, mely a KCSB-ben tartott borjaknál (EXP) volt kifejezettebb. Ugyanakkor, a vizsgálatunk végén, az újbóli együtt tartás idejére megfordult a helyzet, ekkor már az eredetileg is a HCSB-ben tartott borjaktól (CON) mutattunk ki nagyobb számú oocystát, noha mindkét csoportban hasonló arányban fordultak elő az ürítők. Megjegyzendő még, hogy az eredetileg is a HCSB-ben lévő kontroll (CON) egyedekből jóval nagyobb számban ürültek az oocysták, bár mindkét csoportban erős változatosságot mutatott az OPG szám. Az állományban más endoparaziták fertőzési alakjait nem mutattuk ki.

24. Táblázat Bélsár parazitológiai vizsgálatok összefoglaló táblázata: az egyes endoparaziták tekintetében pozitív borjak aránya (és száma) mintavételenként, továbbá az oocysta számlálás eredménye mintavételenként.

Mintavétel	<i>C. parvum</i> % (db)	<i>G. duodenalis</i> % (db)	% (db)	<i>Eimeria sp.</i> oocysta / gram (OPG, db)			
				átlag	medián	min.	max.
2.	28,57 (8)	39,29 (11)	57,14 (16)	760,71	100	0	8800
4.	28,57 (8)	28,57 (8)	35,71 (10)	32,14	0	0	350
6. (összes)	n.v.	n.v.	71,43 (20)	269,64	150	0	1800
6. (CON)	n.v.	n.v.	56,25 (9)	150	100	0	950
6. (EXP)	n.v.	n.v.	83,33 (10)	420,83	300	0	1800
7. (összes)	n.v.	n.v.	82,14 (23)	687,04	200	0	7400
7. (CON)	n.v.	n.v.	81,25 (13)	1040,63	375	0	7400
7. (EXP)	n.v.	n.v.	83,33 (10)	172,73	100	0	800

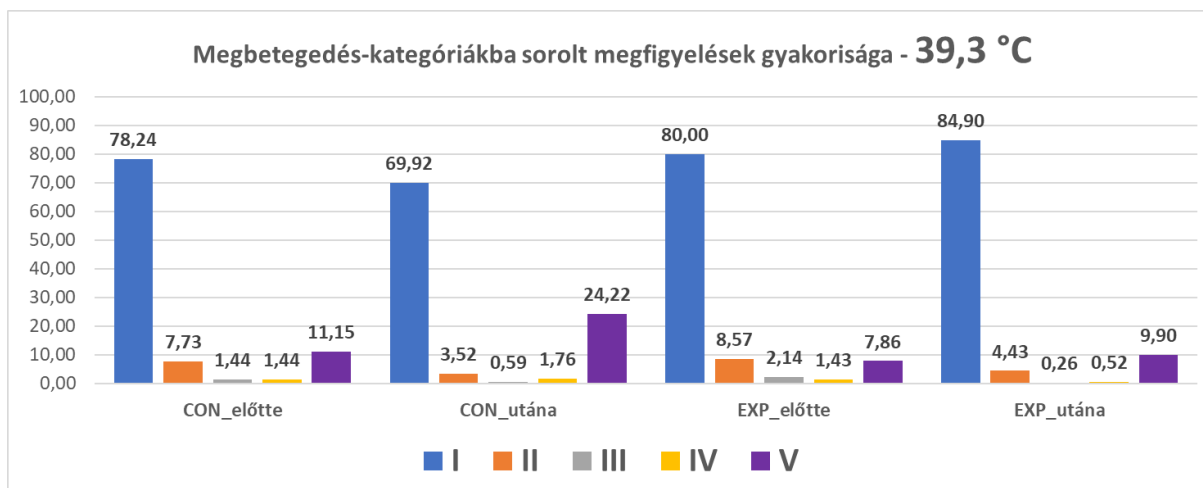
Magyarázat: n.v. = nem vizsgált, OPG = oocysta per gram (bélsár).

3.2.3.4 Megbetegedések előfordulás a külön tartás időszakában

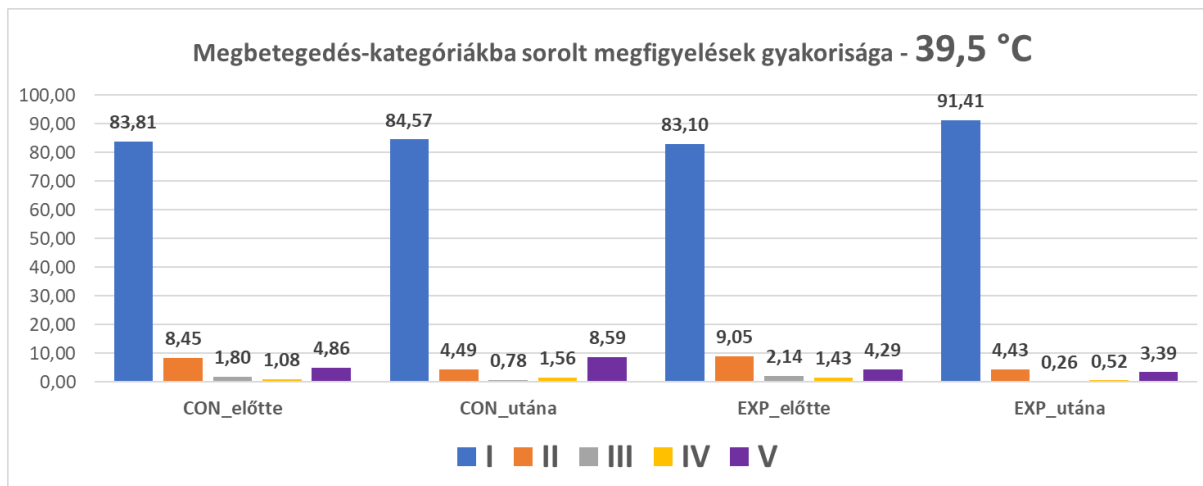
Az áttelepítés előtti és utáni időszakban a CON és EXP csoportokra jellemző megbetegedés-kategóriák gyakoriságát a **20. és 21. Ábrák, valamint a Függelék 5. Táblázata** mutatják be. A gyakoriságokat khí-négyzet próbával (illeszkedés vizsgálat) hasonlítottuk össze, melyben szignifikánsnak tekintettük az eltérést, ha $P < 0,05$ volt. Az eredményeink szerint $39,3^{\circ}\text{C}$ ($P = 0,4555$) és $39,5^{\circ}\text{C}$ ($P = 0,9557$) testhőmérséklet érték esetén sem volt szignifikáns különbség az áttelepítés előtti időszakban a később CON és EXP csoportba sorolt borjak között, ugyanakkor az áthelyezés után szignifikáns volt a két csoport közötti eltérés a $39,5^{\circ}\text{C}$ értéket alapul véve ($P = 0,0082$). Ennek oka vélhetően az, hogy a CON csoportban gyakoribbak voltak az V. kategóriába (lázás, de más tünet nincs) tartozó megfigyelések. A $39,3^{\circ}\text{C}$ -ot alapul véve nem találtunk szignifikáns eltérést ($P = 4,5059$). Továbbá, a CON csoport egyedeinél az egyes megbetegedés-kategóriákba sorolt megfigyelések gyakorisága az áttelepítés előtti és utáni időszakban nem tért el $39,3^{\circ}\text{C}$ ($P = 7,0524$) esetén, de különbözött a $39,5^{\circ}\text{C}$ -t határértéknek véve ($P = 0,0057$). Az EXP csoportban ugyanakkor $39,3^{\circ}\text{C}$ ($P = 0,0069$) és $39,5^{\circ}\text{C}$ esetén is ($P = 0,0035$) szignifikáns volt a különbség. Az egyes kategóriák megfigyelési gyakoriságát tekintve a CON csoportban (mindkét hőmérséklet érték esetén) nőtt az V. kategóriába sorolt megfigyelések száma az áthelyezés után, míg az EXP csoportban hasonló maradt. Ebből arra következtethetünk, hogy a HCSB nevelőegységben való tartás (CON) kevésbé előnyös, mint a KCSB-ben való nevelés (EXP). Másrészt, a CON és EXP csoport eredményei szerint egyaránt látható, hogy a $39,5^{\circ}\text{C}$ lázérték figyelembevételével nagyobb volt az I. kategóriába sorolható (egészséges), és kisebb az V. kategóriába (lázás, de nincs más tünet) borjak aránya, mint $39,3^{\circ}\text{C}$ esetén. Ugyanakkor IV. kategória gyakoriságaira ez nem volt hatással. Látható, hogy alacsonyabb láz határérték mellett gyakoribbak az olyan megfigyelések, amikor az állat lázas, de egyéb tünetet nem mutat. Ezzel azonban a borjak egy részét vélhetően tévesen kategorizáljuk betegnek, ami a gyakorlatban szükségtelen kezelésekhez és gyógyszerfelhasználáshoz, valamint többletmunkához vezethet.

Az **19. Táblázat** szerinti megbetegedés-kategóriákba tartozó borjak számát és arányát a **22. Ábra és a Függelék 6. Táblázata** szemlélteti az egyes tartástechnológiai periódusok szerint (az adott egyedre az adott időszakban jellemző legmagasabb kategória szerint, $39,5^{\circ}\text{C}$ -t a láz határértékének véve). A két helyszín összehasonlítására Kruskal-Wallis tesztet végeztünk, melynek eredménye a **25. Táblázatban** látható. Eszerint nem volt szignifikáns különbség a KCSB és a HCSB helyszíneken előforduló megbetegedések súlyossága között. Ugyanakkor tendenciaként elmondható, hogy az 5-6. periódusban az EXP (KCSB) csoportban kb. azonos arányban (egyharmad – egyharmad) fordultak elő a tüneteket nem mutató (I.), enyhe tüneteket mutató és legfeljebb szupportív terápiát kapó (II.), illetve a lázas, de egyéb tünetet nem mutató (V.) borjak. Ezzel szemben a CON (HCSB) csoportban az I. és II. kategóriába kevés borjú tartozott, de kétharmaduknál előfordult V. kategóriába sorolható megbetegedés. Az újbóli együtt-tartás

idején (6-7. mintavétel között) bár nagyobb arányban soroltuk a CON csoport egyedeit az I. és II. kategóriába, még mindig több, mint a csoport felénél előfordult V. kategóriába tartozó megbetegedés. Ezzel szemben az EXP csoportban csökkent az V. kategóriába soroltak borjak aránya, zömük tünetmentes volt, vagy csak enyhe tüneteket mutatott. Mindezt összegezve megfigyelhető volt a tendencia, miszerint a HCSB-ben az V. kategóriába sorolt (lázval járó, de egyéb tünetet nem mutató), míg a KCSB-ben az enyhe tünetekkel járó, de kezelést nem igénylő megbetegedéseket mutató borjak voltak nagyobb arányban.



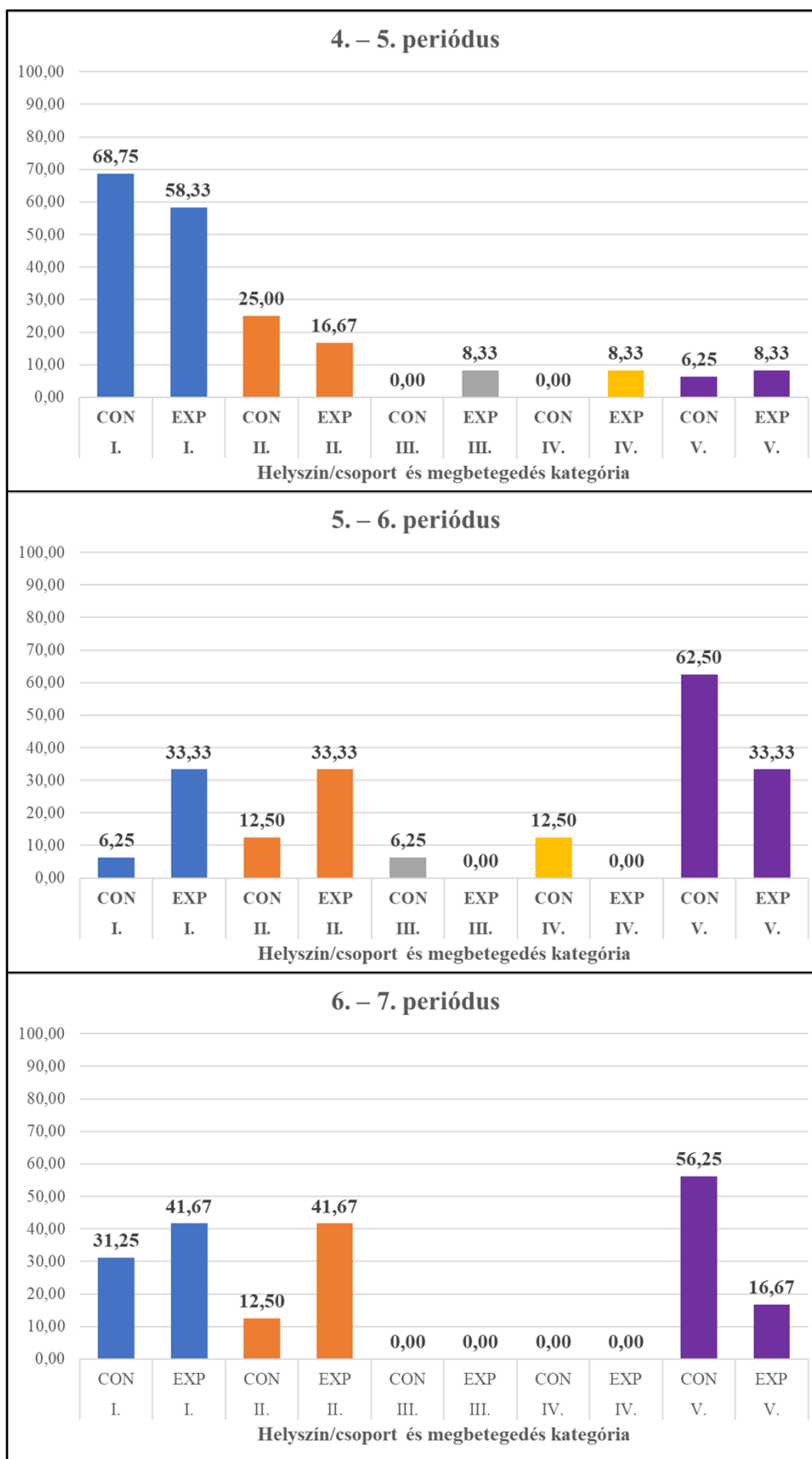
20. Ábra Az egyes megbetegedés-kategóriákba sorolt megfigyelések gyakorisága a külön tartás helyszíneire való áthelyezés előtt és után a CON és EXP csoportokban 39,3°C láz határérték esetén.



21. Ábra Az egyes megbetegedés-kategóriákba sorolt megfigyelések gyakorisága a külön tartás helyszíneire való áthelyezés előtt és után a CON és EXP csoportokban 39,5°C láz határérték esetén.

25. Táblázat A KCSB és HCSB nevelőegységek összehasonlítása a külön tartás idején előforduló megbetegedések alapján (Kruskal-Wallis teszt, szignifikancia szint: < 0,0167).

Periódus	Borjak száma	P-érték
4. – 5.: Választás végétől – Áttelepítés első 72 órája	28	0,445
5. – 6.: Különtartás időszaka (HCSB-ben vagy KCSB-ban)	28	0,036
6. – 7.: Együtt-tartás időszaka (HCSB-ben)	28	0,131



22. Ábra Az egyes megbetegedés-kategóriákba tartozó borjak aránya a két tartási helyre (EXP = kísérleti, KCSB; CON = kontroll, HCSB) történő áttelepítést követő időszakban.

3.2.3.5 Vérvkép adatok elemzése és referencia tartományok

A vérvképek mérését a 7 tervezett mintavételi alkalommal, illetve a heti háromszori ellenőrzéskor észlelt klinikai megbetegedések esetén végeztük el. Mindössze 26 olyan eset volt a teljes vizsgálati időszak alatt, amikor a borjak lázasak voltak és vérvkép mérésre is sor került. Mindez az egyes tartástechnológiai időszakokra vonatkoztatva rendkívül alacsony mintaelemszámot jelent, így a vérvkép paramétereinek a lázas eseményekkel való kapcsolatát nem elemeztük.

A hematológiai paraméterek időbeli változása nyomkövethető. Az egészséges (azaz a tervezett mintavételek alkalmával, illetve az azt megelőző és azt követő 1-1 hét során egészséges, a **19. Táblázat** szerint I. kategóriába sorolható) borjak hematológiai átlagértékeit és az abból számított 95 %-os konfidencia intervallumokat a **23., 24. és 25. Ábrák** szemléltetik az egyes paraméterekre vonatkozóan, illetve a **Függelék 7. Táblázata** mutatja be részletesen. Mindezek alapján szembetűnő az RBC, HGB és MCV, valamint az ezekből származtatott paraméterek értékeinek eltérése az újszülött és az idősebb borjak között. Az újszülöttekre továbbá alacsonyabb PLT és WBC szám jellemző. Ugyancsak megfigyelhető, hogy míg újszülöttekben a neutrofil granulocita/limfocita arány (Ne/Ly) kb. 2:1, addig 5-6 hetes korban már a limfociták vannak jelen nagyobb arányban, majd 10-12 hetes kortól kezdődően a Ne/Ly arány 1:2 körül alakul. Az 5. mintavétel adatai nem szerepelnek, mivel az a 4. mintavételtől csak 2 nappal később történt.

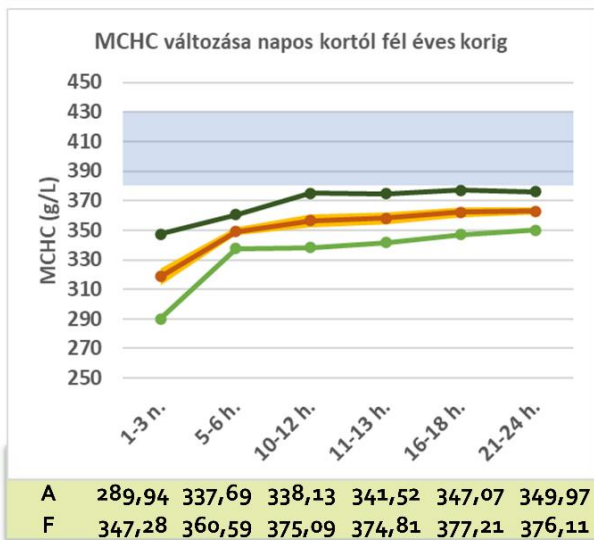
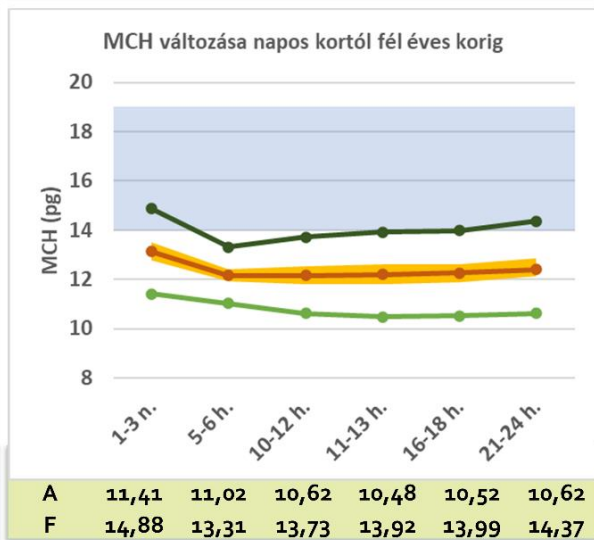
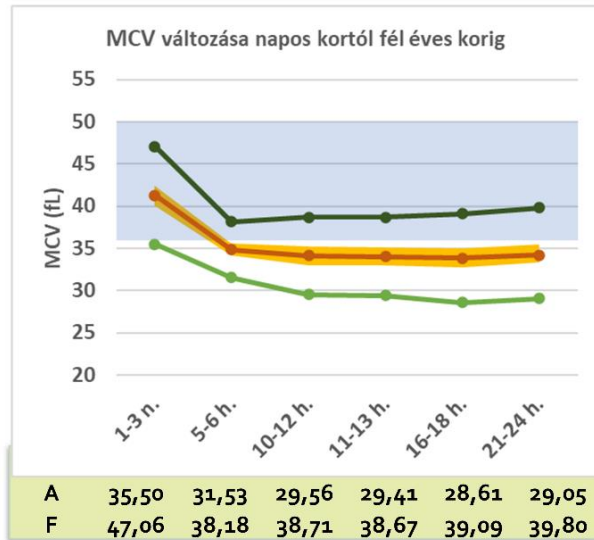
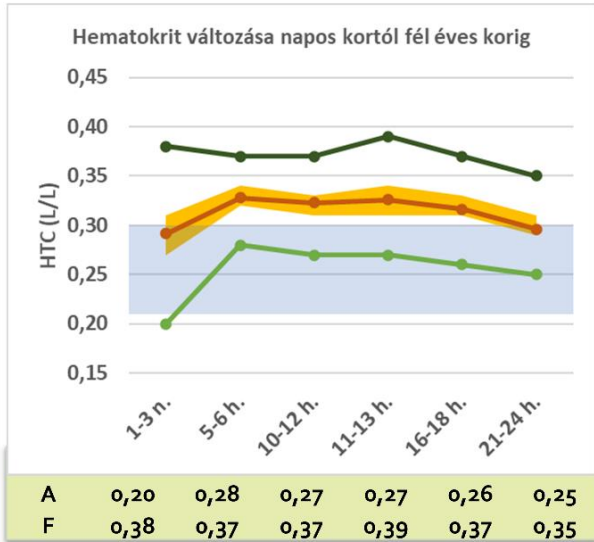
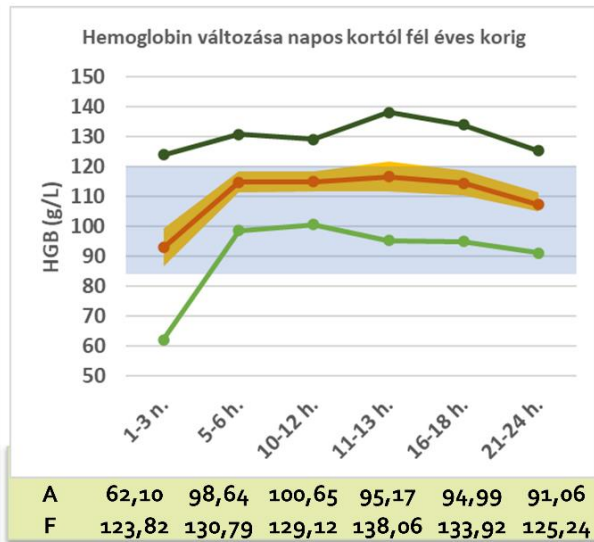
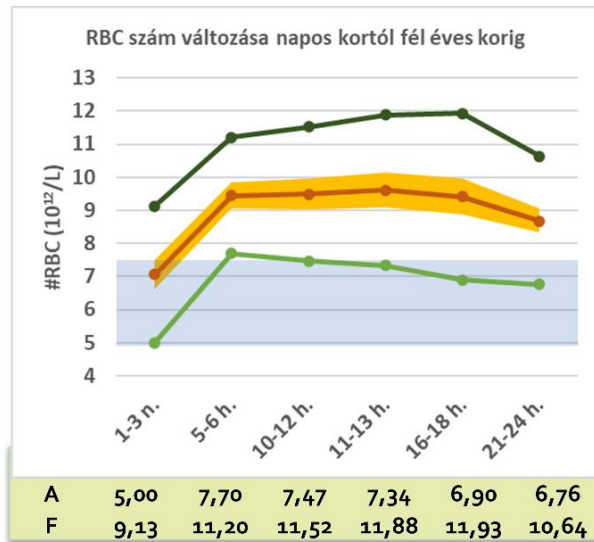
A Ne/Ly arány emelkedése a stressz egyik jelzője. Eredményeink szerint azonban a választás (3-4. mintavétel között) és a külön tartási helyre való áttelepítés (4-5. mintavétel között) időszakában sem figyelhető meg a Ne/Ly arány emelkedése, hanem ellenkezőleg, enyhén csökkent Ne/Ly hányadost kaptunk a CON és az EXP csoportban is (**26. Táblázat**), így induktív elemzést sem végeztünk. Ennek okaként feltételezzük, hogy az állomány számára ez a két technológiai váltás nem okozott olyan fokú stresszt, ami a stresszleukogramra jellemző neutrofilíát és limfopeniát okozott volna.

Bár a vérvképek mérésével a BRDC jelzése volt vizsgálataink eredeti célja, az alacsony számú megbetegedés és a következményes nagy számú, egészséges állattól származó adat elemzése során lehetőségünk nyílt az egyes korcsoportokra vonatkozó referencia tartományok megállapítására. A tartományokat a 6 tervezett mintavétel alkalmával, illetve az azt megelőző és azt követő 1-1 hét során egészséges (azaz a **19. Táblázat** szerint I. kategóriába sorolható) borjak vérvkép adataiból számoltuk (95 %-os konfidencia intervallum mellett). A referencia tartományok időbeli változásait a **23., 24. és 25. Ábrák** szemléltetik, illetve a **Függelék 8. Táblázat** mutatja be részletesen (az 5. mintavétel adatai nem szerepelnek, mivel az a 4. mintavételtől csak 2 nappal később történt).

26. Táblázat Neutrofil granulocita/Limfocita (Ne/Ly) arányok és változásuk a választás (3-4. mintavétel) és a külön tartási helyre történő csoportosítás (4-5. mintavétel) során.

Csoport		Neutrofil grc./Limfocita arány mintavételenként			Ne/Ly arányok különbsége mintavételek között	
		3.	4.	5.	3 - 4.	4 - 5.
Összes	Átlag	0,56	0,52	0,47	-0,05	-0,04
	Min	0,25	0,24	0,20	-0,63	-0,43
	Max	1,25	0,98	1,17	0,36	0,72
	Szórás	0,24	0,19	0,20	0,21	0,22
CON	Átlag	0,59	0,50	0,44	-0,09	-0,06
	Min	0,31	0,24	0,20	-0,63	-0,43
	Max	1,25	0,96	0,73	0,21	0,24
	Szórás	0,28	0,19	0,16	0,23	0,15
EXP	Átlag	0,53	0,53	0,52	0,01	-0,01
	Min	0,25	0,25	0,26	-0,22	-0,39
	Max	0,78	0,98	1,17	0,36	0,72
	Szórás	0,18	0,19	0,24	0,17	0,29

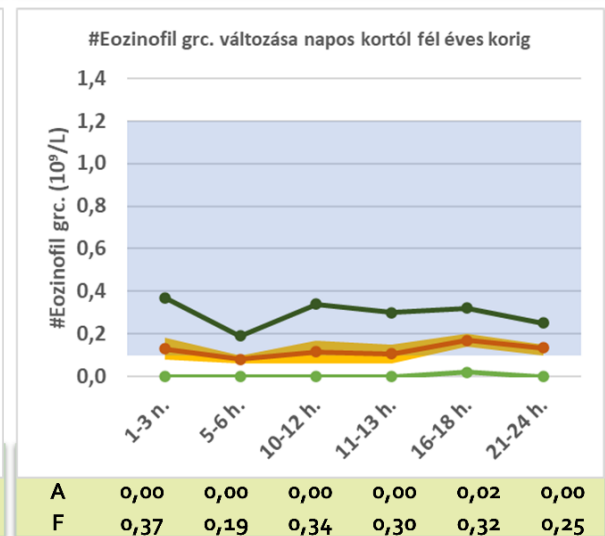
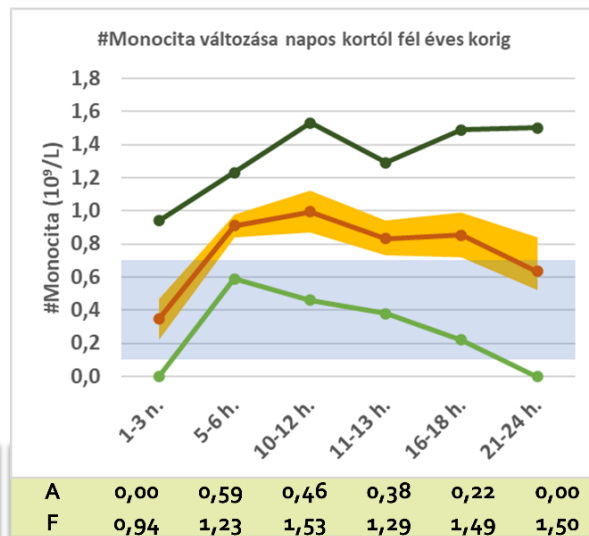
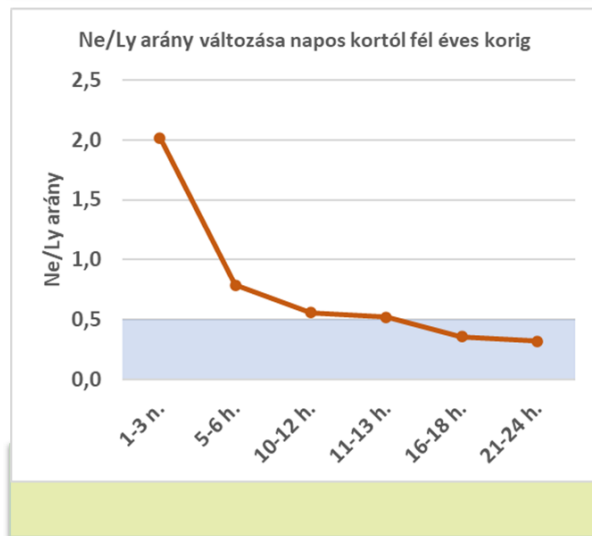
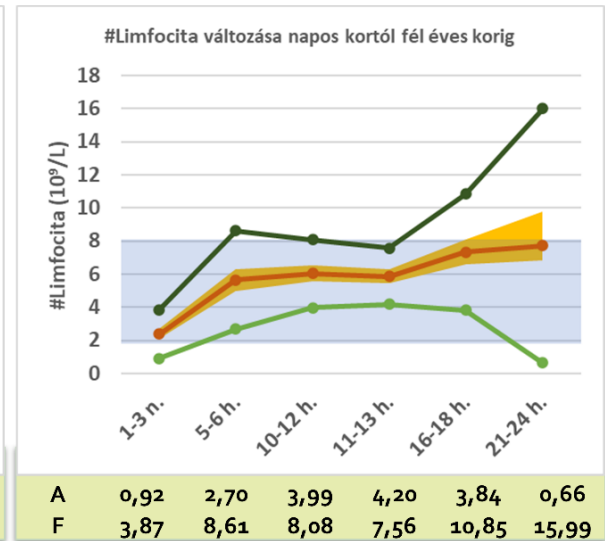
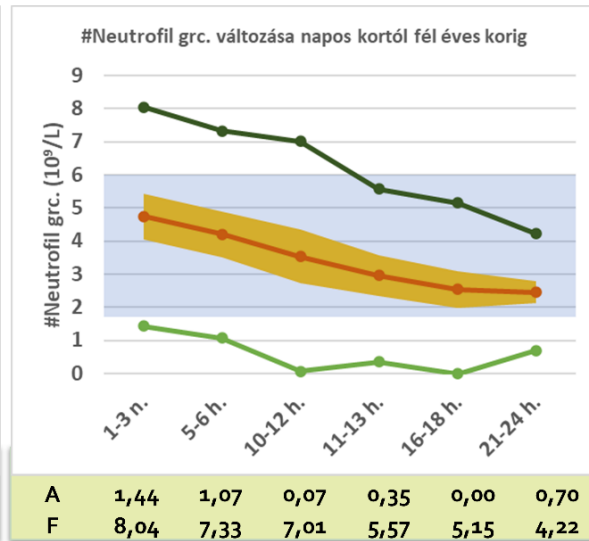
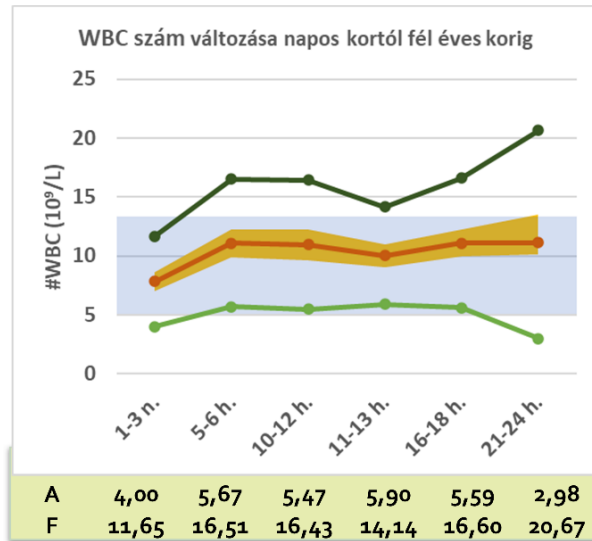
Az általunk meghatározott referencia-tartományok jelentősége az alábbiak szerint összegezhető: **1.** Összesen 28, holstein-fríz fajtájú borjút követtünk nyomon 5 hónapon át (6 mintavétel); **2.** Az állományban általánosan kevés egészségügyi probléma állt fenn a mintavételek ideje alatt (a lázas, légzőszervi, hasmenéses és egyéb tüneteket mutató egyedeket mérési eredményeit kizártuk); **3.** Az állomány mentes IBR-től és BVDV-től; **4.** A mintavételek reprezentálják a hazai borjúnevelési gyakorlatban elterjedt tartás- és takarmányozási technológiai periódusok jellemzőit (pl. választás, csoportosítások); **5.** A mintavételeket nem a telepi napi gyakorlat részeként, hanem tervezetten, standard körülmények között végeztük; **6.** A méréseket az állatorvosi labordiagnosztikában is elterjedt lézeres áramlási citometriás automatával végeztük (*Advia 2120*).



■ Mért értékek (95% konf. int.) ■ Felnőtt referenciatartomány* — Borjú referenciatartomány (ALSÓ) — Borjú referenciatartomány (FELSŐ) — Átlag

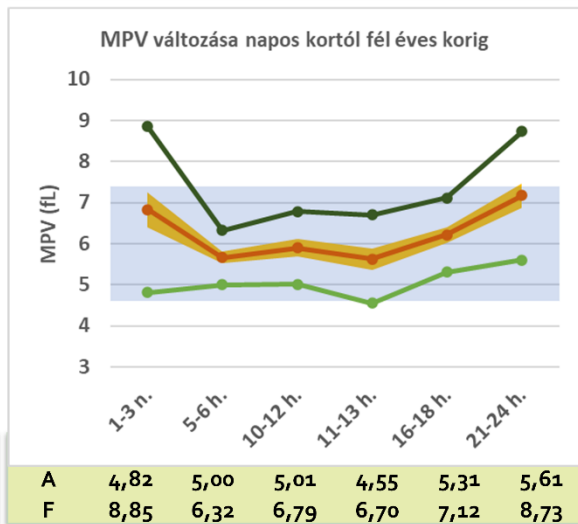
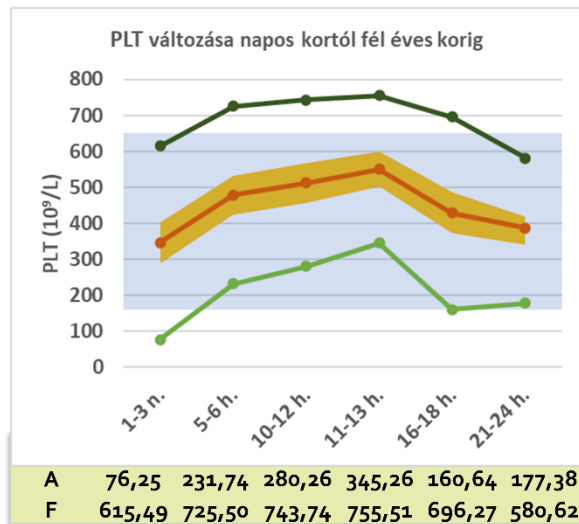
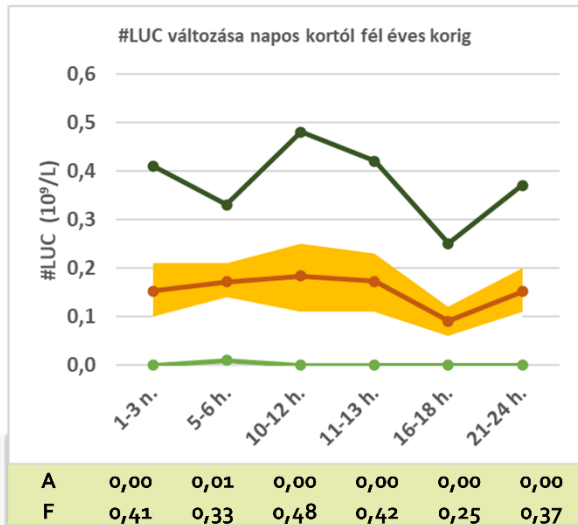
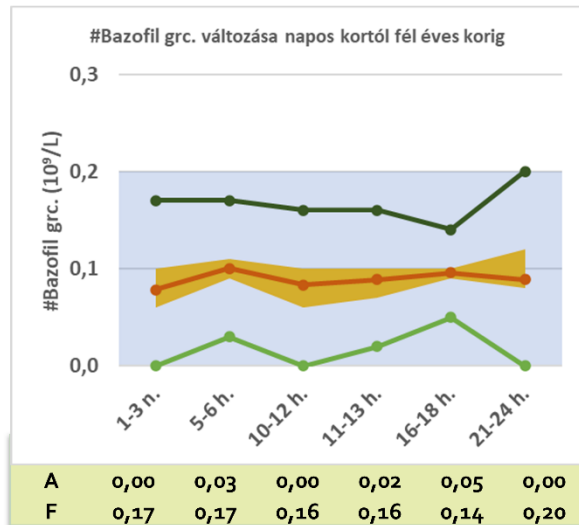
*Roland és mtsai. (2014)

23. Ábra A vizsgált borjúállományban mért főbb hematológiai paraméterek átlaga, a mért értékekre számított 95%-os konfidencia intervallum, a számított referenciatartomány (95% konfidencia intervallum) napos életkortól 5 hónapos korig a felnőtt állatokra vonatkozó referenciatartományokhoz (Roland és mtsai, 2014) viszonyítva. **Magyarázat:** n = nap; h = hét.



■ Mért értékek (95% konf. int.) ■ Felnőtt referencia* — Borjú referencia (ALSÓ) — Borjú referencia (FELSŐ) — Átlag *Roland és mtsai. (2014)

24. Ábra A vizsgált borjúállományban mért főbb hematológiai paraméterek átlaga, a mért értékekre számított 95%-os konfidencia intervallum, a számított referencia tartomány (95% konfidencia intervallum) napos életkortól 5 hónapos korig a felnőtt állatokra vonatkozó referenciatartományokhoz (Roland és mtsai, 2014) viszonyítva. **Magyarázat:** n = nap; h = hét.



■ Mért értékek (95% konf. int.) ■ Felnőtt referencia* — Borjú referencia (ALSÓ) — Borjú referencia (FELSŐ) — Átlag

*Roland és mtsai. (2014)

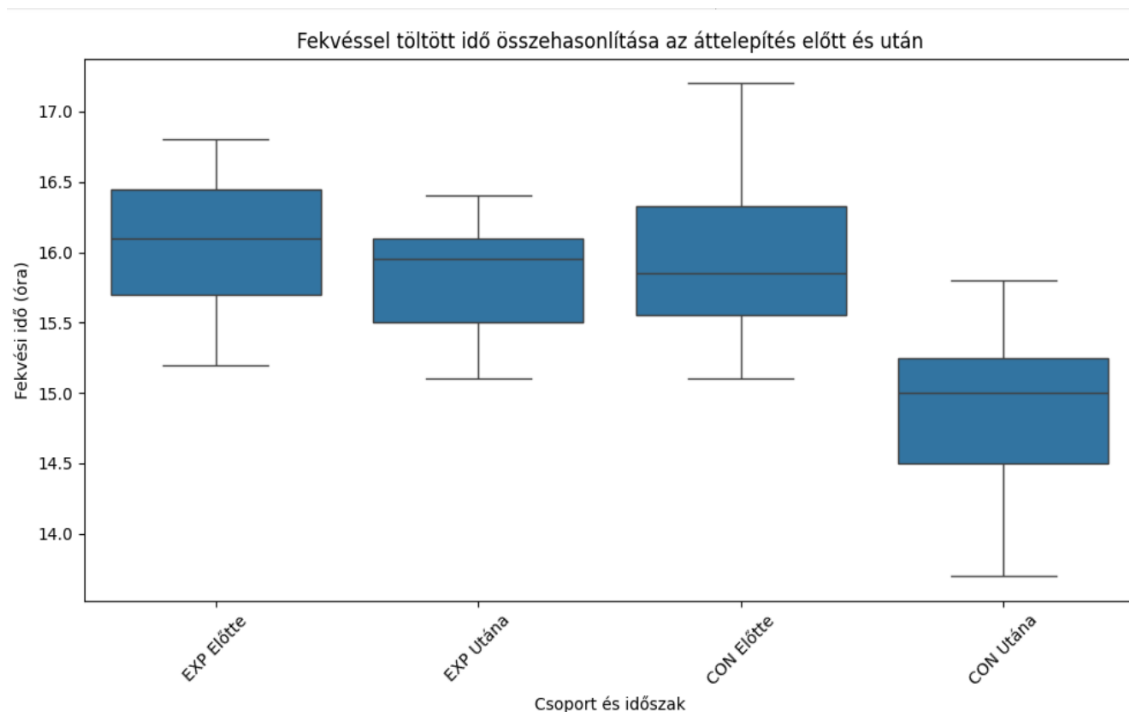
25 Ábra A vizsgált borjúállományban mért főbb hematológiai paraméterek átlaga, a mért értékekre számított 95%-os konfidencia intervallum, a számított referencia tartomány (95% konfidencia intervallum) napos életkortól 5 hónapos korig a felnőtt állatokra vonatkozó referenciatartományokhoz (Roland és mtsai., 2014) viszonyítva. **Magyarázat:** n = nap; h = hét.

3.2.3.6 Aktivitásmérés (fekvéssel töltött idő)

A borjak lábára helyezett logger eredményei alapján a két csoportban a napi fekvéssel töltött idő nem tért el az áthelyezés előtti időszakban (7CSBH). Ugyanakkor, az áthelyezést követően a CON csoportban (kontroll, HCSB) a napi fekvéssel töltött idő átlagosan majdnem egy órával rövidebb volt, mint az EXP csoportban (kísérleti, KCSB). A kontroll csoportba sorolt borjak több, mint egy órával kevesebb időt töltöttek fekvéssel az áthelyezés után, mint előtte, amely eltérés szignifikáns volt ($P < 0.0001$). Ezzel szemben a kísérleti csoportban nem volt számottevő a különbség ($P = 0.0820$). Az eredményeket a **27. Táblázat** és a **26. Ábra** mutatja be.

27. Táblázat A borjak aktivitása (fekvéssel töltött idő) a külön tartás helyszíneire (KCSB és HCSB) történő áttelepítés előtt és után (szignifikanciaszint: $P < 0,05$).

Csoport	Időszak	Min (óra)	Max (óra)	Átlag (óra)	Szórás	P-érték
Összes	előtte	15,10	17,20	16,01	0,60	
	utána	13,70	16,40	15,29	0,69	
CON	előtte	15,10	17,20	15,97	0,65	0.7032
EXP	előtte	15,20	16,80	16,06	0,55	
CON	utána	13,70	15,80	14,90	0,58	0.0001
EXP	utána	15,10	16,40	15,81	0,46	



26. Ábra A borjak aktivitása a külön tartás helyszíneire (KCSB és HCSB) történő áttelepítés előtt és után.

3.2.4 Megbeszélés

3.2.4.1 Testtömeg-gyarapodás

A borjak testtömege folyamatosan növekedett a nevelés során, abban törést a fokozatos választás 1 hetes periódusa és a különtartás helyszíneire való áttelepítés sem okozott. A KCSB-ben és HCSB-ben nevelt borjak között nem találtunk szignifikáns különbséget. Gyakorlati szempontból azonban megemlítenéd, hogy míg a HCSB-nél a takarmány kiosztása gépesített volt, addig a KCSB-ben - bár ad libitum takarmányozást folytattak - a takarmány kiosztása kézi kiosztással történt. Nagyszámú kiscsoportos borjúnevelő használatakor gondolni kell az etetés élómunka-igényére, célszerű azt gépesíteni.

3.2.4.2 Kolosztrum menedzsment

A borjak mindegyike ellenőrzött, jó minőségű kolosztrumot fogyasztott. A Brix-refraktométerek által mért törésmutató (Brix-érték) jól korrelál az adott oldat oldott anyag tartalmával, jelen esetben a fehérje, és az annak döntő hányadát adó IgG koncentrációval (a Brix 22% megfelel az 50 g/l IgG-koncentrációnak, illetve a Brix 25% = 75,7 g/l IgG), így telepi körülmények között kiválóan alkalmas a főcstej minősítésére (Bielmann és mtsai., 2010). A borjak immunglobulin-ellátottságát 24-72 óras életkorban a vérszérum Brix törésmutatójának mérésével ellenőriztük, mely ugyancsak korrelál a szérum immunglobulin tartalmával. A kolosztrum-ellátottságot kielégítőnek ítéltük, ha elérte, vagy meghaladta a Brix 8,4 értéket (Deelen és mtsai., 2014), vagyis a vizsgált borjak némelyikénél hiányos volt a passzív transzfer.

3.2.4.3 Patogén faktorok felmérése

3.2.4.3.1 Szerológiai és virológiai státusz

Az ütemezett mintavételek során gyűjtött szérum mintákból VN-teszttel vizsgáltattuk a BRDC-ben előforduló vírusokkal (BHV-1, PI-3V, BRSV, valamint a BVDV) szembeni maternális ellenanyagok jelenlétét és dinamikáját, illetve az esetleges vadvírusok okozta fertőzéseket követő szerológiai áthangolódást.

A vizsgált állományban nem folytattak BVDV és IBR elleni vakcinázást. Mivel mindegyik borjú szeronegatív volt BVDV ellenanyagra, kizárhatjuk a megbetegedések háttérében a BVDV immunszuppresszív hatását és feltételezzük, hogy az állomány nem volt BVDV-vel fertőzött. Ez egybevágg azzal, hogy egy korábbi felmérés szerint a hazai tehenészeti telepek mintegy 30%-a BVDV-mentes (Kővágó és mtsai., 2015). Hasonló mondható el a szarvasmarha fertőző rhinotracheitisét (IBR) okozó BHV-1 vírusról is, ellenanyagot itt sem tudtunk kimutatni a

vizsgálati periódus végéig. Mindez egybecseng azzal az elvárással, hogy a szarvasmarhatelepeknek IBR-mentesnek kell lenniük.

A telepen ugyanakkor jelen volt a parainfluenza-3 (PI-3V) és a járványos köhögés vírusa (bovine respiratory syncytial virus, BRSV). Mindkét vírussal szemben magas ellenanyagszintet detektáltunk az első vérvételkor, amely egyben az általánosan megfelelő kolosztrum-ellátottságot is jelzi (habár határérték alatti szérum Brix-érték is előfordult). A maternális ellenanyagok mennyisége fokozatosan csökkent mind a PI-3V, mind az BRSV esetében a további vérvételek során gyűjtött mintákban. Lázzal és légzőszervi tünetekkel járó epizódok előfordultak 2-3 hónapos életkor környékén (november vége-december), amikor is még közepes szintű volt a maternális ellenanyagok jelenléte, de a titerértékek a borjakban nem emelkedtek. Mindez arra utal, hogy a maternális immunitás még elég magas szintű volt ahhoz, hogy megakadályozza a fertőződést, ezért ez a két vírus nem játszott szerepet a légzőszervi tünetek kialakításában. A 6. (BRSV), illetve 7. (PI-3V) vérvétel idejére már kiürültek (mérhetőségi szint, azaz 1:2 titer alá csökkentek) a maternális ellenanyagok. Egyes források szerint azonban már szeronegatívnak tekinthetők a borjak, ha $< 1:4$ (BVDV1a, BVDV1b, BVDV2, PI-3V és BRSV), illetve, ha $< 1:10$ (BHV-1) vírus-neutralizációs titer mérhető (Fulton és mtsai., 2004).

A maternális immunitásra jellemző felezési idő Fulton és mtsai. (2004) szerint 16-28 napra tehető, de ez függ attól is, hogy a születést követő 24 órán belül mennyi ellenanyagot vett fel a borjú, illetve annak mekkora hányada szívódott fel. Vírusonként eltérő felezési időket kaptunk: a PI-3V esetén az ellenanyagok felezési ideje 17,54 ($\pm 6,44$) nap, míg a BRSV-nél 10,64 ($\pm 4,85$) nap volt. Ezek jóval rövidebbek, mint amiről Fulton és mtsai. (2004) számoltak be húshasznú borjaknál (PI-3V-nál 30,3, a BRSV-nél pedig 35,9 nap), ugyanakkor ebben a vizsgálatban kicsivel magasabb kiindulási titerértékeket közöltek. Az egyes kórokozókkal szembeni szerokonverzió, illetve az ellenanyagtiter csökkenésének detektálása ugyanakkor a nagyobb maternális titerrel rendelkező borjak esetén nehezebb, mint az alacsonyabb titerrel rendelkezőknél (Windeyer és mtsai., 2015). Ennek az az oka, hogy a \log_2 reciprok ellenanyag titer 1-gyel való növekedéséhez az adott ellenanyag szintnek meg kell duplázódnia, vagyis az eleve magasabb titerrel rendelkező borjakban nagyobb mennyiségű ellenanyagot kell termelődnie a titerérték emelkedéséhez, mint az alacsonyabb titerrel mutató egyedekben. Mindezek alapján a kiszámítható a szeronegatívvá válás várható ideje, bár a változatos kiindulási titerértékek miatt jelentősen eltérhet egy állományon belül, ezért az ilyen előjelzés pontatlanságát szem előtt kell tartani. A légzőszervi vírusokkal szembeni maternális immunitás időtartamának egyedenkénti változatossága végső soron gyenge állományszintű immunitáshoz vezet (Chamorro és mtsai., 2014).

A maternális ellananyagok kiürülésének idejét csak becsülni tudtuk, ugyanis az utolsó pozitív titerű és az első negatív titerű mintavétel között a PI-3V esetén több, mint 30 nap, de a BRSV esetén is kb. 10 nap telt el. Az ugyanakkor jól látható, hogy a BRSV ellenanyagok már a 7CSBH-ba való áthelyezéskor sem voltak kimutathatók a borjak több, mint egyharmadánál, a KCSB-be, illetve HCSB-ba való áthelyezéskor (választás után) pedig közel kétharmaduknál tapasztaltuk ezt. A PI-3V esetében a 7CSBH-ba való csoportosításkor még minden borjúnál voltak maternális ellananyagok, míg a KCSB/HCSB-be való áthelyezésre negyedük szeronegatívvá vált. Mindezek arra hívják fel a figyelmet, hogy olyan állományokban, ahol a csoportos tartásban jellemzőek a légzőszervi problémák (különösen, ha több korcsoport is érintkezik, pl. egy HCSB-hez hasonló épületben), érdemes felmérni a tartástechnológiai váltások idején jellemző ellenanyagszintet és adott esetben megfontolni a vakcinázást, valamint felülvizsgálni és szorosabb kontroll alá vonni a kolosztrum-menedzsmenetet (főcstej minősítése és kolosztrum-bank rendszer használata, itatási technológia fejlesztése). Az általunk vizsgált borjak esetén a konzekvens kolosztrum-menedzsmenet mellett a csoportosítások ellenére sem találtunk számottevő légzőszervi problémát, habár a PI-3V és BRSV maternális ellenanyagok már 4-5 hónapos életkorra kiürültek, melyhez hasonló időről számoltak be mások is (Chamorro és mtsai., 2014)

3.2.4.3.2 PCR-VIZSGÁLATOK

3.2.4.3.3 Mikrobiológiai és PCR vizsgálatok

Az orrtampon eredetű minták gyakran vegyes flórát mutatnak, mint ahogy azt saját vizsgálataink során is láthattuk. A klasszikus, BRDC-ben résztvevő baktériumok közül a *Mannheimia haemolytica* és a *Pasteurella multocida* egyaránt kimutatható volt az orrtampon mintákból. Emellett az ilyen eredetű minták eredménye legtöbbször gyengén korrelál a mélyebb légutakban előforduló kórokozókval. Tekintettel arra, hogy mindkét baktérium a szarvasmarhák normál felső légúti flórájának alkotója, így kimutatásuk még nem feltétlen jelent összefüggést a megbetegedéssel (Fulton és Confer, 2012), habár a választási időszak végén előforduló lázas és légzőszervi tünetekkel járó megbetegedésekkor mindkét baktériumot – csakúgy, mint a *Mycoplasma bovis* – sikerült izolálnunk.

Ugyancsak izoláltunk *Klebsiella pneumoniae* baktériumot, mely bár okozhat pneumóniát is, a környezetben széles körben előfordul és szarvasmarhákban a tőgygyulladás szempontjából jelentős. Ugyanakkor jellemző rá a multidrog-rezisztencia, emiatt közegészségügyi szempontból is lehet jelentősége (Cheng és mtsai., 2018).

A *Mycoplasma bovis* igen elterjedt a szarvasmarha-állományokban. Az általunk vizsgált borjak az első mintavételkor még kis hányadban voltak pozitívak, ami azt jelzi, hogy születéskor

nem fertőződtek a szülőútban. Később azonban gyorsan nőtt a pozitívak aránya, a negyedik mintavételtől gyakorlatilag minden állat fertőzöttnek tekinthető. Mivel a 4. mintavételt megelőzően több borjúnál is előfordult lázas és légzőszervi tünetekkel is járó megbetegedés és az akkor soron kívül vett minták mindegyike *Mycoplasma bovis* PCR pozitív volt, így feltételezzük, hogy ez a baktérium szerepet játszhatott a tünetek kialakításában részben primer kórokozóként, részben (immunszuppresszív tulajdonsága miatt) hajlamosító tényezőként a másodlagos bakteriális fertőzések (*Pasteurella multocida*, *Mannheimia haemolytica*) tekintetében. A 6. és 7. mintavételkor kivételesen előforduló negatív eredmények vélhetően a hullámzó baktériumszaporodás következményei, ugyanis ebben az időszakban az érintett borjaknál antibiotikumos kezelést nem alkalmaztunk.

Ugyanakkor szinte az összes orrtampon mintára jellemző volt a vegyes flóra, ami miatt az ilyen eredményeket nehéz interpretálni (Doyle és mtsai., 2017). Bár a mintavétel kivitelezése jóval egyszerűbb és költsége is alacsonyabb a többi, élő állatban kivitelezhető légúti mintavételhez képest, a várható eredmények szempontjából érdemes a rutin telepi diagnosztikát (és az ehhez szükséges infrastruktúrát) a BAL, illetve TTW mintavételek irányába fejleszteni.

3.2.4.3.4 Parazitológia

Az általunk vizsgált telepen – ahogy a hazai borjúállományok túlnyomó részében is – jelen volt a coccidiózis (Farkas és mtsai., 2007), az ürülő oocystákat gyakorlatilag az egész vizsgálati időszakban ki tudtuk mutatni a borjaktól. Az eredmények azonban nagyfokú eltérést mutattak az egyes vizsgálati időpontok és az egyes egyedek között is. Az oocysta-ürítés számszerűsítése érdekében oocysta-számlálást végeztünk, ugyanakkor a módszer velejárója, hogy 50 OPG-nél kisebb mértékű ürítést nem tud detektálni (ilyen esetben felszándúsítós bélsárvizsgálat végezhető, melynek érzékenysége jobb). Egyes fajok (pl. *E. zuernii*, *E. bovis*, *E. alabamensis*) okozhatnak elsődlegesen is bélgyulladást, a > 5000 OPG mértékű ürítés a tipikus tünetek mellett klinikai coccidiosisra utal, ugyanakkor a patogén és nem-patogén fajok okozta vegyes fertőzés is gyakori (Dauguschies és Najdrowski, 2005; Keeton és Navarre, 2018). A morfológiai jegyek alapján (Eckert és mtsai., 1995) az általunk vizsgált borjakban ugyancsak vegyes fertőzöttség állt fent. Hozzá kell azonban tenni, hogy kismértékű fertőzöttség jó ellenállóképességű egyedekben nem feltétlenül okoz klinikai megbetegedést. A legfogékonyabbak a 3 hetes és 6 hónapos kor közötti egyedek (Dauguschies és Najdrowski, 2005), viszont gyakori a szubklinikai fertőzés, habár bélfalkárosító (így maldigestiohoz, malabsorptiohoz vezető) és immunszuppresszív hatásuk révén közvetve szerepet játszhatnak az ebben a korban ugyancsak jellemző BRDC kialakulásában is. Később, kb. 1 éves korra megfelelő immunitást szereznek a borjak, de a fiatalabb állatok számára fertőzési forrásként szolgálhatnak, különösen zsúfolt környezetben (Keeton és Navarre, 2018). A vizsgálat értékelésekor ugyancsak számításba kell venni a szakaszos ürítést, emiatt élő állatoknál

nem elsősorban az egyedi, hanem az állomány szintű diagnózisnak van jelentősége. Tekintettel arra, hogy a teljes vizsgálati időszakban előforduló kis számú hasmenéses eset során nem figyeltünk meg a patogén fajokra jellemző szövet- és fibrindarabokat is tartalmazó véres bélsarat (Dauguschies és Najdrowski, 2005), a coccidiózisnak elsősorban immunszuppresszív szerepet tulajdonítottunk, noha az állomány általános egészségi állapota jó volt.

Az állományban ugyancsak jelen volt a *Cryptosporidium parvum* és a *Giardia duodenalis* is, amelyeket bélsár-antigén teszttel mutattunk ki. Előbbi ellen metafilaxisban halofuginont tartalmazó készítménnyel védekeztek a telepen, melynek célja nem a kórokozó eliminációja, hanem az ürítés, ezáltal a fertőzési nyomás csökkentése. A *C. parvum* antigéneket még a választási időszak végén (12 hetes borjak) is kimutattuk, egy tanulmány szerint akár 20 hetes korban is lehetséges sporadikus oocysta ürítés (Xiao és Herd, 1994). A *G. duodenalis* potenciális kórokozó a szarvasmarhákban, melynek cisztái 7 hetes korig nagy számban ürülhetnek, majd fokozatosan csökken az ürítés (Xiao és Herd, 1994). Ugyanakkor hasmenéses és egészséges borjakból is kimutatható (Björkman és mtsai., 2003), ahogy az az általunk vizsgált egyedeknél is jellemző volt (harmaduknál még 12 hetes korban is kimutattuk). Nem elhanyagolható, hogy mindkét kórokozó zoonotikus potenciállal bír, a *G. duodenalis* A genotípusa embert és szarvasmarhát egyaránt fertőzhet (Mateusa és mtsai., 2023).

3.2.4.4 Megbetegedések előfordulása a különtartás időszakában

A borjak klinikai állapotát 2-3 naponta minden egyedre kiterjedően ellenőriztük, ami a betegségek felismerése szempontjából előnyös. Bár az állatok meg szemlélése nem jelent problémát, a befogással járó műveletek, így a lázmérés és az esetleges mintavételek, valamint a helyszíni adminisztráció munkaerő- és időigényük miatt a rutin telepi gyakorlatban tapasztalatunk szerint nehezen kivitelezhetőek, különösen kedvezőtlen időjárás mellett. A kiscsoportos tartásmód ezek tekintetében előnyösebb lehet, mivel az állatok befogása kevesebb törődéssel jár, habár ez nyakfogók alkalmazásával a HCSB-hez hasonló épületekben is megoldható. Ilyen esetben a BRDC és más borjúkori megbetegedések tünetei megtekintéssel, pontozórendszerek alkalmazásával könnyebben diagnosztizálhatók, a Wisconsin-pontrendszer alkotói szerint heti kétszeri ellenőrzés már alkalmas a légzőszervi problémák felismerésére a választás előtti időszakban (McGuirk és Peek, 2014). Ugyanezen szerzők szerint ezen módszerrel a légzőszervi problémák napi és heti szintű szűrése 100 borjanként kb. 0,5 főnyi (teljes munkaidős) előmunkát jelent. Saját tapasztalatunk szerint azonban később, a csoportos tartásban, nagyszámú állaton még egy ilyen viszonylag egyszerű rendszer használata (és adminisztrációja) is nehezen illeszthető a rutin gyakorlatba. A lázmérés azonban, mint ahogy arra a viszonylag nagy arányban előforduló, V. kategóriába sorolt megbetegedések is felhívták a figyelmet, elengedhetetlen, ugyanis egyéb tünetek hiányában ezek az állatok nem akadnának fenn a rutin

ellenőrzéseken. Ugyanakkor a megfelelő határérték megválasztása elengedhetetlen. Bár felnőtt szarvasmarhák esetén 39,2 °C-ig beszélhetünk normál testhőmérsékletről, borjaknál a 39,5 °C érték a javasolt (Divers és Peek, 2008), ahogy arra saját eredményeink is utalnak. Az ilyen jellegű vizsgálatokhoz azonban fontos a jó szervezés és a megfelelő infrastruktúra (pl. nyakfogó, oltófolyosó) kialakítása. Alternatívaként alkalmazhatók az olyan PLF eszközök is, mint a füljelzőbe épített hőmérők, azonban ezek használata és az eredmények értékelése is kellő körültekintést igényel (McCorkell és mtsai., 2014). Fennáll ugyanis a veszélye, hogy magas láz határérték esetén nem, vagy csak későn jelez a rendszer, ugyanakkor alacsony értékek esetén sok fals riasztást kaphatunk, ami miatt gyakrabban, illetve több állatot kell klinikai vizsgálat alá vetni. Összességében úgy véljük, hogy a megbetegedések felismerése szempontjából a kiscsoportos tartásmód előnyösebb a munkaerőhiánnyal küzdő telepeken, illetve az olyan állományokban, ahol PLF rendszerek alkalmazására még nincs lehetőség.

3.2.4.5 Vérvkép referencia tartományok az egészséges állatokból

A gyulladással megbetegedések, így a BRDC-ben is jellemző tüdőgyulladás jelzésének egyik standard módszere a gyulladással vérvképre jellemző változások vizsgálata, melynek egyik legfontosabb eszköze a kvantitatív vérvkép mérés. A fehérvérsejtszám emelkedése, illetve ezen belül a neutrofil granulociták abszolút számának és arányának emelkedése, valamint a limfocita arány csökkenése a gyulladással válasz egyik legfontosabb jelzője. Szarvasmarhában azonban ez a válasz kevésbé kifejezett. Az általunk vizsgált időszakban viszonylag kevés lázas állapottal járó megbetegedés fordult elő, ezen belül a légzőszervi problémákkal még kevesebb esetben találkoztunk. Emiatt kapcsolódó vérvkép eredményünk is ritkán volt, így a megbetegedések és vérvkép eredmények összefüggéseinek statisztikai elemzésére nem volt lehetőség.

A vérvkép paramétereinek értékei a születést követően élettani viszonyok között is változnak az életkor előrehaladtával (Brun-Hansen és mtsai., 2006; Mohri és mtsai., 2007; Panousis és mtsai., 2018). Ezáltal a fiatal állatoknál (azaz lényegében a borjúkori megbetegedések idején) a felnőtt állatokra vonatkozó referencia-tartományok kevésbé alkalmasak a hematológiai paraméterek interpretálására. Sőt, még a felnőtt szarvasmarhákra vonatkozó referencia-tartományokat is érdemes kritikával kezelni: egy amerikai retrospektív vizsgálat alapján az elmúlt évtizedekben emelkedett a neutrofil granulocita szám és csökkentek a limfocita-, monocita- és eozinofil granulocita számok, illetve a hemoglobin koncentráció referencia értékei, melynek oka az állományok genetikájának változása és a BVDV-fertőzöttség csökkent prevalenciája lehet (tekintve, hogy a perzisztensen fertőzött egyedekre jellemző a neutropenia) (George és mtsai., 2010; Roland és mtsai., 2014).

A szakirodalomban több, felnőtt referencia tartományokat közlő forrás is elérhető (Roland és mtsai., 2014), de fiatal állatokra vonatkozó adatokból is számosat találunk. A publikációk egy része több állomány, azonos hasznosítási irányú egyedeit vizsgálta, mások egy-egy állományt. Korcsoportok szerinti (újszülött, 1-2 hetes, 1, 2 és 3 hónapos) tartományokra ugyancsak több forrást találunk holstein-fríz borjakban (Mohri és mtsai., 2007; Panousis és mtsai., 2018; Bleul, 2021). Brun-Hansen és mtsai. (2006) norvég vörös szarvasmarhák vizsgálata (1 hetes – 6 hónapos) alapján az RBC, MCV, MCHC, RDW, PLT és lymphocytá értékek esetén tartja szükségesnek korszpecifikus referenciatartományok használatát, míg a HGB értékek a felnőtt referencia-tartományba esnek, így az alkalmazható borjakra is. Panousis és mtsai. (2018) szerint holstein-fríz borjakat vizsgálva (1-9 napos) a RBC, WBC, #NEUT, #LYMPH és PLT paraméterek értékei magasabbak, míg a MCV, MCH és MCHC értékek alacsonyabbak, mint a felnőtt állatoknál. Kutatásunk nem terjedt ki felnőtt állatok vérvkép vizsgálatára, így összehasonlítást sem végeztünk. Az egyes paraméterek saját eredményeink szerint is trendszerűen változtak a kor előrehaladtával, bár esetünkben a HGB értékek újszülött korban alacsonyabbak voltak a többi korcsoportéhoz képest.

Mindemellett, a Ne/Ly arány emelkedése a stresszre adott biológia válasz egyik jelzője (O'Loughlin és mtsai., 2014), így értéke a választási stressz hatására is emelkedhet (Kim és mtsai., 2011). A Ne/Ly arány emelkedése a szakirodalom szerint (O'Loughlin és mtsai., 2014) csak átmeneti, 3-7 napig detektálható. Mivel mi hasonlót nem figyeltünk meg, valószínűsítjük, hogy az általunk vizsgált állomány számára a választás és az áttelepítés sem okozott jelentős stresszt, továbbá a Ne/Ly arány ebben az életkorban (2,5-3 hónapos) a felnőtt szarvasmarhákra jellemző szakirodalmi adatokkal egybevágóan 1:2 körül alakult (Roland és mtsai., 2014). Megjegyzendő azonban, hogy például Kim és mtsai. (2011) impedanciás automatát használtak a vérvkép méréséhez, míg saját vizsgálatainkban lézeres automatával dolgoztunk. Bár ez a módszerbeli eltérés vélhetően nem magyarázza azt, hogy mi nem mutattunk ki Ne/Ly arány emelkedését, a vérvképekkel kapcsolatos kutatási eredmények összevetésekor érdemes ezt a szempontot is figyelembe venni.

Forrásonként ugyanis eltérő mérési módszerrel találkozhatunk. A régebbi vizsgálatok elsősorban impedanciás automatákat alkalmaztak (Kim és mtsai., 2011; Mohri és mtsai., 2007), de mára már elterjedtek a lézeres flow citometriás analizátorok (Brun-Hansen és mtsai., 2006; Panousis és mtsai., 2018). Az ún. impedanciás automatákban (Coulter-elv) a sejtek mérőcellán való áthaladásakor impedancia-változás mérhető, melynek száma a sejtszámot jelzi, mértéke pedig a sejttérfogattal arányos. Ez utóbbi alapján képes a készülék a granulocitákat, limfocitákat és monocitákat differenciálni. Ezzel szemben a flow citometrián alapuló készülékek az előbbi módszer mellett lézeres mérést is alkalmaznak, mellyel a sejtek mérete és a citoplazma

komplexitása is vizsgálható, ezáltal a granulocita-típusok elkülönítése jóval pontosabb, de a vörösvértestek esetén is több paramétert vizsgálnak (Torrance, 2000).

Mivel az egyes állományok genetikai, járványtani, tartástechnológiai és takarmányozási sajátosságai eltérnek, így általános érvényű referencia-tartományokat nehéz meghatározni, sőt nagyobb állományokban megfontolandó saját referencia-tartományok használata is. Bár az általunk megadott referencia-tartományok csak egy állomány egyedein alapulnak, az állomány BVDV-től való mentessége, a hazai viszonylatban jellemző tartás- és takarmányozási technológiája és a flow citometriás automatával való mérések miatt hiánypótlónak tartjuk ezeket az adatokat.

3.2.4.6 Aktivitásmérés (fekvéssel töltött idő)

A különtartás időszakának kezdetén a CON csoport (HCSB) borjai több, mint egy órával kevesebb időt töltöttek fekvéssel. Ennek hátterében állhat a HCSB-ben érvényesülő nagyobb stresszhatás (több állat, többféle korcsoport és ebből fakadó hierarchia-változás, új típusú környezet), amely immunszuppresszióhoz vezethet. Ugyanakkor eltérő volt a nevelőegységek kialakítása is. Mivel a HCSB fizikai méretei nagyobbak voltak, a pihenőtér az istállóban, az etető és itató pedig a kifutóban volt, így a borjaknak több lehetőségük, illetve szükségük volt a mozgásra. Ezzel szemben a KCSB hasonló méretű és kialakítású volt, mint a 7CSBH, vagyis jelentősen korlátozottabb volt a mozgás a HCSB-hez képest (az etető és itató is néhány méter távon belül volt). Felnőtt állatoknál a tartásmód hatással van a fekvéssel töltött időre és a nagyobb állománysűrűség (zsúfolt tartás) mellett csökken a fekvéssel töltött idő (Tucker és mtsai., 2021). Esetünkben ugyanakkor a KCSB-ben volt kisebb az egy állatra jutó alapterület, bár a minimális szükségleteket kielégítette. A csoportosításból fakadó stresszt vizsgálva Lyu és mtsai. (2023) azt találták, hogy a nagyobb csoportokba való áthelyezéskor a már előzőleg is csoportosan tartott borjak több időt töltöttek egymást tisztogató (allogrooming), játékos és exploratív tevékenységgel és fekvéssel, mint a csoportosítás előtt egyedül tartott társaik, akiknél az öntisztító és agresszív viselkedés, valamint az állással és járással töltött idő volt hosszabb. Esetünkben ugyan a CON és EXP csoport borjait is csoportban tartották már az áthelyezést megelőzően is, a fekvéssel töltött időben tapasztalt eltérés hátterében az eltérő környezetet feltételezzük. Ennek bizonyítására azonban több paramétert vizsgáló loggerek, illetve mozgóképen alapuló viselkedés-elemzés lenne szükséges, melyre kutatásunk nem terjedt ki.

Másrészről, ha lefekszik az állat, kisebb felületen éri a légmozgás (Tucker és mtsai., 2021). Mivel a KCSB huzatos volt a HCSB-hez képest, ez is magyarázhatja, hogy előbbi helyszínen több időt töltöttek a borjak fekvéssel. A 7CSBH-ban nagyobb volt a szélesebesség, mint a KCSB-ben, de az EXP borjúcsoport átlagos fekvéssel töltött ideje csak kis mértékben csökkent, ami nem volt szignifikáns. Mindezek alapján a későbbiekben szükségesnek tartjuk a különböző tartási helyek

összehasonlítása érdekében a borjak aktivitásának hosszabb távú vizsgálatát, melynek állatjóléti és állategészségügyi, valamint menedzsment szempontból (érdemes-e beruházni új tartástechnológiába) is lehet jelentősége.

3.3 A KÖRNYEZETDIAGNOSZTIKAI ÉS KLINIKAI VIZSGÁLATAINKBÓL LEVONHATÓ KÖVETKEZTETÉSEK

A viszonylag kis számú vizsgált borjú és a vizsgálati időszak alatti viszonylag enyhe megbetegedések nem tették lehetővé a borjak biológiai válaszreakcióinak (klinikai és labordiagnosztikai paraméterek) és a mikroklimatikus adatok összefüggéseinek statisztikai próbákkal való vizsgálatát. Ugyanakkor, a környezeti és a klinikai monitoring vizsgálatok eredményeit összevetve az alábbi következtetések vonhatók le:

A különböző tartási rendszerek között jelentős eltéréseket tapasztaltunk a mikroklimatikus paraméterek elemzése során. Az általunk használt rendszer alkalmas volt a mikroklimatikus tényezők valós idejű monitorozására állattartó-telepi körülmények között. Azonosítani tudtuk az egyes mikroklimatikus paraméterek specifikus mintázatait, a hosszú távú és napon belüli, határértékeket meghaladó időszakait és napi ingadozásait a különböző borjútartási körülmények között. A BRDC szempontjából kockázatos környezeti tényezők közül a kiscsoportos kültéri nevelőegységeket magas relatív páratartalom, légsebesség és PM_{2,5} részecskekoncentráció jellemezte, melyek eltérő mértékben, de huzamosabb ideig fennálltak. Bár a hagyományos borjúistálló rosszul szellőzött, de a legtöbb paraméter értéke a vártnál kedvezőbben alakult, amiben a megfelelő telepi menedzsment is szerepet játszhatott.

A klinikai és labordiagnosztikai eredmények alapján az állomány a BRDC szempontjából kritikus fertőző ágensek egy részétől mentes volt (BVDV, IBR), más kórokozókkal szemben viszont a maternális ellenanyagot kimutattuk, noha azok kiürülését követően természetes fertőzés nem történt. Ugyanakkor az állomány *Mycoplasma bovis*-szal fertőzött volt, a borjak mindegyikéből kimutattuk ezt a kórokozót legkésőbb az KCSB-be / HCSB-be történő áttelepítéskor. Súlyos megbetegedéssel, illetve elhullással a vizsgált borjak körében nem találkoztunk, de lázas, hasmenéses és enyhébb légzőszervi tünetekkel járó epizódok előfordultak. A kísérleti és kontroll csoportokba való áttelepítést követően szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk a borjak testtömeg-gyarapodásában, illetve a vizsgált klinikai és labordiagnosztikai paraméterek túlnyomó részében, ugyanakkor a HCSB-ben valamivel gyakoribbak voltak a lázzal járó epizódok, mint a KCSB-ben. Bár a mikroklimatikus és levegőminőségi tényezők nem indokolták a gyakoribb megbetegedéseket a HCSB-ben, a fertőzések nem csupán aerogén úton vihetők át, hanem közvetlen érintkezéssel, váladékokkal szennyezett takarmánnyal, vízzel és egyéb ragályfogó tárgyakkal is. Ugyanakkor az állatok kisebb csoportokra való szeparálásával szignifikánsan

csökkenthető az expozíció (Callan és Garry, 2002), míg a fertőző betegségek gyakoribbak a nagyobb létszámú és a keveredő korcsoportokkal operáló tartásban (Lorenz és mtsai., 2011). Ezen kívül az áttelepítéskor szignifikáns aktivitásbeli különbséget találtunk a két csoport között, a kontroll csoport kevesebb időt töltött pihenéssel, ami fokozott stresszhatásra utal. Összességében elmondható, hogy az állomány-egészségügyi menedzsment jól működött. A két tartási hely között a borjak egészségi mutatói alapján jelentős különbséget nem találtunk, de a hagyományos rendszerbe való áttelepítés nagyobb stresszhatást jelenthetett a borjaknak, mint a KCSB rendszer és a súlyosabb lázas állapottal járó megbetegedések száma is tendenciózusan magasabb volt.

Másrészről a hagyományos istállók modern építményekre való cserélése nagy beruházást igényel. Ezért javasoljuk, hogy az új borjúnevelő egységek építése előtt mérjék fel a meglévő épületek mikroklimatikus viszonyait, és vizsgálják felül a kapcsolódó tartástechnológiai tényezőket. A BRDC szempontjából alacsony kockázatú mikroklimatikus környezet megfelelő menedzsment intézkedésekkel akár egy kevésbé korszerű istállóban is biztosítható, ahogy azt a HCSB (U3) istálló esetében tapasztaltuk. Bár a vizsgálatunkban csak egy (de elterjedt) épülettípust monitoroztunk, ezek az eredmények kiindulópontként szolgálhatnak azon állatorvosok és állattenyésztők számára, akik fel szeretnék mérni saját telepük épületeinek mikroklimatikus viszonyait.

A vizsgálataink során – lévén valós, állattartótelepi körülményekről volt szó – számos kihívással kerültünk szembe, sőt, az eredményeink is újabb kérdéseket vetettek fel. Emiatt a jövőben további, bővebb, illetve célzottabb vizsgálatok elvégzését tartjuk indokoltnak. Mindenek előtt szükségesnek tartjuk a hagyományos istálló téli mikroklímájának folyamatos mérésekkel való jellemzését. Továbbá nagy jelentősége lenne mindegyik vizsgált borjúnevelő egységben a tavaszi és nyári időszakot jellemző mikroklimatikus viszonyok felmérésének is, tekintettel a Magyarországot is egyre inkább sújtó hőstresszes időszakokra. A vizsgálatokat érdemes lenne olyan állományokban, illetve épületekben is elvégezni, ahol a kedvezőtlen járványtani és technológiai körülményeknek köszönhetően a légzőszervi megbetegedések nagyobb arányban fordulnak elő. A folyamatos mérések során összegyűlt adatokat és gyakorlati tapasztalatokat felhasználva olyan mérőeszközöket lehetne építeni és gyakorlati körülmények között tesztelni, amelyek a méréseket a borjak testmagasságában, de jelentős emberi felügyelet nélkül képesek biztonságosan elvégezni. Indokoltnak tartanánk egy BRDC-vel érintett állományban végzett költség-haszon elemzést, mely a borjúnevelő épületek lecserélése előtti és utáni gazdasági mutatókat vetné össze.

A klinikai oldalról szükségesnek tartjuk az általunk végzett vizsgálatok nagyobb egyedszámon és több állományban való elvégzését, ezzel erősítendő a statisztikai elemzésekkel alátámasztott következtetéseket. A megbízhatóbb eredmények érdekében szükséges az alsó légúti megbetegedések diagnosztikájára alkalmasabb BAL és/vagy TTW minták hiányos állattartótelepi infrastruktúra mellett is kivitelezhető protokolljainak kidolgozása, továbbá egyes biokémiai markerek (pl. akut-fázis fehérjék) monitoring jellegű felhasználásának vizsgálata. A klinikai vonatkozású PLF eszközök, mint pl. a hallójárat hőmérsékletét monitorozó füljelzők, illetve köhögést detektáló rendszerek érzékenysége és specificitása még nem kielégítő, így fejlesztésük és gyakorlati körülmények közötti tesztelésük ugyancsak fontos kutatási területet jelent a közeljövőben.

Összefoglalva, a környezet fokozott ellenőrzésével könnyebben azonosítható az mikroklimatikus tényezők borjak egészségére gyakorolt hatása, intézkedések tehetők azok csökkentésére, így mérsékelhető az esetleges megbetegedések (elsősorban légzőszervi, BRDC) előfordulása és károkozása. Úgy véljük, hogy az itt áttekintett, szakszerűen kivitelezett és interpretált klinikai, valamint labordiagnosztikai vizsgálatok a gyakorló állatorvosok eszköztárának elengedhetetlen kellékei, melyek az állattartó-telepek rutin állategészségügyi programjába beépíthetők. Az általunk elvégzett klinikai és labordiagnosztikai vizsgálatok többsége alkalmas az állomány egészségi állapotának felmérésére, azonban kivitelezésük gyakran idő- és munkaigényes. Emiatt egyes vizsgálatok PLF-rendszerű automatizálása (pl. testhőmérséklet és testtömeg mérése) javasolható, míg a laboratóriumi vizsgálatok egy részét más tesztekkel célszerű kiváltani (pl. vérkép helyett akut-fázis fehérjék vizsgálata, orrtampon helyett BAL vagy TTW minták mikrobiológiai vizsgálata). Sőt, a technológiai fejlődéssel egyre több precíziós eszköz áll rendelkezésre, melyek a valós idejű, élőmunkát nem igénylő monitoring révén a sikeres állattartó-telepi diagnosztika és gyógyító tevékenység egyre meghatározóbb részévé válhatnak.

4 ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Környezetdiagnosztikai vizsgálatok:

1. A borjútartás elterjedt technológiai rendszereiben a mikroklimatikus tényezők precíziós, valós idejű monitorozásával telepspecifikusan azonosíthatók az egyes paraméterek specifikus mintázatai, a hosszú távú és napon belüli, határértékeket meghaladó időszakai és napi ingadozásai.
2. A kültéri kiscsoportos borjúnevelőkben ősszel és télen a BRDC szempontjából kockázatos időszakok gyakorisága a relatív páratartalom esetében $> 80\%$ határérték mellett a hónaptól, a légmozgás esetében $>0,2$ m/s és $>0,6$ m/s határértékek mellett a helyszíntől, míg a szállópor koncentráció tekintetében >45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 és >15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2,5 határértékek mellett, továbbá a relatív páratartalom vonatkozásában $> 85\%$ határérték mellett a hónaptól és a helyszíntől egyaránt függ.
3. A fedetlen és árnyékolatlan kiscsoportos borjúnevelő egység szignifikánsan huzatosabb és ott szignifikánsan kisebb a magas páratartalmú időszakok aránya, a fedett és árnyékolt kültéri kiscsoportos egységhez képest.
4. A különböző borjúnevelő egységekben gyenge negatív korrelációt figyeltünk meg a relatív páratartalom és a légmozgás, valamint a szállópor és a hőmérséklet, továbbá a szállópor és a légmozgás között. A szállópor koncentráció gyenge pozitív korrelációt mutat a relatív páratartalommal.

Állomány-egészségügyi monitoring vizsgálatok:

5. A választást követő kb. 1,5-2 hónapos időszakban az eltérő tartásmód nem befolyásolta szignifikánsan a testtömeg-gyarapodást, de szignifikánsan magasabb volt a súlyosabb ($>39,5$ °C) lázas állapottal járó megbetegedések száma a hagyományos tartásmódban a kiscsoportos tartásmódbelivel összevetve.
6. Közepes erősségű pozitív korrelációt találtunk a kolosztrumfelvételt követően mért szérum Brix- értékek és a kezdeti PI-3V, illetve BRSV ellenanyagtiter értékek között.
7. Hematológiai referencia-értéktartományokat állapítottunk meg klinikai tüneteket nem mutató borjakra vonatkozóan az újszülött kortól 5 hónapos korig, 6 korcsoportban.

5 IRODALOMJEGYZÉK

- Ackermann, M.R., Derscheid, R., Roth, J.A.: **Innate immunology of bovine respiratory disease.** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 26, 215–228, 2010.
- Allen, J.W., Viel, L., Bateman, K.G., Rosendal, S.: **Changes in the bacterial flora of the upper and lower respiratory tracts and bronchoalveolar lavage differential cell counts in feedlot calves treated for respiratory diseases.** Can. J. Vet. Res. 56, 177–183, 1992.
- Amosson, S., Guerrero, B., Almas, L.: **Economic analysis of solid-set sprinklers to control dust in feedlots.** Southern Agricultural Economics Association, 2006 Annual Meeting, February 5-8, 2006, Orlando, Florida, 2006.
Online elérhető: <https://www.semanticscholar.org/paper/Economic-Analysis-of-Solid-Set-Sprinklers-to-Dust-Amosson-Guerrero/27a8ea79d20113e00240cd64c2473554317f1d23>
Letöltés dátuma: 2021. 06. 19.
- Angen, Ø., Thomsen, J., Larsen, L.E., Larsen, J., Kokotovic, B., Heegaard, P.M.H., Enemark, J.M.D.: **Respiratory disease in calves: Microbiological investigations on trans-tracheally aspirated bronchoalveolar fluid and acute phase protein response.** Vet Microbiol 137, 165–171, 2009.
- Babu, L.K., Pandey, H., Patra, R.C., Sahoo, A.: **Hemato-biochemical changes, disease incidence and live weight gain in individual versus group reared calves fed on different levels of milk and skim milk.** Animal Science Journal 80, 149–156, 2009.
- Bach, A., Ahedo, J.: **Record Keeping and Economics of Dairy Heifers.** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, Dairy Heifer Management 24, 117–138, 2008.
- Bach, A., Tejero, C., Ahedo, J.: **Effects of group composition on the incidence of respiratory afflictions in group-housed calves after weaning.** Journal of Dairy Science 94, 2001–2006, 2011.
- Bakony, M., Kiss, G., Kovács, L., Jurkovich, V.: **The effect of hutch compass direction on primary heat stress responses in dairy calves in a continental region.** Animal Welfare 30, 315–324, 2021.
- Bielmann, V., Garner, J., Throop, C., Perkins, N., Leslie, K.: **An evaluation of a Brix refractometer for measurement of colostrum quality and success of passive transfer.** Journal of Dairy Science 91, 354, 2008.
- Bielmann, V., Gillan, J., Perkins, N.R., Skidmore, A.L., Godden, S., Leslie, K.E.: **An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle.** Journal of Dairy Science 93, 3713–3721, 2010.

- Björkman, C., Svensson, C., Christensson, B., de Verdier, K.: **Cryptosporidium parvum and Giardia intestinalis in Calf Diarrhoea in Sweden.** Acta Vet Scand 44, 145–152, 2003.
- Bleul, U.: **Reference values of neonatal physiology.** In: Szenci, O., Mee, J.F., Bleul, U., Taverne, M. (Eds.), Bovine Prenatal, Perinatal and Neonatal Medicine. Hungarian Association for Buiatrics, Budapest, pp. 433–436, 2021.
- Blom, J., Madsen, E., Krogh, H., Wolstrup, J.: **Numbers of airborne bacteria and fungi in calf houses.** Nordisk Veterinaer Medicin 36, 215–220, 1984.
- Bonizzi, S., Gislon, G., Brasca, M., Morandi, S., Sandrucci, A., Zucali, M.: **Air quality, management practices and calf health in italian dairy cattle farms.** Animals 12, 2286, 2022.
- Bonk, S., Burfeind, O., Suthar, V.S., Heuwieser, W.: **Technical note: Evaluation of data loggers for measuring lying behavior in dairy calves.** Journal of Dairy Science 96, 3265–3271, 2013.
- Brautbar, N.: **Ammonia Exposure: A common cause for sinusitis a case report and review of the literature.** Toxicol Ind Health 14, 891–895, 1998.
- Brodersen, B.W.: **Bovine respiratory syncytial virus.** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 26, 323–333, 2010.
- Brown, J.S., Gordon, T., Price, O., Asgharian, B.: **Thoracic and respirable particle definitions for human health risk assessment.** Part Fibre Toxicol 10, 12, 2013.
- Brscic, M., Prevedello, P., Cozzi, G., Paparella, P., Gottardo, F.: **Concentration of noxious gases in dairy, beef and veal calves farms in Northern Italy.** AAK 14, 111–116, 2010.
- Brun-Hansen, H.C., Kampen, A.H., Lund, A.: **Hematologic values in calves during the first 6 months of life.** Veterinary Clinical Pathology 35, 182–187, 2006.
- Brydl, E.: **A borjúnevelés higiéniaja és állomány-egészségtani kérdései.** In: Rafai, P. (Szerk.), Állathigiénia. Agroinform Kiadó, Budapest, pp. 233–248, 2003.
- Buczinski, S., Forte, G., Francoz, D., Belanger, A.-M.: **Comparison of thoracic auscultation, clinical score, and ultrasonography as indicators of bovine respiratory disease in preweaned dairy calves.** Journal of Veterinary Internal Medicine 28, 234–242, 2014.
- Buczinski, S., Borris, M.E., Dubuc, J.: **Herd-level prevalence of the ultrasonographic lung lesions associated with bovine respiratory disease and related environmental risk factors.** Journal of Dairy Science 101, 2423–2432, 2018a.
- Buczinski, S., Gicquel, E., Fecteau, G., Takwoingi, Y., Chigerwe, M., Vandeweerd, J.M.: **Systematic Review and Meta-Analysis of Diagnostic Accuracy of Serum Refractometry and Brix Refractometry for the Diagnosis of Inadequate Transfer of Passive Immunity in Calves.** Journal of Veterinary Internal Medicine 32, 474–483, 2018b.
- Callan, R.J., Garry, F.B.: **Biosecurity and bovine respiratory disease.** Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice 18, 57–77, 2002.

- Calloway, C.D., Tyler, J.W., Tessman, R.K., Hostetler, D., Holle, J.: **Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves.** J Am Vet Med Assoc 221, 1605–1608, 2002.
- Cambra-López, M., Aarnink, A.J.A., Zhao, Y., Calvet, S., Torres, A.G.: **Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem.** Environmental Pollution 158, 1–17, 2010.
- Carpenter, G.A.: **Dust in livestock buildings—Review of some aspects.** Journal of Agricultural Engineering Research 33, 227–241, 1986.
- Caswell, J.L., Bateman, K.G., Cai, H.Y., Castillo-Alcala, F.: **Mycoplasma bovis in respiratory disease of feedlot cattle.** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 26, 365–379, 2010.
- Caswell, J.L., Hewson, J., Slavić, Đ., DeLay, J., Bateman, K.: **Laboratory and postmortem diagnosis of bovine respiratory disease.** Vet Clin North Am Food Anim Pract 28, 419–441, 2012.
- Ceciliani, F., Ceron, J.J., Eckersall, P.D., Sauerwein, H.: **Acute phase proteins in ruminants.** Journal of Proteomics 75, 4207–4231, 2012.
- Chamorro, M.F., Walz, P.H., Haines, D.M., Passler, T., Earleywine, T., Palomares, R.A., Riddell, K.P., Galik, P., Zhang, Y., Givens, M.D.: **Comparison of levels and duration of detection of antibodies to bovine viral diarrhoea virus 1, bovine viral diarrhoea virus 2, bovine respiratory syncytial virus, bovine herpesvirus 1, and bovine parainfluenza virus 3 in calves fed maternal colostrum or a colostrum-replacement product.** Can J Vet Res 78, 81–88, 2014.
- Cheng, F., Li, Z., Lan, S., Liu, W., Li, X., Zhou, Z., Song, Z., Wu, J., Zhang, M., Shan, W.: **Characterization of Klebsiella pneumoniae associated with cattle infections in southwest China using multi-locus sequence typing (MLST), antibiotic resistance and virulence-associated gene profile analysis.** Braz J Microbiol 49, 93–100, 2018.
- CIGR: **Report of working group on climatization of animal houses.** International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering, 1984.
 Online elérhető: <https://www.cigr.org/sites/default/files/documets/CIGR-Workinggroupreport1984.pdf>
 Elérés dátuma: 2022. 08. 11.
- Clark, P.C., McQuitty, J.B.: **Air quality in six Alberta commercial free-stall dairy barns.** Canadian Agricultural Engineering 29, 4, 1987.
- Cooper, K., Parsons, D.J., Demmers, T.: **A thermal balance model for livestock buildings for use in climate change studies.** Journal of Agricultural Engineering Research 69, 43–52, 1998.
- Cooper, V.L., Brodersen, B.W.: **Respiratory disease diagnostics of cattle.** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 26, 409–416, 2010.

- Cray, C., Zaias, J., Altman, N.H.: **Acute phase response in animals: a review.** Comparative Medicine 59, 517–526, 2009.
- Dauguschies, A., Najdrowski, M.: **Eimeriosis in cattle: current understanding.** J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health 52, 417–427, 2005.
- Davis, L.R., Autrey, K.M., Herlich, H., Hawkins, G.E.: **Outdoor individual portable pens compared with conventional housing for raising dairy calves.** Journal of Dairy Science 37, 562–570, 1954.
- Deelen, S.M., Ollivett, T.L., Haines, D.M., Leslie, K.E.: **Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves.** Journal of Dairy Science 97, 3838–3844, 2014.
- Divers, T.J., Peek, S.F.: **The clinical examination.** In: Divers, T.J., Peek, S.F. (Szerk.): *Rebhun's Diseases of Dairy Cattle.* Saunders Elsevier St. Louis, MO, pp 3-15, 2008.
- Doyle, D., Credille, B., Lehenbauer, T.W., Berghaus, R., Aly, S.S., Champagne, J., Blanchard, P., Crossley, B., Berghaus, L., Cochran, S., Woolums, A.: **Agreement among 4 sampling methods to identify respiratory pathogens in dairy calves with acute bovine respiratory disease.** J Vet Intern Med 31, 954–959, 2017.
- Dunn, T.R., Ollivett, T.L., Renaud, D.L., Leslie, K.E., LeBlanc, S.J., Duffield, T.F., Kelton, D.F.: **The effect of lung consolidation, as determined by ultrasonography, on first-lactation milk production in Holstein dairy calves.** Journal of Dairy Science 101, 5404–5410, 2018.
- Eckert, J., Taylor, M., Catchpole, J., Lucois, D., Coudert, P., Bucklar, H.: **Identification of Eimeria species and strains. Morphological characteristics of oocysts,** In: Eckert, J., Braun, R., Shirley, M.W., Coudert, P. (Szerk.), COST 89/820 – Biotechnology – Guidelines on Techniques in Coccidiosis Research. European Commission, Luxembourg, pp. 103–119, 1995.
- EFSA: **Scientific report on the effects of farming systems on dairy cow welfare and disease.** EFSA Journal 7, 1143r, 2009.
- Ellis, J.A., Hassard, L.E., Cortese, V.S., Morley, P.S.: **Effects of perinatal vaccination on humoral and cellular immune responses in cows and young calves.** J. Am. Vet. Med. Assoc. 208, 393–400, 1996.
- EPA: **Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter.** Federal Register 85 FR 82684, 2020.
- Online elérhető: <https://www.federalregister.gov/documents/2020/12/18/2020-27125/review-of-the-national-ambient-air-quality-standards-for-particulate-matter>
2022. Letöltés dátuma: 2022. 08. 11.

Európai Tanács: **Az Európai Parlament és a Tanács 2008/50/ek irányelve (2008. május 21.) a környezeti levegő minőségéről és a Tisztább levegőt Európának elnevezésű programról**, 2008.

Online elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:02008L0050-20150918> Letöltés dátuma: 2024. 05. 01.

Európai Tanács: **A Tanács 2008/119/EK irányelve (2008. december 18.) a borjak védelmére vonatkozó minimumkövetelmények megállapításáról (kodifikált változat)**, 2009.

Online elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:02008L0119-20191214> Letöltés dátuma: 2024. 05. 01.

Farkas, R., Szeidemann, Z., Majoros, G.: **Studies on coccidiosis of calves in Hungarian dairy farms**. Parasitology Research 101, 113–120, 2007.

Ferrari, S., Piccinini, R., Silva, M., Exadaktylos, V., Berckmans, D., Guarino, M.: **Cough sound description in relation to respiratory diseases in dairy calves**. Preventive Veterinary Medicine 96, 276–280, 2010.

Fleenor, W.A., Stott, G.H.: **Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum**. J Dairy Sci 63, 973–977, 1980.

Fournel, S., Rousseau, A.N., Laberge, B.: **Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming**. Biosystems Engineering 155, 96–123, 2017.

Fulton, R.W., Briggs, R.E., Payton, M.E., Confer, A.W., Saliki, J.T., Ridpath, J.F., Burge, L.J., Duff, G.C.: **Maternally derived humoral immunity to bovine viral diarrhoea virus (BVDV) 1a, BVDV1b, BVDV2, bovine herpesvirus-1, parainfluenza-3 virus bovine respiratory syncytial virus, Mannheimia haemolytica and Pasteurella multocida in beef calves, antibody decline by half-life studies and effect on response to vaccination**. Vaccine 22, 643–649, 2004.

Fulton, R.W., Confer, A.W.: **Laboratory test descriptions for bovine respiratory disease diagnosis and their strengths and weaknesses: Gold standards for diagnosis, do they exist?** Can Vet J 53, 754–761, 2012.

Fulton, R.W., Cook, B.J., Step, D.L., Confer, A.W., Saliki, J.T., Payton, M.E., Burge, L.J., Welsh, R.D., Blood, K.S.: **Evaluation of health status of calves and the impact on feedlot performance: assessment of a retained ownership program for postweaning calves**. Can J Vet Res 66, 173–180, 2002.

Garrido, L.F.C., Sato, S.T.M., Costa, L.B., Daros, R.R.: **Can we reliably detect respiratory diseases through precision farming? A systematic review**. Animals (Basel) 13, 1273, 2023.

- George, J.W., Snipes, J., Lane, V.M.: **Comparison of bovine hematology reference intervals from 1957 to 2006: Bovine hematology reference intervals.** *Veterinary Clinical Pathology* 39, 138–148, 2010.
- Godden, S.: **Colostrum management for dairy calves.** *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 24, 19–39, 2008.
- Godden, S.M., Lombard, J.E., Woolums, A.R.: **Colostrum Management for Dairy Calves.** *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 35, 535–556, 2019.
- Gorden, P.J., Plummer, P.: **Control, management, and prevention of bovine respiratory disease in dairy calves and cows.** *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26, 243–259, 2010.
- Griffin, D., Chengappa, M.M., Kuszak, J., McVey, D.S.: **Bacterial pathogens of the bovine respiratory disease complex.** *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26, 381–394, 2010.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Metz, J.H.M., Uenk, G.H., Phillips, V.R., Holden, M.R., Sneath, R.W., Short, J.L., White, R.P.P., Hartung, J., Seedorf, J., Schröder, M., Linkert, K.H., Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J.O., Wathes, C.M.: **Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe.** *Journal of Agricultural Engineering Research* 70, 79–95, 1998.
- Gulliksen, S.M., Jor, E., Lie, K.I., Hammes, I.S., Løken, T., Åkerstedt, J., Østerås, O.: **Enteropathogens and risk factors for diarrhea in Norwegian dairy calves.** *Journal of Dairy Science* 92, 5057–5066, 2009a.
- Gulliksen, S.M., Jor, E., Lie, K.I., Løken, T., Akerstedt, J., Østerås, O.: **Respiratory infections in Norwegian dairy calves.** *J Dairy Sci* 92, 5139–5146, 2009b.
- Guterbock, W.M.: **The impact of BRD: the current dairy experience.** *Anim. Health. Res. Rev.* 15, 130–134, 2014.
- Hamilton, T.D., Roe, J.M., Webster, A.J.: **Synergistic role of gaseous ammonia in etiology of Pasteurella multocida-induced atrophic rhinitis in swine.** *J Clin Microbiol* 34, 2185–2190, 1996.
- Hill, T.M., Bateman, H.G., Aldrich, J.M., Schlotterbeck, R.L.: **Comparisons of housing, bedding, and cooling options for dairy calves.** *Journal of Dairy Science* 94, 2138–2146, 2011.
- Hillman, P., Gebremedhin, K., Warner, R.: **Ventilation system to minimize airborne bacteria, dust, humidity, and ammonia in calf nurseries.** *Journal of Dairy Science* 75, 1305–1312, 1992.
- Hooser, S.B., van Alstine, W., Kiupel, M., Sojka, J.: **Acute pit gas (hydrogen sulfide) poisoning in confinement cattle.** *J VET Diagn Invest* 12, 272–275, 2000.

- Horadagoda, N.U., Knox, K. m. G., Gibbs, H.A., Reid, S.W.J., Horadagoda, A., Edwards, S.E.R., Eckersall, P.D.: **Acute phase proteins in cattle: discrimination between acute and chronic inflammation.** *Veterinary Record* 144, 437–441, 1999.
- Hoshiba, S.: **Environmental characteristics of calf hutches.** *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University* 63, 64–103, 1986.
- Humblet, M.-F., Coghe, J., Lekeux, P., Godeau, J.-M.: **Acute phase proteins assessment for an early selection of treatments in growing calves suffering from bronchopneumonia under field conditions.** *Res Vet Sci* 77, 41–47, 2004.
- Islam, Md.A., Ikeguchi, A., Naide, T.: **Influence of temperature and humidity on the dynamics of aerosol numbers and airborne bacteria in a dairy calf house.** *Biosystems Engineering* 194, 213–226, 2020.
- Islam, Md.A., Ikeguchi, A., Naide, T.: **Relationships between aerosol particles and airborne bacteria and their dependence on environmental factors in a dairy calf house.** *Transactions of the ASABE* 62, 1819–1828, 2019a.
- Islam, Md.A., Ikeguchi, A., Naide, T.: **Concentrations of aerosol numbers and airborne bacteria, and temperature and relative humidity, and their interrelationships in a tie-stall dairy barn.** *Animals* 9, 1023, 2019b.
- Ivester, K.M., Couëtil, L.L., Zimmerman, N.J.: **Investigating the link between particulate exposure and airway inflammation in the horse.** *Journal of Veterinary Internal Medicine* 28, 1653–1665, 2014.
- Jackson, P.D.D., Cockcroft P.D.: **The general clinical examination of cattle,** In: Jackson, P.D.D., Cockcroft P.D. (Szerk.): *Clinical Examination of Farm Animals.* Blackwell, Oxford, UK, p. 10., 2002.
- Jaureguiberry, M., Rearte, R., Marconi, M.J., Giuliadori, M.J., Madoz, L.V., Pinedo, F.A., de la Sota, R.L.: **A simplified scoring system for the diagnosis of diarrhea and respiratory diseases in dairy calves.** *Can Vet J* 64, 553–557, 2023.
- Jericho, K.W.F., Langford, E.V.: **Pneumonia in calves produced with aerosols of bovine herpesvirus 1 and pasteurized Pasteurella haemolytica.** *Can J Comp Med* 42, 269–277, 1978.
- Joo, H.S., Ndegwa, P.M., Heber, A.J., Ni, J.-Q., Bogan, B.W., Ramirez-Dorransoro, J.C., Cortus, E.L.: **Particulate matter dynamics in naturally ventilated freestall dairy barns.** *Atmospheric Environment* 69, 182–190, 2013.
- Joo, H.S., Ndegwa, P.M., Wang, X., Heber, A.J., Ni, J.-Q., Cortus, E.L., Ramirez-Dorransoro, J.C., Bogan, B.W., Chai, L.: **Ammonia and hydrogen sulfide concentrations and emissions for naturally ventilated freestall dairy barns.** *Trans. ASABE* 1321–1331, 2015.

- Joshi, V., Gupta, V.K., Bhanuprakash, A.G., Mandal, R.S.K., Dimri, U., Ajith, Y.: **Haptoglobin and serum amyloid A as putative biomarker candidates of naturally occurring bovine respiratory disease in dairy calves.** *Microbial Pathogenesis* 116, 33–37, 2018.
- Jungbluth, T., Hartung, E., Brose, G.: **Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores.** *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60, 133–145, 2001.
- Jurkovich, V., Bakony, M., Reiczigel, J.: **A retrospective study of thermal events on the mortality rate of hutch-reared dairy calves.** *Front. Vet. Sci.* 11, 2024.
- Kaasik, A., Maasikmets, M.: **Concentrations of airborne particulate matter, ammonia and carbon dioxide in large scale uninsulated loose housing cowsheds in Estonia.** *Biosystems Engineering* 114, 223–231, 2013.
- Kaluza, M., Vecerek, V., Voslarova, E., Semerad, Z., Passantino, A.: **Incidence of characteristic findings during veterinary carcass inspections 2010–2019 in the Czech Republic and the relation to the level of health and welfare of individual classes of cattle.** *Animals* 11, 537, 2021.
- Kaske, M., Bleul, U.: **Feeding of unweaned dairy calves,** In: Szenci, O., Mee, J., Bleul, U., Taverne, M. (Szerk.), *Bovine Prenatal, Perinatal and Neonatal Medicine.* Hungarian Association for Buiatrics, Budapest, pp. 291–308, 2021.
- Kassai, T.: **Szarvasmarha tüdőférgesség - Dictyocaulosis,** In: Kassai, T. (Szerk.), *Helmintológia. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest,* pp. 145–148, 2003a.
- Kassai, T.: **Kvantitatív ovoszkópia (McMaster módszer),** In: Kassai, T. (Szerk.), *Helmintológia. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest,* pp. 270–271, 2003b.
- Kaufman, J., Linington, M., Osborne, V.R., Wagner-Riddle, C., Wright, T.C.: **Short communication: Field study of air ammonia concentrations in Ontario dairy calf housing microenvironments.** *Canadian Journal of Animal Science* 95, 539–542, 2015.
- Keeton, S.T.N., Navarre, C.B.: **Coccidiosis in large and small ruminants.** *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 34, 201–208, 2018.
- Kic, P.: **Influence of External Thermal Conditions on Temperature–Humidity Parameters of Indoor Air in a Czech Dairy Farm during the Summer.** *Animals* 12, 1895, 2022.
- Kim, M.-H., Yang, J.-Y., Upadhaya, S.D., Lee, H.-J., Yun, C.-H., Ha, J.K.: **The stress of weaning influences serum levels of acute-phase proteins, iron-binding proteins, inflammatory cytokines, cortisol, and leukocyte subsets in Holstein calves.** *J Vet Sci* 12, 151–157, 2011.
- Könyves, L., Reibling, T., Bodor, A., Brydl, E., Adorján, A., Solymosi, N.: **Egy precíziós állattartási projekt tapasztalatai.** *Magyar Allatorvosok Lapja* 137, 719–727, 2015.

- Kővágó, C., Forgách, P., Szabára, Á., Mándoki, M., Hornyák, Á., Duignan, C., Pásztiné Gere, E., Rusvai, M.: **Seroprevalence of bovine viral diarrhoea virus in Hungary — situation before launching an eradication campaign.** *Acta Veterinaria Hungarica* 63, 255–263, 2015.
- Lago, A., McGuirk, S.M., Bennett, T.B., Cook, N.B., Nordlund, K.V.: **Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter.** *Journal of Dairy Science* 89, 4014–4025, 2006.
- Lee, R.J., Workman, A.D., Carey, R.M., Chen, B., Rosen, P.L., Doghramji, L., Adappa, N.D., Palmer, J.N., Kennedy, D.W., Cohen, N.A.: **Fungal aflatoxins reduce respiratory mucosal ciliary function.** *Sci Rep* 6, 33221, 2016.
- Lorenz, I., Earley, B., Gilmore, J., Hogan, I., Kennedy, E., More, S.J.: **Calf health from birth to weaning. III. housing and management of calf pneumonia.** *Ir Vet J* 64, 2011.
- Losacco, C., Perillo, A.: **Particulate matter air pollution and respiratory impact on humans and animals.** *Environ Sci Pollut Res* 25, 33901–33910, 2018.
- Losinger, W.C., Heinrichs, A.J.: **Management practices associated with high mortality among preweaned dairy heifers.** *Journal of Dairy Research* 64, 1–11, 1997.
- Love, W.J., Lehenbauer, T.W., Kass, P.H., Van Eenennaam, A.L., Aly, S.S.: **Development of a novel clinical scoring system for on-farm diagnosis of bovine respiratory disease in preweaned dairy calves.** *PeerJ* 2, e238, 2014.
- Love, W.J., Lehenbauer, T.W., Van Eenennaam, A.L., Drake, C.M., Kass, P.H., Farver, T.B., Aly, S.S.: **Sensitivity and specificity of on-farm scoring systems and nasal culture to detect bovine respiratory disease complex in preweaned dairy calves.** *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 28, 119–128, 2016.
- Lundborg, G.K., Svensson, E.C., Oltenacu, P.A.: **Herd-level risk factors for infectious diseases in Swedish dairy calves aged 0–90 days.** *Preventive Veterinary Medicine* 68, 123–143, 2005.
- Lynch, E., Earley, B., McGee, M., Doyle, S.: **Effect of abrupt weaning at housing on leukocyte distribution, functional activity of neutrophils, and acute phase protein response of beef calves.** *BMC Vet Res* 6, 39, 2010.
- Lyu, J., Wang, C., Zhao, X., Miao, E., Wang, Z., Xu, Y., Bai, X., Bao, J.: **Effect of group size and regrouping on physiological stress and behavior of dairy calves.** *Journal of Integrative Agriculture* 22, 844–852, 2023.
- Maier, G.U., Love, W.J., Karle, B.M., Dubrovsky, S.A., Williams, D.R., Champagne, J.D., Anderson, R.J., Rowe, J.D., Lehenbauer, T.W., Van Eenennaam, A.L., Aly, S.S.: **Management factors associated with bovine respiratory disease in preweaned calves on California dairies: The BRD 100 study.** *J Dairy Sci* 102, 7288–7305, 2019.

- Mahendran, S.A., Blackie, N., Wathes, D.C., Booth, R.E.: **Comparison of environment quality measurements between 3 types of calf housing in the United Kingdom.** *Journal of Dairy Science* 106, 2461–2474, 2023.
- Malá, G., Novak, P.: **Housing for unweaned dairy calves.** In: Szenci, O., Mee, J.F., Bleul, U., Taverne, M. (Szerk.), *Bovine Prenatal, Perinatal and Neonatal Medicine.* Hungarian Association for Buiatrics, Budapest, pp. 309–341, 2021.
- Mandelik, R., Bires, J., Ozsvári, L., Hodnik, J.J., Vilcek, S.: **Infectious Bovine Rhinotracheitis Control Program in Slovakia.** *Frontiers in Veterinary Science* 8, 2021.
- Mateusa, M., Selezņova, M., Terentjeva, M., Dekšne, G.: **Giardia duodenalis (Styles, 1902) in cattle: isolation of calves with diarrhoea and manure treatment in the lagoon presented as risk factors in Latvian herds.** *Microorganisms* 11, 2338, 2023.
- McCorkell, R., Wynne-Edwards, K., Windeyer, C., Schaefer, A.: **Limited efficacy of Fever Tag® temperature sensing ear tags in calves with naturally occurring bovine respiratory disease or induced bovine viral diarrhoea virus infection.** *Can Vet J* 55, 688–690, 2014.
- McGuirk, S.M., Peek, S.F.: **Timely diagnosis of dairy calf respiratory disease using a standardized scoring system.** *Animal Health Research Reviews* 15, 145–147, 2014.
- Mechor, G.D., Virtala, A.-M., Dubovi, E.J., Grohn, Y.: **The Half-life for maternally derived immunoglobulin G anti-viral antibodies in data from an observational field study.** *The Bovine Practitioner* 35, 131–136, 2001.
- Miyata, R., van Eeden, S.F.: **The innate and adaptive immune response induced by alveolar macrophages exposed to ambient particulate matter.** *Toxicology and Applied Pharmacology* 257, 209–226, 2011.
- Mohri, M., Sharifi, K., Eidi, S.: **Hematology and serum biochemistry of Holstein dairy calves: Age related changes and comparison with blood composition in adults.** *Research in Veterinary Science* 83, 30–39, 2007.
- Moore, D.A., Taylor, J., Hartman, M.L., Sischo, W.M.: **Quality assessments of waste milk at a calf ranch.** *Journal of Dairy Science* 92, 3503–3509, 2009.
- Morrill, K.M., Polo, J., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., Tyler, H.: **Estimate of serum immunoglobulin G concentration using refractometry with or without caprylic acid fractionation.** *J Dairy Sci* 96, 4535–4541, 2013.
- Mosier, D.: **Review of BRD pathogenesis: the old and the new.** *Animal Health Research Reviews* 15, 166–168, 2014.
- Müller, K.E.: **Respiratory diseases in calves.** In: Szenci, O., Mee, J.F., Bleul, U., Taverne, M. (Szerk.), *Bovine Prenatal, Perinatal and Neonatal Medicine.* Hungarian Association for Buiatrics, Budapest, pp. 369–378, 2021.

- Ngwabie, N.M., Jeppsson, K.-H., Gustafsson, G., Nimmermark, S.: **Effects of animal activity and air temperature on methane and ammonia emissions from a naturally ventilated building for dairy cows.** Atmospheric Environment 45, 6760–6768, 2011.
- Nieckarz, Z., Pawlak, K., Baran, A., Wiczorek, J., Grzyb, J., Plata, P.: **The concentration of particulate matter in the barn air and its influence on the content of heavy metals in milk.** Sci Rep 13, 10626, 2023.
- Nikunen, S., Härtel, H., Orro, T., Neuvonen, E., Tanskanen, R., Kivelä, S.-L., Sankari, S., Aho, P., Pyörälä, S., Saloniemi, H., Soveri, T.: **Association of bovine respiratory disease with clinical status and acute phase proteins in calves.** Comp Immunol Microbiol Infect Dis 30, 143–151, 2007.
- Nilsson, A.: **Calf health before and after change in housing system – isolated barn vs. hutches, 2012.**
Online elérhető: <https://stud.epsilon.slu.se/5394> Letöltés dátuma: 2020. 06. 14.
- NIOSH: **CDC NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards – Ammonia,** 2021. Online elérhető: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0028.html>. Letöltés dátuma: 2022. 08. 13.
- Nonnecke, B.J., Foote, M.R., Miller, B.L., Fowler, M., Johnson, T.E., Horst, R.L.: **Effects of chronic environmental cold on growth, health, and select metabolic and immunologic responses of preruminant calves.** J. Dairy Sci. 92, 6134–6143, 2009.
- Nordlund, K.V.: **Practical considerations for ventilating calf barns in winter.** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 24, 41–54, 2008.
- OIE: **Animal Welfare And Dairy Cattle Production Systems,** OIE - Terrestrial Animal Health Code, 2021. Online elérhető: <https://www.oie.int/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access> Letöltés dátuma: 2022. 08. 13.
- Ollivett, T.L.: **How does housing influence bovine respiratory disease in dairy and veal calves?** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 36, 385–398, 2020.
- Ollivett, T.L., Caswell, J.L., Nydam, D.V., Duffield, T., Leslie, K.E., Hewson, J., Kelton, D.: **Thoracic ultrasonography and bronchoalveolar lavage fluid analysis in holstein calves with subclinical lung lesions.** Journal of Veterinary Internal Medicine 29, 1728–1734, 2015.
- O’Loughlin, A., McGee, M., Doyle, S., Earley, B.: **Biomarker responses to weaning stress in beef calves.** Research in Veterinary Science 97, 458–463, 2014.
- O’Neill, R., Mooney, J., Connaghan, E., Furphy, C., Graham, D.A.: **Patterns of detection of respiratory viruses in nasal swabs from calves in Ireland: a retrospective study.** Veterinary Record 175, 351, 2014.
- Orro, T., Jacobsen, S., LePage, J.-P., Niewold, T., Alasuutari, S., Soveri, T.: **Temporal changes in serum concentrations of acute phase proteins in newborn dairy calves.** The Veterinary Journal 176, 182–187, 2008.

- Orro, T., Pohjanvirta, T., Rikula, U., Huovilainen, A., Alasuutari, S., Sihvonen, L., Pelkonen, S., Soveri, T.: **Acute phase protein changes in calves during an outbreak of respiratory disease caused by bovine respiratory syncytial virus.** *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases* 34, 23–29, 2011.
- OSHA: **AMMONIA** | Occupational Safety and Health Administration, 2021.
Online elérhető: <https://www.osha.gov/chemicaldata/623> Letöltés dátuma: 2022. 08. 13.
- OSHA: **Hydrogen Sulfide – Hazards** | Occupational Safety and Health Administration, 2019.
Online elérhető: <https://www.osha.gov/hydrogen-sulfide/hazards> Letöltés dátuma: 2022. 08. 13.
- Ózsvári, L., Muntyán, J., Berkes, Á.: **A légzőszervi betegségek (BRD) által okozott veszteségek a szarvasmarhatartásban.** *Magyar Állatorvosok Lapja* 134, 259–264, 2012.
- Ózsvári L., Búza L.: **A szarvasmarhák légzőszervi tünetegyüttesének (BRDC) és hajlamosító tényezőinek előfordulása nagy létszámú magyarországi állományokban.** *Magyar Állatorvosok Lapja*, 137, 139–149, 2015.
- Pancier, R.J., Confer, A.W.: **Pathogenesis and Pathology of Bovine Pneumonia.** *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26, 191–214, 2010.
- Panousis, N., Siachos, N., Kitkas, G., Kalaitzakis, E., Kritsepi-Konstantinou, M., Valergakis, G.E.: **Hematology reference intervals for neonatal Holstein calves.** *Research in Veterinary Science* 118, 1–10, 2018.
- Papageorgiou, S.N.: **On correlation coefficients and their interpretation.** *J Orthod* 49, 359–361, 2022.
- Pardon, B., Buczinski, S.: **Bovine respiratory disease diagnosis.** *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 36, 425–444, 2020.
- Parker, A.M., Sheehy, P.A., Hazelton, M.S., Bosward, K.L., House, J.K.: **A review of mycoplasma diagnostics in cattle.** *Journal of Veterinary Internal Medicine* 32, 1241–1252, 2018.
- Pearson, C.C., Sharples, T.J.: **Airborne dust concentrations in livestock buildings and the effect of feed.** *Journal of Agricultural Engineering Research* 60, 145–154, 1995.
- Pedersen, R.E., Sørensen, J.T., Skjøth, F., Hindhede, J., Nielsen, T.R.: **How milk-fed dairy calves perform in stable versus dynamic groups.** *Livestock science* 121, 215–218, 2009.
- Philippe-Reversat, C., Homer, D., Hamers, C., Brunet, S., Huňady, M.: **Duration of immunity of a four-valent vaccine against bovine respiratory diseases.** *Acta Vet. Brno* 86, 325–332, 2017.
- Phillips, C.J.C., Pines, M.K., Latter, M., Muller, T., Petherick, J.C., Norman, S.T., Gaughan, J.B.: **The physiological and behavioral responses of steers to gaseous ammonia in simulated long-distance transport by ship.** *Journal of Animal Science* 88, 3579–3589, 2010.

- Piccione, G., Caola, G., Refinetti, R.: **Daily and estrous rhythmicity of body temperature in domestic cattle.** BMC Physiol 3, 7, 2003.
- Pomothy J.M., Barna R.F., Czimmermann Á.E., Szóládi Á., Gere E.P.: **A deoxinivalenol mikotoxin toxikus hatásai a gazdasági haszonállatokra.** Magyar Állatorvosok Lapja 142, 117–127, 2020.
- Prathap-Kumar, K., Balakrishna-Nair, M.N., Punniyamurthy, N.: **Inhalation toxicity of mycotoxins in farm animals.** Iran J Vet Res 24, 94–95, 2023.
- Pritchard, D.G., Carpenter, C.A., Morzaria, S.P., Harkness, J.W., Richards, M.S., Brewer, J.I.: **Effect of air filtration on respiratory disease in intensively housed veal calves.** Vet Rec 109, 5–9, 1981.
- Probo, M., Veronesi, M.C.: **Clinical scoring systems in the newborn calf: an overview.** Animals 12, 3013, 2022.
- Quigley, J.D., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., Polo, J.: **Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum.** Journal of Dairy Science 96, 1148–1155, 2013.
- Rafai, P. : **A levegő szennyezettségének hatása a háziállatok termelésére és egészségére.** In: Rafai, P. (Szerk.), Állathigiénia. Agroinform Kiadó, Budapest, pp. 165-185, 2003.
- Razzaque, M.A., Abbas, S., Al-Mutawa, T., Bedair, M.: **Performance of pre-weaned female calves confined in housing and open environment hutches in Kuwait.** Pakistan Vet. J. 29: 1-4, 2009.
- Ridpath, J.: **The contribution of infections with bovine viral diarrhoea viruses to bovine respiratory disease.** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 26, 335–348, 2010.
- Rodrigues, I.: **A review on the effects of mycotoxins in dairy ruminants.** Anim. Prod. Sci. 54, 1155–1165, 2014.
- Roland, L., Drillich, M., Iwersen, M.: **Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine.** Journal of Veterinary Diagnostic Investigation 26, 592–598, 2014.
- Roland, L., Drillich, M., Klein-Jöbstl, D., Iwersen, M.: **Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves.** Journal of Dairy Science 99, 2438–2452, 2016.
- Rychert, J.: **Benefits and limitations of MALDI-TOF mass spectrometry for the identification of microorganisms.** J Infectiology 2, 1–5, 2019.
- Saha, C.K., Ammon, C., Berg, W., Fiedler, M., Loebstin, C., Sanftleben, P., Brunsch, R., Amon, T.: **Seasonal and diel variations of ammonia and methane emissions from a naturally ventilated dairy building and the associated factors influencing emissions.** Science of The Total Environment 468–469, 53–62, 2014.

- Sahlander, K., Larsson, K., Palmberg, L.: **Daily exposure to dust alters innate immunity.** PLoS ONE 7, e31646, 2012.
- Saif, L.J.: **Bovine respiratory coronavirus.** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 26, 349–364, 2010.
- SCAHAW: **The welfare of cattle kept for beef production** - Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, 2001. Online elérhető: https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/expert-groups/scientific-committees/scientific-committee-animal-health-and-animal-welfare-archive_en Letöltés dátuma: 2022. 08. 13.
- Schnyder, P., Schönecker, L., Schüpbach-Regula, G., Meylan, M.: **Effects of management practices, animal transport and barn climate on animal health and antimicrobial use in Swiss veal calf operations.** Preventive Veterinary Medicine Prev Vet Med 167,146-157, 2019.
- Seedorf, J., Hartung, J.: **Survey of ammonia concentrations in livestock buildings.** Journal of Agricultural Science 133, 433–437, 1999.
- Seedorf, J., Hartung, J., Schröder, M., Linkert, K.H., Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J.O., Metz, J.H.M., Groot Koerkamp, P.W.G., Uenk, G.H., Phillips, V.R., Holden, M.R., Sneath, R.W., Short, J.L., White, R.P., Wathes, C.M.: **Temperature and moisture conditions in livestock buildings in Northern Europe.** Journal of Agricultural Engineering Research 70, 49–57, 1998.
- Sivula, N.J., Ames, T.R., Marsh, W.E., Werdin, R.E.: **Descriptive epidemiology of morbidity and mortality in Minnesota dairy heifer calves.** Prev Vet Med 27, 155–171, 1996.
- Slavík, P., Illek, J., Brix, M., Musilová, L., Rajmon, R., Klabanová, P., Jílek, F.: **Health status of beef cows and their calves in the Czech Republic.** Acta Vet. Brno 78, 47–56, 2009.
- Smith, J.F., Harner, J., Zulovich, J., Pohl, S., Fulhage, C., Nicoli, D., Hetchler, B., Jacobson, L., Brouk, M.: **Comprehensive evaluation of a low-profile cross-ventilated freestall barn.** Proceedings of 2007 Western Dairy Management Conference, Reno, NV, 2006. Online elérhető: <http://www.wdmc.org/2007/WDMC%202007.pdf> Letöltés dátuma: 2022. 08. 13.
- Šoltéssová, H., Nagyová, V., Tóthová, C., Nagy, O.: **Haematological and blood biochemical alterations associated with respiratory disease in calves.** Acta Vet. Brno 84, 249–256, 2015.
- Stokstad, M., Klem, T.B., Myrmel, M., Oma, V.S., Toftaker, I., Østerås, O., Nødtvedt, A.: **Using biosecurity measures to combat respiratory disease in cattle: the Norwegian control program for bovine respiratory syncytial virus and bovine coronavirus.** Front Vet Sci 7, 2020.
- Svensson, C., Liberg, P.: **The effect of group size on health and growth rate of Swedish dairy calves housed in pens with automatic milk-feeders.** Preventive Veterinary Medicine 73, 43–53, 2006.

- Takai, H., Pedersen, S., Johnsen, J.O., Metz, J.H.M., Groot Koerkamp, P.W.G., Uenk, G.H., Phillips, V.R., Holden, M.R., Sneath, R.W., Short, J.L., White, R.P., Hartung, J., Seedorf, J., Schröder, M., Linkert, K.H., Wathes, C.M.: **Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe.** Journal of Agricultural Engineering Research 70, 59–77, 1998.
- Tan, Z., Zhang, Y.: **A review of effects and control methods of particulate matter in animal indoor environments.** Journal of the Air & Waste Management Association 54, 845–854, 2004.
- Taylor, J.D., Fulton, R.W., Lehenbauer, T.W., Step, D.L., Confer, A.W.: **The epidemiology of bovine respiratory disease: What is the evidence for predisposing factors?** Can Vet J 51, 1095–1102, 2010.
- Teye, F.K., Hautala, M., Pastell, M., Praks, J., Veermäe, I., Poikalainen, V., Pajumägi, A., Kivinen, T., Ahokas, J.: **Microclimate and ventilation in Estonian and Finnish dairy buildings.** Energy and Buildings 40, 1194–1201, 2008.
- Theurer, M.E., Anderson, D.E., White, B.J., Miesner, M.D., Larson, R.L.: **Effects of weather variables on thermoregulation of calves during periods of extreme heat.** Am J Vet Res 75, 296–300, 2014.
- Timsit, E., Dendukuri, N., Schiller, I., Buczinski, S.: **Diagnostic accuracy of clinical illness for bovine respiratory disease (BRD) diagnosis in beef cattle placed in feedlots: A systematic literature review and hierarchical Bayesian latent-class meta-analysis.** Preventive Veterinary Medicine 135, 67–73, 2016.
- Torrance, A.: **Overview of haematological diagnostic techniques,** In: Day, M., Mackin, A., Littlewood, J. (Szerk.), Manual of Canine and Feline Haematology and Transfusion Medicine. British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, UK, pp. 3–17, 2000.
- Tucker, C.B., Jensen, M.B., de Passillé, A.M., Hänninen, L., Rushen, J.: **Invited review: Lying time and the welfare of dairy cows.** Journal of Dairy Science 104, 20–46, 2021.
- University of Wisconsin – School of Veterinary Medicine: **Calf Respiratory Health Scoring Chart,** 2020. Online elérhető: https://www.vetmed.wisc.edu/fapm/wp-content/uploads/2020/01/calf_respiratory_scoring_chart.pdf Letöltés dátuma: 2024. 01. 29.
- Urbain, B., Gustin, P., Charlier, G., Coignoul, F., Lambotte, J.L., Grignon, G., Foliguet, B., Vidic, B., Beerens, D., Prouvost, J.F., Ansay, M.: **A morphometric and functional study of the toxicity of atmospheric ammonia in the extrathoracic airways in pigs.** Veterinary Research Communications 20, 381–399, 1996.

- Urbain, B., Gustin, P., Prouvost, J.F., Ansay, M.: **Quantitative assessment of aerial ammonia toxicity to the nasal mucosa by use of the nasal lavage method in pigs.** Am. J. Vet. Res. 55, 1335–1340, 1994.
- Urso, P.M., Turgeon, A., Ribeiro, F.R.B., Smith, Z.K., Johnson, B.J.: **Review: the effects of dust on feedlot health and production of beef cattle.** Journal of Applied Animal Research 49, 133–138, 2021.
- U.S. EPA.: **Air quality criteria for particulate matter (Final Report, 2004).** U.S. Environmental Protection Agency, 2004.
Online elérhető:
https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?Lab=NCEA&dirEntryId=87903
Letöltés dátuma: 2022. 08. 13.
- Van Cleemput, J., Poelaert, K.C.K., Laval, K., Van den Broeck, W., Nauwynck, H.J.: **Deoxynivalenol, but not fumonisin B1, aflatoxin B1 or diesel exhaust particles disrupt integrity of the horse's respiratory epithelium and predispose it for equine herpesvirus type 1 infection.** Vet Microbiol 234, 17–24, 2019.
- van Leenen, K., Jouret, J., Demeyer, P., Van Driessche, L., De Cremer, L., Masmeyjer, C., Boyen, F., Deprez, P., Pardon, B.: **Associations of barn air quality parameters with ultrasonographic lung lesions, airway inflammation and infection in group-housed calves.** Preventive Veterinary Medicine 181, 105056, 2020.
- van Leenen, K., Jouret, J., Demeyer, P., Vermeir, P., Leenknecht, D., Van Driessche, L., De Cremer, L., Masmeyjer, C., Boyen, F., Deprez, P., Cox, E., Devriendt, B., Pardon, B.: **Particulate matter and airborne endotoxin concentration in calf barns and their association with lung consolidation, inflammation, and infection.** Journal of Dairy Science 104, 5932–5947, 2021.
- Van Ransbeeck, N., Van Langenhove, H., Demeyer, P.: **Indoor concentrations and emissions factors of particulate matter, ammonia and greenhouse gases for pig fattening facilities.** Biosystems Engineering 116, 518–528, 2013.
- Wagner-Storch, A.M., Palmer, R.W.: **Day and night seasonal temperature differences for a naturally ventilated freestall barn with different stocking densities.** Journal of Dairy Science 85, 3534–3538, 2002.
- Wathes, C.M., Demmers, T.G.M., Xin, H.: **Ammonia concentrations and emissions in livestock production facilities: Guidelines and limits in the USA and UK,** 2003.
Online elérhető: <https://dr.lib.iastate.edu/entities/publication/17b8db88-b911-4ae2-a85c-2f99822176ec> Letöltés dátuma: 2022. 08. 13.
- Wathes, C.M., Jones, C.D., Webster, A.J.: **Ventilation, air hygiene and animal health.** Vet Rec 113, 554–559, 1983.

- Webster J.: **Calf Husbandry, Health And Welfare**. Collins, London, pp. 71-97, 1984.
- WHO: **WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Global update 2005**.
 Online elérhető: www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-PHE-OEH-06.02 Last modified August 12, 2006. Letöltés dátuma: 2024. 02. 28.
- WHO: **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide, 2021**.
 Online elérhető: www.who.int/publications/i/item/9789240034228 Last modified September 22, 2021. Letöltés dátuma: 2024. 02. 28.
- Windeyer, M.C., Leslie, K.E., Godden, S.M., Hodgins, D.C., Lissemore, K.D., LeBlanc, S.J.: **Association of bovine respiratory disease or vaccination with serologic response in dairy heifer calves up to three months of age**. American Journal of Veterinary Research 76, 239–245, 2015.
- Wójcik, A., Nałęcz-Tarwacka, T., Gołębiowski, M.: **Comparison of calves' rearing parameters in two different housing systems: indoor versus outdoor hutches**. Archives Animal Breeding 56, 628–637, 2013.
- Wójcik, J., Pilarczyk, R., Bilska, A., Weiher, O., Sanftleben, P.: **Performance and health of group-housed calves kept in igloo calf hutches and calf barn**. Pak Vet J 33, 175-178, 2013.
- Woolums, A., Ames, T., Baker, J.C.: **The bronchopneumonias (respiratory disease complex of cattle, sheep, and goats)**. In: Smith (Szerk.): Large Animal Internal Medicine. Mosby Elsevier, St. Louis, MO, pp. 602-643, 2009.
- Xiao, L., Herd, R.P.: **Infection patterns of Cryptosporidium and Giardia in calves**. Veterinary Parasitology 55, 257–262, 1994.
- Zhai, Y., Li, X., Wang, T., Wang, B., Li, C., Zeng, G.: **A review on airborne microorganisms in particulate matters: Composition, characteristics and influence factors**. Environment International 113, 74–90, 2018.
- Zhao, L.Y., Brugger, M.F., Manuzon, R.B., Arnold, G., Imerman, E.: **Variations in air quality of new ohio dairy facilities with natural ventilation systems**. Applied Engineering in Agriculture 23, 339–346, 2007.
- Zheng, W., Zhao, Y., Xin, H., Li, B., Gates, R., Zhang, Y., Soupir, M.: **Concentrations and size distributions of airborne particulate matter and bacteria in an experimental aviary laying-hen chamber**. Transactions of the ASABE 56, 1493–1501, 2013.
- Zou, B., Shi, Z., Du, S.: **Gases emissions estimation and analysis by using carbon dioxide balance method in natural-ventilated dairy cow barns**. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 13, 41–47, 2020.

6 KÖZLEMÉNYEK

6.1 AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ KÖZLEMÉNYEK

6.1.1 Lektorált, impakt faktoriall bíró tudományos folyóiratban megjelent/elfogadott publikációk

1. Sáfár, J., Hejel, P., Vass-Bognár, B., Kiss, L., Könyves, L., 2024.: Long-term monitoring of environmental risk factors of bovine respiratory disease complex in different dairy calf rearing conditions. **Közlésre elfogadva az Acta Veterinaria Brno folyóiratnál.**
2. Sáfár, J., Hejel, P., Vass-Bognár, B., Kiss, L., Könyves, L., 2024.: A szarvasmarhák légzőszervi betegség komplexe (BRDC) klinikai- és labor diagnosztikai vonatkozásai a teleti állatorvosi gyakorlatban - Irodalmi összefoglaló. **Magyar Állatorvosok Lapja** 146, 215-230.
3. Sáfár, J., Hejel, P., Vass-Bognár, B., Kiss, L., Seregi, B., Könyves, L., 2023.: The impact of environmental factors on bovine respiratory disease complex in dairy calves - a review. **Acta Vet. Brno** 92, 213–231.

6.1.2 A kutatás eredményeinek megjelenése tudományos konferenciákon

1. Sáfár, J., Hejel, P., Vass-Bognár, B., Kiss, L., Brydl E., Könyves, L.: Long-term monitoring of environmental risk factors of bovine respiratory disease complex in different dairy calf rearing conditions. **XXIII: Middle European Buiatric Congress, 2024. 04. 23-27., Brno.** Proceedings Book, University of Veterinary Sciences Brno, p. 77., 2024.
2. Sáfár, J., Hejel P., Bognár B., Kiss L., Seregi B., Könyves L.: Hagyományos és kiscsoportos borjúnevelő egységek klimatikus jellemzőinek leíró elemzése egy Holstein-fríz állományban. **A Magyar Buiatrikus Társaság 30. Jubileumi Nemzetközi Kongresszusa 2022. 03. 20-23., Eger.** Előadások, Magyar Buiatrikus Társaság pp. 57-64, 2022.
3. Sáfár, J., Hejel P., Bognár B., Kiss L., Könyves L., 2022: Hagyományos és kiscsoportos borjúnevelő egységek klimatikus jellemzőinek leíró elemzése egy holstein-fríz állományban. **MTA Akadémiai Beszámoló, Budapest, 2022**, 2021. évi 48. füzet
4. Sáfár, J., Hejel P., Kiss L., Könyves L., 2021: Holstein-fríz borjak egyes légzőszervi vírusokkal szembeni maternális védelemének időbeli változása. **MTA Akadémiai Beszámoló, Budapest, 2021**, 2020. évi 47. füzet

6.2 A DOKTORI KUTATÁS TÉMÁJÁHOZ NEM KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

1. Hejel P., Sáfár, J., Bognár B., Kiss L., Jurkovich V., Brydl E., Könyves L.: The impact of the oxidative status on the reproduction of cows and the calves' health – a review. Acta Vet. Brno, 90. 3-13, 2021.
2. Póth-Szebenyi, B., Nagyné Kiszlinger, H., Sáfár, J., Stefler, J., Balogh, O.G., Kern, L., Gábor, G., 2023. A vemhességi veszteséggel potenciálisan összefüggő biokémiai paraméterek vizsgálata tejelő szarvasmarhákban, in: 28. Szaporodásbiológiai Találkozó Összefoglalók. pp. 23–23.
3. Sáfár, J. – Antós-Nizsalóczki, M. – Bajcsy, Á.Cs.: Szarvasmarhák neosporosisának előfordulása és vetélésekben betöltött szerepe a Kárpát-medence térségében. Magyar Állatorvosok Lapja 2017. 139./729-737
4. Lepres, L. – Sáfár, J. – Németh, D.: Takarmányozási probléma, vagy fertőző ok? Avagy mit tegyünk, ha hasmenéses borjainkban tombolnak az egysejtűek. Esettanulmány. Magyar Buiatrikus Társaság XXVII. Nemzetközi Kongresszusa, 2017. Szeptember 13-16., Hévíz, ISBN: 978-963-87942-9-1 p. 210-212
5. Sáfár, J. – Antós-Nizsalóczki, M. – Bajcsy, Á. CS.: Seroprevalences of a possible causative agent in bovine abortions – Neospora caninum – in the region of the Carpathian Basin. XVIIth Middle European Buiatric Congress 3rd-6th May 2017, Strbske Pleso - High Tatras, Slovakia, ISBN:798-80-8077-531-5. 2017. p. 44 (angol nyelvű előadás)
6. Górriz-Martín, L. – Meyerholz, M. - Rohmeier, L. – Hettel, C. – Sáfár, J. – Zámbo, L. – Hoedemaker, M. – Kühn, C. – Petzl, W. – Zerbe, H. – Engelmann, S. – Schuberth, H. J. – Bajcsy, Á. CS.: Genital tract examination of genetically selected heifers postpartum after experimentally induced mastitis with Escherichia coli an Staphylococcus aureus. XVIIth Middle European Buiatric Congress 3rd-6th May 2017, Strbske Pleso - High Tatras, Slovakia, 798-80-8077-531-5. 2017. p. 46.
7. Górriz-Martín, L. – Meyerholz, M. - Rohmeier, L. – Safar, J. – Zambo, L. – Hoedemaker, M. – Kühn, C. – Petzl, W. – Zerbe, H. – Engelmann, S. – Schuberth, H. J. – Bajcsy, A. CS.: Spontaneous and induced myometrial contractility in vitro in genetically selected heifers post-partum after experimentally induced mastitis with Escherichia coli (E. c.) and Staphylococcus aureus (S. a.). Reproduction in Domestic Animals Vol. 52. Supplement 1. p. 19-20.
8. Kiss, G. - Durel, L. – Máté, K. – Sáfár, J. – Kürtös, G. – Lang, Z. – Hartmann, CS. – Szajkó, L. - Bajcsy Á. CS.: Investigations on the use of glucoforming and appetitive substances in early postpartum dairy cows. XVIth Middle European Buiatric Congress 7th-9th April 2016

Congress Centre Aldis, a.s., Hradec Kralove, Czech Republic, 978-80-87157-13-8. 2016. p. 99.

9. Kiss, G. - Durel, L. - Máté, K. - Sáfár, J. - Kürtös, G. - Lang, Z. - Hartmann, CS. - Szajkó, L. - Bajcsy Á. CS.: Glükoplasztikus és étvágyjavító takarmánykiegészítők hatásának vizsgálata frissen ellett teheneknél. Magyar Állatorvosok Lapja, 0025-004X. 2016. 138/Suppl. p. 161-163
10. Sáfár, J. Bajcsy, Á. CS.: Szarvasmarhák neosporózisának előfordulása a Kárpát-medencében. Magyar Állatorvosok Lapja 2015. 137 (Supplement I) p. 91-94.

7 Köszönetnyilvánítás

Szeretném első sorban megköszönni családom és barátaim bátorítását a doktori program elkezdéséhez és köszönöm a Vet-Med-Labor Zrt.-nél dolgozó kollégáimnak, hogy türelmükkel és támogatásukkal elősegítették a képzés és a vizsgálatok munkahelyi kötelezettségeimmel való összeszervezését. Köszönöm kedvesem, Boglárka támogatását, a cikkek és az értekezés megírása során nyújtott türelmét és kedves szavait, mellyel könnyebbé tette a munka utolsó fázisát.

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Könyves Lászlónak, aki a kezdetektől fogva tanácsaival segítette a munkámat.

Külön köszönetet szeretnék mondani Dr. Hejel Péternek, akivel a vizsgálatok előkészítésétől kezdődően a mintavételeken át közösen dolgoztunk, segítsége, kitartása és tanácsai nélkül nem jöhetett volna létre a dolgozat. Köszönöm Dr. Vass-Bognár Barbarának és Dr. Zolnai Ferencnek a mintavételekben nyújtott segítségüket.

Kiemelt köszönet illeti Kiss Lászlót, a Kossuth 2006 Zrt. főágazatvezetőjét, aki idejét nem kímélve segítette a vizsgálatainkat, részt vett a mintavételekben és biztosította számunkra a munkánkhoz szükséges körülményeket, valamint köszönöm minden ott dolgozónak, aki részt vett a borjak nevelésében és a mintavételekben.

Köszönet illeti az ÁTE Állathigiénia, Állomány-egészségtani Tanszék és Mobilklinika munkatársait, akik segítettek a mintavételek szervezését és lebonyolítását. Hálával tartozom a statisztikai elemzésekben nyújtott munkájáért Dr. Seregi Bernadettnek és Tóth Gergőnek.

Szeretnék köszönetet mondani a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséért a Vet-Med-Labor Zrt. munkatársainak, az ÁTE Járványtani és Mikrobiológiai Tanszéken Dr. Forgách Petrának és Csapatának, az ÁTE Kóréletani és Onkológiai Tanszék laboratóriumi munkatársainak, valamint az Eurofins Vetcontrol Kft. munkatársainak.

A munkát az EFOP-3.6.2-16-20017-00012 „Funkcionális, egészséges és biztonságos élelmiszer termékpálya modell kidolgozása a szántóföldtől az asztalig elv alapján, tematikus kutatási hálózatban” c. projekt támogatta.

8 Függelék

I. **Függelék 1. Táblázat**

Az U1, U2 és U3 egységekben mért mikroklimatikus paraméterek havi átlagértékei.

II. **Függelék 2. Táblázat**

A KRSZ, ILMV és rögzített mérőeszközök által a téli hónapokban, 9:00 és 12:00 között mért különböző mikroklimatikus és aeroszol paraméterek havi átlagértékei az U1 (KCSB), U2 (7CSBH) és U3 (HCSB) helyszíneken.

III. **Függelék 3. Táblázat**

A vizsgált borjak testtömeg adatai (kg) az egyes mintavételek időrendjében.

IV. **Függelék 4. Táblázat**

A testtömeg gyarapodása (kg) az egyes mérési időpontok közötti időszakok során.

V. **Függelék 5. Táblázat**

Az egyes megbetegedés-kategóriákba sorolt megfigyelések gyakorisága és száma a külön tartás helyszíneire való áthelyezés előtt és után a CON és EXP csoportokban 39,3°C és 39,5 °C láz határérték esetén.

VI. **Függelék 6. Táblázat**

Az egyes megbetegedés-kategóriákba tartozó borjak száma és aránya a két tartási helyre (KCSB = kísérleti, EXP; HCSB = kontroll, CON) történő áttelepítést követő időszakban.

VII. **Függelék 7. Táblázat**

A hematológiai paraméterekre egyes korcsoportokban jellemző, egészséges borjak átlagértékeiből számított 95 %-os konfidencia intervallumok.

VIII. **Függelék 8. Táblázat**

Az egyes korcsoportokra jellemző, egészséges borjak adatai alapján számított hematológiai referencia tartományok (95 %-os konfidencia intervallum).

Függelék 1. Táblázat Az U1, U2 és U3 egységekben mért mikroklimatikus paraméterek havi átlagértékei. A dőlt betűvel jelzett adatok azt az időszakot jelzik, amikor párhuzamosan mindhárom egységben történtek mérések.

Eszköz (helyszín)	Hónap	T (°C)		RH (%)		WS (m/s)		PM2,5 (µg/m ³)		PM10 (µg/m ³)		CO ₂ (ppm)		H ₂ S (ppb)		NH ₃ (ppb)	
		átlag	sd	átlag	sd	átlag	sd	átlag	sd	átlag	sd	átlag	sd	átlag	sd	átlag	sd
U1 (KCSB)	Szept.	17,18	5,62	71,31	20,01	0,63	0,77	7,64	7,83	8,69	8,01						
	Okt.	12,51	5,84	77,02	16,88	0,57	0,74	22,54	24,27	23,92	24,72						
	Nov.	8,69	3,44	94,27	7,95	0,75	0,68	22,94	19,13	24,31	19,51						
	Dec.	2,89	3,96	92,19	7,65	0,67	0,65	28,84	19,08	30,41	19,47	mérés nem történt		mérés nem történt		mérés nem történt	
	Jan.	-0,66	2,59	92,68	7,73	0,61	0,69	43,06	29,40	44,82	29,79						
	Febr.	4,89	4,43	73,55	13,29	1,47	1,41	16,59	21,09	17,83	21,49						
U2 (7CSBH)	Szept.	17,46	5,60	68,51	20,20	1,05	1,07	9,31	28,09	10,39	28,47						
	Okt.	12,80	5,86	72,92	15,60	0,89	0,89	19,83	28,41	21,12	28,86						
	Nov.	8,82	3,30	88,49	7,79	0,90	0,86	17,76	14,12	18,94	14,41						
	Dec.	2,65	3,83	88,97	8,24	0,88	0,92	24,53	15,10	26,03	15,52	mérés nem történt		mérés nem történt		mérés nem történt	
	Jan.	-0,90	2,49	91,19	8,95	0,71	0,69	43,66	53,86	45,44	54,52						
	Febr.	4,85	4,22	70,30	13,51	1,45	1,56	13,78	18,07	14,98	18,42						
U3 (HCSB)	Júl.	28,01	4,52	52,66	11,16	0,07	0,16	6,26	8,44	7,18	8,63	932,92	647,31	6,29	14,52	528,04	581,78
	Aug.	29,30	4,41	51,98	9,83	0,06	0,15	6,52	6,96	7,42	7,14	1075,00	807,40	7,88	15,64	284,64	351,75
	Szept.	22,33	4,20	55,15	11,34	0,04	0,13	6,22	6,69	7,21	6,86	1022,73	883,71	5,47	10,94	1055,87	1073,48
	Okt.	17,81	4,63	58,11	8,72	0,05	0,16	17,31	17,90	18,54	18,23	1413,05	1135,33	1,64	1,11	307,17	299,16
	Nov.	14,78	2,45	73,06	4,73	0,01	0,09	11,08	9,50	11,85	9,97	1005,22	825,17	1,77	5,88	70,41	85,42

Magyarázat: Az U1, U2 és U3 a telepített mérőeszközök elnevezései, egyúttal jelölik a borjúnevelő egységeket is: 7CSBH = csoportos borjúházak 7 borjú számára (U2), KCSB = kísérleti csoportos borjúház (U1), HCSB = hagyományos csoportos borjúnevelő istálló (U3); T = hőmérséklet, RH = relatív páratartalom, WS = szélesség; PM2,5 és PM10 = 2,5 és 10 µm mérettartományú szállópor koncentráció; CO₂ = szén-dioxid; H₂S = kén-hidrogén; NH₃ = ammónia; sd = szórás.

Függelék 2. Táblázat A KRSZ, ILMV és rögzített mérőeszközök által a téli hónapokban, 9:00 és 12:00 között mért különböző mikroklimatikus és aeroszol paraméterek havi átlagértékei az U1 (KCSB), U2 (7CSBH) és U3 (HCSB) helyszíneken. A táblázat alsó része az U1, U2 és U3 egységeket a KRSZ eredményei alapján összehasonlító ANOVA tesztek *P* értékeit mutatja, ahol a szignifikáns eredmények (*P* < 0,05) csillaggal vannak jelölve.

Eszköz	Helyszín	Hónap	T	RH	PM2,5	PM10	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	2,5 µm	5,0 µm	10,0 µm	Élőcsíra-terhelése	
			°C	%	µg/m ³	µg/m ³	db/m ³	db/m ³	db/m ³	db/m ³	db/m ³	db/m ³	db/m ³	CFU/m ³
			átlag	átlag	átlag	átlag	átlag	átlag	átlag	átlag	átlag	átlag	átlag	
			<i>sd</i>	<i>sd</i>	<i>sd</i>	<i>sd</i>	<i>sd</i>	<i>sd</i>	<i>sd</i>	<i>sd</i>	<i>sd</i>	<i>sd</i>	<i>sd</i>	
KRSZ és ILMV (9:00 – 12:00)	U1 (GCH)	Dec.	6,33	82,05	87,03	148,12	139109,97	51132,97	8928,64	728,00	232,42	50,16	8100,00	
			2,37	8,54	99,87	153,91	80775,83	39817,37	8080,78	687,95	232,81	57,57	6318,23	
		Jan.	2,32	83,80	213,10	352,18	222237,37	91697,69	18320,39	1267,82	359,83	75,43	17744,44	
			1,30	11,04	228,87	352,30	96599,08	50046,79	11736,66	897,36	257,42	65,07	16495,39	
		Febr.	7,05	62,91	18,21	48,43	126698,82	25183,70	2354,68	238,21	59,68	15,18	mérés nem történt	
			1,80	18,96	33,43	79,72	114371,68	21919,90	1741,04	156,70	37,47	7,96		
	U2 (7GCP)	Dec.	6,20	78,43	279,45	314,45	175306,83	76586,18	14290,30	1169,11	292,50	63,75	10700,00	
			2,03	14,67	387,50	336,75	66889,76	44795,09	12688,60	786,49	229,40	44,45	9165,70	
		Jan.	6,12	77,58	97,94	146,94	137304,42	47615,09	7214,23	727,67	166,90	43,38	6333,33	
			3,25	10,14	221,10	204,61	93518,90	42487,40	6721,49	722,66	180,56	46,76	6380,18	
		U3 (CGB)	Jan.	2,50	77,24	115,02	244,29	192304,52	77676,71	13653,83	1361,76	344,21	99,74	6866,67
				1,59	10,26	113,75	236,52	81604,98	41022,69	8592,72	669,20	202,34	85,65	4927,47
Febr.	7,54	61,40	13,20	37,48	144436,48	21729,60	2411,13	255,10	65,65	17,83	6100,00			
	3,60	17,87	10,43	30,98	100716,29	17502,46	2283,82	190,15	47,91	13,75	4782,26			
Folyamatos mérés (9:00 – 12:00)	U1 (GCH)	Dec.	4,58	89,83	29,02	30,62								
			3,45	8,64	18,00	18,41								
		Jan.	0,18	90,93	44,85	46,55							mérés nem történt	
	2,36		8,20	29,68	30,10									
	Febr.	7,98	66,60	11,52	12,70									
		2,47	14,64	15,79	16,14									
U2 (7GCP)	Dec.	4,15	87,66	22,78	24,30							mérés nem történt		
		3,11	9,48	12,32	12,76									
ANOVA <i>P</i> -érték	Összevetés		T	RH	PM2,5	PM10	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	2,5 µm	5,0 µm	10,0 µm		
	Dec.	U1-U2	0,3485	0,5512	0,4694	0,7166	0,6960	0,8591	0,8989	0,9812	0,7134	0,7814		
		U1-U3	0,6004	0,8409	0,7187	0,7804	1,0000	0,9851	0,8966	0,9293	0,9342	0,9986		
		U2-U3	0,0497*	0,8775	0,9053	0,9917	0,6958	0,9335	1,0000	0,9053	0,9917	0,7608		
	Dec.-Febr.	U1-U3	0,6916	0,0026*	0,0168*	0,0289*	0,2952	0,0494*	0,0064*	0,9432	0,1038	0,7564		

Magyarázat: KRSZ = kézi részecskeszámológó, ILMV = impakciós levegő-mintavevő; az U1, U2 és U3 a telepített mérőeszközök elnevezései, egyúttal jelölik a borjúnevelő egységeket is: 7CSBH = csoportos borjúházak 7 borjú számára (U2), KCSB = kísérleti csoportos borjúház (U1), HCSB = hagyományos csoportos borjúnevelő istálló (U3); T = hőmérséklet, RH = relatív páratartalom, WS = szélesebbesség; PM2,5 és PM10 = 2,5 és 10 µm mérettartományú szállópor koncentráció; 0,3 – 10,0 µm db/m³ a 0,3 – 10,0 µm méretű szállópor részecskék számát fejezi ki 1 m³ levegőre vonatkoztatva; CFU = telepkepző egység (colony forming unit).

Függelék 3. Táblázat A vizsgált borjak testtömeg adatai (kg) az egyes mintavételek időrendjében.

Csoport	Mintavétel	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Összes	Átlag	37,19	65,03	105,28	114,28	116,30	140,14	199,64
	Min	26,00	47,20	87,80	94,20	98,60	115,20	172,00
	Max	46,80	76,00	122,20	134,00	135,40	164,40	241,00
	Szórás	5,45	5,93	9,07	10,43	9,99	13,06	18,24
CON	Átlag	37,06	65,54	106,20	114,44	116,69	138,60	200,13
	Min	28,00	59,00	92,80	94,20	98,60	115,20	172,00
	Max	46,80	75,60	122,20	134,00	135,40	164,40	241,00
	Szórás	4,83	4,46	9,63	12,58	12,19	16,17	20,83
EXP	Átlag	37,36	64,35	104,05	114,07	115,78	142,19	199,00
	Min	26,00	47,20	87,80	101,60	102,20	125,60	176,00
	Max	46,80	76,00	116,60	124,50	126,60	150,60	222,00
	Szórás	6,41	7,64	8,51	7,16	6,44	7,35	14,95

Magyarázat: CON = kontroll csoport, EXP = kísérleti csoport

Függelék 4. Táblázat A testtömeg gyarapodása (kg) az egyes mérési időpontok közötti időszakok során. A CON és EXP csoportok közötti különbség szignifikáns az egyes időszakokban, ha a $P < 0,05$.

Csoport	Periódus	1-2.	2-3.	3-4.	4-5.	5-6.	6-7.
Összes	Átlag	27,84	40,25	9,00	2,02	23,84	59,50
	Min	19,60	22,60	-6,60	-3,20	-0,60	15,00
	Max	35,20	51,60	20,60	9,70	32,80	84,60
	Szórás	4,41	7,70	4,30	2,87	7,85	14,88
CON	Átlag	28,48	40,66	8,24	2,25	21,91	61,53
	Min	22,40	30,20	-6,60	-3,00	-0,60	15,00
	Max	35,20	51,60	13,60	9,70	32,80	84,60
	Szórás	4,02	7,76	4,61	2,91	9,41	16,52
EXP	Átlag	26,99	39,70	10,02	1,72	26,41	56,81
	Min	19,60	22,60	5,20	-3,20	18,10	36,00
	Max	33,40	48,60	20,60	5,20	32,00	75,40
	Szórás	4,93	7,93	3,81	2,91	4,23	12,53
P-érték		0,390	0,580	0,255	0,896	0,745	0,577

Magyarázat: CON = kontroll csoport, EXP = kísérleti csoport

Függelék 5. Táblázat Az egyes megbetegedés-kategóriákba sorolt megfigyelések gyakorisága és száma a külön tartás helyszíneire való áthelyezés előtt és után a CON és EXP csoportokban 39,3°C és 39,5 °C láz határérték esetén. Zárójelben tüntettük fel az adott kategória megfigyeléseinek számát.

Láz érték	Megbetegedés kategóriák	CON		EXP	
		előtte % (db)	utána % (db)	előtte % (db)	utána % (db)
39,3 °C	I.	78,24 (435)	69,92 (358)	80,00 (336)	84,90 (326)
	II.	7,73 (43)	3,52 (18)	8,57 (36)	4,43 (17)
	III.	1,44 (8)	0,59 (3)	2,14 (9)	0,26 (1)
	IV.	1,44 (8)	1,76 (9)	1,43 (6)	0,52 (2)
	V.	11,15 (62)	24,22 (124)	7,86 (33)	9,90 (38)
	Összesen	100 (556)	100 (512)	100 (420)	100 (384)
39,5 °C	I.	83,81 (466)	84,57 (433)	83,10 (349)	91,41 (351)
	II.	8,45 (47)	4,49 (23)	9,05 (38)	4,43 (17)
	III.	1,80 (10)	0,78 (4)	2,14 (9)	0,26 (1)
	IV.	1,08 (6)	1,56 (8)	1,43 (6)	0,52 (2)
	V.	4,86 (27)	8,59 (44)	4,29 (18)	3,39 (13)
	Összesen	100 (556)	100 (512)	100 (420)	100 (384)

Függelék 6. Táblázat Az egyes megbetegedés-kategóriákba tartozó borjak száma és aránya a két tartási helyre (KCSB = kísérleti, EXP; HCSB = kontroll, CON) történő áttelepítést követő időszakban.

Periódus	Betegség kategória	Helyszín	Csoport	Összes borjú	Érintett borjak száma	Érintett borjak aránya (%)
4. – 5. Választás végétől – Áttelepítés első 72 órája	I.	HCSB	CON	16	11	68,75
		KCSB	EXP	12	7	58,33
	II.	HCSB	CON	16	4	25,00
		KCSB	EXP	12	2	16,67
	III.	HCSB	CON	16	0	0,00
		KCSB	EXP	12	1	8,33
	IV.	HCSB	CON	16	0	0,00
		KCSB	EXP	12	1	8,33
	V.	HCSB	CON	16	1	6,25
		KCSB	EXP	12	1	8,33
5. – 6. Különtartás időszaka (HCSB-ben vagy KCSB- ben)	I.	HCSB	CON	16	1	6,25
		KCSB	EXP	12	4	33,33
	II.	HCSB	CON	16	2	12,50
		KCSB	EXP	12	4	33,33
	III.	HCSB	CON	16	1	6,25
		KCSB	EXP	12	0	0,00
	IV.	HCSB	CON	16	2	12,50
		KCSB	EXP	12	0	0,00
	V.	HCSB	CON	16	10	62,50
		KCSB	EXP	12	4	33,33
6 – 7. Együtt-tartás időszaka (HCSB-ben)	I.	HCSB	CON	16	5	31,25
		HCSB	EXP	12	5	41,67
	II.	HCSB	CON	16	2	12,50
		HCSB	EXP	12	5	41,67
	III.	HCSB	CON	16	0	0,00
		HCSB	EXP	12	0	0,00
	IV.	HCSB	CON	16	0	0,00
		HCSB	EXP	12	0	0,00
	V.	HCSB	CON	16	9	56,25
		HCSB	EXP	12	2	16,67

Függelék 7. Táblázat A hematológiai paraméterekre egyes korcsoportokban jellemző, egészséges borjak átlagértékeiből számított 95 %-os konfidencia intervallumok. Az egyes korcsoportoknál zárójelben jelöltük a mintaelemszámot.

Paraméter	Egység	1-3 napos (23)	5-6 hetes (21)	10-12 hetes (18)	11-13 hetes (18)	16-18 hetes (22)	21-24 hetes (27)
RBC	10 ¹² /L	6,63 - 7,5	9,07 - 9,83	9,02 - 9,97	9,08 - 10,14	8,87 - 9,95	8,33 - 9,07
HGB	g/L	86,52 - 99,39	111,21 - 118,22	111,53 - 118,24	111,56 - 121,67	110,3 - 118,6	104,86 - 111,44
HCT	L/L	0,27 - 0,31	0,32 - 0,34	0,31 - 0,33	0,31 - 0,34	0,31 - 0,33	0,29 - 0,31
MCV	fL	40,07 - 42,48	34,13 - 35,58	33,05 - 35,21	32,95 - 35,13	32,73 - 34,97	33,39 - 35,46
MCH	pg	12,78 - 13,51	11,92 - 12,42	11,81 - 12,54	11,79 - 12,61	11,88 - 12,63	12,14 - 12,86
MCHC	g/L	312,63 - 324,59	346,64 - 351,64	352,26 - 360,97	354,24 - 362,09	358,92 - 365,35	360,52 - 365,55
CHCM	g/L	298,86 - 311,23	330,19 - 333,9	340,71 - 345,18	342,94 - 349,62	348,98 - 354,93	346,16 - 351,91
CH	pg	12,17 - 12,91	11,26 - 11,71	11,29 - 11,99	11,36 - 12,06	11,47 - 12,17	11,63 - 12,25
RDW	%	18,76 - 20,37	21,64 - 23,79	20,05 - 22,09	19,87 - 22,27	19,44 - 21,43	19,57 - 21,02
HDW	g/L	25,25 - 28,22	23,01 - 24,87	18,83 - 20,66	18,3 - 19,93	18,45 - 20,11	18,04 - 19,67
PLT	10 ⁹ /L	289,65 - 402,09	424,74 - 532,49	457,38 - 566,62	502,04 - 598,74	371,36 - 485,55	340,2 - 417,8
MPV	fL	6,41 - 7,25	5,52 - 5,81	5,69 - 6,11	5,37 - 5,88	6,02 - 6,41	6,87 - 7,47
MPC	g/L	218,02 - 233,8	243,61 - 251,34	241,58 - 255,2	249,09 - 266,47	231,08 - 239,65	206,41 - 218,92
PCT	%	0,19 - 0,26	0,24 - 0,29	0,27 - 0,33	0,28 - 0,34	0,23 - 0,3	0,24 - 0,29
PDW	%	72,12 - 86,26	52,17 - 56,86	53,54 - 57,7	53,95 - 58,33	55,61 - 59,83	57,23 - 62,08
WBC	10 ⁹ /L	7,03 - 8,62	9,91 - 12,27	9,66 - 12,24	9,05 - 10,99	9,92 - 12,26	10,12 - 13,53
%NEUT	%	56,05 - 64,42	34,33 - 40,16	26,98 - 34,92	24,88 - 32,07	18,85 - 25,11	19,19 - 23,47
%LYMPH	%	27,74 - 33,79	48,53 - 54,01	52,78 - 59,91	56,05 - 63,08	63,6 - 70	66,87 - 72,44
%MONO	%	2,87 - 6,15	7,56 - 9,38	8,23 - 10,18	7,48 - 9,23	6,51 - 9,55	4,38 - 7,4
%EOS	%	0,74 - 2,47	0,57 - 0,88	0,68 - 1,35	0,7 - 1,39	1,3 - 1,83	0,78 - 1,38
%BASO	%	0,72 - 1,24	0,68 - 0,84	0,64 - 0,78	0,71 - 0,94	0,77 - 0,93	0,65 - 0,8
%LUC	%	1,35 - 2,47	1,24 - 1,84	1,24 - 2,29	1,15 - 2,32	0,54 - 0,96	0,98 - 1,69
#NEUT	10 ⁹ /L	4,05 - 5,43	3,52 - 4,88	2,72 - 4,36	2,35 - 3,58	1,99 - 3,1	2,12 - 2,8
#LYMPH	10 ⁹ /L	2,09 - 2,7	5,01 - 6,3	5,55 - 6,52	5,48 - 6,27	6,6 - 8,09	6,85 - 9,8
#MONO	10 ⁹ /L	0,22 - 0,47	0,84 - 0,98	0,87 - 1,12	0,73 - 0,94	0,72 - 0,99	0,52 - 0,84
#EOS	10 ⁹ /L	0,08 - 0,18	0,06 - 0,1	0,06 - 0,17	0,06 - 0,15	0,14 - 0,2	0,1 - 0,15
#BASO	10 ⁹ /L	0,06 - 0,1	0,09 - 0,11	0,06 - 0,1	0,07 - 0,1	0,09 - 0,1	0,08 - 0,12
#LUC	10 ⁹ /L	0,1 - 0,21	0,14 - 0,21	0,11 - 0,25	0,11 - 0,23	0,06 - 0,12	0,11 - 0,2
MPXI		-6,67 - -2,21	0,83 - 3,09	-0,78 - 1,54	-1,29 - 2,2	0,38 - 2,72	-0,28 - 1,59

Magyarázat: Az egyes hematológiai paraméterek teljes neve a **Rövidítések** fejezetben olvasható.

Függelék 8. Táblázat Az egyes korcsoportokra jellemző, egészséges borjak adatai alapján számított hematológiai referencia tartományok (95 %-os konfidencia intervallum). Az egyes korcsoportoknál zárójelben jelöltük a mintaelemszámot.

Paraméter	Egység	1-3 napos (23)	5-6 hetes (21)	10-12 hetes (18)	11-13 hetes (18)	16-18 hetes (22)	21-24 hetes (27)
RBC	10 ¹² /L	5,00 - 9,13	7,70 - 11,2	7,47 - 11,52	7,34 - 11,88	6,90 - 11,93	6,76 - 10,64
HGB	g/L	62,10 - 123,82	98,64 - 130,79	100,65 - 129,12	95,17 - 138,06	94,99 - 133,92	91,06 - 125,24
HCT	L/L	0,20 - 0,38	0,28 - 0,37	0,27 - 0,37	0,27 - 0,39	0,26 - 0,37	0,25 - 0,35
MCV	fL	35,50 - 47,06	31,53 - 38,18	29,56 - 38,71	29,41 - 38,67	28,61 - 39,09	29,05 - 39,80
MCH	pg	11,41 - 14,88	11,02 - 13,31	10,62 - 13,73	10,48 - 13,92	10,52 - 13,99	10,62 - 14,37
MCHC	g/L	289,94 - 347,28	337,69 - 360,59	338,13 - 375,09	341,52 - 374,81	347,07 - 377,21	349,97 - 376,11
CHCM	g/L	275,38 - 334,71	323,54 - 340,56	333,47 - 352,42	332,10 - 360,45	338,00 - 365,90	334,11 - 363,96
CH	pg	10,77 - 14,32	10,45 - 12,52	10,16 - 13,12	10,24 - 13,18	10,17 - 13,47	10,35 - 13,53
RDW	%	15,73 - 23,40	17,79 - 27,64	16,74 - 25,40	15,98 - 26,16	15,76 - 25,11	16,51 - 24,07
HDW	g/L	19,62 - 33,86	19,68 - 28,19	15,86 - 23,63	15,65 - 22,57	15,40 - 23,16	14,62 - 23,10
PLT	10 ⁹ /L	76,25 - 615,49	231,74 - 725,50	280,26 - 743,74	345,26 - 755,51	160,64 - 696,27	177,38 - 580,62
MPV	fL	4,82 - 8,85	5,00 - 6,32	5,01 - 6,79	4,55 - 6,70	5,31 - 7,12	5,61 - 8,73
MPC	g/L	188,08 - 263,75	229,76 - 265,20	219,50 - 277,28	220,91 - 294,65	215,26 - 255,47	180,16 - 245,18
PCT	%	0,06 - 0,40	0,15 - 0,39	0,17 - 0,43	0,17 - 0,45	0,11 - 0,42	0,14 - 0,40
PDW	%	45,28 - 113,09	43,76 - 65,27	46,80 - 64,44	46,85 - 65,43	47,83 - 67,61	47,05 - 72,27
WBC	10 ⁹ /L	4,00 - 11,65	5,67 - 16,51	5,47 - 16,43	5,90 - 14,14	5,59 - 16,60	2,98 - 20,67
%NEUT	%	40,18 - 80,29	23,87 - 50,61	14,09 - 47,81	13,21 - 43,73	7,31 - 36,65	10,20 - 32,46
%LYMPH	%	16,25 - 45,27	38,72 - 63,83	41,22 - 71,47	44,65 - 74,48	51,79 - 81,81	55,18 - 84,12
%MONO	%	0 - 12,39	4,30 - 12,64	5,06 - 13,35	4,65 - 12,06	0,90 - 15,16	0 - 13,72
%EOS	%	0 - 5,76	0,02 - 1,42	0 - 2,44	0 - 2,49	0,32 - 2,80	0 - 2,64
%BASO	%	0 - 2,24	0,39 - 1,14	0,40 - 1,02	0,34 - 1,32	0,48 - 1,22	0,33 - 1,12
%LUC	%	0 - 4,60	0,17 - 2,91	0 - 3,99	0 - 4,23	0 - 1,72	0 - 3,18
#NEUT	10 ⁹ /L	1,44 - 8,04	1,07 - 7,33	0,07 - 7,01	0,35 - 5,57	0 - 5,15	0,7 - 4,22
#LYMPH	10 ⁹ /L	0,92 - 3,87	2,70 - 8,61	3,99 - 8,08	4,20 - 7,56	3,84 - 10,85	0,66 - 15,99
#MONO	10 ⁹ /L	0 - 0,94	0,59 - 1,23	0,46 - 1,53	0,38 - 1,29	0,22 - 1,49	0 - 1,50
#EOS	10 ⁹ /L	0 - 0,37	0 - 0,19	0 - 0,34	0 - 0,30	0,02 - 0,32	0 - 0,25
#BASO	10 ⁹ /L	0 - 0,17	0,03 - 0,17	0 - 0,16	0,02 - 0,16	0,05 - 0,14	0 - 0,20
#LUC	10 ⁹ /L	0 - 0,41	0,01 - 0,33	0 - 0,48	0 - 0,42	0 - 0,25	0 - 0,37
MPXI		0 - 6,25	0 - 7,14	0 - 5,29	0 - 7,85	0 - 7,04	0 - 5,51

Magyarázat: Az egyes hematológiai paraméterek teljes neve a **Rövidítések** fejezetben olvasható.