



ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

Automatizált rendszer tervezése lisztbogár lárvá (*Tenebrio molitor*) tenyésztés optimális környezeti változóinak meghatározására és azok szabályozásának lehetőségei

Design of a Control System for Determination of Optimal Environmental Factors of Mealworm Raising and Possibilities of their Control

TDK dolgozat

Készítette: **Tóth Fruzsina Bettina**
GF421K
Élelmiszermérnöki mesterképzés
Nappali
Budai Campus

Témavezető: Dr. Kertész István, egyetemi adjunktus, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és -technológiai Intézet, Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudományi szekció

Budapest

2022.

Tartalom

1.	Bevezetés.....	4
2.	Célkitűzés	5
3.	Irodalmi áttekintés.....	6
3.1.	Rovarfehérje	6
3.2.	A körkörös gazdálkodás elve.....	12
3.3.	Lisztbogár (Tenebrio molitor).....	12
3.3.1.	Lisztbogár tápanyagtartalmának jellemzése	13
3.3.2.	Lisztbogár lárvá tenyésztés alapvető környezeti feltételei	13
3.4.	Az RFID technológia.....	14
3.4.1.	RFID technológiáról röviden.....	14
3.4.2.	Frekvenciatartományok	14
3.4.3.	RFID tag típusok	15
3.4.4.	RFID írók és/vagy olvasók.....	16
3.5.	Programozható logikai vezérlők.....	18
3.5.1.	PLC programozási nyelvek	19
3.6.	Klímakamra.....	20
3.7.	Szabályozási rendszer.....	20
3.7.1.	Folytonos szabályozás	21
3.7.2.	Nem folytonos (állásos) szabályozás.....	22
4.	Anyagok és módszerek.....	23
4.1.	Az üzem.....	23
4.2.	Laboratóriumi kísérletek terve	23
4.3.	Klímakamra működésének tervezése	24
4.3.1.	A klímakamra paraméterei	24
4.4.	Szabályozás vezérlőrendszere, a PLC	25
4.4.1.	A vezérlő programozása, TIA Portal.....	26
4.4.2.	Analóg bemeneti értékek normál értékkel alakítása és skálázása.....	28
4.4.3.	A hőmérséklet-szabályozás programozása	29
4.4.4.	Páratartalom szabályozás programja	30
4.5.	Klímakamra szabályozásához alkalmazott érzékelők és beavatkozók.....	30
4.5.1.	Hőmérséklet és páratartalom szenzor	31
4.5.3.	Reichelt THF-137320 melegítő fólia.....	32
4.5.4.	Hűtőrendszer	33
4.5.5.	Energiaellátás	34
4.6.	Monitoring rendszer tervezése	35

4.6.1.	CAEN RT0013 Dual Frequency Rain/NFC Data Logger Tag.....	35
4.6.2.	CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID Desktop Reader.....	37
4.6.3.	TN-UHF-Q300-EU-CDS UHF Reader	38
4.6.4.	RFID Tagek programozása.....	39
4.6.5.	Visual Studio	39
5.	Eredmények, értékelés.....	40
5.1.	A klímakamra szabályozási stabilitásának beállítása	40
5.2.	RFID tag írás programja.....	43
6.	Összefoglalás.....	45
7.	Hivatkozások	46

1. Bevezetés

A Föld népességének egyre nagyobb ütemű, gyors növekedése miatt rövid időn belül várhatóan olyan magas szintű kereslet alakul ki az állati eredetű fehérjék és húskészítmények iránt, amit a mezőgazdasági termelés csak részben lesz képes kielégíteni (Kemenczei et al., 2016). Nem csupán az állattenyésztés és a feldolgozás gyorsasága, de az állattartáshoz felhasznált víz, beleértve a takarmányelőállításához alkalmazott víz is problémát jelenthet. Emellett a növénytermesztés, takarmánynövények és az állattenyésztés által felhasznált termőföldterületek termőképessége is folyamatosan csökken (Migilietta et al., 2015).

A problémák megoldása az agrárium feladata oly módon, hogy elsősorban elegendő, megfelelő tápértékű és minőségű élelmiszert állít elő az egyre növekedő népesség számára amellet, hogy mezőgazdaságot és az ipart fenntarthatóvá, környezettudatosabbá teszi (Migilietta et al., 2015). Potenciális megoldás lehet az alternatív fehérjék felhasználása. Ilyen fehérjékként tartjuk számon a növényi eredetű fehérjéket (pl.: olajos magvak, hüvelyesek, szálás takarmánynövények, levélfehérje, gabonafélék), az akvakultúra eredetű fehérjéket (pl.: makro- és mikroalga, békalencse) és a rovarfehérjéket (pl.: közönséges lisztbogár, házi légy, fekete katonalégy) (Oláh, 2021).

Véleményem szerint a rovarfehérjék humán táplálkozásba való bevonása megoldást szolgáltat a fejlődő, elmaradottabb tartományok, országok élelmezési problémáira. Kiváló tápanyagtartalma ugyanis kiutat jelenthet a fehérjehiány miatt kialakuló betegségek gyakoriságának csökkentésére, későbbiekben a megfelelő technológia kialakításával pedig az élelmezésbiztonság elősegítésére is. Az eredményes tenyésztés és termelés megvalósításához célszerű egy automatizált rendszer felépítése a paraméterek megfelelő szabályozásához. Jelenleg az élelmiszeripari technológiák fejlesztése nagyban folyik, így az új vagy újszerű iparágakat célszerű modern gyártási folyamatokkal tervezni.

2. Célkitűzés

Kutatásom célja az volt, hogy megismerjem a lisztbogár lárvájának fejlődéséhez szükséges optimális környezeti paraméterek értékét: meghatározni azt a hőmérséklet és relatív páratartalom értéket, ami mellett a lárvák növekedése a legyorsabb ütemben zajlik anélkül, hogy a további felhasználás tekintetében fontos beltartalmi értékük pl. fehérjetartalom bármilyen módon hátrányosan változna.

Céljaim között szerepelt az említett környezeti változók optimumának meghatározására kísérletterv készítése, valamint az Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszéken rendelkezésre álló klímakamra módosítása oly módon, hogy az alkalmas legyen ezen kísérletek lefolytatására.

A kísérleti elrendezés és a klímakamra összeállítása során lényeges szempontként figyelembe vettem, hogy az eredmények kísérleti üzemben történő implementálása is megoldható legyen. Ennek okán további célként tűztem ki olyan mérőrendszer megtervezését, amely lehetővé teszi a lárvák közvetlen közelében mért környezeti változók vezeték nélküli monitorozását félüzemi és üzemi méretű tenyésztés automatizálhatóságának biztosítása érdekében.

A hőmérséklet és páratartalom szabályozását programozható logikai vezérlő (PLC) irányításával terveztem. Ez a monitoring rendszer RFID technológián alapul, mely előnye, hogy gyors, és vezetékezés nélküli adatszolgáltatásra képes. Segítségével meghatározható, hogy a lárvák életfolyamataik során, mint a légzés és mozgás befolyásolják-e a vizsgált paramétereket, és milyen mértékű korrigálásra van szükség a környezeti jellemzők tekintetében az üzem belső terében.

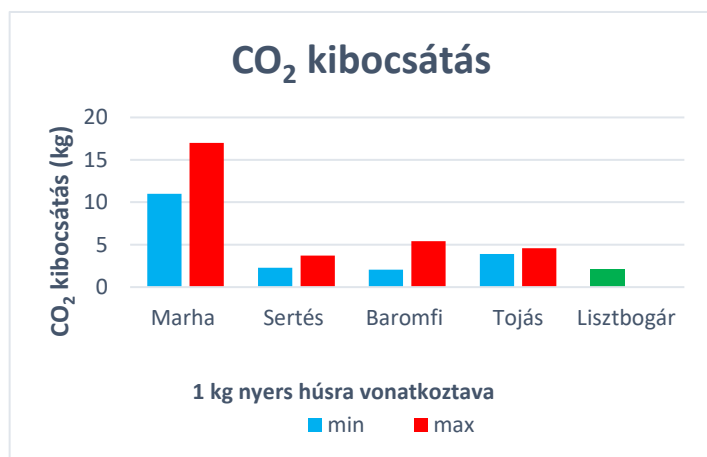
3. Irodalmi áttekintés

3.1. Rovarfehérje

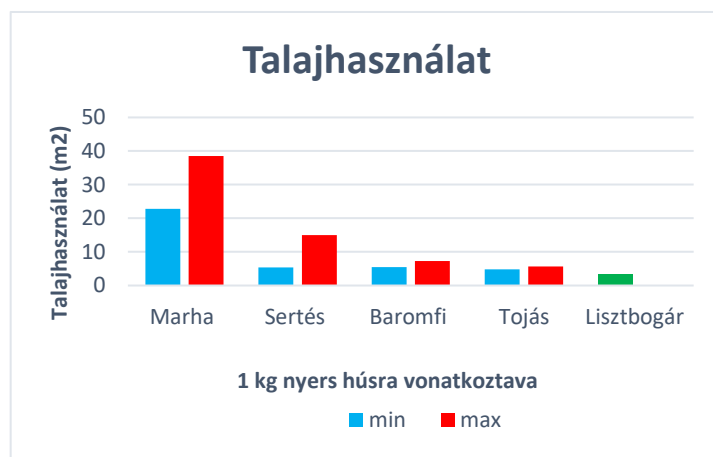
Rovarfogyasztás (entomofágia) alapvetően a fejlődő országokra jellemző. A nyugati kultúrában jelenleg még nem széleskörűen elfogadott, annak ellenére, hogy a világon több mint 1900 rovarfajt fogyasztanak rendszeresen (Cortes et al., 2016). Habár a köztudatban még nem elfogadott a rovarok fogyasztása, az élelmiszeriparban található rovar alapú adalékanyag, ilyen az E120 számú színezék, a kárminsav, melyet a *Dactylopius coccus* Costa (bíbortetű) nevű rovar nőtény példányából szárítás után állítják elő. Színe az eperéhez hasonló, ezért általában pl.: cukorkák, desszertek, joghurtok színezésére használják (Müller-Maatsch & Gras, 2016).

A rovarok emberi táplálékként, illetve állati takarmányként való felhasználása rengeteg kutatás szerint elengedhetetlen lesz a jövőben, azonban fontos kiemelni néhány kockázati tényezőt a fogyasztás és feldolgozás tekintetében. Mint rengeteg élelmiszernél a rovarok fogyasztásánál is fennállnak mikrobiológiai és kémiai tényezők. Kémiai veszélyt jelentenek a különböző környezetből származó anyagok (pl.: nehézfémek, toxinok...) melyek a rovarok fejlődésének helyén vagy a szennyezett takarmányokból kerülhetnek kapcsolatba a rovarokkal. Ennek veszélye, hogy a rovarok szervezetében fejlődésük során ezek az anyagok akkumulálódhatnak, így kerülve a táplálékláncba, ahol később mind a haszon- és hobbiállatok szervezetében, mind az emberi szervezetben egészségre káros hatást fejthetnek ki. Emellett fontos megemlíteni a mikrobiológiai veszélyeket is. A rovarok egyedi mikrobiótáján kívül rengeteg patogén baktérium és vírus van, mely a rovarokra nézve veszélyt jelentenek, ezek az emberekre ugyan nem ártalmasak, de érdemes figyelmet fordítani ezek káros hatásainak kiküszöbölésére (Costa et al., 2020). A FAO 2013-ban kiadott Forestry Papers 171. kiadásában kitérnek az esetleges zoonotikus fertőzések kockázataira. A zoonózis az emberek és a vadon élő, illetve házi állatok egymás között terjedő fertőzését jelenti. Rengetek zoonózisos megbetegedések esetről lehet tudni a történelem során, köztük például a közelmúltból, mint az influenza A típusú vírusok (H5N1, H7N7 „madárinfluenza”), a COVID-19 vírus, valamint az afrikai Ebola vírus melyet szintén állatok terjesztenek emberre. Ezért nem hanyagolhatók el a rovarok jellemző patogén baktériumai és vírusai sem, hiszen ezek a kórokozók idővel alkalmazkodhatnak az emberi gazdatesthez és komoly problémát, esetlegesen újabb pandémia kialakulását eredményezhetik. Azonban a taxonómiai eltérések miatt nem feltétlen a közvetlen átvitel jelent problémát, hanem a tenyésztés során az esetlegesen nem megfelelő kezelés, feldolgozás és tisztítás miatt fertőző baktériumok és vírusok megkötése és ezáltal hordozóvá alakulása miatt okozhat problémát (van Huis et al., 2013).

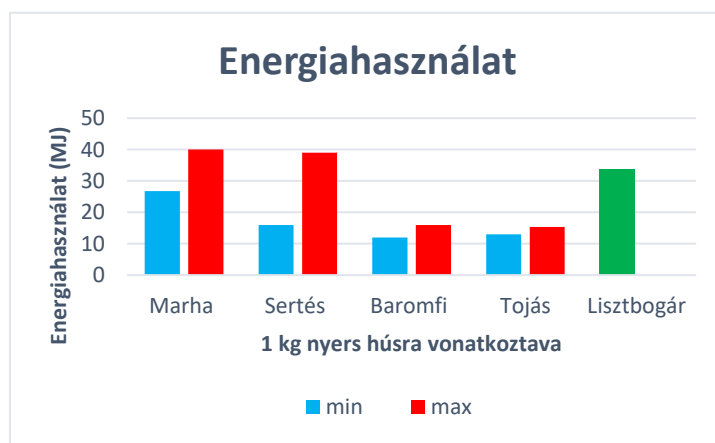
A rovarfehérje feldolgozásának több pozitívuma is van. A rendkívül kimagasló tápanyagtartalom mellett környezetvédelmi szempontból is előnyös tenyésztésük, mivel kevesebb üvegházhatású gáz és ammónia kibocsájtással jellemezhető, mint más mezőgazdasági húsfeldolgozási ág, emellett kisebb víz- és földterület-igény jellemzi. (van Huis et al., 2021).



2. ábra: CO₂ kibocsátás értéke kg-ban 1 kg nyers húrra vonatkoztatva (de Vries & Boer, 2010; Oonincx



1. ábra: Talajhasználat m²-ben meghatározva 1 kg nyers húrra vonatkoztatva (de Vries & Boer, 2010;



3. ábra: Energia használat MJ-ban 1 kg húrra vonatkoztatva (de Vries & Boer, 2010; Oonincx & Boer, 2012 nyomán)

Az 1. 2. és 3. ábrán de Vries és Boer (2010) valamint Oonincx és Boer (2012) munkássága alapján készített diagramok láthatók. Az 1. és a 2. ábrán látható, hogy CO₂ kibocsátás és talajhasználat tekintetében a lisztbogár lárvá tenyésztése rendelkezik a legalacsonyabb környezetterhelési hatással 1kg nyers húrra vonatkoztatva. Azonban negatívumként a két kutatás eredményei alapján meg kell említeni az energiafelhasználás nagyságát, mely ahogy a 3. ábrán is látható, a lisztbogár tenyésztés esetében kedvezőtlenebb, mint a baromfitenyésztés vagy tojást illetően.

Mindemellett a mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok kezelésében is alkalmazhatóak lehetnek, hiszen a megfelelő táplálékot magas értékű terméké alakítják az élelmiszeripar, gyógyszeripar számára, míg a fennmaradó anyagok komposztálása után talajjavító anyagként alkalmazható. Tehát elméleti síkon a rovarok jól beilleszthetők az Európai Tanács Körkörös gazdálkodásitervébe (Internet 1.), csökkentve a kezelendő hulladékok mennyiségét (Cappellosza et al. 2019). A rovarok méretéből adódóan kisebb a területigénye. A reprodukciós idő jelentősen rövidebb a haszonállatokéhoz viszonyítva, ezzel sokkal hatékonyabbá téve a feldolgozást. A rövid reprodukciós időből adódik a gyors alkalmazkodási képesség a környezeti körülményekhez, ezáltal globális klímaváltozási potenciállal rendelkezik (Ramos-Elorduy et al., 2002).

Chloé Phan Van és munkatársai (2020) szimbiotikus és szimbiózis nélküli modelleket állítottak fel arra vonatkozóan, hogy a rovarok tenyésztése és takarmányként való felhasználása beilleszthető-e a körkörös gazdaság elvébe. A szimbiózis modellek lényege, hogy a rovartenyésztő telepeket a mezőgazdasági termelők közelében építik fel. A tenyésztéshez alkalmazott takarmány a mezőgazdasági termelésből származó hulladék, mely így hasznosításra kerül. A szimbiózis nélküli modelleknél egyéb, messzebből származó takarmányt használtak fel a rovarok etetésére. A cikk eredményei alapján kiválóan alkalmazható a rovarokból előállított liszt takarmányozási célokra például az akvakultúra élőlényei számára, emellett összehasonlítva a jelenleg alkalmazott zsírsavforrásokkal (halliszt, növényi olajok) a rovarolaj megfelelő zsírforrás lehet a haszonállatok és hobbiállatok számára előállított takarmányok előállításában. A kutatás alapján megállapítható, hogy az ipari méretű rovartenyésztés jelentősen csökkenti az ökológiai lábnyom méretét az említett, jelenleg alkalmazott zsírforrások felváltása esetén, például a CO₂ kibocsátás legalább 55%-os csökkenést mutat. A szimbiózis és szimbiózis nélküli modellek között is jelentős különbség figyelhető meg. A szimbiotikus tenyésztést számításaik szerint 80%-kal kevesebb CO₂ kibocsátás jellemezte, és 83%-kal kevesebb fosszilis energiaforrást használ fel (Van et al., 2020). Napjainkban sok országban problémát jelent a lakosság megfelelő minőségű ivóvízzel történő ellátása. A Föld népességnövekedése egyre nagyobb mértékben terheli az édesvízkészletet. A mezőgazdasági termelés kutatások szerint a vízfogyasztás 70%-át teszi ki, ennek egyharmadát az állattenyésztés és a húsfeldolgozás használja fel. A hagyományos állattenyésztés nem csak a hatalmas vízigényével hat negatívan a környezetre, de a talajok minőségének jelentős romlását, mint nitrifikáció, erózió, savasodás és ezzel együtt tápanyagvesztését is okozza. Egy vizsgálat összehasonlította a rovarok (ez esetben Lisztbogár)

tenyésztéséhez és feldolgozásához szükséges víz mennyiségét, az egyéb haszonállatok és termények vízigényével. Ezek közül szeretnék néhány példát kiemelni az 1. és a 2. táblázatban táblázatban (Migilietta et al., 2015).

Átlagosan egyetlen egyedre vonatkoztatott vízigény:

1. táblázat: Átlagos vízigény egy állat élete során (Migilietta et al., 2015)

Állatfaj	Átlagos vízigény az állatok élete során (m ³ /kg)	Átlagos súly az állatok élete végén (kg/egyed)	Átlagos vízigény egyetlen egyedre vonatkoztatva (m ³ /egyed)	Átlagos élettartam (év)	Átlagos vízigény egy állatra vonatkoztatva (m ³ /év/egyed)
Lisztbogár	4,341	$1,81 \times 10^{-4}$	$7,85 \times 10^{-4}$	0,25	0,003
Sertés	3,831	102	390,76	0,75	521,016
Brojler csirke	3,364	1,9	6,39	0,25	25,566
Marha	7,477	253	1891,68	3,00	630,56

Átlagos vízigény a termékek előállításához:

2. táblázat: Átlagos vízigény az előállított termék ehető fehérjetartalmára vonatkoztatva (Migilietta et al., 2015).

Állatfaj	Vízigény ehető kilogrammonként (m ³ /kg)	Fehérjetartalom az ehető tömegre vonatkoztatva (kg/ehető kg)	Vízigény tápanyagtartalomra vonatkoztatva (m ³ /kg fehérje)
Lisztbogár	4,341	0,186	23,3
Sertés	5,988	0,105	57,02
Brojler csirke	4,325	0,127	34,05
Marha	15,415	0,138	111,7

A táblázatok adataiban a mértékegységekből fakadóan számítási pontatlanságokat véltem felfedezni, így a fenti táblázatokba már a korrigált értékeket illesztettem a tanulmányban olvasható értékek helyett.

A kutatás alapján levonható a következtetés, hogy a lisztbogár tenyésztés, amennyiben megfelelő takarmánnyal látják el a lárvákat a tenyésztés során (lárvák azon képessége, hogy a

takarmányból elegendő vizet tudnak felvenni pl.: sárgarépa) illetve megfelelő a tenyésztőtér relatív páratartalma (környezetből származó víz felvétele) és további feldolgozása akár csak takarmányozási céllal, jelentősen kevesebb vízfelhasználással jár, mint egyéb állattartás és húsfeldolgozás során elhasznált víz (Migilietta et al., 2015).

Mint ahogy már korábban említésre került, a rovarok kiváló tápanyagtartalommal rendelkeznek, így ez alapján tökéletesen felhasználható magas fehérjetartalmú takarmányként (Kröncke et al., 2018).

Az ehető rovarok nem csak kiemelkedő fehérjetartalmuk miatt jelentenek potenciális alternatívát a hús kiváltására, hanem kimagasló esszenciális aminosavtartalma és ideális zsírsavösszetétele is figyelemre méltó (Yi et al., 2013). Egy kutatás összehasonlította a rovarok fehérjetartalmát a különböző hús és napjainkban is alkalmazott növények fehérjetartalmával. A 3. táblázatban ebből emeltem ki néhányat példát.

3. táblázat Fehérjeforrások általános fehérjetartalma (Munialo et al., 2022, Siemianowska et al. 2013, Pelgrom et al. , 2015, Kotecka-Majchrzak et al., 2020.)

	Faj	Ehető termék	Fehérjetartalom (g/100g friss tömeg)
Rovarok	Sáskák	Felnőtt/ lárva	13-28 / 14-18
	Tücsök	Felnőtt	8-25
	Lisztbogár	Lárva	14-25
Halak	Rákfélék	Garnéla	13-27
	Hal	Harcsa	17-28
	Puhatestű	Tintahal	15-18
Haszonállatok	Marha	Nyers	20,1
	Csirke	Nyers	17,8
		Tojás	12,5
	Sertés	Nyers	22,0
Növények	Hüvelyesek	Szójabab	12,95
		Borsó	21,9
		Quinoa	24
		Csillagfűrt	35,1
	Olajos magvak	Lenmag	20,3
		Tökmag	36,3

Egy másik tanulmány öt ehető rovarfehérje, zsír- és aminosav-összetételét hasonlította össze, mely alapján az a következtetés vonható le, hogy az átlagos nedvességtartalom 60-71% között mozog, a zsírtartalom 3,6-16%, a nyersfehérje 19-22%. Egyéb összetevők, mind pl.: szénhidrát 3,4-7,5% közötti értéket vett fel (Yi et al., 2013).

4. táblázat: Egyes rovarok beltartalmi értéke (Yi et al., 2013)

Rovarok	Nedvesség (%)	Zsír (%)	Nyersfehérje (%)	Egyéb (%)
T. molitor	63,5 ± 1,8	9,9 ± 1,0	19,9 ± 1,3	7,5 ± 2,2
A. diaperius	64,5 ± 1,0	8,5 ± 0,2	20,6 ± 0,1	6,4 ± 1,0
Z. morio	59,9 ± 5,4	16,0 ± 0,7	20,7 ± 0,3	3,4 ± 5,5
A. domesticus	70,8 ± 2,0	3,6 ± 0,4	21,5 ± 0,5	4,1 ± 2,1
B. dubia	67,4 ± 2,1	7,7 ± 0,1	19,3 ± 0,9	5,6 ± 2,3

Esszenciális aminosav-tartalmuk is jelentős, a kazein és a szójabab aminosav-összetételéhez hasonló értékeket vesz fel. A vizsgált 5 rovar kiemelkedő mennyiségű leucint (56-71 mg/g nyersfehérje) lizint (43-61 mg/g nyersfehérje), fenil-alanint (92-120 mg/g nyersfehérje) és valint (52-63 mg/g nyersfehérje) tartalmaznak. Emellett találhatók még bennük nem esszenciális aminosavak, mint aszparginsav, glutanminsav, glicin...stb. (Yi et al., 2013).

Úgy, mint minden más állattenyésztési és feldolgozási folyamatban, a rovartenyésztés esetében is felmerülnek állatjóléti kérdések. Alapvető feltételek biztosítása ebben az esetben is kiemelkedő fontosságú, mint a megfelelő mennyiségű és minőségű táplálék biztosítása, szomjúságtól való védelem, kényelem, megfelelő méretű élettér, emellett sérülések és megbetegedések megakadályozása, a stressztől és félelemtől való megóvás. A megfelelő mennyiségű takarmányozás a rovarokra jellemző kannibalizmus elkerülése miatt lényeges. A kényelem a rovarok esetében is meghatározó, azonban a megfelelő élettér kialakításakor figyelembe kell venni, hogy természetes körülmények között milyen kapcsolatban vannak egymással egy faj egyedei, pl.: sáskák csoportosulnak, lisztbogarak fogságban hajlamosak csoportosulni. Vannak már kutatások arra irányulóan, hogy a rovaroknak van-e fájdalomérzete, illetve rendelkeznek-e fejlett kognitív képességekkel, de még nincsenek bizonyítékok a rovarok fájdalomérzetére vonatkozóan. Ezen okból a rovarok feldolgozásában is kiemelt fontosságú lenne a fájdalommentes rovarirtási módszerek alkalmazása, mint a fagyasztás (van Huis, 2013).

3.2. A körkörös gazdálkodás elve

Az Európai Bizottság 2020 júniusában kiadott, a körforgásos gazdaságra vonatkozó cselekvési terve alapján a jövőben a Föld megóvása érdekében új fajta gazdálkodási módszereket kell alkalmazni, melyek regeneratív növekedés mellett olyan szintre redukálja a nyersanyagfelhasználást, amit a Föld szolgáltatni képes (Internet 1.).

Napjainkban a gazdasági termelést a linearitás jellemzi. Majdnem minden ország minden iparága erre a termelési formára van berendezkedve. Lényege, hogy a termelés során a nyersanyagokból a használható részeket kivonják, majd ezeket valamilyen formában értékesítik, használják és eldobják. Ez az utolsó momentum meghatározó hulladékgazdálkodási szempontból, mely további kérdéseket vet fel az újrahasznosítás és az újrahasználat lehetőségének szempontjából (Hartley et al., 2020).

A körkörös gazdasági forma az utóbbi időben nagyon népszerű téma lett a kutatók körében, azonban sokan vannak, akik szerint nem megvalósítható a gyakorlatban (Kirchherr et al., 2017). A körkörös gazdaság definíciója: „A körkörös gazdaság egy olyan gazdasági rendszer, amely az „élettartam végén” koncepciót felváltja az anyagok csökkentésével, vagy újrafelhasználásával, újrahasznosításával és visszanyerésével a termelési/elosztási és fogyasztási folyamatokban” (Hartley et al., 2020).

A rovarok tenyésztése teljesen bevonható a körkörös gazdálkodás elvébe, egy kutatás alapján „az ehető rovarok élelmiszerként és takarmányként való feldolgozása természetes hiányzó láncszem a körkörös gazdaság kialakításában” (Madau et al., 2020).

3.3. Lisztbogár (*Tenebrio molitor*)

A lisztbogár a rovarok (Insecta) osztályán belül a bogarak (Coleoptera) rendjébe, ezen belül a gyászbogárfélék (Tenebrionidae) családjába tartozik. A kifejlett rovar kitin páncéllal és három részre tagolt testtel (fej, tor, potroh), 3 pár összetett lábbal és szemekkel, valamint egy pár csáppal rendelkezik. Lárvája hidegvérű, fejlődésére jelentős mértékben kihatnak a környezeti tényezők. Alapvetően sötét és nedves helyen jól érzik magukat. Táplálkozásukat tekintve mondhatni mindenevők, alapvetően gabonafélékkel, zöldségekkel táplálkoznak (Dalton et al., 2019).

A *Tenebrio molitor* lárváját kedvező beltartalmi jellemzői miatt, már régóta alkalmazzák állateledelként, hobbiállatként tartott madarak, hüllők etetésére. Emellett több kutatás is azt mutatja, hogy megfelelően alkalmazható fehérjetakarmányként haszonállatok, illetve az

akvakultúra fajai számára is. A lisztbogár lárvája kiemelkedő tápanyagösszetétele miatt megfelelő humán táplálékforrás lehet (Ravzanaadii et al., 2012).

3.3.1. Lisztbogár tápanyagtartalmának jellemzése

5. táblázat: *Tenebrio molitor* belartalmi jellemzői (Ravzanaadii et al. 2012)

Összetevő	Lárva	Kifejlett rovar	Melléktermék	
			Levedlett bőr	Ürülék
Nedvesség (%)	5,33	3,54	13,02	12,2
Nyers fehérje (%)	46,44	63,34	32,87	18,51
Nyers zsír (%)	32,7	7,59	3,59	1,3
Nyers rost (%)	4,58	19,96	25,96	13,66
Nyers hamu (%)	2,86	3,56	3,22	7,29

3.3.2. Lisztbogár lárva tenyésztés alapvető környezeti feltételei

A *Tenebrio molitor* holometabola rovar, tehát kifejlődése során teljes metamorfózison megy keresztül. Tehát a petéből először lárva állapotba, majd bábállapotba kerül, végül kifejlett rovarrá, imágóvá alakul. A teljes életsiklus 13 hónap, de ez a hőmérséklet függvényében változhat (Dalton et al., 2019). A lárva állapot, 22 naptól akár 100 napig is terjedhet, általánosságban 60 nap szükséges, hogy pete állapotból eljussanak a szüreteléshez megfelelő állapotba (Simon et al., 2013).

A petékből kikelt kb. 13 mm nagyságú lárvák életük ezen szakaszában sötét, nedves környezetben érzik jól magukat. Hőmérséklet és páratartalom tekintetében több kutatás alapján eltérő eredmények születtek az optimális a növekedés megfelelő ütemének tekintetében. Nina Kröncke és munkatársai (2018) kutatásai alapján a lárvák fejlődéséhez az optimális környezeti paraméterek 25 °C fok és 55% relatív páratartalom. Anna Bordiean és munkatársai (2020) szerint az optimális paraméterek értéke 28°C és 55-60% relatív páratartalom. Wynants és társai (2019) mérési eredményei szintén a 28°C fokot találták megfelelőnek, de 65%-os relatív páratartalom mellett. Simone Mancini és kutatócsoportja (2020) 25°C ±1°C fokon 50-60% relatív páratartalom mellett, Andrea Osimani társaival (2018) 28°C fok és 60% relatív páratartalom nevelték a lárvákat. Egy másik kutatás eredményei szerint, mely eltérő hőmérsékleti viszonyokat vizsgál az optimális növekedési ütem és a túlélési arány tekintetében,

megfelelő hőmérséklet lehet a 31°C is, ezen a hőmérsékleten 16,7% növekedési arány/nap figyelhető meg, azonban a betartalmi jellemzők negatív irányban változnak (Björge et al. 2018).

3.4. Az RFID technológia

3.4.1. RFID technológiáról röviden

A rádiófrekvenciás azonosítási rendszerek alapvetően, ahogy a technológia nevében is benne van azonosítási, adatközlési - és kezelési célokra alkalmas, továbbá különböző tárgyak, objektumok, áruk nyomon követését és kezelését teszi lehetővé. A tagok által tárolt információ továbbítása akár teljes mértékben automatizált folyamat is lehet. Minden tag teljesen egyedi azonosító kóddal rendelkezik. Az adatok továbbításához nincs szükség semmilyen fizikai adatátviteli eszközre (pl.: vezetékek...), mivel az olvasó által gerjesztett elektromágneses mező segítségével történik (Székely 2021).

A tag alkalmazásnak és működésének lépései:

1. RFID tag az olvasó mezőbe (rádiófrekvenciás mező) kerül
2. a megfelelő frekvencián sugárzott jel gerjeszti a taget
3. a tag átadja az azonosító kódját (EPC)
4. az olvasó továbbítja az adatokat a számítógépnek
5. a további lépéseket az adatok alapján a számítógép adja meg a felhasználó számára
6. a felhasználó a számítógépen keresztül utasítást ad az olvasónak
7. az olvasó a döntés értelmében továbbítja a parancsot/adatokat a tagnek
8. a tag funkciójától és kiadott parancstól függően működésbe lép

(Guba& Rádi, 2018.)

3.4.2. Frekvenciatartományok

Az RFID technológiát több frekvenciatartományon is alkalmazzák. Ezek a tartományok a következők:

- Alacsony frekvencia sáv – Low Frequency (LF): 125 kHz vagy 134 kHz -> maximum 50 cm olvashatósági távolság, állatok azonosítására alkalmazzák (kutya, tehenek stb.) előnye, hogy kevésbé kitett a fémek és a víz zavaró hatásának
- Magas frekvenciasáv – High Frequency (HF): 13,56 MHz -> max 3m olvasási távolság
- Ultra magas frekvencia tartomány – Ultra High Frequency (UHF): 433 MHz, 869 MHz, 915 MHz -> akár 9 m-es olvashatósági távolság, áruk, raklapok azonosítása stb.
- Mikrohullám (μW) 2,4 GHz, 5,2 GHz

Az iparban általában az UHF technológiát alkalmazzák, mert akár 6-8 m-es olvasási távolságot biztosít, emellett a logisztikával jól egyeztethető.

Frekvenciatartományok tekintetében az UHF sávon kontinensenként eltérő tartományokat alkalmaznak. Ez azt jelenti, hogy pl.: egy amerikai gyártmányú tag nem olvasható egy európai olvasóval és fordítva, mivel eltérő frekvencián kommunikálnak.

Léteznek globálisan használható tagek is, azonban ezeknek hátránya, hogy az olvasási távolságuk rövidebb, alkalmazásuk körülményesebb, mint a szabványos tagek alkalmazása (Glover & Bath, 2006).

Az UHF tartomány használatának hátránya, hogy a vizes közeg gyengíti a rádióhullámok terjedését, így vizes közegben csak rossz hatásfok mellett alkalmazható a technológia. A víz mellett a fém, fémes anyagok szintén gyengítik, vagy árnyékolják az antenna által küldött jeleket, tehát nem olvasható az a tag, melyet az antennától valamilyen fémes felület választ el (Glover & Bath, 2006).

3.4.3. RFID tag típusok

Az RFID tag típusok között nem csak a külső kialakításbéli különbségek vannak, de működési mechanizmusuk tekintetében is jelentős eltérések figyelhetők meg.

Kialakításuk annak függvényében változhat, hogy a felhasználó milyen körülmények között szeretné használni, pl.: extrém magas/alacsony hőmérséklet, vizes/magas páratartalmú közeg esetleg ezen paraméterek valamilyen kombinációja. Nem elhanyagolható továbbá, hogy milyen felületen kívánja a felhasználó alkalmazni a technológiát (műanyag, fém stb....).

Működésük szerint léteznek:

- Passzív RFID tag: a tag nem rendelkezik belső energiaellátással. A benne tárolt adatok továbbítására szükséges energiát az antenna által gerjesztett elektromágneses mező segítségével generálja
- Fél-passzív/szemi-passzív RFID tag: a tag rendelkezik egy kisebb belső akkumulátorral. Ez azonban nem az a jelátvitelihez szükséges energiát hivatott biztosítani, az ebben az esetben is passzív módon történik, hanem a tagben lévő érzékelők (pl.: hőmérséklet/páratartalom) és a memóriaegység energiaellátását hivatott biztosítani
- Aktív RFID tag: folyamatos áramellátása van, így nem csak akkor képes adatot továbbítani, amikor az olvasóból jelet kap

(Glover & Bath, 2006)

A tag memóriája négy memóriabankból, azaz memóriatartományokból áll. Ezek:

6. táblázat: RFID tag memóriabankjai (Internet 2)

	Név	Funkció
00	RESERVED	Jelszavak tárolása (Kill, Access)
01	EPC	Electric Product Code
10	TID	Tag Identification
11	USER	Felhasználói memória

A memóriabankok regiszterei különböző funkciókat látnak el, ezek a regiszterek, vagy csak olvashatók vagy írhatók és olvashatók a felhasználó által. A regiszterek típusai, illetve, hogy mely memóriabankban található, általában megtalálható az alkalmazni kívánt tag leírásában.

Tagek tokozása:

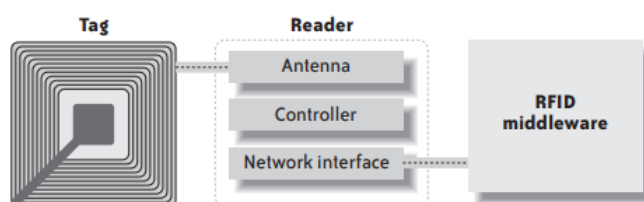
- követési funkció ellátására alkalmazott tageket célszerű a feladathoz megfelelő kialakítású tokozást készíteni, nem megfelelő tok leeshet, elveszhet, ezáltal a követési funkció már nem működőképes
- védelem szempontjából fontos figyelembe venni az alkalmazás során fennálló esetleges szélsőséges körülményeket, pl.: fény, extrém magas/alacsony vagy ingadozó hőmérsékletek, magas páratartalom stb....

(Finkenzeller , 2010.)

3.4.4. RFID írók és/vagy olvasók

Egy taggal való bármiféle kommunikációhoz szükség van egy RFID olvasóra, melynek tartalmaznia kell egy vagy több antennát, emellett, mivel az olvasónak kommunikálnia kell egyéb felhasználókkal, és szerverekkel is, így elengedhetetlen, hogy tartalmazzon valamilyen hálózati felületet és egy vezérlőt (Glover & Bath, 2006).

A 4.ábrán az RFID olvasó fizikai komponensei láthatók:



4. ábra: RFID olvasó fizikai komponensei (Glover & Bath, 2016)

RFID middleware

Az RFID middleware egy szoftver, mely összekapcsolja a régi informatikai rendszereket az új RFID hardverekkel. Az RFID működéséhez és használatához szükség van szoftvereszközökre. Ezt biztosítja a middleware, oly módon, hogy szoftvereszközként szervezett kapcsolatot biztosít a az RFID hálózat és az informatikai rendszer között (Hunt et al., 2007).

Az antenna

Az antennák alapvetően az olvasók egyszerű felépítésű része. Az olvasók eltérő mennyiségű antennákat tartalmazhatnak, vannak melyek egy vagy két antennával vannak ellátva, létezik olyan is, mely távolabbi helyen lévő antennát is képes kezelni. Az antennák számának korlátozása elsődlegesen a jelek és adatok elvesztésének csökkentése érdekében szükséges.

Általában az egynél több antennát tartalmazó olvasók egy antennát a jeladáshoz, és egyet a jelvételhez használnak. Az hogy milyen távolságból képesek kommunikálni a taggel, az az antennák kialakításától függ, ami a felhasználás függvényében különböző lehet (Glover & Bath, 2006):

Near field – far field – Közeli és távoli olvasás:

- mindkét típusú antennát tartalmazhatja
- lehet pl.: csak near field

Több tag egyidejű használatakor a tagek az antenna jelzésére egymást zavaró választ adhatnak, mely ekkor nem egyértelmű. Ennek kiküszöbölésére célszerű olyan programot írni, mely szabályozza a tagek válaszáinak időpontját (Glover & Bath, 2006).

A vezérlő

Az olvasó vezérlőjének összetettsége egészen egyszerű felépítéstől komplett mikroprocesszoros rendszerig terjedhet. Ezek képesek lehetnek akár teljes operációs rendszerek futtatására, valamint felhasználói alkalmazások kezelésére, illetve akár nagy mennyiségű adat mentésére is. A vezérlő felelős a tag programozásáért és a tagból kiolvasott információk, adatok feldolgozásáért. Lényegében a vezérlő teljes egészében irányítja az olvasási folyamatot (Glover & Bath, 2006).

Hálózati interfész

Az olvasók a tagekből kiolvasott adatokat különféle hálózati interfészekon keresztül adhatják át a felhasználó számára. Kommunikációs hálózati csatolófelület lehet pl.: soros port (RS232,

RS422, RS485), de az utóbbi időben egyre elterjedtebbek az Ethernet-támogatott olvasók is az iparban. A piacon egyre nagyobb az igény a vezeték nélküli megoldásokra, ezért léteznek vezeték nélküli Ethernet kapcsolattal, Bluetooth-szal és ZigBee kapcsolattal működő olvasók is. Ez utóbbi a 2000-es évek elején szabványosított rendszer az Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802.15.4-es szabványán alapul. Előnye, hogy kis energia mellett is magas számú szenzor érzékelhető (Glover & Bath, 2006).

3.5. Programozható logikai vezérlők

A programozható logikai vezérlők (PLC) a mikroprocesszor-alapú vezérlő rendszerek közé tartozik, programozható memóriával rendelkezik, melyben a végrehajtandó utasításokat tárolja (Bolton, 2006). A PLC-ket az 1960-as évek végén vezették be először ipari folyamatok vezérlésére a szekvenciális relé áramkörök lecserélése érdekében. Az ipari automatizálási folyamatokhoz a megfelelő PLC-k kiválasztása körülményes folyamat, és gondos megfontolást igényel. Felépítését tekintve főként egy központi feldolgozó egységből a CPU-ból, egy memóriából, illetve digitális, valamint analóg be- és kimenetekből, ezekhez tartozó és az adatok kezelésére szolgáló modulokból állnak. (Hudedmani et al. 2017)

Központi feldolgozó egység (CPU)

Ez az egység vezérli a teljes rendszer működését. Integrált áramköri chipet tartalmaz, egy vagy több mikroprocesszorral és memóriachipekkel ellátva, olyan áramkörökkel kiegészítve, melyek segítik az adatok tárolását a memóriában és az onnan való kikérésüket. Fő feladata végrehajtani az előre meghatározott programot, emellett öndiagnosztikai rutinokat hajt végre a működés esetleges hibáinak feltárása érdekében, illetve hiba fennállásakor jelet küld annak megoldása érdekében (Alphonsus & Abdullah, 2016).

Bemeneti és kimeneti egységek

Kapcsolatot biztosítanak a rendszer és a be- és kimeneti csatornákon keresztül a csatlakoztatott eszközök és a PLC között. Tehát az I/O rendszer interfész a PLC terepi eszközökhöz való csatlakoztatásához (Pletl & Kincses, 2014). Bemeneti eszközök általában érzékelők (pl.: hőmérséklet mérő, páratartalom érzékelő... stb.), a kimeneti eszközök pedig a vezérlő rendszer által irányított folyamatokat szabályozó eszközök (pl.: motorok, szivattyúk...stb.) A be- és kimenetek között megkülönböztetünk digitális és analóg bemeneteket. (Bolton, 2006). A kezdetekben a PLC-k logikai és digitális I/O rendszerrel rendelkeztek, mely hátránya, hogy csak be és kikapcsolt típusú eszközök kezelését voltak képesek ellátni, értéke logikai 0, vagy 1

lehet. Napjainkban már nem csak digitális, hanem analóg interfésszel is ellátják a PLC-ket, így már minden ipari folyamat irányítási feladatra alkalmazhatók. Az analóg típusú bemenetek előnye, hogy végtelen számú értéket tartalmazhatnak (Pletl & Kincses, 2014).

A PLC működése ciklikus jellegű, azaz folyamatosan végigfut a beállított programon és bemeneti értékek alapján frissíti azt. A bemeneten érkező minden adat vizsgálata a folyamat szempontjából nem lenne előnyös, mivel ennek hatására a folyamat ideje jelentősen megnövekedne. Ezért van szükség a belső memóriára (RAM). A bemenetek és a kimenetek egy adott címmel rendelkeznek a PLC központi memóriájában. Minden egyes programciklus elején a belső önteszt lefuttatása után a központi számító egység (CPU) átvizsgálja a beérkező adatokat, majd a RAM megfelelő területére menti, később, amennyiben szükséges innen kerülnek kiolvasásra az adatok, mely alapján végrehajtásra kerül a logikai művelet. A bemeneti jelekhez hasonlóan a kimeneti jelek is mentésre kerülnek, és a programciklus végén a RAM kimeneti jeleket tartalmazó adatai kikerülnek a megfelelő kimeneti csatornára és a következő frissítéssel járó ciklus végéig (Bolton, 2006).

3.5.1. PLC programozási nyelvek

A PLC-k programozására szolgáló nyelvek:

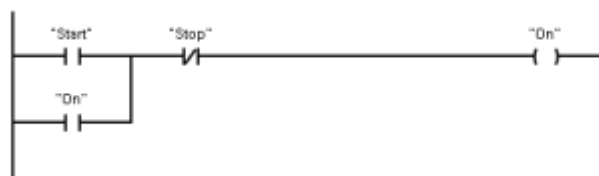
- Létra diagram (LAD): a létra logika a PLC egyik legegyszerűbb, grafikus programozási nyelve
- Funkcióblokk diagram (FBD): szintén grafikus programozási nyelv, mely Boole-algebrán alapul
- Strukturált vezérlőnyelv (SCL): szöveges, magas szintű programozási nyelv.

A kód írásakor a kódblokk létrehozásánál kiválasztható a programozási nyelv (Internet 3.).

Programozás létradiagramban

A PLC-k leglényegesebb programozási nyelve, a létra logika a relé kapcsolási rajzán, azok szimbólumaink és kifejezésein alapszik. A nyelv fejlődése során kiegészült különböző funkciókkal, melyek a létra logika egyszerű elveit követik, de összetett feladatok, mint pl.: adatkezelés és továbbítás a vezérlőn belül megvalósítását is lehetővé teszik (Bryan & Bryan, 1997).

A létra logika ábrázolása olyan kapcsolási rajz, melyben alaphelyzetben nyitott és zárt érintkezők, tekercsek stb. kapcsolódnak strukturált hálózatba.



5. ábra: Látra diagram (Internet 3.)

Emellett a programozási felület engedélyezi a funkcióblokk diagramok használatát „doboz” utasításként a létradiagram nyelvben is, ezzel is könnyebbé téve az összetett feladatok ellátására való programok megírását.

3.6. Klímakamra

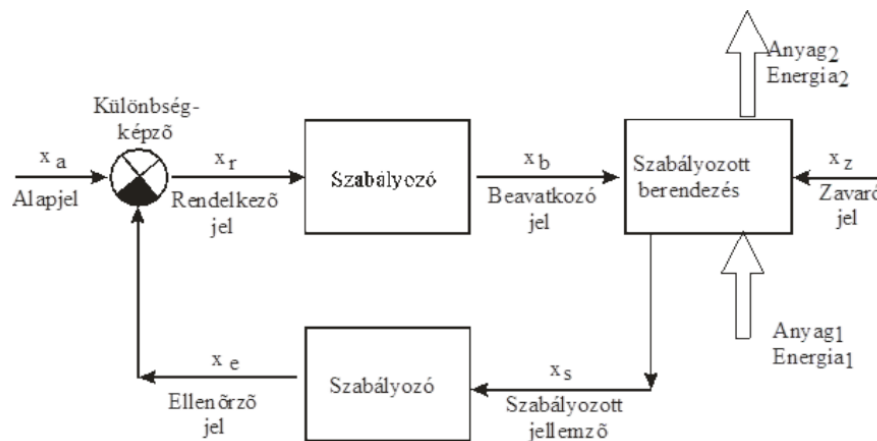
A klímakamra egy zárt, valamilyen vezérlő által, meghatározott paraméterek alapján szabályozott rendszer. Alkalmazása több ipari területein is elterjedt. A klímakamrával történő vizsgálatokat a kutatás-fejlesztési részlegek végzik például új termékek használat közben való változásának meghatározására, élelmiszereknél használható az eltarthatósági és minőségmegőrzési idő meghatározásához bizonyos körülmények között.

Felépítését tekintve a klímakamra két részre osztható. Az egyik rész a vezérlő egységet és az ehhez tartozó kiegészítő egységeket tartalmazza a másik a szabályozott folyamat színtere, érzékelőkkel és beavatkozókval (Bósquez, 2019).

3.7. Szabályozási rendszer

A szabályozás az irányítástechnika tudományág automatizálási részét képezi. Az irányítástechnika rendszerek tervszerű működésének lefutásának biztosításával, önműködő folyamatok tervezésével foglalkozik (Márton & Fehér, 2019). Folyamatnak tekintünk minden olyan változást, mely az élő és élettelen világban végbemegy, jellegét tekintve lehet természeti, gazdasági, műszaki és társadalmi. Az irányítási művelet alatt az értjük amikor „a folyamatba beavatkozás történik annak megindítására, megállítására, fenntartására vagy megváltoztatása érdekében” (Nemes , 2012).

A szabályozás hatáslánca zárt. Ez azt jelenti, hogy a szabályozási művelet során folyamatos a visszajelzés annak sikerességéről. Szabályozás során az alapjel és annak értékével arányos rendelkezőjel, valamint az szabályozott jellemző, valamint az ezzel arányos ellenőrzőjel különbsége alapján a szabályozó berendezés olyan beavatkozó jelet küld a szabályozó berendezésnek, mely a szabályozni kívánt jellemző tényleges és előírt értékének különbségét csökkenti (Nemes, 2012).



6. ábra: Szabályozás hatáslánca (Nemes 2012.)

A beavatkozó jel megegyezik a beavatkozó kimenőjével. Ez a folyamat megvalósításához szükséges megfelelő korlátos értékeket vesz fel. A szabályozás tulajdonságait az irányítani kívánt szakasz jelátviteli tulajdonságai alapján a minőségi előírásoknak megfelelően kell megtervezni. A jelátviteli tulajdonságok mérések alapján, fizikai és matematikai modellek segítségével megtervezhetők, figyelembe véve az esetleges mérési pontatlanságokból származó hibákat is (Keviczky, 2006.)

A szabályozás jellegét tekintve lehet értéktartó, követő és időterv szabályozás. Az értéktartó szabályozás feladata a folyamat sikeres lefutását biztosító paraméter meghatározott értéken tartása, mialatt az alapjel és az alapérték is állandó. Ezzel szemben a követő szabályozás esetében az alapjel és az alapérték is folyamatosan változik, a követő szabályozási rendszerek feladata nem csak a zavaró jelek kiiktatása, de a szabályozni kívánt paraméter folyamatos időben változó alapjelnek megfelelő megváltoztatása (Nemes, 2012). Az időterv vezérlés esetében a követő jel értéke ismert, ez alapján történik a szabályozási rendszer tervezése (Lantos, 2016.)

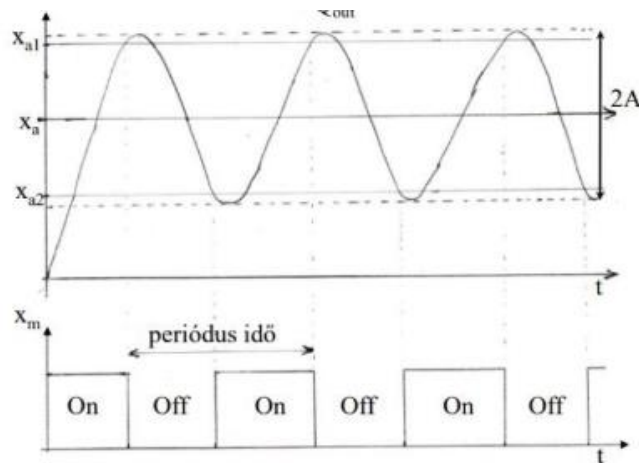
A szabályozási rendszerek működésük szerint a beérkező jelek értékkészlete alapján két csoportra bonthatók. Ez alapján a jelek minőségétől függően léteznek folytonos és nem folytonos (állásos) rendszerek (Nemes, 2012).

3.7.1. Folytonos szabályozás

A folytonos szabályozás lényege, hogy a szabályozási kör a folyamatosan beérkező jelek értéke alapján működik. Jellemzői, hogy a tagok be- és kimenő jelei állandó értékűek, valamint az előre meghatározott működési tartományon szabályozni kívánt paraméter tetszőleges értékre állítható be (Nemes, 2012).

3.7.2. Nem folytonos (állásos) szabályozás

Akkor beszélünk nem folytonos szabályozásról, ha a folyamat során a vezérelt paramétereket szabályozó beavatkozók abban az esetben vannak bekapcsolt állapotban, ha a jellemzők a meghatározott állapottartományuktól negatív vagy pozitív irányban eltérnek. Ha a vizsgált paraméterek előre megadott tartományon belül mozognak abban az esetben a beavatkozók kikapcsolt állapotban vannak (Mizsey & Békássyné, 2011).



7. ábra: Állásos szabályozás periódus ideje (Élelmiszeripari folyamatiránítás, Egyetemi jegyzet, 2021)

4. Anyagok és módszerek

4.1. Az üzem

A lárvák tenyésztését 2 darab 20 lábas konténerben kialakított üzemben terveztem. A rendelkezésre álló terület 3 egységből áll, ezek a feldolgozó tér, a tenyésztő tér és a szaporító tér. Jelen dolgozat szempontjából, a tenyésztő tér kialakításán és megtervezésén van a hangsúly.

A lárvák nevelése egymásra helyezett m10-es ládákban történik a tenyésztőtérben. Ezekben a ládákban helyezzük el a lárvákat a szubsztráttal együtt. Összesen tíz darab láda kerül egymás tetejére és összesen 10 ilyen módon épített oszlop kerül a rendelkezésre álló területre. A tenyésztés ideje alatt az oszlopok és az egymáson elhelyezett ládák pozíciója is megváltozik, cserélődik.

A konténer belső környezetét a szabályozási rendszer optimális esetben 26°C-os hőmérsékletre és 55-60% közötti relatív páratartalomra állítja be. A rovarok közvetlen közelében is kíváncsiak vagyunk a hőmérséklet és páratartalom értékére, így erre külön monitoring rendszer kialakítása szükséges. Mint említésre került a ládák és az oszlopok helyzete is cserélődik a növekedési idő alatt, így a vezetékes szenzorok alkalmazása nagyon körülményes megoldás lenne, emellett fennáll a veszélye, hogy a lárvák az érzékelők és vezetékeik a szubsztrátban lévő részét is károsítják. A felmerülő problémák elkerülése érdekében az RFID technológia potenciális megoldást biztosíthat. A hőmérséklet- és páratartalom-mérő szenzort a tenyésztő ládákban az oszlopok különböző pontjain elhelyezve mérhetővé válnak a vizsgálni kívánt paraméterek. A konténerben elhelyezett antenna segítségével lekérhetőek a tagek által mért értékek.

4.2. Laboratóriumi kísérletek terve

Ahogy a célkiűzések fejezetben (2.fejezet) már említésre került, a dolgozat célja a lárvák fejlődése szempontjából optimális környezeti paraméterek vizsgálata és meghatározása volt, valamint ezeknek a jellemzőknek a szabályozási lehetőségeinek meghatározása. A laboratóriumi vizsgálatokat a tanszék klímakamrájában terveztem végrehajtani, több ciklusban.

A kísérlet a következőképp került kidolgozásra: a a lárvákat egy napos koruktól nevelném a kamrában elhelyezett 4 db 20cm x 20 cm x20cm -es ládákban (a kamra szabályozott területe 45 cm x 45 cm x 45 cm), így az érzékelő és a beavatkozó is könnyen elhelyezhető.

A kísérlet minden periódusa 4 hétig tartana. Ez alatt az idő alatt, az irodalmak és a lárvák életsiklusa alapján valószínűsíthető, hogy megfelelő mértékű változás történik tömeg és beltartalmi jellemzők értékeiben egyaránt.

A lárvák szubsztrátja száraz CGF (Corn Gluten Feed) por vízzel keverve, a lárvák a tápanyagot és a szükséges folyadékot is ebből nyerik. A CGF a kukoricából előállított keményítő gyártás során keletkező melléktermék, melynek magas energiatartalma, kedvező fehérje és rosttartalma miatt megfelelő takarmány a haszonállatok számára (Internet 4.)

A 4 hetes periódusok alatt a hőmérséklet és a relatív páratartalom értéke minden esetben változatlan marad. A ciklus során minden héten méréseket végzünk a tömeg gyarapodásának és a melléktermékek, mint a fennmaradó szubsztrátmennyiség, a levedlett bőr, ürülék, az idő közben bebábozódott egyedek és a mortalitás mértékének meghatározására. A lárvák elválasztása a mellékterméktől szitálással és kézi válogatással történik. A lárvák tömegének változását és a melléktermékek mérleg segítségével határoznánk meg, melynek eredményei alapján kiszámítható a növekedés üteme. A bábozódás és a mortalitás értékét egyedszámban tudjam meghatározni.

A ciklusok felénél (2. hét) érdemes egy szitálást végezni a lárvák és a melléktermékek elválasztására, és friss szubsztrátot adni a rovaroknak.

A lárvák beltartalmi értékeit egy külső laboratórium végzi. Hasonlóan a növekedési adatokhoz a fehérje tartalom meghatározása is ciklusonként 4 alkalommal történik.

A kísérletterv elrendezése 3^2 faktoriális kísérletterv, 2 faktorra. A kísérlet alatt mindkét paramétert 3 szinten vizsgáltam, a növekedés és a környezeti paraméterek összefüggésének meghatározására. Hőmérséklet tekintetében a szintek 24°C , 26°C és 28°C , relatív páratartalom esetében pedig 50%, 60%, és 70%.

4.3. Klímakamra működésének tervezése

A konténerüzem működését és az optimális paraméterek beállítását, kimérését a tanszéki klímakamra segítségével szimuláltam. A kamra belső környezetének szabályozását egy SIMATIC S7-1200 1214 AC/DC/RLY vezérlővel és az alábbiakban bemutatott érzékelők és beavatkozók segítségével végeztem.

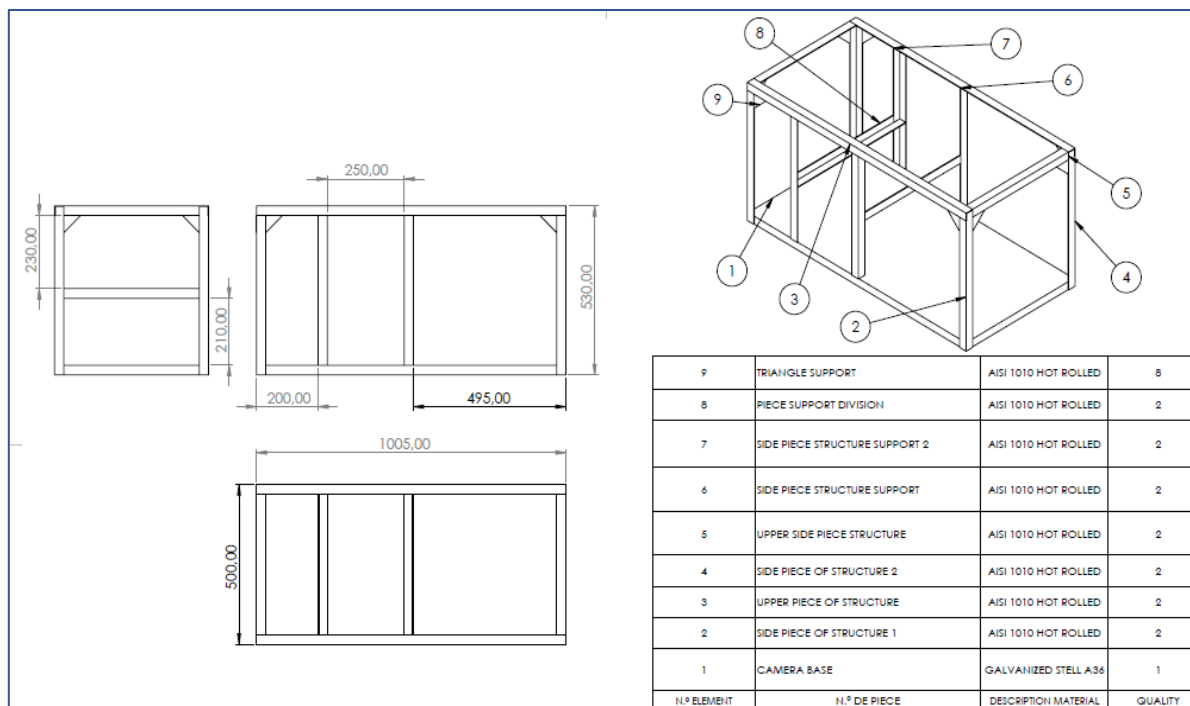
4.3.1. A klímakamra paraméterei

A klímakamra két fő részre osztható. Az egyik oldalon a vezérlő szerv, az érzékelők és beavatkozók tápellátása található, a másik oldalon pedig a szabályozott tér.

A klímakamra vázát egy fém elemekből épített konzol szolgáltatja. A falak összetételüket tekintve alumínium lemezzel bélelt polisztirol réteg két polikarbonát réteg között. Ez ellátja a

szigetelési funkciót, ezáltal megakadályozza a kamra belső környezetének a külső tényezők hatására történő megváltozását, megtartja a kívánt páratartalom értéket, a polikarbonát megtartja a kamrában beállított páratartalom értékét, nem engedi a nedvesség környezetbe való távozását, emellett megóvjá a falanyag víz hatására bekövetkező minőségromlását is (Bósquez, 2019).

A kamra méretei a 8. ábrán láthatók:



8. ábra: A klímakamra méretei (Bósquez, 2019)

4.4. Szabályozás vezérlőrendszere, a PLC

A szabályozást egy Siemens gyártmányú, SIMATIC S7-1200 1214 AC/DC/RLY vezérlő irányítja. A vezérlőrendszer nyílt és zárt hatásláncú folyamatok végrehajtására is képes. Kompakt felépítéssel és nagy teljesítménnyel jellemezhető, egészen egyszerű feladatok végrehajtásától a bonyolultabb rendszerek és programok lefuttatásáig alkalmazható az ipari termelés részeként. 24 integrált be- és kimenettel rendelkezik, közöttük 14 integrált digitális bemenet 24 V DC, 10 integrált relés kimenet, 2 integrált analóg bemenet 0-10 V vagy 0-20mA. A PLC-t szerteágazó műveleti funkciók jellemzik, többek között alpműveletek végrehajtása, számítások, logikai műveletek és eredmények végrehajtása, idő vezérelt megszakítások, számlálók működtetése stb. (Internet 5.).

A vezérlő specifikációi:

7. táblázat S7-1200 AC/DC/RLY technikai adatai (Internet 3.)

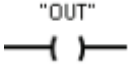
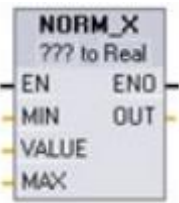
Általános információk	
Rendelészám	6ES7 214 – 1BG40 – 0XB0
Méret (H x M x Sz)	110 x 100 x 75
Súly	475g
Tápellátás	85-264V AC
Digitális I/O	
Digitális bemenetek	
Darabszám	14
Feszültség	20,4-28,8 V DC
Digitális kimenetek	24 V DC
Darabszám	10
Feszültség	5-30 V DC vagy 5-250 V AC
Analog I/O	
Darabszám	2
Feszültségtartomány	0-10 V
Ethernet csatlakozás	1 db
Skálázási tartomány	0-27648 (adatszó)

4.4.1. A vezérlő programozása, TIA Portal

A PLC programozására a TIA V14 Portal (Totally Integrated Automation Portal) fejlesztői környezetet használtam. A Siemens által tervezet program automatizálási folyamatok digitális és integrált tervezésére alkalmas (Internet 6).

A vezérlőt irányító programot létradiagram nyelvben írtam. Az alkalmazott utasítások és funkciók a 8. táblázatban láthatók:

8. táblázat: TIA portal-ban alkalmazott utasítások és funkciók és jelentései (Internet 6)

Utasítások	Leírás
	Normál esetben nyitott kapcsolat. Adattípus: Bool
	Normál esetben zárt kapcsolat. Adattípus: Bool
	Kimenet. Adattípus: Bool
	ÉS és VAGY logikai kapcsolat
Környezeti paraméterek vezérlésének programozása	
Normalizálás 	„A megadott minimum és maximum értékek által megadott paraméterek alapján állítja be a hőmérséklet és páratartalom kimeneti értékét: $OUT = (VALUE - MIN) / (MAX - MIN), \text{ ha } (0,0 \leq OUT \leq 1,0)$
Skálázás 	„A normalizált érték alapján számítja valós kimeneti paraméter értékét ($0,0 \leq VALUE \leq 1,0$) a megadott minimum és maximum alapján a megfelelő adattípus megtartásával: $OUT = VALUE(MAX - MIN) + MIN$
Műveletek 	ADD: Addition ($IN1 + IN2 = OUT$) SUB: Subtraction ($IN1 - IN2 = OUT$) MUL: Multiplication ($IN1 * IN2 = OUT$) DIV: Division ($IN1 / IN2 = OUT$) „Az egész számmal végzett osztási művelet levágja a hányados tört részét, hogy egész számot adjon”

A PLC és a TIA portál közötti hardveres kommunikációt TCP/IP protokolon keresztül, a PLC és a számítógép közötti kapcsolatot pedig egy Ethernet kábellel valósítottam meg. A kapcsolat létrejöttéhez minden eszköznek rendelkeznie kell IP címmel, mely lehetővé teszi a

kommunikációt összetettebb hálózaton. Az IP cím négy 8 bites részből áll, pontozott decimális formátumban, ahol az első rész a hálózati azonosító, a második pedig egy Host ID. Az alkalmazott PLC nem rendelkezik IP címmel, így ezt manuálisan kell hozzárendelni. Az IP cím beállítását követően elvégezhető a konfiguráció. Ezt követően a program megírása előtt a kapcsolatot és a konfiguráció sikerességét tesztelni kell, majd a program szoftvert és hardvert vezérlő programelemeit le kell tölteni a PLC-re. Ezek az adatok a PLC-ben mentésre kerülnek, és egészen addig a memóriában maradnak, míg az felülírásra vagy törlésre nem kerül (Inernet 6).

A sikeres kapcsolódást és konfigurációt követően a TIA portálban megírható a szabályozás programja. A kamra környezeti paramétereit szabályozó program létra logika alapú, funkcióblokk diagram elemekkel kiegészítve, mely a magasabb szintű funkciókat hivatott irányítani.

4.4.2. Analóg bemeneti értékek normál értékke alakítása és skálázása

A hőmérséklet és páratartalom mérésére szolgáló szenor beérkező analóg jeleit át kell számítani a PLC által értelmezhető értékekre. Ennek menete a normalizálás és skálázás, mely a következőképp számítható ki. A kvantum értéke (Q), 0-27648 között változhat az értéke és digitális egységben fejezünk ki, meghatározható a kvantumszám változásának és a leadott feszültség változásának és az eredeti feszültség értékének felhasználásával. A feszültség (U) 0-10 V közötti értéket vehet fel.

A PLC által elfogadott értékek számítása

$$Q = \frac{\Delta Q}{\Delta U} \cdot U$$

ahol:

- U – feszültség (V)
- Q – kvantum (DE – digitális egység)

A tényleges hőmérséklet értékét a kvantumszám és a kvantálási váltószám, valamint a feszültség-hőmérséklet válószám szorzata adja meg.

$$T = Q \cdot a \cdot b$$

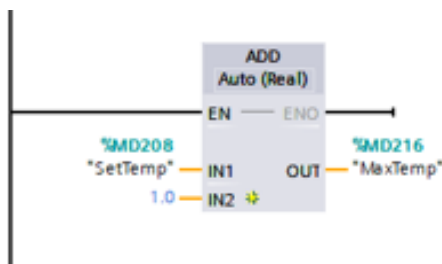
- T – hőmérséklet (°C)
- a – kvantálási váltószám $(\frac{V}{DE}, \frac{\Delta U}{\Delta Q})$

- b – feszültség – hőmérséklet váltószáma ($\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{V}}, \frac{\Delta T}{\Delta U}$)

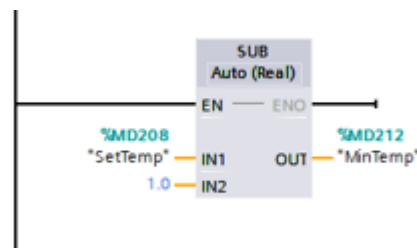
$$T = Q \cdot \frac{\Delta U}{\Delta Q} \cdot \frac{\Delta T}{\Delta U}$$

4.4.3. A hőmérséklet-szabályozás programozása

A hőmérsékletet a klímakamrában az irodalomi források alapján 26°C-on szeretnénk tartani. Mivel állásos szabályozást alkalmaztunk a paraméter beállítására, így egy intervallumot határoztunk meg a hőmérséklet tekintetében. Így a szabályozás ideje alatt a hőmérséklet 25-27 °C közötti értékeket vett fel. Ez azt jelenti, hogy a hőmérséklet értéke ± 1 °C-al érhet el az eredetileg meghatározott értéktől. Ehhez a TIA Portalban a létra diagramban két funkció blokkot alkalmaztam az összeadási és a kivonási művelet elvégzésére.



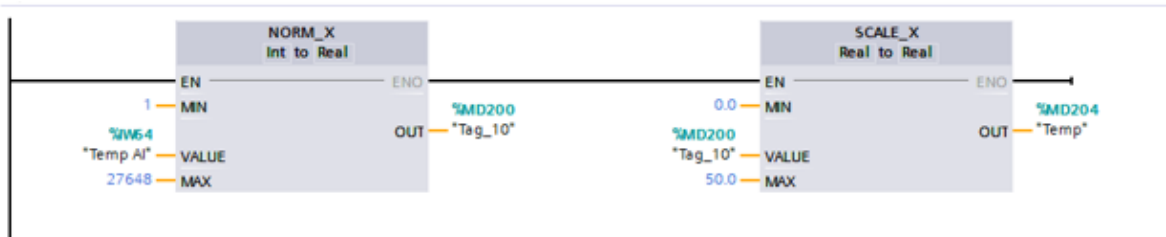
10. ábra: Összeadási művelet
funkcióblokkja a TIA portálban



9. ábra: Összeadási művelet
funkcióblokkja a TIA portálban

Az alap hőmérsékleti értéket az 1. bemeneten adtam meg, értéke 26°C, amit a %MD208 memória tárol. A 2. bemeneten pedig az eltérés maximális értékét adtam meg, azaz 1-et. A maximum hőmérsékleti érték megadásához egy összeadási műveletet használtunk, melynek kimenete a MaxTemp érték (27°C) a %MD216-os memóriába mentettük. A minimum hőmérsékleti érték kiszámítását egy kivonási művelet végzi, melynek kimeneti értéke a minimum hőmérséklet (25°C) melyet a %MD212 memória tartalmaz.

Az érzékelő által mért értékeket először a 4.4.2. ejezetben leírtak alapján ki kell számítani, a szenzor által továbbított analóg jelet kvantált értékke kell alakítani. Ezt követően ezt az egészszám-értéket skálázással átszámoltam a °C-ban mért valós hőmérsékletre, annak egyszerű monitorozása, és további feldolgozása céljából. A skála alsó és felső határát a hőmérő beállított mérési tartománya határozta meg.



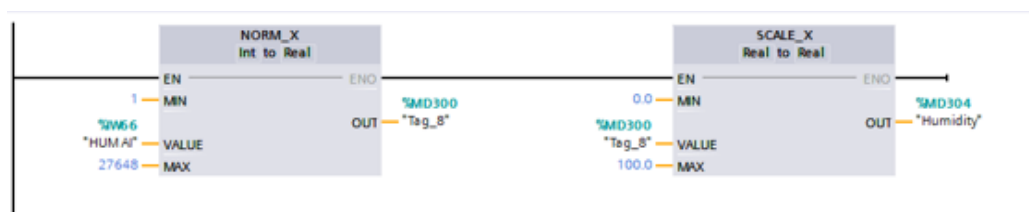
11. ábra: Hőmérséklet értékek normalizálása és skálázása

4.4.4. Páratartalom szabályozás programja

A klímakamrában az irodalom alapján a megfelelő relatív páratartalom értéke 55-65% között van, így a 60%-os relatív páratartalom mellett döntöttünk. Hasonlóan a hőmérséklet beállításához, ebben az esetben is megadtunk egy minimum és egy maximum értéket, mely ± 2 % eltérést tett lehetővé.

Az 1. bemeneten adtam meg az alap értéket, mely 60% -os relatív páratartalmat jelentett és az %MD308 memória tárol. A 2. bemeneten pedig az eltérés maximális értékét adtam meg, ami a páratartalom esetében 2%. Ugyanazzal a módszerrel számítottuk ki és adtuk meg a programban a minimum és a maximum páratartalmak értékét. A minimum érték 58% és a MinHum kimeneten jelenik meg, értékét a %MD312 memória tárolja. A MaxHum kimeneten a maximális páratartalom érték jelenik meg, mely 62% relatív páratartalmat jelent és a %MD316-os memórián került mentésre.

A páratartalom értékek esetében ugyanazzal a módszerrel kell átalakítani a beérkező analóg jelet először kvantált formátumba, majd skálázással olyan értékre melyet a továbbiakban a program páratartalom-értékként kezelni tudunk.



12. ábra: Hőmérséklet adatok normalizálása és skálázása a TIA portálban

4.5. Klímakamra szabályozásához alkalmazott érzékelők és beavatkozók

Az érzékelők és beavatkozók beszerelése és beüzemelése során több probléma is felmerült, melyekre megoldásokat kellett keresni. A páratartalom beállítására használt párasító berendezés nem működött megfelelően, így egy ultrahangos párasítóra cseréltük, melynek szabályozása csak állásos szabályozási módszerrel megoldható. A levegő melegítését egy

melegítőfólia valósította meg. A hűtést egy ventilátorokkal kiegészített Peltier-elemmel oldottam meg, a ventilátorok a levegő keringetéséért és a meleg levegő eltávolításáért feleltek.

4.5.1. Hőmérséklet és páratartalom szenzor

A hőmérséklet és páratartalom értékek mérésére egy SIEMENS QFA3160 szenzort alkalmaztunk.



13. ábra: Siemens QFA3160 hőmérséklet és páratartalom szenzor

Az érzékelő technikai adatai a 9. táblázatban láthatók:

9. táblázat: Siemens QFA316 hőmérséklet és páratartalom szenzor technikai adatai (Internet 7)

Működtető feszültség	13.5...35 V AC/DC
Méréstartomány, hőmérséklet	0...50 °C / -40...+70 °C / -35...+35°C
Méréstartomány, páratartalom	0...100% relatív páratartalom
Mérési pontosság hőmérséklet esetében	At AC/DC 24 V in • 23 °C: $\pm 0,3$ K, • 15...35 °C: $\pm 0,6$ K, • -35...+70 °C : $\pm 0,8$ K
Mérési pontosság páratartalom esetében	23 °C és 24V AC/DC mellett: 0...100% r.h : $\pm 2\%$ r.h.
Időkonstans	Mindkét paraméter esetében: 20s
Elektromos csatlakozás	Csavaros csatlakozó terminál
IP minősítés	IP65/IP40
Méret	80 x 144 x 39 mm

4.5.2. Ultrahangos párasító

Az ultrahangos párasítót a működéséhez olyan mélységű vízbe kell helyezni, hogy teljesen ellepje, azonban elég magas tálba ahhoz, hogy a működése során a lökések hatására a víz ne, csak a pára jusson ki a szabályozott térbe.



14. ábra: Ultrahangos párasító

Technikai adatok:

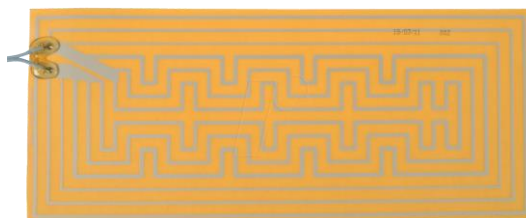
10. táblázat: Ultrahangos párasító technikai adatai (az adatok a párasító dobozáról származnak)

Működtető feszültség	AC 24 V
Áramerősség	< 1.0A
Működési hőmérsékleti tartomány	+5°C- 40°C
Működéshez szükséges víz mélység	50-60 mm

(doboz)

4.5.3. Reichelt THF-137320 melegítő fólia

A melegítőfólia a klímakamra belső hőmérsékletének melegítéséért felel. Kialakítását tekintve egy 125µm vastag lángálló poliészterfólia szilikon védőpapírral ellátva.



15. ábra: Reichelt THF-137320 melegítőfólia (Internet 8)

11. táblázat: Reichelt THF-137320 melegítőfólia technikai adatai (Internet 9)

Működtető feszültség	12 V DC
Kapacitás	36W $\pm$ 10%
Méret	137 x 320 mm
Elektromos kapcsolat	2x0,75 mm ² kéterű kábel
Működési hőmérsékleti tartomány	-40 °C – max. +95°C
IP minősítés	IP X4

4.5.4. Hűtőrendszer

A klímakamra belső hőmérsékletének csökkentését két ventilátorból és egy Peltier-elemből álló rendszer végezte. A ventilátorok a belső levegő keringtetését végzik, hogy szükség esetén a hőmérséklet rövid időn belül a maximális megengedett hőmérséklet alá hűljön.

A Peltier-elem működésének a lényege, hogy két eltérő felülete között hőmérsékletkülönbség keletkezik, ha áramot vezetünk rá (Bodnár & Koós, 2019). Pontosabban kifejezve, amikor a két összekapcsolt vezető találkozási pontján áram folyik át, akkor az egyik csomóponton hő távozik és lehül, a másik csomóponton hő halmozódik fel, tehát felmelegszik (Fernandes & Acharya). Működése a Peltier-effektuson alapszik: „Ha két különböző vezetőből álló körben I áram folyik, akkor az áram irányától függően az egyik csatlakozási pontja lehül a másik felmelegszik. A csatlakozási pontokon időegység alatt termelődött vagy termelődő hő arányos az érintkező felületen átfolyó I áramerősséggel” (Internet 10).

Amikor a hőmérséklet-érzékelő a megadott maximális hőmérsékletnél magasabb értéket mér, a PLC parancsot ad a Peltier-elem és a hozzá tartozó ventilátorok működésére.

A Peltier-hez tartozó ventilátorok a Deep cool által gyártott Xfan120-as modellek.

Specifikációi:

12. táblázat: Deep Cool Xfan120 ventilátor technikai adatai (Internet 15.)

Üzemi feszültség	10,8-13,2 V DC
Indítófeszültség	7 V DC
Névleges feszültség	12 V DC
Ventilátor sebessége	1300 $\pm$ 10% RPM

4.5.5. Energiaellátás

Siemens Logo!Power



16. ábra: Logo!Power 24V-os táp (Internet 11)

13. táblázat: Logo!Power 24V-os táp (Internet 11)

Tápegység típusa	1 fázisú AC vagy DC
Áramellátás AC • minimum • maximum • kezdeti érték • teljes skála	• 100V • 240 V • 85V • 264V
Kimeneti feszültség DC	5V
Üzemi hőmérséklet	-25°C -70 °C

4.5.6. Akyga Ak-L1-150 150W-os tápegység

14. táblázat: Akyga Ak-L1-150 tápegység technikai specifikációi (Internet 12)

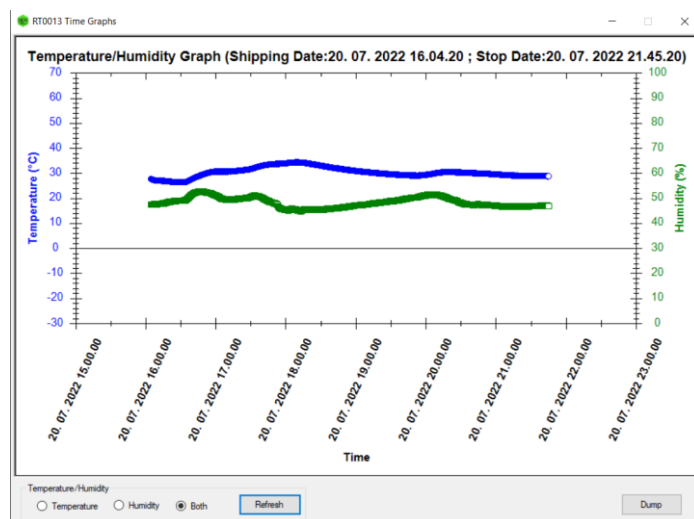
Termékkód	AK-L1-150
Működtető feszültség	110-265 V
Kimeneti feszültség	12 V
Maximum teljesítmény	150 W
Üzemi hőmérséklet	5 °C - 50 °C

4.6. Monitoring rendszer tervezése

4.6.1. CAEN RT0013 Dual Frequency Rain/NFC Data Logger Tag

A tervek szerint a lárvák közvetlen közelében a környezeti paraméterek monitoring rendszerének részét képezi a hőmérséklet és páratartalom mérésére alkalmas RFID tag. Erre elsősorban azért van szükség, hogy meghatározható legyen az egymásra helyezett ládákban a lárvák életfunkciói hatására (légzés, mozgás, táplálkozás, alvás ...) milyen mértékben tér el a hőmérséklet és páratartalom értéke az üzemben mérhető értékektől. A tagek által mért adatok alapján levonható a következtetés, hogy van-e szükség módosításra a környezeti paraméterek meghatározásában, hogy a tenyésztőládákban a lárvák közelében a optimális körülmények adottak legyenek.

Technikai specifikációit tekintve a tag félépasszív üzemű, tehát rendelkezik akkumulátorral, mely az érzékelők működéséért felel és folyamatos működés mellett kb. 1 év élettartam jellemzi. -30°C és $+70^{\circ}\text{C}$ közötti hőmérsékleti tartományon és 0-100% páratartalom között működik és gyűjt legfeljebb 4096 mintát. Két frekvenciasávon használható, NFC/HF olvasás szempontjából 13,56 MHz-en működik, valamint RAIN/UHF: 860 vagy 930 MHz a meghatározott frekvenciaérték. Olvasási távolság szempontjából az NFC/HF olvasási távolsága kb. 5 cm, RAIN/UHF technológiánál szabad levegőn 5 m-es olvasási távolság is jellemezheti. A projekt szempontjából ez az olvasási távolság jelentős, hiszen ez azt jelenti, hogy optimális esetben a ládák mozgatása nélkül kiolvashatók a mért adatok.



17. ábra: A CAEN RT0013 tag által mért hőmérséklet és páratartalom értékek a CAEN taghez tartozó demo programjából



18. ábra: CAEN DFID RT0013- Dual frequency Rain /NFC Data Logger Tag (Internet 2)

A tag technikai adatai a 13.táblázatban láthatók:

15. táblázat: CAEN RFID RT0013 technikai adatai (Internet 2)

Frekvenciatartomány	•NFC/HF: 13,56 MHz •RAIN/UHF: 860÷930 MHz
RFID protokollok	•NFC/RFID ISO 14443 Type A Interface •RAIN: EPC Class 1 Gen 2 – ISO18000-63
Tag típusa	Félpasszív
Mintavételek száma	4096
Működési hőmérséklet	-30°C - +70 °C
Hőmérséklet adatok pontosság	±0,5°C
Páratartalom tartomány	0-100% relatív páratartalom
Páratartalom adatok pontossága	±3,5%rH, 20-80% rH
Maximális élettartam	5 év
Mintavételi idő pontossága	•NFC/HF: 5cm •RAIN/UHF: 5 m levegőben
Elérhető memória	160 bit az EPC memóriabankban és 448 bit a USER memóriában
Monitoring várakoztatásának időtartama	18 óra
Jellemzők	•Többször konfigurálható mintavételi intervallum •Hőmérséklet és páratartalom hisztogram funkció •Konfiguráció és indítás NFC és RAIN interfészeiről is •Minták kikérése NFC és RAIN interfészeiről •NFC és RAIN között megosztott felhasználói memória
Riasztási lehetőségek	•Többféle konfigurációs lehetőség •Tervezett érkezési időpont (csomagok) •Akkumulátor állapota
Akkumulátor élettartalma	1 év (használat és üzemi hőmérséklet függvényében)
Akkumulátor típusa	Li/MNO2 Model Renata CR2430SN
IP minősítése	IP68
Tokozás anyaga	ABS
Méret	(H)92 x (M) 63 x (Sz)6,5 mm ³
Súly	42 g

4.6.2. CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID Desktop Reader

A tag felprogramozásához (4.5.4. fejezett) a CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID Desktop Reader-t használtam. Ez, ahogy a nevében is szerepel, egy asztali RFID olvasó, mely RAIN RFID belső antennával rendelkezik. Alapvetően rövid és közepes távolságból képes a tageket beolvasni. Kompakt méretéből és USB kábellel való csatlakoztatási lehetőségéből adódóan hordozható, és kiválóan alkalmas asztali folyamatok végrehajtásához, mint pl.: alkalmazások tervezése, címkeprogramozó állomások kialakítása stb... A konténer üzem területére egy másik antenna alkalmazását terveztem. Ennek oka az olvasási távolság és az olvasási határfok megnövelése volt. A CAEN olvasója kifejezetten asztali feladatok megvalósítására, illetve kisebb távolságból való olvasásra alkalmazható (Internet 13)



19. ábra: CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID Desktop Reader (Internet 13)

Az olvasó technikai adatai:

16. táblázat: CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID Desktop Reader technikai adatai (Internet 13)

Frekvencia sáv	865,6 - 867,6 MHz; 902 - 928 MHz
RF teljesítmény	18 fokozatban programozható
Kimeneti teljesítmény pontossága	± 1 dB
Antenna típusa	integrált körkörös polarizált antenna
Frekvencia tolerancia	± 10 ppm a teljes hőmérsékleti tartományban
Csatornák száma	4 csatorna
Szabvány	EPC C1G2/ISO 18000-6C
Felhasználói felület (visszajelző led)	Piros LED: Bekapcsolás Zöld LED: Tag olvasás

Kapcsolat	Mini USB B típusú csatlakozó USB 2.0 FullSpeed (12 Mbit/s) Nagy teljesítményű A típusú USB port Virtuális COM port: • adatátviteli sebesség: akár 115,200 kbps • adatbitek: 8 • stopbitek: 1 HID profil
Méret	125mm (Sz) x 125mm (H) x 25 mm (M)
Működtető feszültség	5V ± 5%- DC tápellátás (max. 650 mA)
Üzemi hőmérséklet	-10 °C és +55 °C között
Súly	220g
USB kábel hossza	1 m

4.6.3. TN-UHF-Q300-EU-CDS UHF Reader

Az üzem területére tervezett rendszer célja a lárvák közvetlen közelében mért értékeket, a tenyésztés során bolygatás nélküli megfigyelése. Mint az már korábban is említésre került, az RFID tagek által tárolt információk egy antenna segítségével akár 9 m-es távolságról is kikérhetők. Tehát a konténer különböző pontjain elhelyezett antennák segítségével gyors információt kaphatunk a tenyésztőládákban uralkodó környezeti paraméterekről. Azonban fontos ügyelni arra, hogy az antennák és a tagek egymáshoz viszonyított térbeli pozíciója optimális legyen a megfelelő hatásfok elérésére. A tagek akkor „láthatók” leginkább az antenna számára, mikor a két elem egymással párhuzamosan helyezkednek el.

A tervek szerint a tagek olvasására a Turk gyártmányú TN-UHF-Q300-EU-CDS UHF Readert használnék. Az antenna integrált webszerveres olvasóparaméterrel rendelkezik, emellett rendelkezik egy web alapú UHF RFID tesztprogrammal. Az Európában szabványos frekvenciasávon működik, és könnyen programozható a CODESYS V3 porrámmal (IEC61131-3 szerint). Emellett megvan az az előnye is, hogy integrálható PLC rendszerekbe, akár speciális funkcióblokk használat nélkül is. Az antenna működésére több tényező is hat. Az írási/olvasási távolság a használt antenna és tagek kombinációjától, emellett a környezeti feltételektől, az anyagi minőségtől (különösen a fémes felületekre való felszerelés) és a felszerelés módjától is

függ. Ezen tényezők miatt fontos az üzembe helyezés előtt az alkalmazás működését tesztelni (Internet 14).



20. ábra: TN-UHF-Q300-EU-CDS UHF Reader (Internet14)

4.6.4. RFID Tagek programozása

Az RFID tagek programozására vannak a gyártók által kiadott programok a piacon, azonban ezeknek korlátozott az alkalmazhatósága. Az RFID tagek programozása hexadecimális számrendszerben történik. A CAEN Easy Controller programja kizárólag hexadecimális számrendszer alkalmazásával programozható és a mért értékek is ilyen formában kérhetők ki, így hosszadalmas utómunkákat igényel az eredmények 10-es számrendszerbe való konvertálása. A gyártó készített egy demo programot a CAEN RT0013 taghez, azonban ez nagy volumenű felhasználásra nem alkalmas, de egyszerűbb feladatok és mérések elvégzésére valamint a tagek működésének tesztelésére kiválóan alkalmazható.

Ezért szükség volt egy olyan felhasználói felület létrehozására, mely alkalmas az általunk meghatározott feladatok elvégzésére, valamint az esetlegesen felmerülő beállítások is végrehajthatók rajta. Emellett az alap feladatokhoz tartozó kódokat nem manuálisan, hexadecimális kódként kell betáplálni, és az eredményeket is már decimális értékként adja meg.

4.6.5. Visual Studio

A felhasználói felület programozásához a Microsoft Visual Studio fejlesztői környezetét használtam. A rendszer egy vizuális, objektum alapú programnyelvet használ, melynek ismerete elengedhetetlen a program használatához. A Visual Basic-ben létrehozott programok szerkezete nagyon hasonló a Windows rendszerhez. A fejlesztői környezet Windows alapú grafikus felület használatával teszi egyszerűbbé alkalmazások létrehozását. Azonban a

vezérlőelemek (pl.: gombok, szövegdobozok stb...) eseménykezelő eljárását Visual Basic nyelven kell megírni, az erre létrehozott kódszerkesztői felületen (Kuzmina, 2003)

5. Eredmények, értékelés

5.1. A klímakamra szabályozási stabilitásának beállítása

A klímakamra szabályozási stabilitását először 26°C-on, 30% relatív páratartalom mellett vizsgáltam. A hőmérséklet tekintetében ± 1 °C eltérést (25-27°C között), relatív páratartalomnál pedig $\pm 2\%$ -os eltérést (28-32%) állítottam be.

Az 21. ábrán látható, hogy a páratartalom növelésével egy időben a hőmérséklet először csökken, majd megközelítőleg 10 perc alatt, a relatív páratartalom kívánt szintjének beállítását követően eléri a program beállításainak megfelelő hőmérsékleti tartományt. Alapvetően a hőmérséklet értékekben a 27°C körüli ingadozás volt megfigyelhető.

A relatív páratartalom értéke, ahogy a 21. ábrán is megfigyelhető, hamar, megközelítőleg 4 perc alatt eléri a megadott szintet majd, ahogy a diagramon is látszik, külső beavatkozás nélkül az elvárt szintet tartja.



21. ábra: Klímakamra szabályozás diagramja 26°C-on 30 % relatív páratartalom mellett 1.



22. ábra: Klímakamra szabályozás diagramja 26°C-on 30 % relatív páratartalom mellett 2.

Az első beállítás stabilitását megközelítőleg másfél órán keresztül figyeltem meg.

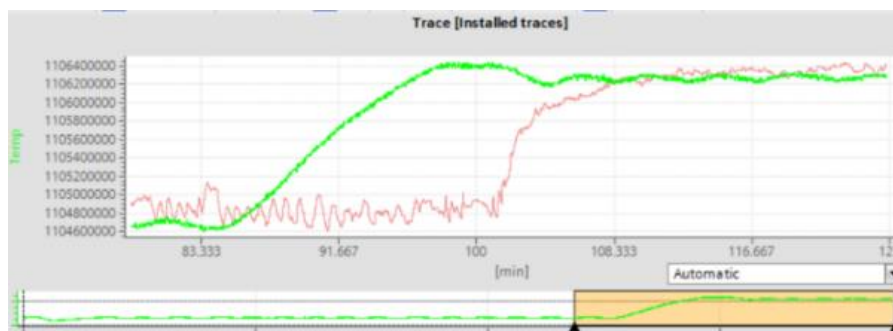
Ezt követően módosítottam a vizsgált jellemzők értékét. A hőmérsékletet 31°C-ra állítottam, szintén ± 1 °C megengedett ingadozással, a relatív páratartalom értékét pedig 60%-ra növeltük $\pm 2\%$ ingadozással. A melegítés a mérés 84. percétől indult és a hőmérsékleti maximumot a 97. percben érte el. Ez azt jelenti, hogy 27 °C-ról 32°C-ra való felmelegítés körülbelül 13 percet vesz igénybe, a hőmérséklet értéke a kívánt 31°C-ra a 105. percben, tehát a beállításokat követően 5°C-os hőmérsékletnövelés maximum 20 percen belül érhető el. A páratartalom emelkedése a magasabb hőmérsékleti érték elérését követően annak stabilizálódásának kezdetekor figyelhető meg. Növekedésének üteme gyorsabb, mint a hőmérsékleté, 30% relatív páratartalom növekedés 10 percet vesz igénybe. Az alábbi három ábrán a hőmérséklet és relatív páratartalom alapjelének megváltoztatását követően történő változás, majd a továbbiakban a 23., 24. és 25. ábrán az új paraméterek értékein való működés és a szabályozás stabilitása figyelhető meg.



23. ábra: Klímakamra szabályozás diagramja 30°C-on 60 % relatív páratartalom mellett 3.

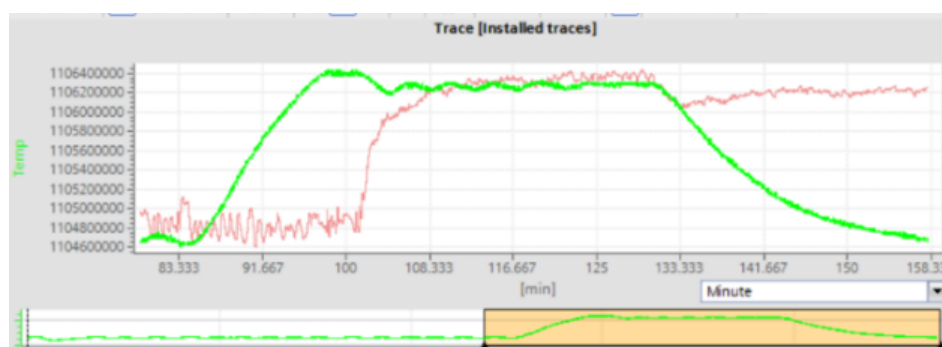


24. ábra: Klímakamra szabályozás diagramja 30°C-on 60% relatív páratartalom mellett 4.



25. ábra: Klímakamra szabályozási diagramja 30°C-on 60% relatív páratartalom mellett 5.

Ezt követően a hőmérséklet értékét visszaállítottam 26°C -ra (± 1 °C, ez az a hőmérséklet, ami az irodalmak alapján a lárvák fejlődése szempontjából optimális). A páratartalom értékét nem változtattam, tehát alacsonyabb hőmérsékleten magas páratartalom mellett vizsgáltam a klímakamra működését. A 26. ábrán a 130-133. perc között a hőmérséklet és a páratartalom értékeiben is csökkenés figyelhető meg, majd a hőmérséklet tovább csökken, a páratartalom értékeiben pedig egy lassú emelkedés figyelhető meg. A melegítéssel ellentétben a hűtéssel valamivel lassabb folyamat. 31°C-ról 26°C-ra történő visszahűtés közel 30 percet vesz igénybe.



26. ábra: Klímakamra szabályozása 26°C-on 60% relatív páratartalom mellett 6.

A diagramokon a függőleges tengelyt nem lehetett átállítani a TIA Portálban lebegőpontos értékekre, így decimális értékként lehetett csak megjeleníteni a környezeti változók értékeit. Mivel mindkét skála lineáris, a jellegzetes hőmérsékletek és páratartalmak pontjait összeegyeztetve interpolálással vagy extrapolálással lehet megállapítani a kilengések szélső értékeit.

5.1.1. Szabályozás minőségi jellemzői

Kapcsolási rés (x_k): $x_k = x_{a1} - x_{a2}$

ahol:

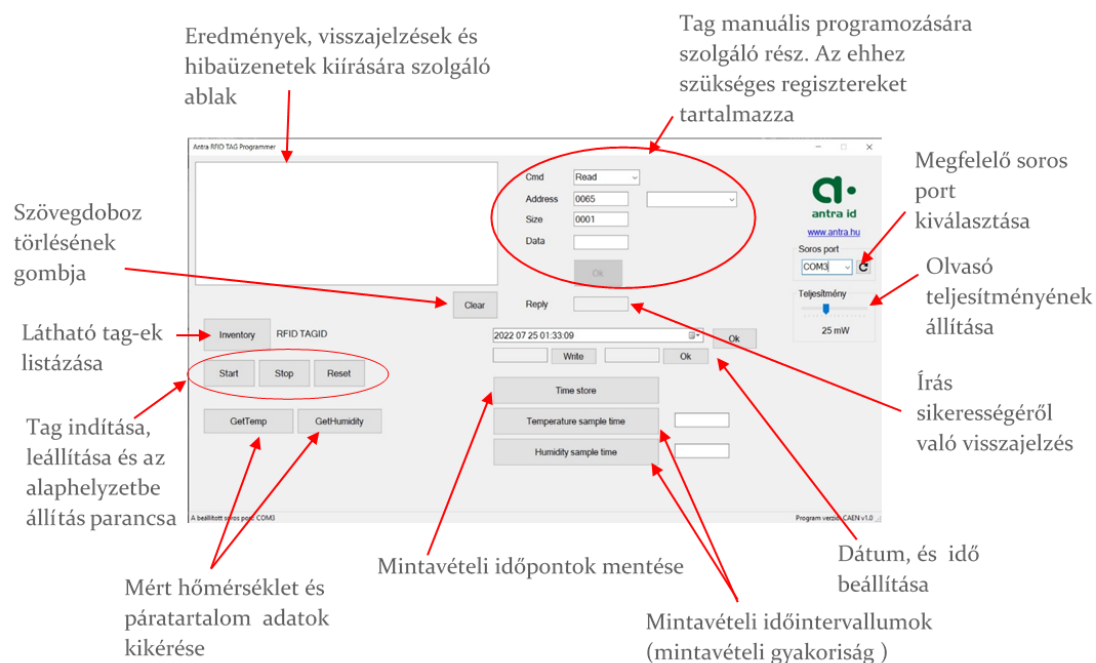
- x_{a1} – paraméter maximális értéke (°C)

- x_{a1} – paraméter minimum értéke (°C)

Szabályozás hibája (amplitudó - x_a): $x_a = (x_{a1} - x_{a2})/2$

5.2. RFID tag írás programja

A tag programozásához létrehozott programot az Antra ID Kft. munkatársainak segítségével hoztam létre Visual Studio fejlesztői környezetben. A 27. ábrán a felhasználói felület grafikus képe látható a részek különböző funkcióinak magyarázatával.



27. ábra: RFID tag programozásához készített felhasználói felület, magyarázatokkal

Látható, hogy a program a tagek felprogramozására többféle lehetőséget nyújt. A gyakran használt parancsok, mint az elérhető tagek lekérése, a logolás indítása, leállítása, illetve a reset parancs végrehajtását erre a célra létrehozott gombok látják el. Emellett a hőmérséklet és páratartalom adatok kikérésének funkcióját is két gomb látja el, az eredmények a bal felső részen elhelyezkedő szövegdobozban jelennek meg.

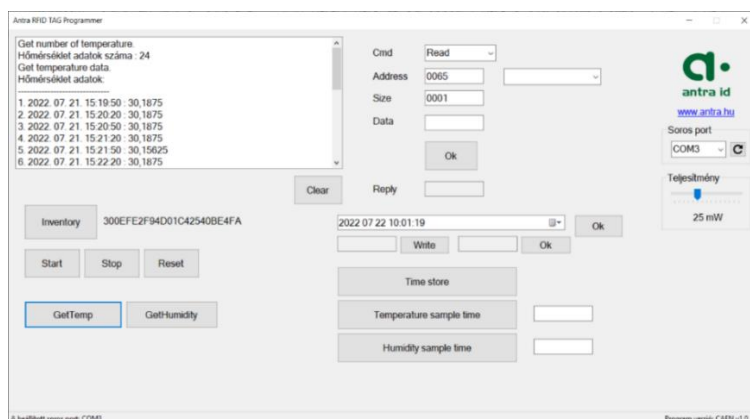
A szövegdoboz mellett jobb oldalon látható rész, a tag manuális programozására szolgál. A Cmd – Command register. A legördülő menüpontok: Read, azaz olvasási művelet (hexadecimális értéke:0x0012) és Write, az írási művelet (hexa értéke:0x0013). Az Address regiszterbe azt a címet kell megadni hexadecimális értékben, melyet olvasni, vagy írni szeretne a felhasználó. A Size regiszterbe az írás vagy olvasás hosszát kell megadni, azaz hogy hány szó (word-adategység) kívánja a felhasználó írni/olvasni a taget. A Data regiszterbe pedig az adatot, amely

az adott parancs végrehajtásához szükséges. Az Ok gombbal jelet küldünk a parancs végrehajtására, majd annak megfelelően, hogy a parancs sikeres volt-e, vagy nem, a Reply register melletti szövegdobozban megjelenik a válasz.

A Reply regiszter alatt beállítható az aktuális dátum, az ez alatt található gombok a dátum tagbe írására szolgálnak. A Temperature sample Time és a Humidity sample Time gombok a mintavételi időintervallum megadására szolgálnak. A gombok mellett lévő szövegdobozba két mintavételi idő közötti idő másodpercre átváltott értékét kell megadni.

Az ablak jobb oldalán látható Antra ID logó alatt, kiválasztható a megfelelő soros port, melyen a használni kívánt antenna csatlakozik. Ez alatt az antenna olvasási, érzékelési teljesítményét/érzékenységét lehet állítani.

A 28. ábrán képe látható működés közben. Az ábrán a hőmérséklet adatok kikérése látható, melyet a GetTemp gomb megnyomásával hajthat végre a felhasználó. A gomb megnyomását követően a szövegdobozban megjelenik a mért adatok száma, valamint a mért adatok listája, az adathoz tartozó dátummal és idővel.



28. ábra: RFID tag írásának programja működés közben, a hőmérséklet adatok kikérése után

A program egyik hátránya, hogy jelenleg csak a CAEN R1250IEB -TILE-Compact UHF RFID Desktop Readerrel működik. A másik antenna alkalmazásához szükség van további fejlesztésekre. Emellett jelenleg még vannak bonyolult felhasználási lépések, melyek leegyszerűsítésével még felhasználóbarátabb lesz a program. A másik hátrány, hogy a program egyszerre csak egy taget tud kezelni, ez azt jelenti, hogy ameddig egyszerre több tag is észlelhető, addig nem hajtható végre a programozási művelet. A technológia szempontjából hátrányos még, hogy mérés közben nem kérhetők ki az adatok. Ehhez először le kell állítani a mérést majd az újabb adatok mentése előtt végre kell hajtani a Reset parancsot.

6. Összefoglalás

A Föld növekedő népességéből adódó élelmiszerellátási problémák megoldása kiemelkedően fontos a kutatók számára. Fontos olyan alternatív táplálékforrásokat találni, melyek előállítása csak kis vagy semleges hatással van a környezetre, elősegíti az ivóvízkészlet terhelésének csökkentését, de elegendő élelmiszert biztosít a társadalom számára (Kemenczei et al., 2016, Migilietta et al., 2015).

Több kutatás is van arra mutatóan, hogy a rovarok, mint takarmány, illetve humán táplálék milyen módon használhatók fel. Azon felül, hogy több országban is elfogadott a rovarok fogyasztása, rendkívül jó beltartalmi értékük indokoltá teszi felhasználásukat.

A dolgozat készítésének ideje alatt, összeállítottam a klímakarát melynek beavatkozóit egy SIMATIC S7-1200 PLC vezérli. A környezeti paraméterek értékét egy SIEMENS QFA3160 hőmérséklet és páratartalom mérő szenzor rögzíti és szolgáltatja az adatokat a vezérlőnek. A szabályozott térben a páratartalmat egy ultrahangos párasító biztosítja, a hőmérsékletet növelését pedig egy Reichelt THF-137320 melegítő fólia végzi, a hűtésért pedig két ventilátorral felszerelt Peltier elem felelős. A kamra szabályzását állásos szabályozással oldottam meg, ahol kapcsolási résnek hőmérséklet esetében ± 1 °C-fokot, páratartalomnál pedig $\pm 2\%$ -ban határoztam meg. A mérési eredmények alapján elmondható, hogy a kamra szabályozása stabil, a beállított értékeket tartja.

A monitoring rendszert RFID technológiával terveztem meg. Ehhez CAEN RT0013 taget használtam. Ez az RFID tag félpaszív típusú, és programtól függően képes a hőmérséklet és a páratartalom adatok mentésére. A rendszer alapvetően úgy működik, hogy egy antenna segítségével a tag felprogramozása és indítása után gyűjti az adatokat, majd ez egy az antenna által küldött paranccsal kikérhető. Ezek tagek közvetlenül a lárvákkal egy térbe kerülnek, így rálátást kaphatunk arra, hogy a lárvák közvetlen közelében hogyan változik a hőmérséklet, és van-e szükség a környezeti paraméterek változtatására. A tag programozásának egyszerűsítéséért az Antra ID. Kft-nél töltött gyakorlatom során fejlesztettem egy programot, mely a fő parancsok gyors megadására képes, és az eredmények is egy gombnyomással kiolvashatók a tagból.

7. Hivatkozások

- Alphonsus, E.R., Abdullah, M.O. (2016): *A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs)*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 60, 1185-1205.
- Bolton, W. (2006): *Programmable Logic Controllers*, Elsevier. Burlington, 4. kiadás 4. és 5. fejezet
- Bordiean, A., Krzyzaniak, M., Stolarski, M.J., Peni D. (2020): *Growth Potential of Yellow Mealworm Reared on Industrial Residues*, Department of Plant Breeding and Seed Production, Faculty of Environmental Management and Agriculture, University of Warmia and Mazury, Olsztyn, Poland
- Bósquez, J.P.A. (2019): *Design and Developement of a Prototype of Climate Chamber for Food Storing Under Conditios of Humidiy, Controlled a Siemens S7 1200 AC/DC/RLY PLC*, Thesis, Szent Istvan University Faculty of Food Science Department of Physics and Control
- Bryan, L.A., Bryan, E.A. (1997): *Programmable Controllers Theory and Implementation*, 2. kiadás, 276-280.o., Atlanta: Industrial Text Company.
- Cappellozza, S., Leonardi, M. G., Savoldelli, S., Carminati, D., Rizzolo, A., Cortellino, G., Terova, G., Moretto, E., Badaile, A., Concheri, G., Saviane, A., Bruno, D., Bonelli, M., Caccia, S., Casartelli, M., Tettamanti, G. (2019.): *A First Attempt to Produce Proteins from Insects by Means of a Circular Economy*, Animals, 278,
- Cortes Ortiz, J.A., Ruiz, A.T., Morales-Ramos, J.A., Thomas, M., Rojas, M.G., Tomberlin, J.K., Yi, L., Han, R., Giroud, L., Jullien, R.L. (2016): *Insect Mass Production Technologies*, Book: Insects as Sustainable Food Ingredients, 153-201.
- Costa S., Pedro S., Lourenco H., Batista I. Teixeira B., Bandarra N.M. Murta D., Nunes R., Piers C. (2020): *Evaluation of Tenebrio molitor larvae as an alternative food source*, Society of Nutrition and Food Science 29, 57-64.
- Dahl Bjørgea, J., Overgaard, J., Maltea, H., Gianotten, N., Heckmann, L.H. (2018): *Role of temperature on growth and metabolic rate in the tenebrionid beetles Alphitobius diaperinus and Tenebrio molitor*, Journal of Insect Physiology, 107, 89-96.
- Dalton, S., Al-Zubiedi, H. (2019): *The Mealworm Farm Project a low-cost household mealworm farm*, BREE 495 - Engineering Design 3

de Vries, M., de Boer, I.J.M. (2010): *Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments*, Livestock Science, 128, 1-11.

Élelmiszeripari folyamatszabályozás, egyetemi jegyzet (2021), Magyar Agrár és Élettudományi egyetem Élelmiszeripari és -technológiai Intézet, Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

Finkenzeller, K. (2010): *RFID handbook fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication, (third)*, A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, United Kingdom

Glover, B., Bhatt H. (2006): *RFID Essentials*, O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, USA

Guba Á., Rádi Gy. (2018): *Anyagáramlási rendszerek*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 4. fejezet

Hartley, K., van Santenb, R, Kirchherr, J. (2020): *Policies for transitioning towards a circular economy: Expectations from the European Union (EU)*, Resources, Conservation and Recycling, 155.

Hudedmani, M.G., Umayal, R.M., Kabberalli, S.K., Hittalamani, R. (2017): *Programmable Logic Controller (PLC) in Automation*, Advanced Journal of Graduate Research, 2(1), 37–45.

Hunt, V.D., Puglia, A., Puglia, M. (2007): *RFID-A guide to radio frequency identification*, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

Internet 1.: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2020%3A98%3AFIN>

Internet 2. : <https://www.caenrfid.com/en/products/qloghumidity-rt0013/> (Utolsó látogatás ideje: 2022. 11.15.)

Internet 3.: *Simatic S7 -1200 Programmable controller System Manual*
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf

Internet 4.: <https://agromenza.hu/szaraz-cgf-por/>

Internet 5.: *Simatic S7-1200*, <https://www.paratrasnet.ro/pdf/automatizari-industriale/S7-1200.pdf>

Internet 6.: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>

Internet 7.:
https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=HU&lang=hu&MODULE=Product&ACTION=ShowGroup&KEY=HIT_Prod_Grp_53726

Internet 8.: <https://www.reichelt.com/li/de/heizfolie-12v-36w-137x320-mm-einzeln-thf-137320-p108459.html?CCOUNTRY=457&LANGUAGE=de&&r=1>

Internet 9.: https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/C800/DS_THF_137320.pdf

Internet 10.:

<http://rothcsaba.web.elte.hu/jegyzetek/Fizika%20BSc/Klasszikus%20fizika%20labor%20jegyzet%20F5k%20F6nyvek/04.%20Termoelektromos%20h%20FBt%20F5elemek%20vizsg%20E1lata.pdf>

Internet 11.: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6EP3310-6SB00-0AY0>

Internet 12.: <https://hu.akyga.com/termekek/634-led-tapegyseg-ak-l1-150-12v-150w.html>
(utolsó látogatás ideje: 2022. 10. 25.)

Internet 13.: <https://www.caenrfid.com/en/products/r1250i-tile/>

Internet 14: <https://www.turck.hu/hu/product/100000895>

Kemenczei Á., Izsó T., Bognár L., Kasza Gy. (2016): *Rovarok mint „új” élelmiszerek*, Élelmiszervizsgálati Közlemények LXII.évf. 2. szám

Keviczky L., B. Ruth, Hetthéssy J., Barta A., Bányász Cs. (2006): *Szabályozástechnika*, UNIVERSITAS-GYŐR Kht. Felelős kiadó

Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. (2017): *Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions*, Resources, Conservation and Recycling, 127, 221-232.

Kotecka-Majchrzak, K., Sumara, A., Fornal, E., Montowska, M. (2020): *Oilseed, proteins – Properties and application as a food ingredient*, Trends in Food Science & Technology 106, 160-170.

Kröncke, N., Böschén, V., Woyzichovski, J., Demtröder, S., Benning, R. (2018): Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innovate Food Science&Emerging Technologies*, 50, 20-25.

Kuzmina J., Tamás P., Tóth B. (2003): *Programozzuk Visual Basic rendszerben!*, Kiadó. ComputerBooks Kiadó Kft., 2. fejezet

Lantos B. (2016): *Irányítási rendszerek elmélete és tervezése I. Egyváltozós szabályozások (4. kiadás, 1. Magyar nyelvű digitális kiadás)*, Akadémia Kiadó Budapest

Madau, F.A., Arru, B., Furesi, R., Pulina, P. (2020): *Insect Farming for Feed and Food Production from a Circular Business Model Perspective*, Sustainability 12. kiadás, 1-15o.

Mancinia, S., Fratinia, F., Tuccinardi, T., Degl’Innocentia, C., Pacia G. (2020): *Tenebrio molitor reared on different substrates: is it gluten free?*, Food Control 110.

- Migilietta, P.P., De Leo, F., Ruberti, M., Massari, S. (2015): *Mealworms for Food: A Water Footprint Perspective*, Water, 7. 6190-6203.
- Mizsey P., Békássyné M.E. (2012): Folyamatirányítási Rendszerek, Egyetemi tananyag, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Kémia és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék
- Munialo, C.D., Stewart, D., Campbell, L., Euston S.R. (2022): *Extraction, characterisation and functional applications of sustainable alternative protein sources for future foods: A review*, Future Foods 6. kötet
- Müller-Maatsch J., Gras C. (2016): *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 385-428. o.
- Nemes J. (2012): *Irányítástechnika*, Nyugat-magyarországi Egyetem
- Oláh J. (2021): Az élelmezés- és környezetbiztonság kihívásai az EU bioökonómiai stratégiájának tükrében, Doktori értekezés, dc_1853_21 , Debrecen
- Oonincx, D.G.A.B., de Boer, I.J.M. (2012): *Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment*, Plos ONE
- Osimani, A., Milanović, V., Cardinali, F., Garofalo, C., Clementi, F., Pasquini, M., Riolo, P., Ruschioni, S., Isidoro, N., Loreto, N., Franciosi, E., Tuohy, K., Petruzzelli, A., Foglini, M., Gabucci, C., Tonucci, F., Aquilanti, L. (2018): *The bacterial biota of laboratory-reared edible mealworms (Tenebrio molitor L.): From feed to frass*, International Journal of Food Microbiology, 272. kiadás, 49-60.
- Pelgrom, P.J.M., Wang, J., Boom, R.M., Schutyser, M.A.I. (2015): *Pre-and post-treatment enhance the protein enrichment from milling and air classification of legumes*, Journal of Food Engineering, 155. kiadás 55-61.
- Phan Van Phi, C., Walraven, M., Bézagu, M., Lefranc, M., Ray, C. (2020): *Industrial Symbiosis in Insect Production—A Sustainable Eco-Efficient and Circular Business Model*, Sustainability
- Pletl Sz., Kincses Z. (2014): *PLC és SCADA rendszerek* Egyetemi tananyag TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0104

- Ramos-Elorduy, J., Gonzalez, E.A., Hernandez, A.R., Pino, J.M. (2002): *Use of Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens*, Instituto de Biologia, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Ciudad Universitaria, Apartado, Mexico
- Ravzanaadii, N., Kim, S.H., Choi, W.H., Hong, S.J. Kim, N.J. (2012): *Nutritional Value of Mealworm, Tenebrio molitor as Food Source*, International Journal of Industrial Entomology. 25(I), 93-98.
- Siemianowska, E. , Kosewska, A. , Aljewicz, M. , Skibniewska, K. , Polak-Juszczak, L. , Jarocki, A., Jędras, M. (2013): *Larvae of mealworm (Tenebrio molitor L.) as European novel food*, -Agricultural Science, 4(6) 264-291.
- Simon, E., Baranyai, E., Braun, M., Fábíán, I., Tóthmérész, B. (2013): *Elemental Concentration in Mealworm Beetle (Tenebrio molitor L.) During Metamorphosis*, Science+Business Media, New York, USA
- Székely Zs. (2021): RFID technológia az élelmiszeriparban törvénő alkalmazhatóságának vizsgálata Aduino mikrokontroller segítségével, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Diplomadolgozat
- van Huis, A., Rumpold, B.A., van der Fels-Klerx, H.J., Tomberlin, J.K. (2021): *Advancing edible insects ad food and feed in a circular economy*, Journal of Insects as Food and Feed, 7(5), 935-948.
- van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. (2013): *Edible insects: future prospects for food and feef security*, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, Italy
- Wynants, E., Frooninckx, L., Van Miert, S., Geeraerd, A., Claes, J., Van Campenhout, L. (2019): *Risks related to the presence of Salmonella sp. during rearing of mealworms (Tenebrio molitor) for food or feed: Survival in the substrate and transmission to the larvae*, Food Control, 100, 227-234.
- Yi, L., Lakemond, C.M.M., Sagis, L.M.C., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., van Boekel, M.A.J.S. (2013): *Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species*, Food Cemistry, 141, 3341- 3348.