

Állatorvostudományi Egyetem

Szülészeti Tanszék és Haszonállat-Gyógyászati Klinika

Tejhasznú tehenek növekvő termelésének összefüggése a fertilitással

TDK dolgozat

Készítette: Amma Zsófia

VI. éves állatorvostan-hallgató

Témavezető: Dr. Solti László

professor emeritus

Budapest

2022

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Célkitűzések	4
3. Irodalmi áttekintés.....	4
2.1 Élettani háttér.....	5
2.2 A növekvő tejtermeléssel párhuzamosan romló fertilitás	7
2.3 Hibás következtetések?	10
2.4 A tejtermelés és a fertilitás antagonizmusának ellentmondó kutatások	12
4. Anyag és módszer.....	16
4.1 Vizsgált telepek és technológia	16
4.2 Kísérleti állatok, a használt termelési és reprodukciós mutatók.....	17
4.3 A statisztikai elemzés módszerei.....	17
5. Eredmények.....	18
6. Az eredmények értékelése.....	22
7. Összefoglalás.....	26
8. Irodalomjegyzék.....	27
9. Köszönetnyilvánítás	33

Fogalommeghatározások és rövidítések jegyzéke

ART: Asszisztált Reprodukciós Technikák

BCS: Body Condition Score, testkondíció-pontszám

DMI: Dry Matter Intake, szárazanyag-felvétel

Ellési arány: a megellett tehenek száma a vemhesült állatokhoz viszonyítva

Fogamzási arány/vemhesülési arány: a vemhesült tehenek száma a termékenyített állatokhoz viszonyítva

NEB: Negative Energy Balance, negatív energiamérleg

NEFA: Non-Esterified Fatty Acids, nem észterifikált zsírsavak

Szerviz periódus/üres napok száma: az elléstől az újrafogamzásig eltelt idő

Termékenyítési index: a fogamzáshoz szükséges termékenyítések száma

TMR: Total Mixed Ration, komplett fejadag

305 napra vetített tejhozam: a laktáció során megtermelt tejmennyiség standard 305 napra korrigálva

1. Bevezetés

Az állattenyésztés egyik legfontosabb pillére a reprodukciós készség, hisz a profittermelés mértéke – állatfajtól és ágazattól függetlenül – ennek sikerén alapszik. Ideális esetben a tehén a megfelelő időben, első termékenyítésre vemhesül, kihordja borját és emellett naponta minimum 40 liter tejet termel. A termékenység tehát a hatékony tejtermelés kritikus összetevője. Azonban a tejelő szarvasmarhák esetében széles körben beszámoltak a termékenységnek a tejtermelés növekedésével párhuzamos csökkenéséről. Sok tanulmány szerint az utóbbi évtizedekben a laktációra és a jobb takarmányértékesülésre irányuló intenzív szelekció kedvezőtlenül befolyásolta az állatok fertilitását. Ennek megfelelően a tejtermelő ágazatban elterjedt általános vélekedés szerint a tejtermelés és a tejelő tehenek szaporodási teljesítménye között elkerülhetetlen negatív korreláció áll fenn. Azonban a termékenységet és a tejtermelést összekötő pontos fiziológiai mechanizmusok a jelentős kutatások ellenére továbbra is bizonytalanok. A kísérleti eredmények kétértelműek, ugyanis a fertilitás többtényezős tulajdonság: hanyatlását genetikai, környezeti, takarmányozási és menedzsmenti tényezők egyaránt okozhatják. Ez a bonyolult kapcsolatrendszer megnehezíti a visszaesés okának meghatározását és az állomány szaporaságának pontos értékelését. Néhány újabb kutatás egyre inkább cáfolja a fent említett hiedelmet, miszerint a reprodukciós mutatók a növekvő tejtermeléssel párhuzamosan szükségszerűen romlanak. Kutatásunkban ennek az ellentmondásnak kívánunk utánajárni.

2. Célkitűzések

A szakirodalomban található ellentmondásos adatok alapján nem lehet eldönteni, hogy a növekvő tejtermelés és a romló szaporodás között van-e szükségszerű korreláció. Jelen kutatás célja a tejtermelés és a fertilitás közötti összefüggés felmérése volt holstein-fríz telepeken. A vizsgálatokhoz azért választottuk a holstein-frízt, mert ez egy klasszikusan nagytejű fajtának minősül. Három dél-magyarországi szarvasmarhatelepet vizsgáltunk közel 12 évre visszamenően: az adatok a 2010.01.01. és a 2022.08.18. közötti időszakból származnak. Az adatgyűjtés 2022.08.03. és 2022.08.18. között történt. A telepek - magyar viszonylatban - átlagos menedzsmenttel rendelkeznek, így minimalizálva a telepvezetés hibáiból adódó, esetleg hibás következtetéseket.

3. Irodalmi áttekintés

A genetika és a menedzsment terén elért gyors fejlődés világszerte megteremtette a lehetőséget, hogy a tejtermékek iránti növekvő keresletet egyre kevesebb tejelő tehénrel elégítsék ki. Gazdasági okok miatt az egyes tehének több tejet adnak és nagyobb állományméretű gazdaságokba tömörülnek. Ennek következtében a tejtermelő gazdaságokban kevesebb az egy tehenre jutó alkalmazott és egyre több tejtermelő gazdaság függ a bérelt munkaerőtől, ami hatással lehet az állomány termékenységére. [1] Shanks és mtsai (1981) arról számoltak be, hogy a tejtermelő tehenészetek közvetlen egészségügyi költségeinek 21%-a szaporodási rendellenességekre vezethető vissza, a termékenyítési költségek pedig további 19%-ot tesznek ki - vagyis a költségek 40%-a reprodukcióhoz kapcsolható. [2] A terméketlenséget több cikk is a selejtezés egyik leggyakoribb okaként említi. [3] A tejtermelő gazdaságokban a becslések szerint minden vehem elvesztése átlagosan 640.00 USD kárt okoz. [4] Egyértelmű tehát, hogy a tejtermelés gazdasági veszteségeinek fő okai a reprodukzív rendellenességek, amelyek megoldása kihívást jelent a kutatók, a gazdálkodók és az állatorvosok számára egyaránt.

3.1 Élettani háttér

Tágabb evolúciós perspektívából nézve a tejtermelés és az ellést követő szaporodási ciklus kezdete közötti antagonista kapcsolat logikus és természetes. Az életfunkciók között kompromisszum húzódik annak érdekében, hogy az állatfaj minél sikeresebb legyen. Ebben az esetben a kompromisszum a jelenlegi borjú életképességébe való befektetés (laktáció) illetve a következő utódba való befektetés (fertilitás) között áll fenn. Nyilvánvalóan az utód elvesztése, vagy a tehén és a borjú egyidejű elhullása az aktuális szaporodási teljesítmény szempontjából kedvezőtlen evolúciós eredmény. Mivel mindkét folyamat sok erőforrást igényel, kompromisszum van közöttük - különösen, ha az erőforrások korlátozottak. Kedvező feltételek esetén az anyának nem kell választania a reprodukció és a laktáció között. [5]

Köztudott, hogy a nagy tejhozamú tehenek energiamérlege a korai laktációs időszakban jellemzően negatív (NEB), ugyanis a szervezet funkcióinak fenntartásához és a tejtermeléshez szükséges együttes energiamennyiség meghaladja a tehenek által elfogyasztott energia mennyiségét. [6] Mivel a magasabb energiaigény (a bevitel és az étvágy korlátai miatt) csak részben elégíthető ki fokozott takarmányfogyasztással, a hiányzó részt az állat kénytelen tartalékainak mobilizálásából fedezni. [7] A NEB és az ellés utáni stresszorok együttesen immunhiányos állapotot idéznek elő, ami elősegíti az anyagcserezavarok és egyéb betegségek – mint például az acidózis, a zsírmájzindróma, a magzatburok visszamaradás, az oltógyomor-helyzetváltozás, a sántaság, a tügy- és méhgyulladás – kialakulását. A súlyosfokú NEB elkerülésére, illetve következményeinek minimalizálására a szaporodás minden szakaszában használt és ajánlott eljárás a kondícióbecslés (BCS). Egyetértés van abban, hogy elléskor a BCS értéke 3-3.5 körül kell legyen. Azoknál a teheneknél, amelyeknél elléskor a BCS alacsony, illetve amelyeknél ellés után túlzott kondícióvesztés jelentkezik, késhet az ovuláció, romlik a fogamzási arány, alacsonyabb a vemhesülés az első termékenyítésből, illetve nagyobb a valószínűsége a vehem elvesztésének és az elléstől az újrafogamzásig eltelt idő meghosszabbodásának. Azonban az elléskor túlkondicionált tehenek ($BCS \geq 3.5$) termékenysége sem megfelelő, ugyanis közvetlenül az ellés előtt csökken a szárazanyag-felvételük (DMI), hosszabb ideig tart a DMI növekedése az ellés után, általában nagyobb a zsírmobilizációjuk, és ezért súlyosabb az ellés utáni NEB, mint az elléskor optimális kondíciójú teheneknél. A hőstressz tovább súlyosbíthatja a NEB hatásait: a tehenek étvágya csökken és nagyobb a postpartum BCS-vesztés, mint a hőstressz nélküli teheneknél. [8–11]

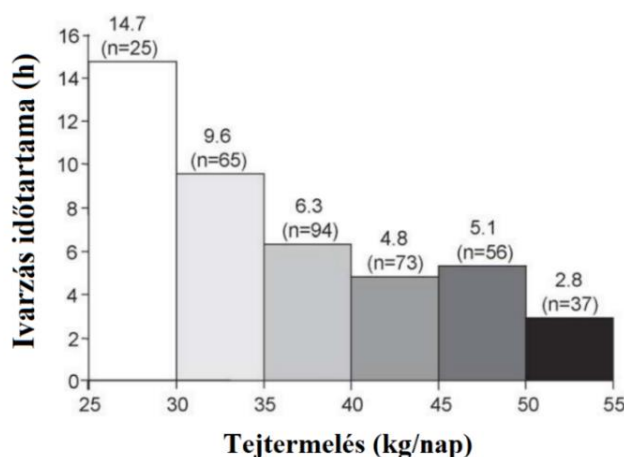
Az energiahány a tüszőben lévő tüszőfolyadék összetételét is negatívan befolyásolja (emelkedett koleszterin, karbamid, NEFA, csökkent glükóz, stb.), ami az intrafollicularis

petesejtek, később az embriók minőségére káros hatású. Az ilyen embriók trophoctoderm sejtjei feltehetőleg nem képesek a vemhesség anyai felismeréséhez elegendő interferon-tau termelésére. Eszerint a csökkenő reprodukciós teljesítmény egyik oka lehet a vemhesség anyai felismerésének elmaradása, illetve a fokozott korai embrionális mortalitás, ami a fogamzás és a vemhesség 42. napja között elvesztett utóddal definiálható. [12] A korai embrionális mortalitásért azonban nem csak az anyaállat lehet a felelős. A bikák a spermiumok számán és minőségén keresztül hozzájárulnak az embrió életképességének meghatározásához. [13] Egyes kutatók kimutatták, hogy a hibás spermiumokban lévő aberrált RNS megzavarhatja a korai embriógenézist. [14]

Nagytejű teheneknél a tejhozam növekedésével párhuzamosan a petefészek-rendellenességek előfordulása is megemelkedik. Laktáló tehenekben a szubfertilitás fő oka és az egyik leggyakoribb szaporodási zavar a cisztás petefészekelfajulás. Azonban a normál ciklusú, nagytejű tehenek reprodukciós rendellenességei közt a csendes ivarzást vagy az ivarzás hiányát is sokszor említik. Yániz és mtsai (2008) kutatásában 2003 és 2007 között ez utóbbi volt a leggyakoribb fertilitási probléma (42.1%), a cisztás petefészek-rendellenességgel (6.3%) és a petefészek hypofunkcióval (12%) összehasonlítva. A petefészek alulműködése közepes intenzitású LH-frekvenciákkal hozható összefüggésbe, amit alacsony progeszteronkoncentrációk vagy különböző stresszforrások (pl. hőstressz) okoznak. Az ovariális hypofunkciót egyértelmű szezonális eloszlás jellemzi: előfordulása gyakoribb a meleg évszakokban (májustól szeptemberig). Emellett a hosszantartó magas környezeti hőmérséklet az ivarzási tünetek intenzitását is csökkenti. Ezen problémák jelentkezése a hűtőrendszerek (ventilátorok és vízpermetezők) elterjedésével mérsékelhető. [15]

A fent említett számos tényező ellenére a laktáció által kiváltott szaporodási zavarokban mégis a központi szerepet valószínűleg a nagyobb takarmányfelvételhez kapcsolódó fokozott szteroidbontás játssza. A hipotézis szerint a folyamatos, magas takarmánybevitel megnöveli a máj véráramlását, ezáltal az ösztrogén és a progeszteron fokozott metabolizációját idézi elő. A vérben keringő ösztradiol rendszerint a májban inaktíválódik: konjugáció és az epén keresztül történő ürülés révén. A belekben baktériumok reaktiválják az ösztradiolt, amely a mesenterialis véráramba felszívódva visszakerül a májba. Alacsony takarmányfelvétel esetén kevesebb ösztradiol jut vissza a májba, ezáltal az ösztrogén metabolizációja is alacsony marad. Viszont a takarmányfelvétel növekedésével a mesenterialis véráramlás fokozódik, több ösztradiol éri el a májat, ami megnöveli annak eliminációját. [16] Tejelő teheneknél a szteroid hormonok lebomlása körülbelül kétszerese a hasonló méretű és életkorú, nem laktáló tehenekhez képest. Mivel a progeszteron és az ösztrogén majdnem az összes szaporodási

mechanizmus fontos résztvevője, így a keringő szexuáliszteroidok szintjének csökkenése számottevően megváltoztathatja a nagy termelésű tehenek reprodukcióját. Erre utal, hogy a tejelő tehenek fogamzási aránya (25–40%) általában alacsonyabb, mint az üszőké (60–75%), továbbá a vemhességi veszteség is jelentősebb. [17, 18] Ezt a feltevést igazolja Lucy és Crooker (2001) kutatása is, akik tejtermelésre szelektált teheneket hasonlítottak össze egy ki nem válogatott kontroll csoporttal. Azon túl, hogy a szelektált egyedeknek magasabb volt a tejtermelése és a szárazanyag-felvétele, plazmájuk progeszteronkoncentrációja alacsonyabbnak bizonyult. [19] Mindemellett laktáló állatokban a keringő ösztadiol koncentrációjának visszaesése miatt az ivarzási tünetek időtartama is lecsökken – átlagosan 8 órára. Egy tanulmány kifejezett lineáris csökkenést tapasztalt a tejhozam növekedésével párhuzamosan: az ivarzás időtartama 14.7 órától (25-30 kg/nap tejet termelő állományban) 2.8 órára (50-55 kg/nap) esett vissza. [20] (1. ábra) A reproduktív hormonok változásai tehát részben magyarázhatják a fokozott tejtermelésre szelektált tehenek alacsonyabb termékenységét.

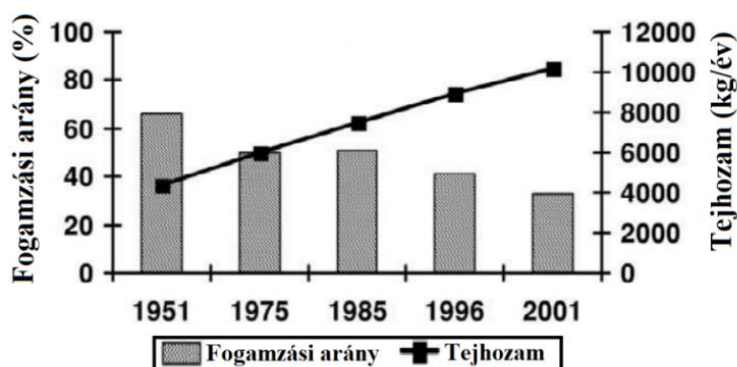


1. ábra: A tej mennyisége (kg/nap) és az ivarzás időtartama (óra) közötti kapcsolatot. Az elemzés minden ovulációt ($n = 350$) tartalmaz, kivéve az ellés utáni első ovulációt. Az átlagos tejtermelés az ivarzást megelőző 10 napra vonatkozik. [17]

3.2 A növekvő tejtermeléssel párhuzamosan romló fertilitás

A tejtermelés és a termékenység közötti negatív korrelációt gyakran viszonylag újkeletű problémaként kezelik, de valójában ez már egy régóta fennálló tendencia. Például egy 1929-

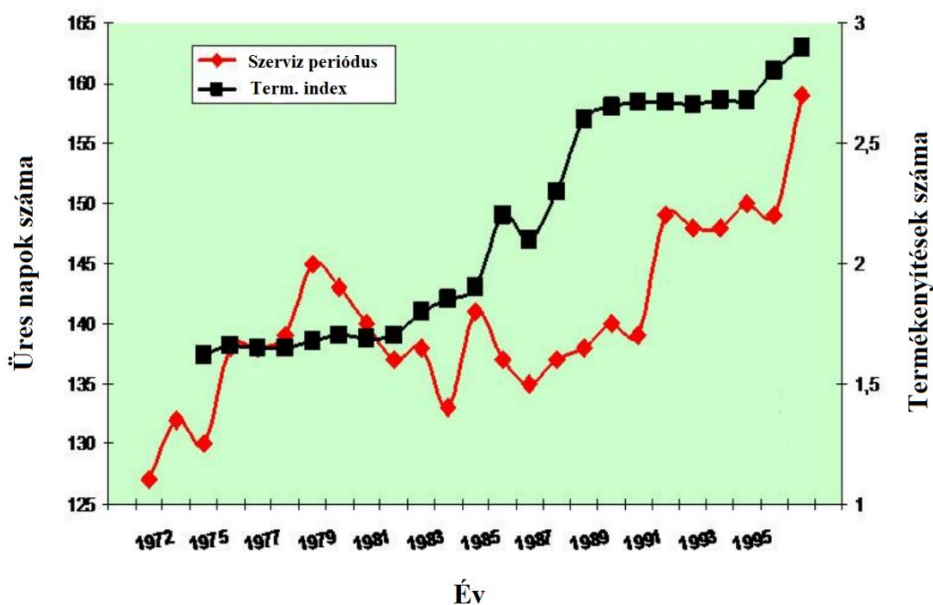
es minnesotai közlönyben az alábbi sorok szerepelnek: „Az elmúlt években sok tejtermelő azon a véleményen volt, hogy a tenyésztési nehézségek a magas tejtermelést kísérik - mivel a tejhozam ugyanebben az időszakban nőtt, arra a következtetésre jutottak, hogy a kettő (azaz a tejhozam és a termékenység) az ok és okozat viszonyát hordozza magában”. [21 - 8. oldal] Az elmúlt 70 év kutatásai alapján a tejtermelés vitathatatlanul megemelkedett, míg a fertilitás ezzel párhuzamosan látszólag hanyatlásnak indult. (2. ábra) Ez a tendencia országoktól, régióktól és termelési metódusoktól függetlenül az egész világon megjelent. [22–24]



2. ábra. Holstein-fríz tehenekben a tejhozam növekedése (kg/év) és a fogamzási arány (%) egyidejű csökkenése 50 év alatt [9]

McDonald és mtsai (2008) kutatásai kimutatták, hogy Új-Zélandon az 1970-es évektől az 1990-es évek végéig a genetikai szelekció tehenenként 16%-kal több tejhozamot (és 23%-kal több tejszáranyagot) eredményezett legelőre alapozott rendszerekben, viszont megnyújtotta az ellés és az első postpartum ivarzás közötti intervallumot is. [22] A bőtejű tehenek ellés utáni első ivarzása később jelentkezik, mint a keveset termelőké, és több enyhe tünetekkel járó vagy csendes ivarzási időszakot mutatnak. [25] Dillon és mtsai (2006) szerint 1985 és 2003 között az egy tehenre jutó éves tejhozam-növekedés az Egyesült Államokban 193 kg, Hollandiában 131 kg, Új-Zélandon 35 kg és Írországbán 46 kg volt. Ez az Egyesült Államokban és Hollandiában az évi átlagos tejhozam csaknem 2%-os, míg Új-Zélandon és Írországbán kb. 1%-os növekedésének felel meg. [23] Ugyanakkor Írországbán 1990 és 2001 között az első termékenyítésből származó vemhesülési arány 55%-ról 44%-ra (évi 0.96%-kal), az első és második termékenyítésből származó ellési arány pedig 77%-ról 70%-ra (évi 0.84%-kal) csökkent. Ezzel párhuzamosan a termékenyítések száma 1.54-ről 1.75-re (évi 0.02-vel) nőtt a 11 éves kutatási időszak alatt. [26] Ehhez hasonló eredményeket hozott a

Kentucky állambeli tejelő állományok elemzése is: itt a termékenyítési index 1.62-ről 2.91-re emelkedett 1972 és 1996 között. [27] (3. ábra) Yániz és mtsai (2008) 16 éves kutatása alatt a tejtermelés 44%-os növekedését figyelték meg (az egy tehénre jutó éves tejtermelés 8300 kg-ról 11 221 kg-ra emelkedett), míg ugyanezen időszak alatt 6.8%-kal (39.1%-ról 32.3%-ra) csökkent az első termékenyítésből vemhesültek aránya. Vagyis az átlagos tejhozam minden 1000 kg-os növekedése az első inszeminálásból származó vemhesülési arány 2.3%-os csökkenésével járt együtt. [15] Hasonlóan romló tendenciát mutatott egy másik kutatás is: a 8597 tej kg felett termelők fogamzási aránya 49% volt, míg a 6783 kg alatt termelőké 55% - annak ellenére, hogy a magas termelésű állományokban általában jobbnak bizonyul a menedzsment. [28]

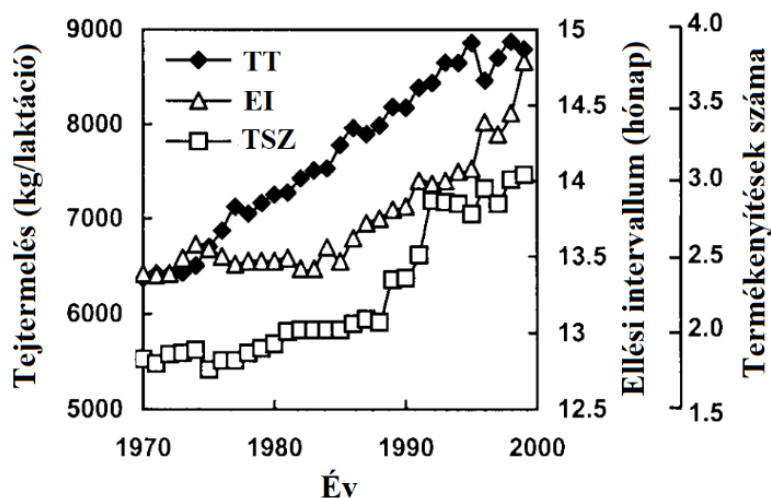


3. ábra: A szerviz periódus és a termékenyítési index változása 1972 és 1996 között [16]

Washburn és mtsai (2002) szerint 1985 és 1999 között az első termékenyítésig eltelt napok száma holstein-fríz teheneknél 16 nappal, jersey teheneknél 18 nappal hosszabbodott meg. Ugyanezen idő alatt az ivarzásdetekció hatékonysága is romló tendenciát mutatott, növelve ezzel a termékenyítések számát – ami a tejtermelés és az ivarzási tünetek hossza közötti fordított arányosság ismeretében érthető. (1. ábra) Az üres napok száma az 1970-es években mindkét fajtában 122-124 volt, de az 1990-es évek végére ez jersey állományok esetében 30 nappal, holstein állományoknál pedig 43 nappal emelkedett meg. [29] Lucy és

Crooker (2001) szerint laktációnként minden 100 kg tejhozam-növekedés 1 nappal növeli a szerviz periódus hosszát. [19]

Az említett tanulmányokkal összhangban az a tapasztalat, hogy míg a tejtermelés folyamatosan növekedett az évek során, a legnagyobb reprodukív hanyatlás az 1980-as évek második felétől kezdődően következett be. [24] (4. ábra) A tejhozam évente körülbelül 3-4%-kal növekedett - a javulás mintegy fele a genetikai szelekciónak köszönhető. A genetikai korrelációs becslések egyértelműen negatív összefüggésre utalnak a tejhozam és a termékenység között. [30] Mivel a termékenység becsült örökölhetősége 5% alatt van, a tejtermelő tehenek tenyésztési programjában a hangsúlyt világszerte a tej mennyiségére helyezték. A genetikusok többsége egyetért abban, hogy a nem megfelelően - a szaporasági mutatók mellőzésével, csak a tejhozamra - szelektált apaállatok használata az amerikai holsteinek tenyésztő országokban a reprodukció dokumentált csökkenéséhez vezetett. Tehát megállapítható, hogy a termékenységi tulajdonságok nem kaptak megfelelő szelekciós súlyt a tenyésztési cél meghatározásakor. [16]



4. ábra: A tejtermelés (TT, kg/laktáció), a két ellés közötti intervallum (EI, hónap) és a vemhesüléshez szükséges termékenyítések száma (TSZ) 143 tejtermelő állomány adatai alapján 1970 és 1999 között [24]

3.3 Hibás következtetések?

A magas tejtermelés és a csökkent fertilitás közötti ok-okozati összefüggést többen megkérdőjelezzik és pusztán a két tényező időbeli egybeesését ismerik el. Állításuk szerint sok

tanulmány figyelmen kívül hagy bizonyos tényezőket, melyek az utóbbi időben megváltoztak (pl. az állomány mérete, a farmon dolgozó személyzet képzettsége és tapasztalata, a természetes környezet hiánya), ezért túlbecsülik a termelés reprodukcióra gyakorolt hatását. Emellett (hibásan) állomány- vagy populációsintű adatokból egyedszintű következtetéseket vonnak le. Még ha állományszinten a szaporodás negatívan is korrelál a termeléssel, nem szükségszerű, hogy a populáción belül a magasabb termelésű teheneknek legyen rosszabb a termékenysége. Továbbá a legtöbb vizsgálat nem tartalmaz megbízható adatokat a takarmányozást, a menedzsmentet, a termékenyítési protokollokat illetően, melyek ugyancsak kihatnak a fertilitásra. A legtöbb adatelemzés a rendkívül változatos környezeti feltételek ellenére homogén összefüggést feltételez a tejtermelés és a szaporaság között. Nyilvánvaló, hogy az egyik termelési rendszerben magasnak minősülő tejhozam egy másikban alacsonynak számíthat – még ha ugyanarról a régióról is beszélünk. Például a laktáció során 8000 liter tejet termelő tehén legelő alapú rendszerben kivételesen produktívnak tekinthető, míg intenzív tartásban egy ugyanennyit termelő tehén átlagosnak vagy inkább alacsony termelésűnek minősül. Nehéz, de fontos elkülöníteni a vemhesülés képességét az olyan menedzsmenti korlátoktól, mint a zárt elhelyezés, a csúszós padozat, a hatékony ivarzáskeresés hiánya, az inszeminálás nem megfelelő időpontja vagy helytelen technikája, amelyek hatására a termékeny állatok sem mutatják az ivarzás jeleit és/vagy nem fogamzanak. Az ivarzásfelismerés hatékonyságát, így a vemhesülési arányt is befolyásolják az ivarzásdetekcióra alkalmazott eszközök (a farra szerelt nyomásérzékelők és a különböző aktivitásmérők, stb). Emellett nem elhanyagolható, hogy a tejelő tehenek szaporaságának értékelésére szolgáló hagyományos módszerek sokszor közvetett mérőszámokon alapulnak. Az ellés utáni első termékenyítésig eltelt időt például nagymértékben befolyásolja, ha az ivarzás észlelése elmarad, illetve, hogy a telepi protokoll szerint mikor termékenyítenek először (önkéntes várakozási idő). A fogamzási arány a spermafelhasználás hatékonyságát, a termékenyítés technikáját és a szinkronizációs programoknak való megfelelést tükrözi, de ez nem feltétlenül tekinthető a termékenység pontos mérőszámának. Ezen túl LeBlanc (2013) szerint az energiával korrigált tejhozam, illetve a tej szárazanyag-tartalma jobban tükrözné a termelés élettani igényeit, ezért a termelés értékelésekor nemcsak a tej mennyiségét, hanem beltartalmát is figyelembe kéne venni. Néhány bizonyíték arra utal, hogy a teljes laktációt lefedő teljesítménymérések (azaz a 305 napos kumulatív tejhozam és a két ellés között eltelt idő) eltérhetnek a rövidebb időintervallum alatt mért teljesítménymutatóktól (azaz a napi tejhozamtól és az első termékenyítésből történő fogamzástól). Minden bizonnyal feltételezhető, hogy a laktáció egy adott szakasza alapján levont következtetés érzékenyebb

lehet a menedzsment és a körülmények gyors változásaira, míg a teljes laktációra vonatkozó teljesítménymutatók stabilabbak és a hosszú távú gyakorlatot tükrözik. A számítógépes technológia elterjedésével (különböző takarmánykészítő szoftverek, automatikus válogatórendszerek, robotizált fejés) egyértelműen megváltozott a gazdálkodási gyakorlat a tejtermelő gazdaságokban az elmúlt 30-40 év során. Ez megzavarhat minden olyan következtetést, amely a termelés és a szaporodás közötti antagonizmusra vonatkozik a tejhozam növekedésének és a termékenység csökkenésének tendenciái alapján. [31–33]

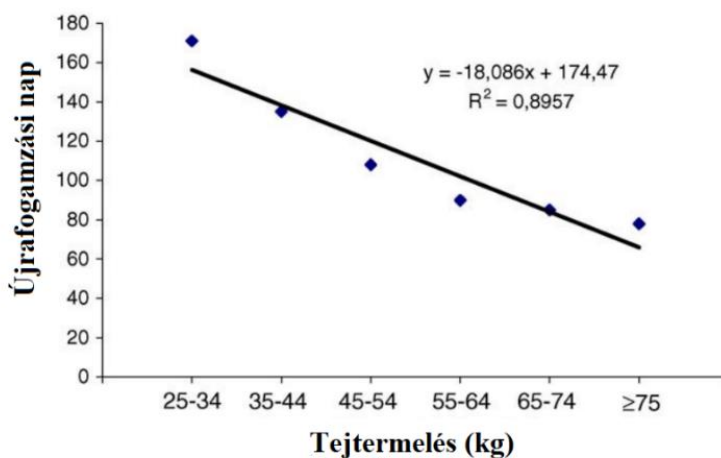
Más kutatók arra hívják fel a figyelmet, hogy a látszólagos ellentét vizsgálatakor a selejtezést is figyelembe kell venni. Természetesen az első termékenyítésre nem szükségszerűen következik be fogamzás, egyes teheneket többször is inszeminálni kell. A hosszabb ideig nem vemhesülő tehen azonban nagyobb valószínűséggel kerül selejtezésre – csakúgy, mint a kevés tejet termelő egyed. A magasabb termelésű teheneket viszont nagyobb valószínűséggel termékenyítik többször, mint a gyengébben termelőket. Gröhn és Rajala-Schultz (2000) tanulmányában a legmagasabb tejhozamúakat közel 30%-kal nagyobb eséllyel termékenyítették, mint a legkevesebbet termelőket. Ez egyben azt is jelenti, hogy a terméketlen tehenek közül a nagytejű egyedeket sokkal kisebb valószínűséggel selejtezik ki, mint az ugyancsak terméketlen, de alacsony hozamú társaikat. Pusztán gazdasági döntések alapján a kiemelkedő hozamú tehenek tartása és tenyésztése jövedelmezőbb, a tenyésztést a kis hozamú teheneken hamarabb meg kell szakítani – tehát a selejtezés szelekciós torzítást okozhat. A selejtezéseknél általában döntő szempont a vemhességi állapot, azt pedig közvetlenül a tejhozam követi. A tejhozam és a fogamzás közötti kapcsolat azonban nehezen vizsgálható a selejtezés torzító hatása miatt, ugyanis utóbbi mind a termeléshez, mind a termékenységhoz szorosan kapcsolódik. A gazdálkodók akkor döntenek racionálisan, ha fiatal, betegségektől mentes, nagy hozamú tehenek tenyésztésére törekednek. [34, 35]

3.4 A tejtermelés és a fertilitás antagonizmusának ellentmondó kutatások

A tejtermelő közösségben kialakult közvélekedést – a növekvő tejtermeléssel párhuzamosan szükségszerűen romló reprodukciós mutatókról – némelyek erősen megkérdőjelezzik. Sőt, egyesek azt találták, hogy a nagyobb termelésű állományok kifejezetten jobb szaporodási teljesítményt mutatnak. [36–38] Gyakran az üres napok száma a nagy tejhozamú tehenek körében a legalacsonyabb. Wiggans és Ernst (1987) tanulmánya szerint a sokat termelő csoportban az első termékenyítésig eltelt napok száma 13-mal, az üres napok

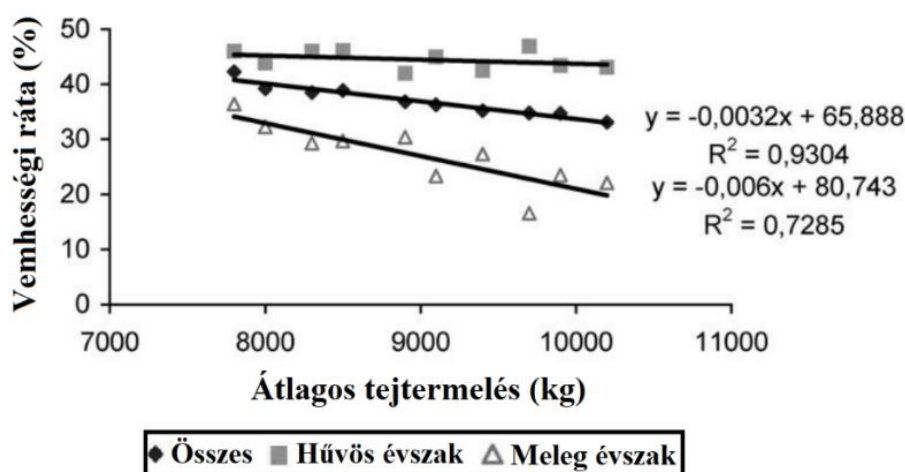
száma pedig 16-tal csökkent az alacsonyabb tejhozamú csoporthoz képest. Ez azt jelenti, hogy a növekvő tejtermeléssel javult a fogamzási arány és csökkent a két ellés között eltelt idő. Ez valószínűleg a jobb menedzsmenttel magyarázható, ami egyszerre vezet magasabb termeléshez és jobb reprodukcióhoz. [39] Ehhez hasonlóak voltak Laben és mtsai (1982) eredményei is: a legkiválóbb termelésű állományokban az üres napok száma körülbelül egy ivarzási ciklussal rövidebb volt, azaz 3 héttel hamarabb vemhesültek a tehenek. Ezen felül a fogamzási arányt is jobbnak találták, mint az alacsony termelésű állományban. [25] Akárcsak egy másik kutatásban, ahol az állományátlag felett termelő tehenek vemhesülési aránya magasabb volt (45.8%), mint a gyengébb termelésű állománytársaiké (33.8%) [40] Rethmeier és mtsai 2019-es vizsgálatában sem különbözött statisztikailag a fogamzás aránya az eltérő tejhozamú állományokban – sőt, a nagyobb tejhozamú (>30 kg/tehen/nap) tejtermelő gazdaságokban a vemhességi ráta magasabb volt. Vagyis a gyengébb szaporodási teljesítmény nem feltétlenül jár együtt a magas tejhozammal (sem a nagy állománymérettel), inkább helytelen gazdálkodásra utalhat. [1]

López-Gatius és mtsai (2006) szintén pozitív korrelációt találtak a tejtermelés és a szaporodási teljesítmény között. A napi 50 kg-nál több tejet adó teheneknél a fogamzás esélye 6.8-szorosára nőtt az e szint alatt termelő tehenekhez képest. Valamint a laktáció csúcsán a napi tejhozam 1 kg-mal történő növekedése az elléstől az újrafogamzásig tartó idő körülbelül 1.8 napos csökkenésével járt. (5. ábra) Ezen eredmények megkérdőjelezzik a magas termelés kedvezőtlen hatását a fertilitásra [41]

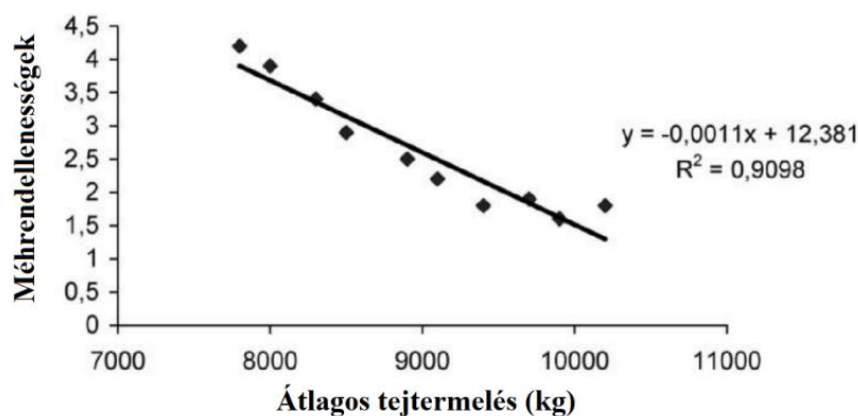


5. ábra: A tejtermelés (az ellés utáni 50. napon kg-ban kifejezve) és az ellés utáni újrafogamzás (nap) kapcsolata [41]

Nem elhanyagolható továbbá a hőmérséklet hatása sem. López-Gatius egy másik kutatásában az eredmények évszak szerinti elkülönítésekor kiderült, hogy a hűvös évszak - a tejhozam-növekedés ellenére is - a termékenység megőrzésével és a szaporodási rendellenességek kockázatának csökkenésével függ össze. (6. ábra) A tehenek hűvös környezetben hatékonyabban tudnak megbirkózni a reprodukciós zavarokkal, ezáltal a petefészek inaktivitása és a cisztás petefészek előfordulása ritkább. A méhrendellenességek (zavart involúció, endometritis, pyometra) előfordulása a tejtermelés emelkedésével pedig kifejezetten csökkent. (7. ábra) Ennek magyarázata a magas termeléssel járó gyorsabb méhinvolúció és a megfelelőbb postpartum kezelési gyakorlat. [42]



6. ábra: Vemhességi arány (%) a tejtermelés (tej kg) és az évszak függvényében [42]



7. ábra: A méhrendellenességek és az átlagos tejtermelés (tej kg) összefüggése [42]

Mindezen eredmények mellett a táplálkozás szerepét a csökkenő reprodukcióban valószínűleg sokan túlértékelték. Bár a korai laktációs NEB, a szénhidrát típusa, valamint a fehérje-, zsír-, vitamin- és ásványianyag-ellátottság mind szerepet játszik a szaporodásban - és ezek egyensúlyának felborulása várhatóan csökkentheti a fogamzási arányt - a hatás mértéke eltúlzott. [5] Korábbi feltételezésekkel ellentétben az állomány legjobban termelő egyedei nem feltétlenül azok, amelyek a legnagyobb energiahiánnyal vagy a legalacsonyabb testkondíció-pontszámmal rendelkeznek. Egy illinoisi tejelő szarvasmarhákon végzett vizsgálatban a nagy termőképességű tehenek fokozott szárazanyag-felvétele kompenzálta a nagyobb tejtermelést, így az energiamérleg hasonló volt a magas és az alacsony termelésű szarvasmarhák esetében. Az alacsony termelésű, rossz DMI-vel rendelkező teheneknél azonban nagyobb volt az anösztrusz és a meddőség kockázata, mint a magas termelésű teheneknél. [24]

Ezen felül nincs arra utaló jel, hogy a tejtermelés kockázati tényező lenne a tejelő szarvasmarhák megnövekedett vemhességvesztésében. Santos és mtsai (2004) nem találtak összefüggést a tejhozam (emellett a genetika, a termékenyítési protokoll), valamint a késői embrionális vagy magzati veszteség között tejelő teheneknél. [43] Valószínűleg helytelen az az elképzelés is, hogy az első ovulációig eltelt idő meghosszabbodik a magas termelésű teheneknél. A sokat termelő tehenek jellemzően egészségesek és jól tápláltak – ez a két tulajdonság pedig elősegíti, nem pedig csökkenti az első ovulációig eltelt időt. [5]

Ugyan Rearte és mtsai (2018) a tejhozam és a szaporodási teljesítmény közötti negatív kapcsolatot statisztikailag szignifikánsnak találták, az antagonista hatás gyakorlatilag elhanyagolhatóan alacsonynak mutatkozott. A tejhozam reprodukzív teljesítményre gyakorolt hatása csekély, és leginkább az állomány tejhozamának szintjétől függően változott. Emellett megállapították, hogy a legjobban termelő állományokból származó átlagos termelésű tehenek szaporodási teljesítménye jobb, mint az alacsony termelésű állományokból származó átlagosan tejelő egyedeké. Ez arra utal, hogy a magas tejhozam érdekében az állatok szükségleteinek kielégítésére törekvés egyúttal jobb termékenységet is eredményez. [44]

4. Anyag és módszer

4.1 Vizsgált telepek és technológia

Az 1-es számú telep 305 napra vetített átlagos tejtermelése 2021-ben 11 714 tej kg volt. A teheneket Double Ovsynch protokoll szerint szinkronizálják és ennek megfelelően az ellést követő 80. napon termékenyítik először. A fejésre való felhajtásnál nincs ivarzásmegfigyelés, mivel minden egyed részt vesz a szinkronizálási programban. Az első vemhességvizsgálat a termékenyítést követő 32. napon történik és az üres egyedeket egyből prosztaglandin-kezelésben részesítik. Az ellést követően mind az elsőborjas, mind a többször ellett tehenek a fogadócsoporthba kerülnek. Később a hierarchia miatt termelési szint szerint elkülönítik őket. Az állatok egységesen 12 óránként nagy energiatartalmú TMR-t (Total Mixed Ration) kapnak (27 kg/nap DMI), melyet naponta 6-8 alkalommal visszatoznak a dolgozók az etetőben. A termelő állatokat egyedi boxos, gumipadlós istállóban tartják és napi háromszor fejkik őket. A termelő istállóban ventilátor, keresztszellőzés és vízpermetes hűtés gondoskodik a megfelelő hőmérsékletről.

A 2-es számú telep 305 napra vetített átlagos termelése 11 359 tej kg volt. Az 1-es teleppel ellentétben a felhajtásnál ivarzásmegfigyelést végeznek és eszerint zajlik a termékenyítés. A telepen napi háromszor fejnek halszálkás, automata kehelylevető rendszerben. Az állatokat termelési igényük szerint takarmányozzák TMR-rel, napi kétszer. Vályús etetés miatt a takarmány feltolására nincs szükség. Csak a termelő istállóban hűtik az állatokat: vízpermettel és ventilátorral.

A 3-mas számú telep 305 napra vetített tejtermelése a tavalyi évben 10 800 kg volt. A telep fejési és takarmányozási menedzsmentje nagyrészt megegyezik a 2-es számú telepével. A takarmányt napi 4-5 alkalommal tolják fel a szarvasmarhák előtt. A négy mélyalmos istálló mellett egy fémistálló van - itt a nyári melegben a tetőre permetezett vízzel és ventilátorral gondoskodnak a hűtésről. Emellett az összes istállóban vízpermetező működik. Az ivarzásmegfigyelést a felhajtók végzik. Ultrahangvizsgálatot 2 hetente végeznek, a nem termékenyült egyedeket Ovsynch kezelésben részesítik.

4.2 Kísérleti állatok, a használt termelési és reprodukciós mutatók

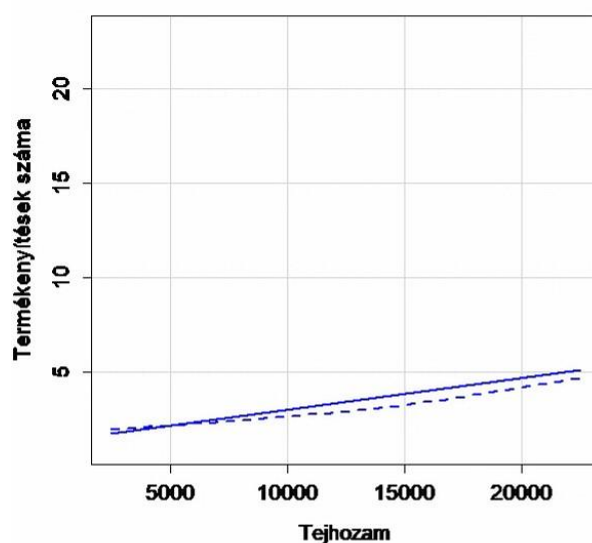
A lábvégproblémák és egyéb megbetegedések termelésre és szaporodásra gyakorolt hatásának csökkentése érdekében a felmérésbe csak az első három lezárt laktációval rendelkező tehenek kerültek be. A tejtermelést 305 napra vetített tejhozammal, tej kg-ban megadva vizsgáltuk, annak érdekében, hogy jobban tükrözze a teljes laktáció teljesítményét, ezáltal a következtetések stabilabbak, a körülmények változásaitól minél függetlenebbek legyenek. A fertilitást az újrafogamzáshoz szükséges termékenyítések száma (termékenyítési index) és az elléstől az újrafogamzásig eltelt idő (szerviz periódus) hossza jellemezte. Az egynél több lezárt laktációval rendelkező állatok laktációnként külön egyednek számítottak, így összesen 13 012 laktációt vizsgáltunk. Az adatok laktációnkénti megoszlása a következőképpen alakult: 6418 első, 4223 második és 2371 harmadik laktációt tanulmányoztunk. Telep szerinti bontásban pedig 5266 adatot elemeztünk az 1-es, 3339-et a 2-es és 4407-et a 3-mas számú szarvasmarhatelepről. A három telep átlagos tejtermelése 11 423 tej kg, a szerviz periódus hossza 165.7 nap volt.

4.3 A statisztikai elemzés módszerei

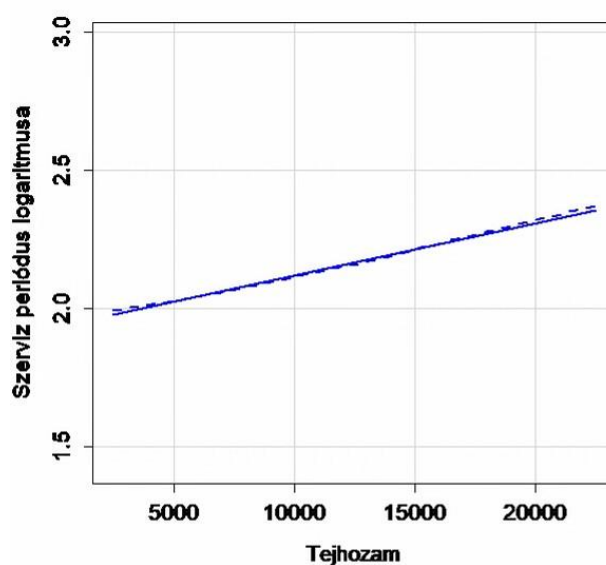
A termékenyítések számának tejtermeléstől való függését - figyelembe véve a laktációs szám és a vizsgált telep esetleges hatását is - Poisson-regresszióval vizsgáltuk. A szerviz periódus hosszára vonatkozó adatok elemzése először lineáris (ANCOVA) modellel történt, itt is kontrollálva a telep és a laktációs szám hatására. Ebben a modellben függő változóként a szerviz periódus hosszának logaritmusát használtuk. Egy további elemzésben az állatokat tejhozamuk alapján négy termelési csoportra osztva (a minta kvartiliseivel képezve a csoportokat) vizsgáltuk a fertilitási mutatókat. Az elemzéseket az R 4.2.1 programmal végeztük.

5. Eredmények

Poisson-regresszióval vizsgálva kiderült, hogy a termékenyítések száma szignifikánsan függ a tejtermelés mennyiségétől és a vizsgált teleptől ($p < 0.0001$), de a laktáció sorszámaival való összefüggése nem volt szignifikáns ($p = 0.9477$). A szervíz periódus hosszára vonatkozó adatokat lineáris (ANCOVA) és multiplikatív modellel elemezve ugyanezt tapasztaltuk. A növekvő tejtermeléssel párhuzamosan mind a termékenyítések száma (8. ábra), mind a szervíz periódus hosszának logaritmususa (9. ábra) jól láthatóan emelkedett.



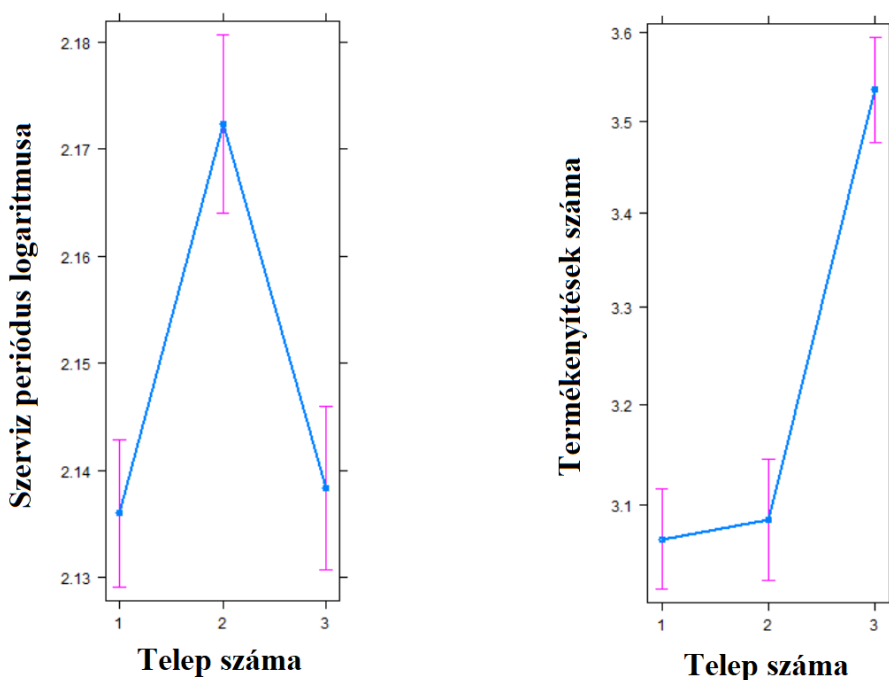
8. ábra: A termékenyítési index emelkedése a 305 napra vetített tejhozam-növekedéssel párhuzamosan



9. ábra: A szervíz periódus logaritmusának emelkedése a 305 napra vetített tejhozam-növekedés függvényében

A kutatás során meghatároztuk, hogy 1 kg tejhozam-emelkedés hány százalékkal hosszabbítja meg a szerviz periódust. Az eredmények alapján minden 1 kg tejtermelés-növekedés 0.0044%-kal, vagyis 2000 kg tej esetén 9%-kal növelte az üres napok számát. A termékenyítési index kilogrammonként 0.0062%-kal, tehát 2000 kg-mal magasabb tejhozamnál 13%-kal emelkedett meg.

A telepeket egymással is összehasonlítottuk a szerviz periódus hossza és az inszeminálások száma alapján. A multiplikatív modell eredményei szerint a szerviz periódus hossza nem különbözik számottevően az 1-es és a 3-mas számú telepen, azonban a 2-es telepen jelentős mértékben eltér. Logaritmikus skálán a másik két állattartó telephez viszonyítva a különbség 0.036, ami kb. 8.7%-kal hosszabb szerviz periódust jelent. Ennek ellenére a termékenyítési index csak 0.6%-kal magasabb az 1-es telephez viszonyítva. Feltételezhető tehát, hogy a fent említett telepen nem elég hatékony a visszaivarzók megkeresése és újratermékenyítése, mely a szerviz periódus meghosszabbodásával jár. Bár az 1-es és a 3-mas számú telepen a szerviz periódus hossza nagyságrendileg megegyezett (az 1. telepen 0.5%-kal rövidebb), a 3-mas telepen a termékenyítési index 14.2%-kal magasabbnak bizonyult az 1-es telephez képest. Ez arra utal, hogy a szerviz periódus rövidítését csak többszöri inszeminálással tudták elérni. (10. ábra) A fenti adatok alapján kijelenthető, hogy az 1-es telep menedzsmentje a leghatékonyabb, hiszen mind a termékenyítések száma, mind a szerviz periódus hossza itt a legalacsonyabb.



10. ábra: A szerviz periódus logaritmusának és a termékenyítési index alakulása a vizsgált telepek szerint

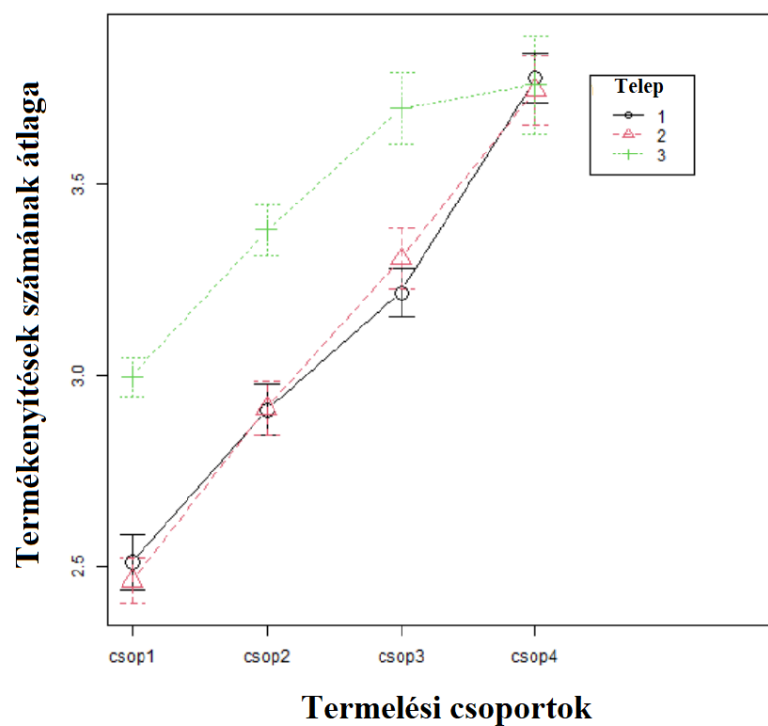
A kísérlet második fázisában az állatokat tejhozamuk alapján négy termelési csoportra osztva (a minta kvartiliseivel képezve a csoportokat) vizsgáltuk a fertilitási mutatókat. A termelési csoportok a következőképpen alakultak:

1. csoport: 2 442-9 828 tej kg
2. csoport: 9 829-11 444 tej kg
3. csoport: 11 445-13 016 tej kg
4. csoport: 13 017-22 511 tej kg

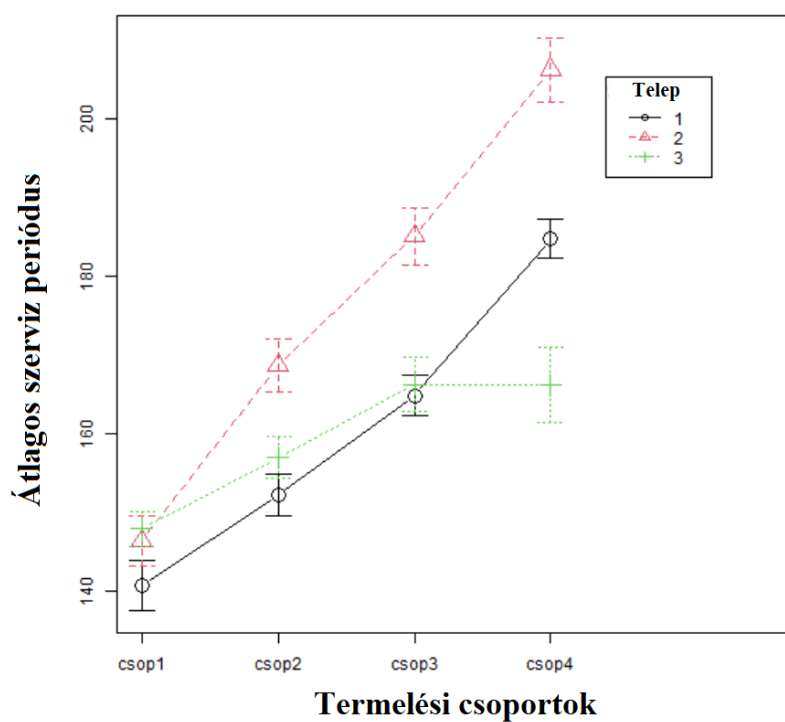
Így az egyes kategóriák egyenlő elemszámmal rendelkeztek, 3253 laktációt tartalmaztak. A legalacsonyabb termelési csoport szerviz periódusa átlagosan 146.1 nap hosszúságú volt, míg a legmagasabb termelési kvartilisé 187.7 nap. Ez azt jelenti, hogy a növekvő tejhozam körülbelül 41.5 nappal növelte meg az üres napok számát. A fenti eredményekkel egybehangzóan a termékenyítési index pedig 2.78-ról 3.77-re emelkedett a kis tejhozamú csoporthoz képest. Ezen vizsgálati módszer során is azt tapasztaltuk, hogy a laktációs szám indifferens volt, azonban a telepek között már korábban észlelt különbségek megmutatkoztak. A termékenyítési index a 3-mas telepen (*11. ábra*), míg a szerviz periódus hossza a 2-es telepen (*12. ábra*) mutat kiugró értékeket. Érdekes módon azonban a 3-mas számú telepen a 3. és a 4. kvartilis között - a tejtermelés növekedése ellenére - a szaporodási mutatók kisebb mértékű romlása tapasztalható. Jól látszik a *11. ábrán*, hogy a termékenyítési index emelkedésének léptéke nem akkora, mint például a 2. és 3. csoport között. Ezen felül a *12. ábrán* szembetűnik, hogy a szerviz periódus hossza az emelkedő tejhozam ellenére nem változik. Ezen eredmények megkérdőjelezzik a tejtermelés és a fertilitás közötti antagonista kapcsolatot, és további kutatások szükségességét vetítik előre.

A kutatás utolsó szakaszában az adathalmazból eltávolításra kerültek azok a kiugró értékek, melyek torzíthatják a kapott eredményeket. Ennek megfelelően azon laktációkat, melyek során a termelés 5000 tej kg alatt, a szerviz periódus 200 nap felett vagy a termékenyítési index ≥ 7 volt, nem értékeltük. Így összesen 9217 laktációval ismét lefuttattuk a fenti vizsgálatokat. Mindegyik módszer során azt tapasztaltuk, hogy az eredmények a kihagyásokkal sem változtak, a tendencia megegyező maradt. Az adatok önkényes levágása viszont jól látszott a reziduumokon.

Bár a saját vizsgálatok során nyert adatok a reprodukciós mutatóknak a tejtermelés növekedésével párhuzamos romlására utalnak, az ezen dogmával szemben felmerült kétségek elosztatásához további vizsgálatokra van szükség.



11. ábra: Az átlagos termékenyítési index a tejhozam alapján képzett négy termési csoport és a vizsgált telep függvényében



12. ábra: A szervíz periódus hosszának átlaga a tejhozam alapján képzett négy termési csoport és a vizsgált telep függvényében

6. Az eredmények értékelése

Kutatásunk a tejtermelés és a tejelő tehenek szaporodási teljesítménye közötti negatív korrelációt igazolta. Vizsgálataink tehát alátámasztják Lucy és Crooker, Washburn és mtsai, illetve Evans és mtsai azon álláspontját, amely törvényszerű összefüggést feltételez a tejtermelés növekedése és a szaporodás romlása között. Viszont ellentétben állnak Wiggans és Ernst, Laben és mtsai, illetve López-Gatius és mtsai eredményeivel, akik mindezt nem látták szükségszerűnek. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy megállapításaink csak ebben a kísérleti elrendezésben érvényesek.

A tejelő szarvasmarhák terméketlensége sokrétű, így annak kezelése is multidiszciplináris megközelítést igényel. A szigorú költségellenőrzés, a megnövekedett állományméret és a gazdálkodási rendszerek változásának globális trendje sajnos összefügg a szakképzett munkaerő hiányával, ami a menedzsment – és ezáltal a haszon - alapja. [16] A tejtermelés és a fertilitás között húzódó antagonizmus ellenére annak mértéke feltehetőleg jobb telepi menedzsmenttel javítható. Bagnato és Oltenacu (1994) megállapították, hogy a magas termelésű állományokban alkalmazott jobb üzemszervezési protokollok jelentősen csökkentik a termelési stressz termékenységre gyakorolt kedvezőtlen hatását. [45] A nagyobb hozamú állományokban az ösztroz csökkenő időtartama és intenzitása miatt - ami hőstressz idején még inkább fokozódik - nagyobb odafigyelésre van szükség az ivarzók felismerését illetően. [8] A sikeres szaporodási teljesítmény érdekében elengedhetetlen, hogy a tehenek többségénél pontosan észleljék az ösztroz kezdetét, majd 4-16 órával később termékenyítsék őket. Az ivarzásdetekcióra alkalmazhatók nyomásérzékelők, farokfestési módszerek és aktivitásmérők (pl. lépésszámláló, nyakörv). [46] Azonban a fertilitáscsökkenés azonnali megoldása lehet a tejelő tehenek nemi ciklusának hormonális befolyásolása. A genitális traktus ultrahangvizsgálata láthatóvá teszi a petefészek változásait az ivari ciklus során, lehetőséget teremtve ezzel a megfelelő időben külső hormonális gátlással és/vagy stimulálással történő beavatkozásra. Gvozdic és mtsai (2013) szerint azokban a tejelő állományokban, ahol az ivarzás kimutatása nem jelent problémát, a prosztoglandin alapú vagy a Select Synchron protokoll a legjobb módszer az ivari ciklus kontrollálására. Ugyanakkor, ha problémák merülnek fel az ivarzás észlelésével kapcsolatban, az Ovsynch vagy a Presynch + Ovsynch protokoll hatékony alternatíva lehet a termékenység javítására. [47] Ezen felül fontos a megfelelő időzítés is, ugyanis a sikeres szinkronizálás valószínűsége alacsonyabb, ha a teheneket a ciklus korai vagy késői szakaszában kezelik Ovsynch-kal. A nemi ciklus közepén

(a ciklus 5-9. napján) Ovsynch protokollban részesült tehenek nagyobb valószínűséggel szinkronizálódnak, így nagyobb az esélyük a fogamzásra. [48]

A termékenység fokozásának egyik legegyszerűbb módja bizonyítottan magas fertilitású bikák spermájának használata a mesterséges termékenyítés során. Szintén opció lehet az állomány keresztezése olyan fajtákkal, ahol a fertilitáscsökkenés nem jelent komoly problémát. Ekkor különös figyelmet kell fordítani azonban arra, hogy a termelési szint az eredeti állományéhoz hasonló legyen, illetve, hogy a sperma megfelelő utódvizsgálati eredménnyel rendelkező apaállatoktól származzon. A kedvező tulajdonságú bikák tenyésztése továbbra is az egyik legjobb lehetőség a termékenység genetikai javítására - mialatt a tejhozam magas szinten tartható. [16]

A megfelelő menedzsmenthez hozzátartozik az állatok normál energiaegyensúlyban tartása és az állomány általános egészségi állapotának javítása. Ehhez elengedhetetlen a szárazanyag-bevitel növelésére, a NEB minimalizálására, a BCS-veszteség csökkentésére és a méhfertőzések elkerülésére irányuló törekvés a postpartum időszakban. [8] Elvárt, hogy a tehenek BCS-értéke elléskor 2.75-3.0 legyen, és az első termékenyítésig elszenvedett kondícióvesztés értéke ne legyen több 0.5-nél. [49] A NEB hatásának csökkentése érdekében alacsony fehérjetartalmú takarmány etethető, mely a fehérje-energia arány kiegyensúlyozatlanná válása által csökkenti a testzsír-mobilizációt. [16] Az energiakonzentráció növelése érdekében megváltoztatható a szénhidrátforrás is az étrendben, azonban a keményítő- vagy zsírtartalom emelése és az abrak egyidejű csökkentése kockázatos lehet a bendőműködés, a tejösszetétel, a tápanyagmegoszlás és a metabolikus hormonok szempontjából. [50] Mindenesetre a magas keményítőtartalmú táplálék hozzájárul a fertilitási mutatók javulásához: egy kutatás szerint 55%-ról 90%-ra nőtt az ellést követő 50 napon belül ovuláló tehenek százalékos aránya. [51] A NEB elkerülése érdekében megfontolandó továbbá a tej energiakibocsátásának korlátozása, ugyanis a tejzsírszintézis a szervezetbe juttatott konjugált linolsavval gátolható. [52] Ezen kívül úgy tűnik, hogy az exogén konjugált linolsavnak pozitív hatása van a petesejtekre nézve is, valamint emeli a progeszteron- és a PGF2 α -szintet. [16] Az energiaegyensúly megtartása mellett különösen fontos a méhbetegségek minimalizálása – természetesen a vetélést okozó fertőző betegségek megelőzésén kívül. Szarvasmarhában ugyan a baktériumok elkerülhetetlenül megjelennek a méhben elléskor (az állatok 80-100%-ánál az ellést követő 2 hétben baktériumok találhatók az uterus lumenében), de ez nem jelenti automatikusan a méhbetegségek és a későbbi fertilitási zavarok kialakulását. A legtöbb tehen sikeresen legyőzi a bakteriális kontaminációt, azonban legalább 20%-ukban metritis alakul ki az ellést követő 21 napon belül. A fertőzés kockázata

megnő ikervemhesség, halvaellés és magzatburok-visszamaradás esetén. Egyes tanulmányok külön kiemelik a szubklinikai endometritis gyakoriságát a magas termelésű tejelő állományokban. Fontos tehát meghatározni a különböző méhbetegségek kockázati tényezőit, valamint megelőző és ellenőrző intézkedéseket kell bevezetni előfordulásuk csökkentése érdekében. [8, 46] A méhbetegségek mellett a klinikai tőgygyulladás és a sántaság is komoly hatással van a szaporodásra. A magas tejtermelésű tehenek csökkent immunkompetenciájuk révén fogékonyabbak a kórokozókra, így mind a tőgygyulladás, mind a sántaság kialakulására. [8] A klinikai mastitisben szenvedő tehenek termékenyítési indexe magasabb (2.1 vs 1.6), szerviz periódusuk hosszabb (140 vs 88) egészséges társaikhoz képest. [53] Ezen felül az ellést követő 30 napon belül lesántuló tehenek kisebb eséllyel vemhesülnek és hajlamosabbak a petefészek-ciszták kialakulására. [54] Reprodukciós szempontból is elengedhetetlen tehát a korszerű istállók alkalmazása, ahol a pihenőtér, a kezelőfolyosók és az átjárók padozata elég széles és csúszásmentes.

A precíziós állattenyésztés új vívmányai szintén hozzájárulhatnak a menedzsment javításához, ez által pedig a magasabb termeléshez, termékenységhez és állatjólléthez. Jelenleg a vemhesség megállapítása többnyire a reprodukciós traktus ultrahangos vizsgálatával történik - a magzati folyadék és/vagy a korai embrió jelenléte, illetve hiánya alapján. Ez a módszer a vemhesség 28. napjától használható a diagnózis felállításához. Annak ellenére, hogy ez az általánosan elterjedt eljárás, az optimális időben (az első inszeminálást követő 18-24. napon) történő újratermékenyítés a vemhesség megállapításakor már túl késői. Emiatt egy a tejben lévő IgG-frakciót használó, glikán-diagnosztikán alapuló tesztet fejlesztettek ki, mellyel a vemhesség már a 16. naptól kezdődően detektálható. A vemhesség elmaradásának korai felismerése pedig lehetővé teszi a tehenek szinkronizálását és újratermékenyítését az előző, sikertelen inszeminálást követő 21. napig. Ehhez hasonlóan működnek a tejalapú glikán markerek, melyek a magzatburok-visszamaradást képesek jelezni. Ezek a könnyen mérhető biomarkerek lehetőséget teremtenek az állattenyésztők számára az olyan tehenek kiválogatására, amelyek hajlamosabbak a méh egészségének fenntartására, ezáltal pedig a jobb reprodukcióra. [46] Egy másik lehetséges megoldás a csökkenő fertilitás kompenzálására az asszisztált reprodukciós technikák (ART) alkalmazása. [12] A tehenek egészségének megőrzése érdekében egyre több gazdaságban szerelik fel a hagyományos és robotizált fejőrendszereket olyan szenzorokkal, amelyek a megtermelt tej mennyiségén kívül további információkat gyűjtenek az állatokról. Egyes bioszenzorok képesek a progeszteron (szaporodás), az L-laktát-dehidrogenáz (tőgyegészség), a karbamid és a béta-hidroxi-butirát (anyagcsere) detektálására is, ezzel folyamatosan monitorozva az állományt. [46] Ezen

módszerek alkalmazása elősegíti a tejelő tehenek teljesítményének és egészségi állapotának javulását.

Egyes kutatók szerint bár a tejtermelés és a termékenység közötti kapcsolat nagy része genetikailag meghatározott, mindkét tulajdonság egyidejű genetikai javítása is lehetséges. [5] Pinedo és mtsai (2020) az egyes tehenek fenotípusa alapján két reprodukciós indexet dolgoztak ki, amelyek annak a valószínűségét jelzik, hogy a tehén vemhesül az első mesterséges termékenyítés során. Üzemszervezési szempontból a postpartum események egyetlen indexbe egyesítése egyszerűen biztosítja a tejtermelőknél, hogy a potenciális fertilitási eredmények alapján a tenyésztés késleltetésére vagy egyes egyedek selejtezésére vonatkozó döntéseket hozhassanak meg. A tehenek alacsony és magas termékenységű csoportokba sorolása lehetővé teszi az állatok fertilitással kapcsolatos tulajdonságainak fenotípusos meghatározását, ezáltal a teljesítmény és a jövedelmezőség optimalizálását. [55] Szükségszerűvé vált tehát a reprodukciós tulajdonságok és az egészség tejelő szarvasmarhák szelekciójának tenyésztési céljaiba építése. Nagyobb hangsúlyt kell kapniuk az olyan funkcionális tulajdonságok tenyészértékeinek, mint a termékenység, a lábvég egészsége és a hosszú élettartam. Mivel pozitív genetikai összefüggés van a BCS és a reprodukció teljesítmény között, teszkondíció-pontszámon alapuló szelekciós programok is használhatók. A jövőbeni cél az, hogy a tejhozam terén elért lassabb előrehaladás mellett a tehenek egészségi állapota jelentős mértékben javuljon. [16]

Kísérleti eredményeinket összefoglalva megállapítható, hogy bár a termékenység a tejtermelés növekedésével párhuzamosan feltehetőleg csökken, a negatív hatás megfelelő menedzsmenttel mérsékelhető. A jó egészség és az azt biztosító üzemszervezési protokoll mind a magas termelésnek, mind a megfelelő fertilitásnak előfeltétele. Így nem lehetetlen elképzelés az olyan szarvasmarhák tenyésztése, melyek egyszerre produktívak és termékenyek.

7. Összefoglaló

Az utóbbi évtizedekben tejhasznú szarvasmarháknál - feltehetően az intenzív szelekció következményeként - széles körben beszámoltak a fertilitásnak a tejtermelés növekedésével párhuzamos romlásáról. Ezen beszámolók alapján kialakult egy általános vélekedés, miszerint a tejhozam és a tejelő tehenek szaporodási teljesítménye között szükségszerű negatív korreláció áll fenn. A fenti két paramétert összekötő pontos fiziológiai mechanizmusok azonban továbbra is bizonytalanok, a kísérletek eredményei kétértelműek; sőt, egyes új kutatások cáfolják a vélelmezett törvényszerűséget. Jelen tanulmány célja a tejtermelés és a fertilitás közötti összefüggés felmérése volt magyarországi holstein-fríz telepeken. Három dél-magyarországi szarvasmarhatelepet vizsgáltunk közel 12 évre visszamenően: az adatok a 2010.01.01. és a 2022.08.18. közötti időszakból származnak. A lábvégproblémák és egyéb megbetegedések termelésre és szaporodásra gyakorolt hatásának csökkentése érdekében a felmérésbe csak az első három lezárt laktációval rendelkező tehenek kerültek be. A tejtermelést 305 napra vetített tejhozammal, tej kg-ban megadva vizsgáltuk, a fertilitást pedig az újrafogamzáshoz szükséges termékenyítések száma és a szerviz periódus hossza jellemezte. Az egynél több lezárt laktációval rendelkező állatok laktációnként külön egyednek számítottak, így összesen 13 012 laktációt elemeztünk.

Poisson-regresszióval vizsgálva kiderült, hogy a termékenyítések száma szignifikánsan függ a tejtermelés mennyiségétől és a vizsgált teleptől ($p < 0.0001$), de a laktáció sorszámával való összefüggése nem volt szignifikáns ($p = 0.9477$). A szerviz periódus hosszára vonatkozó adatokat lineáris modellel (ANCOVA) elemezve ugyanezt tapasztaltuk. Itt is multiplikatív modellt alkalmazva a szerviz periódus hosszának logaritmusával dolgoztunk. Az eredmények szerint 2000 kg-mal magasabb tejtermelés 9%-kal növeli a szerviz periódus hosszát és 13%-kal a termékenyítések számát. Az állatokat tejhozamuk alapján négy termelési csoportra osztva (a minta kvartiliseivel képezve a csoportokat) a legmagasabb tejtermelésű csoport átlagos szerviz periódusa 41.5 nappal, a termékenyítések száma pedig csaknem 1-gyel nőtt a legalacsonyabb termelési csoporthoz viszonyítva. Bár a kapott adatok a reprodukciós mutatóknak a tejtermelés növekedésével párhuzamos romlására utalnak, az ezen dogmával szemben felmerült kétségek elosztatásához további vizsgálatokra van szükség.

8. Irodalomjegyzék

1. Rethmeier J, Wenzlau M, Wagner M, Wiedemann S, Bachmann L (2019) Fertility parameters in German dairy herds: Associations with milk yield and herd size. *Czech J Anim Sci* 64:459–464. <https://doi.org/10.17221/206/2019-CJAS>
2. Shanks RD, Freeman AE, Dickinson FN (1981) Postpartum Distribution of Costs and Disorders of Health. *J Dairy Sci* 64:683–688. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82630-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82630-6)
3. Norman HD, Wright JR, Hubbard SM, Miller RH, Hutchison JL (2009) Reproductive status of Holstein and Jersey cows in the United States. *J Dairy Sci* 92:3517–3528. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1768>
4. Thurmond MC, Picanso JP, Jameson CM (1990) Considerations for use of descriptive epidemiology to investigate fetal loss in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 197:1305–1312
5. Berry DP, Friggens NC, Lucy M, Roche JR (2016) Milk Production and Fertility in Cattle. *Annu Rev Anim Biosci* 4:269–290. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021815-111406>
6. Souissi W, Bouraoui R (2020) Relationship between Body Condition Score, Milk Yield, Reproduction, and Biochemical Parameters in Dairy Cows. In: M’Hamdi N (ed) *Lactation in Farm Animals - Biology, Physiological Basis, Nutritional Requirements, and Modelization*. IntechOpen
7. Grummer RR (2007) Strategies to improve fertility of high yielding dairy farms: Management of the dry period. *Theriogenology* 68:S281–S288. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.031>
8. Walsh SW, Williams EJ, Evans ACO (2011) A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Anim Reprod Sci* 123:127–138. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.12.001>

9. Butler WR (2003) Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest Prod Sci* 83:211–218. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00112-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00112-X)
10. Roche JR, Friggens NC, Kay JK, Fisher MW, Stafford KJ, Berry DP (2009) Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J Dairy Sci* 92:5769–5801. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>
11. Shehab-El-Deen MAMM, Leroy JLMR, Fadel MS, Saleh SYA, Maes D, Van Soom A (2010) Biochemical changes in the follicular fluid of the dominant follicle of high producing dairy cows exposed to heat stress early post-partum. *Anim Reprod Sci* 117:189–200. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.04.013>
12. Solti L (2022) Szaporodásbiológiai kihívások – az embrió-életképesség új bírálati eljárásai. *Magy Állatorvosok Lapja* 144(9):555–571
13. Rodriguez-Martinez' H, Barth A (2007) In vitro evaluation of sperm quality related to in vivo function and fertility. *Soc Reprod Fertil Suppl* 64:39
14. Miller D, Ostermeier GC (2006) Spermatozoal RNA: why is it there and what does it do? *Gynécologie Obstétrique Fertil* 34:840–846. <https://doi.org/10.1016/j.gyobfe.2006.07.013>
15. Yániz J, López-Gatius F, Bech-Sàbat G, García-Ispuerto I, Serrano B, Santolaria P (2008) Relationships between Milk Production, Ovarian Function and Fertility in High-producing Dairy Herds in North-eastern Spain. *Reprod Domest Anim* 43:38–43. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01227.x>
16. Rodriguez-Martinez H, Hultgren J, Bage R, Bergqvist AS, Svensson C, Bergsten C, Lidfors L, Gunnarsson S, Algers B, Emanuelson U, Berglund B, Anderson G, Haard M, Lindhé B, Stalhammar H, Gustafsson H (2008) Reproductive performance in high-producing dairy cows: Can we sustain it under current practice? *IVIS Rev Vet Med* 1.108:1–23
17. Wiltbank M, Lopez H, Sartori R, Sangsritavong S, Gümen A (2006) Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 65:17–29. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.003>

18. Sangsritavong S, Combs DK, Sartori R, Armentano LE, Wiltbank MC (2002) High Feed Intake Increases Liver Blood Flow and Metabolism of Progesterone and Estradiol-17 β in Dairy Cattle. *J Dairy Sci* 85:2831–2842. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74370-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74370-1)
19. Lucy MC, Crooker BA (2001) Physiological and genetic differences between low and high index dairy cows. *BSAP Occas Publ* 26:223–236. <https://doi.org/10.1017/S0263967X0003370X>
20. Lopez H, Satter LD, Wiltbank MC (2004) Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci* 81:209–223. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.10.009>
21. Eckles CH (1929) A study of breeding records of dairy herds. *Bull Agric Exp Stn Univ Minn St Paul* 258:
22. Macdonald KA, Verkerk GA, Thorrold BS, Pryce JE, Penno JW, McNaughton LR, Burton LJ, Lancaster JAS, Williamson JH, Holmes CW (2008) A Comparison of Three Strains of Holstein-Friesian Grazed on Pasture and Managed Under Different Feed Allowances. *J Dairy Sci* 91:1693–1707. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0441>
23. Dillon P, Berry DP, Evans RD, Buckley F, Horan B (2006) Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk productionB. *Livest Sci* 18
24. Lucy MC (2001) Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? *J Dairy Sci* 84:1277–1293. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70158-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0)
25. Laben RL, Shanks R, Berger PJ, Freeman AE (1982) Factors Affecting Milk Yield and Reproductive Performance. *J Dairy Sci* 65:1004–1015. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82302-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82302-3)
26. Evans RD, Dillon P, Buckley F, Berry DP, Wallace M, Ducrocq V, Garrick DJ (2006) Trends in milk production, calving rate and survival of cows in 14 Irish dairy herds as a result of the introgression of Holstein-Friesian genes. *Anim Sci* 82:423–433. <https://doi.org/10.1079/ASC200660>

27. Silvia WJ (1998) Changes in reproductive performance of Holstein dairy cows in Kentucky from 1972 to 1996. *J Dairy Sci* 81 (Suppl 1):244 (Abstr)
28. Ferguson JD (1994) Production and Reproduction in Dairy Cows. *Bov Pract* 79–82
29. Washburn SP, Silvia WJ, Brown CH, McDaniel BT, McAllister AJ (2002) Trends in Reproductive Performance in Southeastern Holstein and Jersey DHI Herds. *J Dairy Sci* 85:244–251. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74073-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74073-3)
30. Pryce JE, Veerkamp RF (2001) The incorporation of fertility indices in genetic improvement programmes. *BSAP Occas Publ* 26:237–249. <https://doi.org/10.1017/S0263967X00033711>
31. Bello NM, Stevenson JS, Tempelman RJ (2012) Invited review: Milk production and reproductive performance: Modern interdisciplinary insights into an enduring axiom. *J Dairy Sci* 95:5461–5475. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5564>
32. Leblanc S (2010) Assessing the Association of the Level of Milk Production with Reproductive Performance in Dairy Cattle. *J Reprod Dev* 56:S1–S7. <https://doi.org/10.1262/jrd.1056S01>
33. LeBlanc SJ (2013) Is a high level of milk production compatible with good reproductive performance in dairy cows? *Anim Front* 3:84–91. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0038>
34. Eicker SW, Gröhn YT, Hertl JA (1996) The Association Between Cumulative Milk Yield, Days Open, and Days to First Breeding in New York Holstein Cows. *J Dairy Sci* 79:235–241. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76356-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76356-7)
35. Gröhn YT, Rajala-Schultz PJ (2000) Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Anim Reprod Sci* 60–61:605–614. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00085-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00085-3)
36. Windig JJ, Calus MPL, Beerda B, Veerkamp RF (2006) Genetic Correlations Between Milk Production and Health and Fertility Depending on Herd Environment. *J Dairy Sci* 89:1765–1775. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72245-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72245-7)

37. Mayne CS, Mackey DR, Verner M, McCaughey WJ, Gordon FJ, McCoy MA, Lennox SD, Catney DC, Wylie ARG, Kennedy BW (2002) Fertility of dairy cows in Northern Ireland. *Vet Rec* 150:707–713. <https://doi.org/10.1136/vr.150.23.707>
38. Nebel RL, McGilliard ML (1993) Interactions of High Milk Yield and Reproductive Performance in Dairy Cows. *J Dairy Sci* 76:3257–3268. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77662-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77662-6)
39. Wiggans GR, Ernst CA (1987) Effect of genetic merit of sire for milk yield and herd yield level on reproductive traits. *J Dairy Sci* 70 (Suppl 1):232 (Abstr)
40. Peters MW, Pursley JR (2002) Fertility of Lactating Dairy Cows Treated with Ovsynch after Presynchronization Injections of PGF2 α and GnRH. *J Dairy Sci* 85:2403–2406. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74322-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74322-1)
41. López-Gatius F, García-Ispuerto I, Santolaria P, Yániz J, Nogareda C, López-Béjar M (2006) Screening for high fertility in high-producing dairy cows. *Theriogenology* 65:1678–1689. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.09.027>
42. López-Gatius F (2003) Is fertility declining in dairy cattle? *Theriogenology* 60:89–99. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01359-6](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01359-6)
43. Santos JEP, Thatcher WW, Chebel RC, Cerri RLA, Galvão KN (2004) The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs. *Anim Reprod Sci* 82–83:513–535. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.015>
44. Rearte R, LeBlanc SJ, Corva SG, de la Sota RL, Lacau-Mengido IM, Giuliadori MJ (2018) Effect of milk production on reproductive performance in dairy herds. *J Dairy Sci* 101:7575–7584. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13796>
45. Bagnato A, Oltenacu PA (1994) Phenotypic Evaluation of Fertility Traits and Their Association with Milk Production of Italian Friesian Cattle. *J Dairy Sci* 77:874–882. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77022-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77022-3)
46. Crowe MA, Hostens M, Opsomer G (2018) Reproductive management in dairy cows - the future. *Ir Vet J* 71:1. <https://doi.org/10.1186/s13620-017-0112-y>

47. Gvozdić D, Dovenski T, Stančić I, Božić A, Jovanović I, Šuluburić A (2013) Hormonal methods for estrous cycle manipulation in dairy cows. 14
48. Velladurai C, Napoleon RE, Selvaraju M (2015) Synchronization of Ovulation in Bovines - A Review. *Int J Sci Res Sci Technol* 2.4:185–191
49. Crowe M (2008) Resumption of Ovarian Cyclicity in Post-partum Beef and Dairy Cows: Ovarian Activity in Post-partum Beef and Dairy Cows. *Reprod Domest Anim* 43:20–28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01210.x>
50. Reynolds CK (2006) Production and metabolic effects of site of starch digestion in dairy cattle. *Anim Feed Sci Technol* 130:78–94. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.01.019>
51. Gong JG, Lee WJ, Garnsworthy PC, Webb R (2002) Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction* 123:419–427
52. Castañeda-Gutiérrez E, Overton TR, Butler WR, Bauman DE (2005) Dietary Supplements of Two Doses of Calcium Salts of Conjugated Linoleic Acid During the Transition Period and Early Lactation. *J Dairy Sci* 88:1078–1089. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72775-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72775-2)
53. Ahmadzadeh A, Frago F, Shafii B, Dalton JC, Price WJ, McGuire MA (2009) Effect of clinical mastitis and other diseases on reproductive performance of Holstein cows. *Anim Reprod Sci* 112:273–282. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.04.024>
54. Melendez P, Bartolome J, Archbald LF, Donovan A (2003) The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology* 59:927–937. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01152-4](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01152-4)
55. Pinedo P, Santos JEP, Chebel RC, Galvão KN, Schuenemann GM, Bicalho RC, Gilbert RO, Rodriguez-Zas SL, Seabury CM, Rosa G, Thatcher W (2020) Associations of reproductive indices with fertility outcomes, milk yield, and survival in Holstein cows. *J Dairy Sci* 103:6647–6660. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17867>

9. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Solti László professor emeritusnak, aki meglátásaival segítette munkámat, minden szakmai kérdésemre választ adott és javításaival lehetővé tette dolgozatom elkészültét.

Hálás vagyok Dr. Reiczigel Jenő egyetemi tanárnak, aki segítőkészségével és pontos útmutatásaival megkönnyítette számomra az adatelemzést.

Köszönöm szépen Dr. Rátky József tanszékvezetőnek, aki engedélyezte kutatómunkámat.

Továbbá szeretném megköszönni a kutatásban felmért állattartó telepek telepvezetőinek és dolgozóinak, hogy időt szántak a dolgozatomhoz szükséges adatgyűjtésre, és bizalommal megosztották velem a nélkülözhetetlen információkat.