

TDK DOLGOZAT

Ratkóczy Dániel
2021

Zárt, többszintes, precíziós gazdaságok megvalósíthatósága Magyarországon

Készítette: Ratkóczy Dániel
Vidékfejlesztés szak
2021

Konzulens: Dr. Mizik Tamás

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS	4
A ZÁRT, PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS.....	6
A PRECÍZIÓS MEZŐGAZDASÁG FOGALMA ÉS SZEREPE A VILÁGBAN	6
VERTIKÁLIS GAZDÁLKODÁS, MINT TERMELÉSI KONCEPCIÓ.....	7
A VERTIKÁLIS GAZDÁLKODÁS TÍPUSAI	8
A ZÁRT, VERTIKÁLIS GAZDÁLKODÁSBAN ALKALMAZOTT TECHNOLÓGIÁK	10
A SMART FARMING FOGALMA ÉS SZEREPE A ZÁRT, PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁSBAN	13
A ZÁRT, PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS ELŐNYEI	15
ANYAG ÉS MÓDSZERTAN	17
A KÍSÉRLET FELÉPÍTÉSE	17
A KUTATÁS ÉRTÉKELÉSE	20
A MAGYAR SALÁTA TERMESZTÉSE ÉS FOGYASZTÁSÁNAK ALAKULÁSA	20
BEDROCK.FARM KUTATÁS	20
BECSEY KERTÉSZET KFT. RÓMAI SALÁTA TERMESZTÉSE	21
AZ ALKALMAZOTT TECHNOLÓGIÁK KIÉRTÉKELÉSE	21
A KÍSÉRLET KIÉRTÉKELÉSE GAZDASÁGOSSÁGI SZEMPONTBÓL	22
A KUTATÁS KIÉRTÉKELÉSE TÁGABB SZEMPONTBÓL	27
ÖSSZEGZÉS	29
HIVATKOZÁSJEGYZÉK	31
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	34
MELLÉKLET	35

BEVEZETÉS

Bolygónkon a jelenlegi felszín kialakulása óta nem változott érdemében a művelésre alkalmas terület aránya. Ebből a lakosság növekedésének függvényében voltak a művelésbe egyre nagyobb részt. Azonban az elmúlt 50 évben megduplázódott a népesség és a még szabadon felhasználható területek nagysága rohamosan csökkent. A technológia rohamos fejlődésének köszönhetően a problémák megoldódni látszódtak. A növénynemesítéssel, gépesítéssel, műtrágyák használatával, illetve az öntözött területek megduplázásával a termelők fel tudták venni a versenyt a növekvő igénnyel. Ennek eredményeként az emberiség édesvízkészletének közel 70%-a a mezőgazdasági termelő szektorban használandó el, a termőtalaj minősége romlik, illetve a klímaváltozás eredményeként új baktériumok, kártevők jelennek meg. (Molden, 2007)

A problémákat észlelve a világ azonnal reagált. Számos program született a veszélyek kezelésére. Az Európai Unió mezőgazdasági politikájában (közös agrárpolitika, KAP) már a 2000-es reform során megjelentek azok az intézkedések, amelyek az ökoszisztéma védelméről, a környezetbarát technológiák elterjedéséről, mint a túltermelés megfékezésének a lehetséges eszközeiről szóltak.

A problémák leküzdésére a technológiai fejlesztések jelentették a megoldást. A precíziós mezőgazdaság népszerűsége és elterjedése lehetőséget ad a korábban említett veszélyek leküzdésére és az Európai Unió által megfogalmazott célok elérésére. Az új termelési módok is alkalmazzák a megjelenő növényvédő szereket, műtrágyákat és egyéb erőforrásokat, azonban a technológia segítségével nem pazarlóan, hanem csak a szükséges és elégséges mennyiségben.

A precíziós mezőgazdaságok egyik megvalósulási formája a zárt, vertikális farm. A digitalizáció és az újonnan megjelenő gazdálkodási módszerek ötvözésével létrejövő gazdaságok számos előnnyel rendelkeznek és felveszik a versenyt az iparszerű gazdálkodással. A precíziós gazdálkodás szabadföldi megvalósításának eredményeként a termelés hatékonysága növelhető. A zárt rendszerek esetén ez kibővül, a globális felmelegedés okozta szélsőséges időjárási kockázati faktor nagymértékű csökkentésével. Az új gazdasági módok bevezetése kedvező, mivel a környezeti terhelés és ökoszisztéma pusztulás mértékét jelentősen csökkenti. Egy zárt rendszerben ez kiterjedhet mind a környezetkímélő eljárások alkalmazására mind az élelmiszer ellátási lánc változására. A termelési költségek csökkentése képessé teszi a precíziós gazdaságokat az iparszerű gazdálkodással szembeni előnyszerzésre.

Főként ez inspirált abban, hogy a szakdolgozatomban a zárt, vertikális gazdaságok Magyarországi megvalósíthatóságát vizsgáljam technológiai és gazdasági szempontból. A téma megértéséhez fontosnak tartom előbb a precíziós gazdálkodás, valamint a smart farming koncepció ismertetését és előnyeinek bemutatását. Azután részletesen kitérek az alkalmazott technológiák bemutatására, azok előnyeire. A dolgozatom fő témájaként a precíziós gazdaságok egyik alkalmazási területét mutatom be. A zárt, vertikális gazdálkodás bevezetéshez szükséges tényezőket, az alkalmazott technológiákat vizsgálom meg gazdaságossági szempontból. Ennek szemléltetéseként saját kutatásban modellezem egy zárt, precíziós technológiákon alapuló gazdaság működését. A kapott eredmények kiértékelésével, arra keresem a választ, hogy mind erőforrásfelhasználásban mind pedig a termelt mennyiségben kedvezőbb eredményeket kapok-e, mint egy nem precíziós technológiával termelő gazda. A dolgozatom végén összehasonlítom a kapott eredményeket és összegezem a levont következtetést.

A ZÁRT, PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS

A precíziós mezőgazdaság fogalma és szerepe a világban

A precíziós mezőgazdaság a 2000-es évek elejétől világszerte egyre inkább elterjedt növénygazdálkodási koncepció. „Alapja a talajnak a térbeli és időbeli változékonysága egy adott földterületen.” (Stafford, 2000, 267 oldal) A mezőgazdaságban a talajt és a rajta, vagy benne megtermelt növények termelési tényezőit már évszázadok óta vizsgálják. Az agráriumban bekövetkező gépesítés előtt az összefüggő földterületek méretéből fakadóan a gazdáknak könnyű volt ellenőrizni a gazdaságukat. Az első ipari forradalom után egyre nagyobb, összefüggő termőterületek alakultak ki. (Zhang, 2002) Ezzel nehezebbé vált a gazdák számára az így létrejött óriásgazdaságok egységes agronómiai gyakorlattal történő kezelése. Erre jelent megoldást a precíziós mezőgazdaság koncepciója, amely nagyban támaszkodik a különböző technológiákra. Az információs technológia (IT), azon belül is az valós idejű kinematikus helymeghatározás (RTK), a globális helymeghatározó rendszer (GPS), majd később globális navigációs műholdrendszer (GNSS), a mikroszámítógépek, mobil számítástechnika és információtechnológia, a szabályázástechnológia, a feldolgozó technológia, a telekommunikáció és végül a szenzorok mind lehetővé tették a gazdák számára a teljes, rendszerszemléletű felügyeletet a szántóföldi növénytermesztésben. (Zhang, 2002) A pontos és naprakész adatokra támaszkodva lehetőség nyílt a gazdák számára a változékonyságokra történő reagálás. A precíziós mezőgazdaság koncepció ugyanakkor ennél többet jelent. Célja a hatékonyság növelése környezetkímélő módon, amely kiterjed a hozamnövekedésre, a termeléssel és értékesítéssel kapcsolatos kockázat csökkentésére. (DAS 2016) Ezen célok megfogalmazása nem véletlen, hiszen a mai mezőgazdaság legnagyobb nehézségeire adhat megoldást.

A világ számos országa, illetve az Európai Unió is igyekszik szigorú szabályokkal, előírásokkal köztudatba helyezni, illetve gyorsítani az agráriumban zajló lassú szemléletváltást. Ennek oka, hogy az 1970-es évektől az intenzív termelési rendszer terjedt el szerte a világban. Ez a fogalom magában foglalja a monokultúrás és a bikultúrás termesztést. Elterjedté vált a műtrágya használata, amelyet a gazdálkodók a nagyobb termelés érdekében preferáltak. Ebből kifolyólag nagy támogatásokat adtak ezen szerek használóinak. (Sárdi, 2011) Az 1980-as években kezdtek ráismerni az intenzív műtrágyahasználat veszélyeire. (Czímber, 2007) A kemikáliák korlátok nélküli használata nem csak a talajra, de az ökoszisztémára is nagy veszélyt jelent. A földromlás

csökkenti a termelékenységet és az élelmezésbiztonságot, megzavarja az ökoszisztéma létfontosságú funkcióit, negatívan befolyásolja a biológiai sokféleséget és a vízkészleteket, növeli a szén-dioxid-kibocsátást és az éghajlatváltozással szembeni érzékenységet. (FAO, 2021) Több országban környezetvédelmi előírások betartatásával igyekeznek korlátozni a kemikáliák használatát. A korábban említett technológiák alkalmazásával optimalizálni lehet a kijuttatott tápanyagmennyiségeket is. Ez lehetett az oka annak, hogy valószínűleg a precíziós mezőgazdaság első igazi alkalmazása 1988-ban az USA-ban egy menet közbeni műtrágya keverő és elosztó rendszer volt. (Stafford, 2000)

A harmadik indikátor, amely kiváltotta a precíziós mezőgazdaság térnyerését - a technológia fejlődése és a mezőgazdaságban való intenzív kemikália használat mellett - a 20.század második felétől egyre nagyobb problémát jelentő túlnépesedés. Ezzel párhuzamosan merült fel a természeti erőforrások iránti egyre nagyobb igény. Ilyen erőforrásnak tekinthető az élelmiszer is. A korábbi közel 30 év intenzív földhasználat eredményeként egyes becslések szerint a szántóként használt területekből világszerte csak eddig közel 2 milliárd hektár - kétszázszor akkora, mint Magyarország – súlyosan, sok esetben visszafordíthatatlanul leromlott. (FAO, 2021) A gazdák kénytelenek olyan megoldásokat alkalmazni, amellyel a termésátlagokat növelhetik a saját költségeik szinten tartása, vagy akár csökkentése mellett. A precíziós mezőgazdasági koncepcióban alkalmazott technológiák sokszínűségéből és különbözőségéből adódóan a gazdák képesek a fölöslegesen elhasznált erőforrásokat minimalizálni, legyen szó üzemanyagról, műtrágyáról, növényvédőszerrel vagy akár az öntözővízről.

Az infokommunikációs technológiák segítségével ugyanakkor az igazi, hosszútávú megoldását az agráriumban jelentkező problémákra az eszközök által gyűjtött információ jelenti. A nagytömegű adat gyűjtésével, feldolgozásával és az ezeken alapuló döntéstámogatással a gazdák a lehető leggyorsabban tudnak minden olyan hatásra reagálni, ami veszélyeztetné a termést. Ebből is látszik, hogy a precíziós mezőgazdasági koncepció egy olyan irányt jelent, amely képes lehet a növénytermesztéssel szembeni elvárások megfelelése mellett, a termékpályák üzleti modelljeinek átalakítására is. (DAS, 2018)

Vertikális gazdálkodás, mint termelési koncepció

A vertikális gazdálkodás egy manapság szintén előtérbe kerülő termelési koncepció. A világban történő népességnövekedés mértéke a városokat is veszélyezteti. Az urbanizáció az elmúlt 50 évben soha nem látott méreteket öltött. „A világ urbanizációs folyamatát tekintve 1950-ben a népesség kevesebb mint 30%-a élt városokban. Ez az arány 2010-re megfordult, 2018-ban a

lakosságnak már 55%-a városi lakos. A prognózisok szerint ez a tendencia a jövőben is folytatódni fog, és 2050-re várhatóan 68%-ra emelkedik a városlakók száma” (KSH, 2018, 1. oldal.) A vertikális sűrűség és urbanizáció miatt az élelmiszerellátási láncok végpontjai legtöbbször ezek a városok. Felmerül a kérdés, hogy miért nem helyben, a városokban termeljük meg az élelmiszert, ha a végfelhasználás úgyis ott történik? A vertikális gazdálkodás erre ad megoldást, hiszen a növények termesztése nem a köztudatba beidegződött horizontális síkon történik, hanem vertikálisan. Ezzel kibővítve a föld véges felszíni kapacitását és lehetőséget ad a városi mezőgazdaság megvalósítására. A gondolat viszont nem a 21. század szüleménye. Gondoljunk csak a Kr.e. 600 körül épült babiloni függőkertekre. A kifejezés Gilbert Ellis Bailey amerikai geológus nevéhez fűződik, aki „Vertical Farming” címmel adta ki könyvét 1915-ben. Azt állította, hogy ez a módszer, egy ellenőrzött környezetben történő gazdálkodás esetén gazdasági és környezeti előnyökkel járna. (Al-Kodmany, 2018) Az 1980-as években egy svéd ökológus, Åke Olsson említette meg először ennek a koncepciónak a városokban történő alkalmazását. A vertikális gazdálkodás legnagyobb úttörőjének ugyanakkor Dickson Despommier amerikai mikrobiológust és ökológust tartják. Számos írása mellett, szenvedélyesen hisz ebben a koncepcióban. Véleménye szerint a vertikális gazdálkodás elősegíti a fenntartható mezőgazdaságot, a hagyományos gazdálkodással szemben. (Al-Kodmany, 2018)

A vertikális gazdálkodás típusai

A vertikális gazdálkodási koncepcióra nehéz egzakt meghatározást adni. Leginkább a különböző típusok bemutatásával lehet szemléltetni a fogalom lényegét. A szakirodalom három különbözőt különít el. Az első a legkorábban és leginkább elterjedt vertikális gazdálkodási típus a városok háztetőin zajlik. (1. ábra) A második amikor régi vagy új magasszerkezetű épületekben, zárt körülmények között történik a növénytermesztés. (2. ábra) A vertikális farm harmadik típusa, ugyanakkor még csak elméleti síkon jelent meg, amelyben a többszintes épületekben történik a termesztés. (3. ábra) Az elmúlt évtizedben a tervezőasztalon számos ilyen típusú munka született meg, ugyanakkor a valós megvalósulás még várat magára. Az utóbbi ugyanakkor jól szemlélteti, hogy a kisebb vertikális gazdaságok sikere, illetve az alkalmazott technológiák fejlődése új utat adhat a vertikális gazdálkodás, illetve a városi mezőgazdaság fejlődésének. (Al-Kodmany, 2018)



*1. ábra
háztetőn történő vertikális termesztés (Lerner,
n.a.)*



*2. ábra
zárt, vertikális termesztés (Warner, 2020)*



*3. ábra
többszintes épületben történő
termesztés (Nelson, 2007)*

A vertikális gazdálkodási típusok kialakulását azok az új fejlett gazdálkodási módszerek tették lehetővé, amelyek könnyen beilleszthetők a koncepciókba. Al-Kodmany (2018) szerint a gyakorlatban három módszer lett elterjedt. Ezen rendszerek és a hozzájuk kapcsolódó technológiák gyorsan fejlődnek és diverzifikálódnak.

Hidroponika:

A hidroponika az uralkodó gazdálkodási módszer a vertikális gazdaságokban. A rendszer magában foglalja a növények tápoldatokban történő termesztését. A termesztő közegként a víz szolgál, nincs szükség földre, vagy egyéb tartóközegre. A növényi gyökerek a tápoldatba merülnek, amelyet ellenőriznek és mozgatnak annak biztosítása érdekében, hogy a helyes

kémiai összetétel fenntartott maradjon. Nincsen felesleges műtrágya használat, a növények mindig annyi tápanyagot kapnak amennyire szükségük van a növekedés során. A rendszer zárt, így elkerülhető a felesleges víz felhasználása. A NASA a mai napig kiterjedt kutatásokat végez a hidroponika területén abból a célból, hogy lehetővé váljon a Hold vagy Mars hosszabb távú kolonizációja. Ennek ékes példája a 2020.november 30-án jelentette be a NASA, hogy egy nemzetközi űrállomáson betakarították az első, űrben termesztett retket. (Sandare, 2013)

Aeroponika:

Hasonlóan a hidroponika módszeréhez, az aeroponika is talaj nélküli rendszer. A növények gyökerei lógnak a mesterségesen biztosított tartóban. A tápanyagokkal dúsított víz porlasztó fúvókák segítségével alulról jut el a növényhez. A fúvókák szakaszosan vagy ahogy a beállításokat elvégezzük folyamatosan permetkődöt hoznak létre. A növény így fel tudja venni a megfelelő mennyiségű tápanyagok és vizet. A növény számára felhasználatlan permet visszakerül a rendszerbe. Nincsen felesleges víz és tápanyag felhasználás. (Lakhiar, 2018)

Aquaponika:

„Az Aquaponika egy integrált multitrofikus rendszer, amely egyesíti a recirkuláló akvakultúra és a hidroponika elemeit.” (Goddek. 2015, 2.oldal) A egyesítés lehetővé teszi az egyes rendszerek néhány hiányosságának orvoslását, és ez ígéretes fenntartható élelmiszer-előállítási módszert jelent. A módszer – mint ahogy az előző kettő is – talaj nélküli növénytermesztést tesz lehetővé, akár vertikálisan is.

A zárt, vertikális gazdálkodásban alkalmazott technológiák

A zárt, vertikális gazdálkodás alkalmazását a világ számos pontján már megfigyelhetjük. Ezen gazdaságok gazdaságos működéséhez ugyanakkor elengedhetetlen a csúcstechnológiák alkalmazása.

A szántóföldeken megjelenő precíziós mezőgazdaság számos olyan technológiát használ, amelyet egy zárt gazdaságban is alkalmazni lehet. Ilyen például a szenzorrendszerek, monitoring rendszerek, illetve a szabályzástechnológia. A vezeték nélküli szenzorok méretének csökkentése, valamint a mobilhálózat teljeskörű kiépítése eredményezte az IoT (Internet of Things) érzékelők megvalósítását, amelyek már sikeresen tudnak információt biztosítani a döntéstámogatáshoz és az automatizáláshoz a zárt, vertikális rendszerekben. Az internet közvetítő szerepe miatt az összegyűjtött adatokat online, digitális formában lehet tárolni, majd ezeket a különböző információs technológiák segítségével feldolgozni és elemezni. (DAS

2019). Mindezzel lehetővé válik az interneten keresztül történő valós idejű megfigyelés. Az IoT alkalmazások logikai architektúrája három egységből áll. Az észlelés réteget másképpen szenzorrétegnek is nevezik. A szenzorok által érzékelt adatokat gyűjtik és továbbítják különböző csomópontokra. Az ott feldolgozott adatokat továbbítja a rendszer egy szabványosított kommunikációs modul segítségével, majd tovább küldi azokat a fő csomópontokhoz. Innen kerül periodikusan feltöltésre a felhő alapú hálózati szerverre. (4.ábra)



4. ábra
Az észlelési réteg felépítése (saját szerkesztés)

A második réteg feladata a kapcsolat megteremtése az észlelési és alkalmazási réteg között. Ez a felhőben található különböző modulok konfigurálásával lehetséges. A harmadik réteg az alkalmazás réteg, ami a felhasználóbarát kezelést teszi lehetővé. Ehhez szükség van egy fejlesztett alkalmazásra. Itt válik láthatóvá a szenzorok által előállított adat és figyelhető meg a gazdaság abban az időpillanatban való működése. (Muhammad, 2018) Ez nélkülözhetetlen egy zárt rendszer esetében, hiszen az optimális értéktől való eltérésekre a növények sokkal érzékenyebben reagálnak.

A zárt, vertikális gazdálkodás esetében minden környezeti tényező ellenőrzése és pontos beállítása nélkülözhetetlen, hiszen bezárjuk 4 fal közé az a rendszert, aminek a neve Föld. Ezen tényezőket a következő felsorolás tartalmazza.

- fény
- hőmérséklet és páratartalom

- víz
- talaj
- levegő

A fény a növény fotoszintéziséhez nélkülözhetetlen. Minden növényfajnak szüksége van a számára megfelelő fényintenzitásra. A növény növekedése szempontjából 3 paraméter szerint vizsgáljuk a fényt. A fénymennyiséggel, amely a fotoszintézist befolyásoló fő paraméter. Ha ez az érték alacsonyabb az optimálisnál akkor a növény növekedése megáll. Amennyiben túl sok, fölösleges energiát használunk fel, így növelve a költségeket. A fényminőség, amely a sugárzás spektrális elosztására utal. A növény fejlődése szempontjából a 420 és 520nm, illetve a 610 és 720nm közötti tartomány a legoptimálisabb. Ez a látható fényként a kék, ibolya és a vörös fényt jelöli. A harmadik paraméter a fény időtartama, amely azt az időintervallumot jelenti amíg be van kapcsolva a világítás. (Ramos, 2016) A növények számára is szükség van sötét szakaszra, hiszen a fotoszintézis során a fixáció ekkor történik. A LED technológia megjelenése lehetőséget adott a zárt rendszerek gazdaságossági megvalósítására, hiszen elődeitől eltérően biztonságos, hatékonysága napról napra nő, költsége pedig csökken. Mivel a LED-ek digitálisan is könnyen integrálhatóak egy vezérlő rendszerbe, így lehetőség van egy ültetési ciklus közben a növény különböző fejlődési szakaszaiban a spektrális összetételek, az intenzitás vagy akár a fény időtartamának a megváltoztatására. (Ramos, 2016)

Számos tanulmány és kutatás értekezik arról, hogy a zárt vertikális gazdálkodás során mennyire befolyásolja a termelés mennyiségét a közeg hőmérséklete és páratartalma. Természetesen ez minden növény esetében különböző. A hőmérséklet és páratartalom szabályozására számos technológia áll rendelkezésre. (Sarkar, 2019) A légkondicionáló, párástó vagy páralecsapó berendezések már a hétköznapi életünk részét képezik. Ezen eszközök ugyanúgy alkalmazhatók zárt termelés esetén is.

A vertikális gazdálkodás esetében a talaj szerepét egyrészt a tápanyagokban gazdag víz, másrészt az adott módszernek megfelelő tartóközeg veszi át. Az automatizált vezérlőrendszereknek, és fejlett szenzorrendszereknek köszönhetően a szükséges tápanyagutánpótlást számítógépek végzik. Ugyanakkor számos egyéb tényező is meghatározza a növények tápanyag-felvételi teljesítményét, Ez alatt az alapvető tápanyag rendelkezésre állását és megfelelő arányú jelenlétüket, illetve egyéb kedvező külső körülményeket értjük. (Delaide, 2016) Az optimális tápanyagszint elérése nehéz feladat. Ezeknek a megfelelő koncentrációban és arányban kell a folyadékban lennie, hiszen ennek eltérése növelheti, vagy

csökkentheti a pH értékét. Alacsony vagy magas érték esetén ez akár a növény pusztulását is eredményezheti. Több szakirodalom számol be olyan kutatásokról, amelyben ezeket az értékeket kutatják zárt rendszerekben vizsgálva, hogy megtalálják azokat a paramétereket, amelyekkel a legjobb terméshozamot, beltartalmi értéket és ízt lehet elérni. Azonban fontos kitérni arra, hogy a zárt, vertikális gazdálkodási rendszer újdonsága miatt sem a témával kapcsolatos szakirodalom, sem a kutatások száma nem elegendő.

A smart farming fogalma és szerepe a zárt, precíziós gazdálkodásban

Az okos gazdálkodás (smart farming) valamivel komplexebb fogalom, mint a precíziós mezőgazdaság, de szorosan kapcsolódnak egymáshoz. Az ugrásszerűen megnövekedett minőségi adat lehetővé tette a döntéstámogató algoritmusok fejlesztését. A zárt rendszerekben keletkező információk megfigyelésén túl a smart farming túllép ezen és az adatokat a valós időnek megfelelően kontextusba helyezi, ezzel képes prognózisok alapján, hirtelen megváltozott működési feltételekre vagy egyéb körülményekre (hőmérsékletváltozás, betegség megjelenése, a tápoldat optimális értékétől való eltérés) gyorsan reagálni és beavatkozni. (Wolfert, 2017) A smart farming koncepció segítségével a gazdálkodó képes egyetlen rendszerbe integrálni a saját gazdaságából származó adatokat, prognózisokat, az emberi erőforrás menedzsmentet, a beszerzéseket, kockázatkezelést, a raktározást, a logisztikát, a rendszerfelügyeletet és a marketinget is. (Schönfeld, 2018) Így belátható, hogy egy olyan programozott keretrendszer ad, amely segítségével a teljes vállalkozás átláthatóvá válik. A különböző forrásból, akár különböző gazdától érkező adatok gyűjtését, elemzését, feldolgozását szintén számítógépek végzik. Az így keletkező óriási adatmennyiséget a szakirodalom Big Data-nak hívja. (Schönfeld, 2018) A smart farming részét képezi ezen adatot feldolgozása is. Az Big Data-ra épülő alkalmazások előnye abban rejlik, hogy a felhőalapú számítások hatalmas lehetőségeket kínálnak az ismeretek kibontására, a rejtett minták feltárására és megértésére, valamint megosztására. (Evangelos, 2020) A termelésbe való beavatkozás mellett, a gazdák képesek a többi üzleti folyamat működéséről is információkat kapni (logisztika, fogyasztói piac). Ezzel megkönnyíti a döntéshozatalt, hiszen kiszámíthatóbb tervezést tesz lehetővé a teljes élelmiszerlánc mentén. (Gupta, 2019) A megbízhatóbb tervezés és nagyfokú automatizálás növelése érezhető mind az üzleti folyamatok megvalósításában, mind az erőforrásfelhasználás terén. A smart farming rendszer teljesítményének javítása érdekében olyan modern technológiákat lehet beépíteni a rendszerbe, mint az AI (Mesterséges Intelligencia) vagy az ML (Gépi Tanulás). Ezek alkalmazásával a robotoknak képesnek kell lennie a szenzorokból kapott adatok elemzésére és a célok eléréséhez

szükséges döntések meghozatalára. (Mahbub, 2020) A zárt, vertikális gazdálkodások esetében ez leginkább a betakarítás időpontjának a meghatározásában, illetve a robotok általi betakarításban és csomagolásban jelenhet meg.

Az üzleti folyamatok tekintetében a smart farming koncepcióval lehetőség nyílik a kereslet előrejelzésére. Ez nagyban segíti a vetési terv kialakítását. A növények késedelem nélkül képesek piacra kerülni, így elkerülve az esetleges hulladékká válásukat. A fogyasztók számára friss és jó minőségű áru kerül az asztalra. A zárt, rendszerek esetében azért is fontos a megfelelő időzítés, mivel, ha a növények a kelleténél tovább maradnak bent, sokkal gyorsabban megindul a túlérési folyamat, mint a hagyományos gazdálkodási formáknál. (Becsey Zoltán, interjú). A legoptimálisabb időpont meghatározása ezért kulcskérdés.

Fontos megemlíteni, hogy a hazai és a nemzetközi statisztikák azt mutatják, hogy a gazdaságok nagy része ugyanakkor a termelést közvetlenül támogató megoldásokat és technológiákat használják, vagy használnák szívesen. Ugyanakkor a zárt, vertikális gazdálkodás esetében is, ez arányaiban kisebb mértékben járul hozzá a termeléssel és értékesítéssel kapcsolatos kockázat csökkentéséhez és a fenntartható hozamnövekedéshez, mint ha a teljes precíziós eszközökön túlmutató gazdálkodási folyamatot lefedő rendszert használnák (DAS, 2016)

A zárt, precíziós gazdálkodás előnyei

A zárt, vertikális gazdálkodásnak számos olyan társadalmi, ökológiai, közgazdasági előnye is van, amely miatt beilleszthető a jövő városainak a tervezésébe. Ugyanakkor mint, minden másnak ennek a termelési koncepciónak is vannak árnyoldalai. Dolgozatom ezen szakaszában elsősorban ezeket az előnyöket és hátrányokat szeretném röviden bemutatni.

Korábban írtam róla, hogy a technológiák segítségével csökkenthető a felhasznált műtrágya mennyiség, illetve víz felhasználás. A mezőgazdaság jelenleg az édesvízkészlet 70%-át használja fel. (Barbosa,, 2015)

A zárt, vertikális rendszerben termelt növények esetén magasabb hozam érhető el, mivel egész évben és több szinten folyik a termelés. A szabadföldi termesztéssel ellentétben, ahol a globális felmelegedés okozta szélsőségesebb időjárásból miatt kiszámíthatatlanabb a növénytermesztés, képes egész évben ugyanazt az mennyiséget és minőséget termelni. Egy jó példa Despommier, akinek számításai szerint ha” egy 30 emeletes (kb. 100 m magas) épületet, melynek alapterülete 2,02 hektár, képes lenne olyan termés hozamot produkálni, amely megfelel 971,2 hektár hagyományos vízszintes növénynek. Ez azt jelenti, hogy egy többemeletes gazdaság termelése 480 hagyományosnak felelne meg”. (Al-Kodmany, 2018, 4. oldal.)

Fontos megjegyezni, hogy a zárt, vertikális gazdálkodásba integrálható növénypaletta nagyon széles. Szinte minden megterem a hidroponikás rendszerben, legyen szó leveles zöldekről, burgonyafélékről, paradicsomról vagy akár eperről. (Sarkar, 2019) Így nem szorulnak az országok importra, olyan időszakokban amikor náluk bizonyos növények nem teremnek meg. A termelt növények minősége szintén fontos kérdés élelmiszerbiztonság szempontjából. A rendszerben nincs szükség növényvédőszer használata, így a növény mosás nélkül fogyasztható. Az így termelt zöldségek ráadásul könnyebben eltarthatók, hiszen például saláta esetében lehetőség van a növényt a gyökérzettel együtt csomagolni. (Barbosa, 2015)

Közgazdasági és agrárgazdasági szempontból is számos előnye van a zárt, vertikális gazdálkodási módszernek. A kiszámítható termesztés és a szállítási költségek csökkentésével, - amely az ár 60%-át képezi - versenyképes áron tudják a gazdák az így termelt növényeket értékesíteni. (Al-Kodmany, 2018) Az elhagyatott gyárépületek újbóli felhasználásával a városkép javítható, ráadásul az innovatív technológiák alkalmazásával a fiatalok számára érdekessé válhat a mezőgazdaság.

A városi mezőgazdaság megjelenésével a gazdaságok és a vevők közötti távolság mind személyes mind fizikai értelemben lerövidül. A hagyományos élelmiszer-szállítási láncból fakadó veszteség, amely az előállított termék 25-50%-a, nagy mértékben csökkenthető. A városi mezőgazdaságban az ellátási lánc rövidül, ennek eredménye nem csak a költségek, hanem a szállítás közben keletkező ÜHG-ok kibocsátásának csökkentése a környezeti erőforrások hatékonyabb kihasználása mellett. (Mena, 2011)

Legnagyobb hátránya ennek az termelési koncepciónak a magas tőkeigény, amely számos kérdést vet fel. Az alkalmazott technológiák, a szakképzett munkaerő a termelési hely kialakítása és beüzemelése, mind olyan költség, amelynek mértéke másik koncepciók esetében kisebb. A kezdeti beruházás hektáronkénti ára sokkal több tőkét emészt fel, mint a szántóföldi növénytermesztés. (Mayall, 2010)

ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

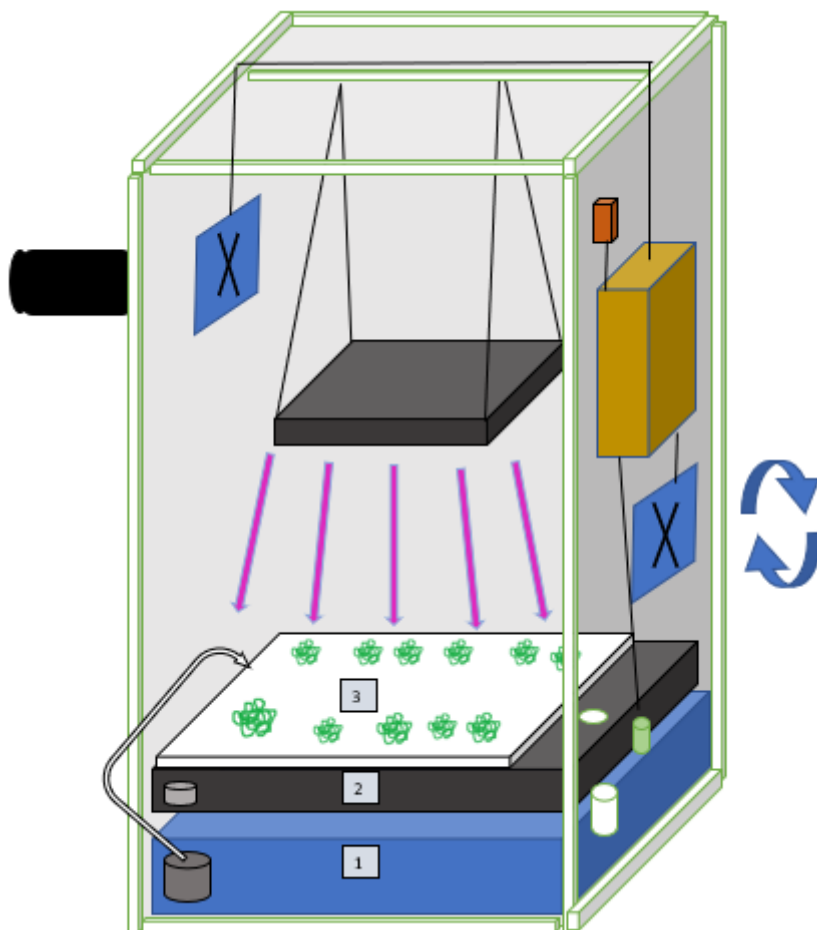
Felmerül a kérdés, hogy ha a korábban bemutatott zárt, vertikális gazdálkodásnak valóban annyi hozadéka van, mint ahogy azt korábban a szakirodalmi feldolgozásban olvashattuk, akkor miért nem látunk még Budapesten, vagy az Európai Unió más nagyvárosaiban tömegével ilyen gazdaságokat. A kutatásomban arra kerestem a választ, hogy a zárt, precíziós mezőgazdaságban alkalmazott technológiák valóban annyira hatékonyak, mint ahogy azt feljebb olvashatjuk. A technológiák hatékonysága mellett azt is vizsgálom, hogy milyen költségből áll egy zárt rendszerben megtermelt római saláta és ez mennyiben tér el a hagyományos termesztéstől. Végül a dolgozatomban a gazdaságossági megvalósíthatóságra is szeretnék kitérni a zárt, vertikális rendszerek tekintetében.

A kutatás elvégzéséhez számos szakirodalmat dolgoztam fel az alkalmazott technológiák megismeréséhez. Az ismereteket felhasználva modelleztem egy zárt gazdaságot, amelyben római salátát ültettem és vizsgáltam 46 napig. A rendelkezésre álló technológiák segítségével készítettem egy monitoring rendszert, amellyel ellenőrizni és elemezni tudtam a környezeti paramétereket és a növények fejlődését. A kontroll csoportot a bedrock.farm Mezőgazdasági Kft. , illetve a Becsey Kertészet Kft. képezte. Előbbi Magyarország egyik legelső zárt, vertikális gazdálkodást folytató Start Up-ja. Az ő telephelyükön az ő rendszerüket és technológiájukat alkalmazva is elvégeztem a kísérletet a sajátommal egy időben. A Becsey Kertészet Kft. Magyarország egyik legnagyobb saláta termelő vállalkozása, akik hagyományos és fóliasátras termesztést folytatnak az Alföldön. A Kertészet biztosította számomra a kísérlethez szükséges palántákat, illetve az ő gazdaságukban gyűjtött adatokat. A bedrock.farmnál 71 darab, a sajátomnál pedig 25 darab saláta képezi a kutatás tárgyát. A kísérlet 2021 február 1 és 2021 március 18 között zajlott.

A kísérlet felépítése

A saját kísérletben a hidroponikás módszert alkalmaztam. A rendszer 2 tartályból áll. Az alsó a központi vízgyűjtő (1), ahonnan egy szivattyú segítségével juttattam fel a vizet a felső szintre nap 24 órájában a hét minden napján (2). A termesztő terület összterülete 1 m^2 . A 0,5 cm vastag hungarocellbe 30 darab 5cm átmérőjű hidropóniás kosár került. Ezekbe kerültek a növények (3) (5. ábra). A kertészettől kapott palánták tözegkockában voltak, így azokat víz segítségével kiáztattam, hogy ne kerüljön a zárt rendszerbe a földdel káros baktérium vagy gomba. A növényeket 36x36x40 mm-es közetgyapot kockába téve, 2021 február 2-án kerültek a

kutatásba. A fényről egy 60 W-os LED panel gondoskodott, melyet középről a növényektől 45 cm távolságra helyeztem el. A világítás hullámhossza és a LED chipek aránya salátafélék fejlődése szempontjából optimálisnak tekinthető.



5. ábra
Saját kísérlet szerkezeti rajza

A panel 14 órán át volt bekapcsolva, a hét minden napján. A tápanyag mennyiségét a Bedrock.farm műszereinek segítségével állítottam be. A rendszer 124 liter esővízzel lett feltöltve. Ennek pH értéke 6,5, EC értéke pedig 0,0 volt. A tápanyagot külön hidroponiás rendszerekre fejlesztett tápoldat segítségével juttattam a vízbe. A szakirodalom szerint az optimális pH salátafélék esetén 5,8-6,5 közé esik, míg EC az értéke 1,5-2,5 között megfelelő. A kísérlet helyszínéül egy családi ház pincéje szolgált. A rendszert hőtartó fóliával burkoltam be, amely szigetelés mellett a rendszer zártságát is adja. (6. ábra) A növények számára nélkülözhetetlen a megfelelő mennyiségű szén-dioxid. A fotoszintézis folyamán ugyanis ennek megkötésével és a benne található szén felhasználásával tud a növény növekedni. A rendszerben ezért két ventilátor is található, amelyek ellentétes mozgása révén az egyik beszívja a szén-dioxidban gazdag levegőt, a másik pedig kiszívja az oxigénben gazdagot.



6. ábra
Saját kísérlet belső felépítése

Az általam készített kísérletben számos olyan technológiát alkalmaztam, amelyek segítségével a környezeti tényezőkről naprakész, azonnali információkat kaphatok. A monitoring rendszer részletes bemutatását a melléklet tartalmazza.

A KUTATÁS ÉRTÉKELESE

A magyar saláta termesztése és fogyasztásának alakulása

A magyar saláta fogyasztása az utóbbi időben folyamatosan emelkedő tendenciát mutat. Becsey Zoltán szerint ez az elmúlt 25 évben gyakorlatilag megháromszorozódott. Ennek jelentős részét a magyar piacon leginkább elterjedt és népszerűvé vált fejes saláta teszi ki. Az elmúlt 10 évben ugyanakkor megfigyelhető egy átalakulás a fogyasztáson belül, amelynek abszolút nyertese a jégсалáta, illetve a többi különlegesebbnek tekinthető saláta, köztük a római saláta is. Ennek oka, hogy jelentősen megnőtt elsősorban a szállodák, éttermek által vásárolt, különböző színű, fodros saláták kereslete. Ezzel párhuzamosan pedig az ipar által előállított saláta keverékekben is megjelentek a dekoratív és a fogyasztók számára új élményt jelentő salátakülönlegességek.

Bedrock.farm kutatás

A bedrock.farmnál végzett kísérlet 2021 február 1-én kezdődött és 2021 március 18-án a betakarítással ért véget. A római saláta palántákat a Becsey Kertészet biztosította 5*5cm-es tőzeg kockákban. A föld eltávolítása és a gyökerek tisztítása után közetgyapot kockákba kerültek a növények. A saláták egymástól 7,5 cm távolságra lettek 3 darab fém tálcán elhelyezve. A növények számára szükséges tápoldatot 3 darab 40*80 cm-es medencékbe töltöttem. Az így létrejött 0,96 m² területen történt a kísérlet. A saláták napi 12 órán át voltak megvilágítva 3 darab 75 Watt teljesítményű növénytermesztő LED lámpa segítségével, melyeknek vörös és kék spektrum aránya 4:1 volt. A világítás a növényektől 45 cm távolságra lett elhelyezve.

A tápanyag mennyiségét az első 4 hétben a salátának szükséges optimális értéktől eltérően kevesebbre állítottam. Ennek oka, hogy a másik termesztőközegbe való átállás miatt fennállt a veszély, hogy a szabadon lévő gyökerek a túlzott tápanyagkoncentráció miatt megégnek. Az optimális hőmérséklet és páratartalom fenntartásáról egy légkondicionáló, illetve egy páralecsapó berendezés gondoskodott. A hőmérséklet 19-20°C, a pára pedig 50-55% között mozgott éjjel-nappal. A zárt rendszerekben történő saláta termesztéshez szükséges környezeti paraméterek értékéről a szakirodalomban nem találtam egységes álláspontot, így csak becsülni tudtam az optimális értékeket.

Becsey Kertészet Kft. római saláta termesztése

A kertészetben szabadföldi és fóliasátras termesztés történik. Utóbbiba kétszer történik római saláta ültetés, egy tavasszal egy pedig ősszel. A tavaszi termesztéshez a kiperántázás január végén kezdődik. Ezek a növények az időjárás függvényében legkésőbb április 7-ig betakarításra kerülnek. Ez 9 termesztési hetet jelent, a római saláta esetén. Az őszi termesztés szintén hasonló időtávot ölel fel. Szeptember 15-én kezdődik az őszi kultúra kiültetése fóliasátrakba. A betakarítás ideje november végre esik. A kettő közötti időszakban történik a szabadföldi termesztés. Ugyanakkor ebben az időszakban lerövidül a római saláta nevelési ideje 5,5 hétre. A kertészetben nyári ültetés mindössze kétszer történik, júliusban és augusztusban nem található saláta a termékpalettájukon. Ennek oka, hogy abban a két hónapban túl magas a hőmérséklet a saláta termeléshez.

A kertészet a saláta termesztéshez egyedül a palánták elültetésénél használ precíziós gépet. Ez Becsey Zoltán állítása szerint nagyon bevált nekik. Az eszköz segítségével jobban tervezhető az ültetés, illetve az egy fejre jutó költsége is jelentősen csökkent. Ugyanakkor elmondta, hogy a saláták tekintetében egyéb folyamat nehezen, vagy csak a minőség romlása mellett automatizálható. Így a sorok kapálását, illetve a betakarítást mai napig munkások végzik. Állítása szerint csak így lehet azt a minőséget fenntartani, amire a fogyasztóknak, illetve a feldolgozóiparnak szüksége van.

A Becsey Kertészet értékesítése elsősorban az ipar felé történik, ahol a friss piaccal ellentétben súly alapján történik az értékesítés. Számára a cél a minél nagyobb saláta méret elérése, hiszen így tudja a profitot maximalizálni. Római saláta esetében a betakarítási súly 450-500 g körül mozog, mert az tekinthető rentábilisnak. A 250 g-os minimális értékesítési súlyú saláta az ipar számára való értékesítés esetén veszteséget jelent a kertészetnek.

Az alkalmazott technológiák kiértékelése

A bedrock.farmnál végzett kutatás során az adatgyűjtés manuálisan történt. A tápoldat EC és pH értékét egy digitális mérőeszközzel segítségével, heti 2-3 alkalommal ellenőriztem. Minden medencéből külön mintát vettem és ezeket egy Excel táblázatban rögzítettem. (1. táblázat) Ez rendkívül erőforrás igényes és nem megbízható. A kísérlet során be is következett egy ebből fakadó hiba.

		06.márc	07.márc		08.márc	09.márc			
	medencék száma		1.	2.	3.		1.	2.	3.
	a beállított pH érték		6	6,4	6,2		5,9	6,2	5,9
	a beállított EC érték		1,8	1,8	1,5		2,1	2,2	1,9
Hozzáadott víz (L)			3	3	3		1	1	1
+ tápanyag (ml)	N		10	10	10		7	7	7
	mikro		10	10	10		7	7	7
+kalibráláshoz(ml)	PH up		0,1	0,1	0,1		0,25	0,2	0,2
	PH down								
ellenőrzéskor mért	pH		5,8	6,1	6		5,3	5,6	5,6
	EC		1,6	1,6	1,4		1,7	1,7	1,5
hozzáadott tápoldatban mért	pH		6,2	6,2	6,2		7,1	6,9	6,9
	EC		2,2	2,2	2,2		4,3	4,2	4,2
hozzáadás után a medencékben mért	pH		6	6,4	6,2		5,9	6,2	5,9
	EC		1,8	1,8	1,5		2,1	2,2	1,9

1. táblázat
A Bedrock.farmnál készített kutatás Excel táblázata

Az optimális értékek beállítása után 2 nap alatt a medencékben lévő oldat pH értéke esni kezdett és az optimális 5,8 érték helyett 5,3, illetve 5,6 értéken állt be. (1. táblázat) Ez ugyanakkor csak a 2 nappal későbbi mérés során derült ki. Az EC érték gyors csökkenése szintén problémát jelentett a bedrock.farmnál végzett kísérlet folyamán. Ennek oka, hogy mivel a gyökérzet igen fejlett, a nagy gyökérnyomás könnyen felnyomja az alacsony töménységű tápoldatot a növénybe, ami a magas páratartalom miatt kénytelen kiguttalni a levél szélén. Amelyik levélen megjelenik a probléma, az utána értékesíthetetlené válik, így a saláta fejtömege akár drasztikus mértékben is csökkenhet. A kísérlet során eme probléma miatt a teljes levéltömeg 14%-a került kidobásra.

Ez az érték nullára csökkenthető egy olyan monitoring rendszer segítségével, amit készítettem. Zárt gazdálkodás esetében a növények sokkal érzékenyebbek a paraméterek változására. Így nélkülözhetetlen ezeknek az értékeknek a monitorozása. Az általam létrehozott architektúra erre jelent megoldást. Ezzel csökkenthető mind a termelési költség, mind pedig a termésvesztés mértéke.

A kísérlet kiértékelése gazdaságossági szempontból

A három különböző területen történt kísérlet, illetve kutatás eredményei közül relevánsnak a bedrock.farmnál végzett kísérlet, illetve a Becsey Kertészetnél végzett kutatás tekinthető. Ennek oka, hogy a saját kísérletem során a fókuszban a monitoring rendszer működése volt. A római saláta palánták ott is fejlődtek, ugyanakkor a nem megfelelő mennyiségű fény mennyiség

hatására ez a folyamat sokkal lassabban történt. Ez is jól reprezentálja, hogy akár egy, a növény számára nélkülözhetetlen paraméternek a nem megfelelőse mennyire befolyásolja a fejlődést és ezáltal a rentabilitást.

A bedrock.farmnál végzett kutatás során gyűjtött adatok, valamint Becsey Zoltánnal készített interjú feldolgozásának eredményét az alábbi táblázat tartalmazza. (2. táblázat)

	Bedrock.farm	Becsey Kertészet (tavasz, ősz)	Becsey Kertészet (nyár)
termesztési idő (nap)	46	56	39
1 nm-en ültetett római saláták száma	71	11	10
1 nm-en ültetett római saláták hozama (g)	3550	4950	4500
1 fej átlagos tömege (g)	50	450	450
1 fej költsége (Ft)	185	65-70	65-70
1 palánta költsége (Ft)	20	20	20
1 fejhez felhasznált víz költsége (Ft)	16	2	2
1 fejhez felhasznált műtrágya költsége (Ft)	30	3	3
1 fejhez felhasznált villamos energia költsége (Ft)	48	2	2
1 fejhez felhasznált növényvédőszer költsége (Ft)	0	2-5	2-5
1 fejre vetített munkaerő költsége (Ft)	70	20	20
1 fejre vetített hűtési költség (Ft)	1	3	3
1 fejre vetített logisztikai költség (Ft)	0	5-12	5-12
mosási költség (Ft) (csak friss piacnak)	0	1,5	1,5

2. táblázat
Költség összehasonlító táblázat (saját szerkesztés)

Jól látható a két termelési koncepció közötti különbség, mind költségek, mind az 1 m²-en megtermelt római saláta tömegének tekintetében. A leginkább szembetűnő eltérés az a felhasznált erőforrások tekintetében figyelhető meg. A villamosenergia, víz és műtrágya költségének összege adja a bedrock.farmnál az egy saláta fej költségének 50%-át. Ez az arány a hagyományos termesztésben 10% alatti. A munkaerő költség 1 fej salátára vetítve 350%-al magasabb a zárt vertikális gazdálkodás tekintetében. Ennek oka, hogy a monitoring rendszer hiánya miatt minden mérést, valamint a szükséges tápanyagutánpótlást is manuálisan végeztem. A fejtömeg arány közötti különbség szintén szembeötlő. Kilencszer nagyobb a hagyományos termesztés során keletkező római saláta átlagos fejtömege, mint a zárt rendszerben végzett kísérlet során. Ennek oka a nem megfelelő sortáv volt, hiszen a kertészetben 30 cm-re lévő távolsággal ellentétben én 7,5 cm-re ültettem a növényeket. A nagy növényesűrűség miatt nem tudtak a fejek megfelelően fejlődni. Így lehetett az, hogy a minimum és maximum fejméret között közel 10 dkg-os eltérést mértem. A termesztési idők közötti különbséget szintén érdekes megvizsgálni. A bedrock.farm technológiáját alkalmazva 46 nap alatt az év 365 napjában

tudunk római salátát termelni. Ez közel 8 ültetést jelent egy évben. A Becsey Kertészetnél átlagosan 6 hét alatt éri el a vágási súlyt a római saláta. Ugyanakkor ők a környezet alakulása, illetve a rentabilitás miatt egy évben mindössze 4 ültetést valósíthatnak meg.

Bedrock.farmnál történő termelés esetén nem kell számolni logisztikai költséggel, mivel szinte ott történik a termelés, ahol a fogyasztás. Mosási költség szintén nincs. Ennek oka, hogy semmilyen növényvédőszer használatára nincs szükség a rendszer zártsága és sterilítése miatt. A betakarítás után a növények az Állatorvostudományi Egyetem akkreditált laboratóriumában bevizsgálásra kerültek. Az ott kapott értékek alapján a növények mosás nélkül is fogyasztható. Ez amellett, hogy imponálni tud a fogyasztónak a növény szavatossági idejét is meghosszabbítja.

Mindezeket figyelembe véve ugyanakkor kijelenthető, hogy ha csak költség oldalról hasonlítjuk össze ezt a kísérletet és a hagyományos termelési koncepciót, utóbbi esetén olcsóbban, nagyobb mennyiséget lehet előállítani.

Fontosnak tartom ugyanakkor megjegyezni, hogy Becsey Zoltán állítása szerint ő már nem, vagy csak kis mértékben tudja a költségeit csökkenteni. A saláta termeléséhez szükséges erőforrások optimalizálva vannak a kertészetben az egyedüli költségtényező ami flexibilis az a munkaerőköltség. Ugyanakkor Becsey Zoltán hozzátette, „vannak olyan munkafolyamatok a szabadföldi és fóliasátras saláta termesztés tekintetében, amelyet nem tud kiváltani gépekkel”. Ebből fakadóan a munkaerő költség is fix költségnek tekinthető. Ráadásul az egyre nagyobb visszhangot kapó agráriumban jelentkező munkaerőhiány és az abból fakadó drágulás a kertészetet is érinti.

Ezzel szemben a termelési koncepció újdonsága és a szakirodalom hiányossága miatt a zárt, vertikális rendszerben történő salátatermesztés még nincsen optimalizálva. A bedrock.farmnál végzett kísérlet végeztével számos olyan pontot sikerült feltárni a termesztés során, ahol a növény zöldtömege növelhető lenne a költségek redukálása mellett. Ehhez azonban a jövőben számos egyéb kutatás szükséges.

A bedrock.farmnál végzett kísérlet költség szintű elemzését a költség-haszon elemzés, illetve az érzékenység vizsgálat módszertanára alapozva határoztam meg. A költség- haszon elemzéssel kiszámoltam az 1 m²-re vonatkozó bekerülési és változó költségeket. (3. táblázat) A kísérlet során jelentkező változó költségeket éves szinten határoztam meg. A 46 napos termesztési idővel számolva ez 8 ültetés jelent egy évben. A bevétel meghatározásakor a kísérlet során betakarított saláták méretéből és heterogenitásából fakadóan tömeggel számoltam. Ennek

1 kg-os értéke 1140 Ft volt. Ezzel az összeggel számolva éves szinten, – ha az értékesítés közvetlen a vásárlónak történik – 1 m² termőterületen 32285 Ft bevételt jelent. A táblázatban jól látható, hogy ez az összeg ugyanezen területre változó költségei közül mindössze a víz és villamos áram felhasználását fedezné. Ezen kísérlet alapján veszteséges lenne a termelés. A változó költségek közel harmadát fedezi csak a bevétel. A hiány fedezésére két út van. Az egyik az áremelés, a másik pedig a termesztés technológia optimalizálása.

		időtartam	költség (Ft/m ²)	Amortizáció (év)
bekerülési költség	pince helység	hónap	2000	10
	szerkezeti elemek	-	3000	10
	növénynevelő lámpák	-	10 000	11
	léghkondicionáló	-	12 000	5
	páramentesítő	-	4000	3
	szenzorok	egyszeri költség	80 000	3
	Összesen	-	111 000	-
változó költség	víz	éves	9088	-
	műtrágya	éves	17 040	-
	villamos energia	éves	27 264	-
	munkaerő	éves	39 760	-
	Összesen	-	92 393	-
pénzügyi haszon	hozam (közvetlen a vásárlónak értékesítve)	éves	32 285	-
	cash-flow	-	-60 108	-

3.táblázat
A kísérlet kiértékelése költség-haszon módszerrel (saját szerkesztés)

A vegyszermentesség, hosszabb eltarthatóság és magas minőség, valamint a folyamatos és megbízható ellátás miatt a hagyományos kertészeti árakhoz képest magasabb áron lehet a zárt rendszerben termelt növényt értékesíteni. A konkurencia hiánya szintén lehetőséget biztosít a magasabb áron való értékesítésre a főszezonon kívüli időszakban. Magyarországon, illetve tudomásom szerint Közép-Kelet Európában senki nem foglalkozik zárt, vertikális gazdálkodásban előállított salátával. Ugyanakkor felmerül a kérdés. Vajon a vásárlók hajlandóak lennének több mint háromszoros árat kifizetni?

Véleményem szerint a veszteség kiküszöbölésére és a rendszer jövedelmezővé válásának útja inkább a termesztés technológia optimalizálásában keresendő. Ezért a mért adatokra támaszkodva a költségek várható alakulásaink reprezentálására érzékenység vizsgálatot

végeztem. (4. táblázat) A táblázatban szereplő adatok a várható termelési költségek egyes változóinak pesszimista és optimista becsléseit tartalmazzák. A bedrock.farmnál végzett kísérlet során a legjelentősebb termesztéstechnológiai probléma a sortávolság nem megfelelő megválasztása volt. Így az elemzésben az 1 m²-re ültetett saláták számát a korábbi 71 palántáról 25-re változtattam. Az egy fejre vetített költségek így jelentősen megugrottak, hiszen a felhasznált erőforrások kevesebb felé oszlanak meg. A pesszimista becslés során az egy fejre számított összköltség kiemelkedően magas 349 Ft-os értéket mutat. Ugyanakkor a nagyobb sor és tőtávolságból fakadóan jóval nagyobb és egységesebb állomány érhető el, mint a kísérletben.

változók (1 m ² 25 fej)	Becsült érték 1 ültetésre (Ft)		Az kísérlethez (100%) viszonyított arányok	
	pesszimista	optimista	pesszimista	optimista
1 fejre jutó víz költsége	58	30	136%	145%
1 fejre jutó műtrágya költsége	94	10	313%	62,5%
1 fejre jutó energia költsége	106	106	220%	220%
1 fejre jutó munkaerő költsége	70	20	100%	29%
egyéb költség	21	21	100%	100%
1 fej összköltsége	349	185	188%	100%
1 m ² összköltsége (20*20-as távolsággal számolva)	8725	4625	66%	100%
1 fej tömege (g)	150	250	300%	500%
1 m ² hozama (g)	3750	6250	105%	176%
saláta értékesítési ára (db)	300	600	-	-
1 m ² -re várt bevétel	7500	15 000	186%	371%
fedezeti ponttól való távolság 1m ² -re vetítve	- 1225	+ 10 375	-	-

4.táblázat
Érzékenység vizsgálat (saját szerkesztés)

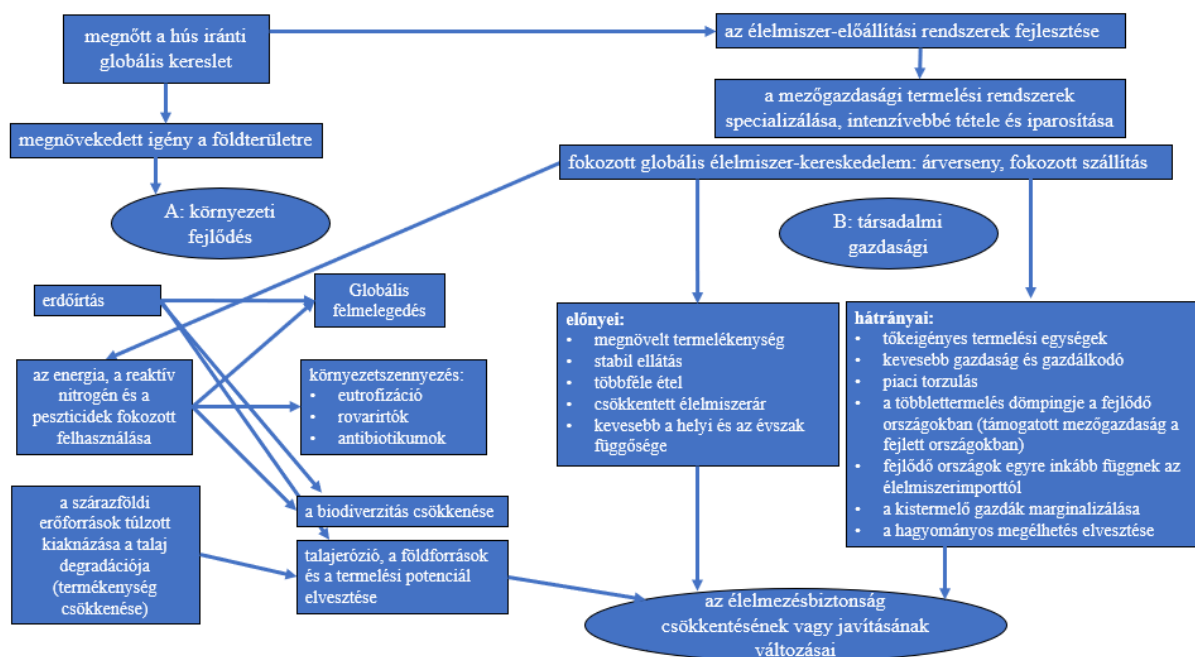
Az 1 m² -re vetített hozam még mindig nem éri el a Becsey kertészetben mért 4,5 és 5 kg közötti értéket ugyanakkor ebben az esetben már közelít a fedezeti pont eléréséhez, ami a felmerülő termelési költségek és a várható bevétel közötti különbség mutat. Az optimista becslés alapján, illetve a korábban említett okokból fakadóan jelentősen csökkenteni lehet a változó költségeket. A legjelentősebb mértékben a munkaerő költségének csökkenésével számoltam, hiszen egy monitoring rendszer, illetve egy automata tápoldatozó rendszer jelentősen lecsökkentetné. Ebben az esetben az egy fejre jutó költség megegyezik a kísérletben számolttal, ugyanakkor 1

m²-en további plusz 3 kg értékesíthető levéltömeg várható. Ez az érték a Becsey Kertészetben tapasztaltaknál is magasabb. A nagyobb tőtávolságból fakadóan jelentősen megnőne a fejtömeg. Így lehetőség nyílna a salátákat nem súly alapú, hanem darabonkénti értékesítésére, ami jóval jövedelmezőbb. Ezt jól szemlélteti a táblázat utolsó sora, ahol az optimista becslésnél 1 m² termőterületen egy ültetési ciklust számolva 10375 Ft profit realizálható. Az egy fej értékesítési árát egy hazai szupermarket jelenlegi árlistájából vettem.

A költség-haszon elemzés során kiderült, hogy a kísérletben alkalmazott termesztési módszerrel és technológiával veszteséget termelnénk. Ugyanakkor rávilágított arra, hogy melyek azok a költségtényezők, amelyek optimalizálásával akár profitábilis is lehet a zárt, vertikális gazdálkodás. Fontos azonban megjegyezni, hogy ez egy becslés. Ahhoz, hogy ez a valóságban is így történjen számos kutatás szükséges ezen a téren.

A kutatás kiértékelése tágabb szempontból

Ha a két gazdálkodási formát komplex élelmezési rendszerként hasonlítjuk össze, akkor elgondolkodtató a jövő számára a zárt vertikális gazdálkodási koncepció. Az élelmezési rendszerek magukban foglalják a komplex interaktív és egymással összefüggő folyamatokat, amelyek a társadalom táplálásában és táplálkozásában vesznek részt. A rendszerek magában foglalják a termelést, feldolgozást, elosztást és azok eredményeit. (McIntyre, 2009) Ilyen például a szociális jólét, élelmiszerbiztonság, környezeti jólét. (7. ábra) A tartósítási technológiák fejlődésének köszönhetően a globális élelmiszer-kereskedelemre lehetőség nyílt, mely eredményeképp a világ számos országában, köztük Magyarországon is stabilizálódott az élelmiszerellátás és bővült a termelés. A világpiacon megjelenő nagy többlettermelés miatt az élelmiszerárak csökkenni kezdtek, így lehetővé tették a fogyasztók számára, hogy a jövedelmük egyre kisebb hányadát költsék élelmiszerre. A számos előny mellett ugyanakkor egyre inkább előtérbe kerülnek azok a társadalmi és környezeti hátrányai az élelmiszeriparnak és az agráriumnak, amelyre megoldást jelenthet a zárt, vertikális gazdálkodási koncepció. A kísérlet során kiderült ugyan, hogy pillanatnyilag és valószínűleg a közeljövőben még drágább ilyen koncepcióban előállítani a salátát, ugyanakkor a bedrock.farmnál végzett kutatás rávilágított arra, hogy ez a fajta termelés mindenki számára elérhető közelségbe hozza az agráriumot. A tulajdonosok célja, hogy olyan gazdaságokat hozzanak létre, amelynek kezdeti beruházási költsége töredéke a hagyományos gazdaságokénak.



7. ábra

A globális élelmiszer potenciálisan problematikus társadalmi és környezeti vonatkozásai (saját szerkesztés a Historical Analysis of the Effectiveness of AKST Systems in Promoting Innovation alapján)

Ezzel vezetnék vissza az embereket a mezőgazdasághoz és az abból való megélhetéshez egy új, modernebb, a 21.századnak megfelelő koncepció keretében. A környezeti fejlődés tekintetében számos nemzetközi szervezet végez kutatásokat és értékeléseket. Ezen dokumentumok jól mutatják azt a fajta irányt, amely a mezőgazdaság és élelmiszeripar gazdasági aspektusok mellett a környezeti és társadalmi szempontok előtérbe kerülését tűzte ki. Erre jó példa a 2015-ben az ENSZ által elindított Fenntartható fejlődési célok, amely a fenntartható fejlődés és fejlesztés legfontosabb irányait határozzák meg. A 193 ország által elfogadott 17 cél közül 4 érint olyan témát is, amelyre jó megoldást adhat a zárt, vertikális gazdálkodás. (Assembly, 2015)

ÖSSZEGZÉS

A dolgozat elején bemutatam a precíziós mezőgazdaság megjelenésének és elterjedésének körülményeit és okait. A növekvő népesség és jólét végett a gazdák kénytelenek voltak a megtermelt mennyiséget valahogyan növelni. Az információs technológia fejlődésével erre lehetőség nyílt. A precíziós mezőgazdasági koncepció erre jelent megoldást, hiszen környezetkímélő módon képes hatékonyság növelésére. Ugyanakkor ez a precíziós mezőgazdaság nem csak eszközök, illetve adatok halmaza. A nagy mennyiségű minőségi adat lehetővé teszi a gazdák számára prognózisok felállítását, illetve az egész gazdaságuk könnyebb és hasznosabb irányítását

Dolgozatom fő témája a precíziós mezőgazdaság egyik szelete, a zárt, többszintes precíziós gazdaságok voltak. A föld folyamatosan növekvő lakosságának egyre nagyobb hányada él városokban. A zárt, vertikális gazdálkodás erre adhat választ. A koncepció révén környezetkímélő módon, a felhasználás helyszínén történik a termelés. Ennek a szemléltetésére saját kísérletet, illetve kutatást végeztem. Arra kerestem a választ, hogy ez az új termelési koncepció milyen előnyökkel, illetve hátrányokkal jár mind technológiai, mind gazdaságossági szempontból Magyarországon.

A kutatás során elkészítettem egy monitoring rendszert, amely segítségével könnyen és gyorsan kaphatunk információt a zárt rendszerről, így elkerülve a termelés közben jelentkező hibákat. Az architektúra a megfigyelésen felül képes önálló beavatkozásra is, ezzel is csökkentve az esetleges emberi hibából keletkező problémákat. Ebben a kísérletben szereplő római saláták növekedésének mértéke elhanyagolható, hiszen a fókusz a monitoring rendszer működése képezte. Az állomány nem megfelelősége, nem a megfigyelő rendszer hibájának tudható be, hanem a növény megfelelő növekedéséhez szükséges paramétereknek. Éppen ezért a kísérletet elvégeztem egy budapesti zárt, vertikális gazdaságnál is, ahol a termelési körülményeket a lehető legoptimálisabbra tudtam állítani. Az itt jelentkező adatokat összehasonlítottam egy hagyományos termelési technológiát alkalmazó kertészet adataival, annak érdekében, hogy meg tudjam vizsgálni a két termelési koncepciót a gazdaságosság tekintetében.

Az eredmények kiértékelését követően kijelenthető, hogy ebben a kísérletben előállított római saláta egy fejre vetített költsége jóval magasabb, mint a hagyományos koncepcióban előállított. Ugyanakkor, az érzékenység vizsgálat rámutatott arra, hogy a költségek optimalizálása és a megfelelő technológia alkalmazása nagy lehetőséget jelent a zárt, vertikális gazdálkodás

rentábilis működésének eléréséhez. Emellett, ha a salátát nem csak költségoldalról, hanem olyan aspektusból, mint környezetterhelés, vagy társadalmi haszon vizsgáljuk, akkor még inkább ráerősít a zárt, vertikális gazdálkodás létjogosultságán.

A kísérlet során betakarított salátákat, piackutatás gyanánt kiszállításra kerültek a Bedrock.farm partnereinek. Ezeket elsősorban éttermek és különböző delikáteszek képezték. A válaszok alapján kifejezetten nagy igény jelentkezett a termék iránt. Ennek oka a megbízható minőség. A városi gazdaságok nagy előnye, hogy a zöldségnek nem kell sokat utaznia, hogy a fogyasztóhoz eljusson. Akár a betakarítás napján megkaphatja a fogyasztó a terméket. Ezzel is garantálva a hosszú eltarthatóságot. A másik, amit megfogalmaztak a vegyszer- és mosás mentesség. Ez a vásárlók számára imponáló, így az ezzel a technológiával előállított termékek csúcs minőségnek tekinthető. Természetesen a kísérlet során mért költségek nagyon magasnak tekinthetők, de számos olyan tényező van ahol a javítás lehetősége fennáll.

Felmerül a kérdés, hogy ha ezzel a témával kapcsolatos- eddig igen kevésnek mondható. szakirodalom kibővülne és több kutatás indulna ezen a területen, akkor mennyi idő , hogy a dolgozatban megjelent költségeket a minimumra lehessen csökkenteni. A legnagyobb kérdés ugyanakkor a jövő számára nem a mikor, hanem hogy meddig lehet ezt a számot csökkenteni.

Véleményem szerint ez a fajta termelési koncepció jelentheti nem csak Magyarország tekintetében, hanem globálisan is a hosszútávú megoldást a világban jelentkező környezetvédelmi, népességnövekedési és élelmezési problémáira.

HIVATKOZÁSJEGYZÉK

Al-Kodmany, K. (2018): The Vertical Farm: A Review of Developments and Implications for the Vertical City, Buildings, Vol. 8 No. 2, pp.24.

Aosong Electronics (n.a): Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as AM2302) <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf> (Letöltés dátuma: 2021.01.20).

Assembly, G. (2015): Sustainable development goals. SDGs Transform Our World, 2030.

Barbosa, G. - Gadelha, F. - Kublik, N. - Proctor, A. - Reichelm, L. - Weissinger, E. - Wohlleb, G. - Halden, R. (2015): Comparison of Land, Water, and Energy Requirements of Lettuce Grown Using Hydroponic vs. Conventional Agricultural Methods, International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 12 No. 6, pp.6879–6891.

Components (2018): ESP8266 - WiFi Module <https://components101.com/wireless/esp8266-pinout-configuration-features-datasheet> (Letöltés dátuma: 2021.01.15).

Czímber Gyula, Pinke Gyula, Szalka Éva (2007): Az agrártermelés Természettudományi alapjai. (Letöltés dátuma: 2020.09.13).

DAS (2016): Ivsz-digitalis-agrar-strategia-2016. <https://ivsz.hu/wp-content/uploads/2016/06/ivsz-digitalis-agrar-strategia-2016.pdf>, (Letöltés dátuma: 2020.4.14).

DAS (2018): Magyarország Digitális Agrár Stratégiájának tervezete. https://www.kormany.hu/download/c/26/51000/Magyarorsz%C3%A1g%20Digit%C3%A1lis%20Agr%C3%A1r%20Strat%C3%A9gi%C3%A1j%C3%A1nak%20tervezete_%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3.pdf, (Letöltés dátuma: 2020.04.15).

DAS (2019). Magyarország Digitális Agrárstratégiája <https://www.kormany.hu/download/3/fb/a1000/Magyarorsz%C3%A1g%20Digit%C3%A1lis%20Agr%C3%A1r%20Strat%C3%A9gi%C3%A1ja.pdf>, (Letöltés dátuma: 2020.04.20).

Delaide, B. - Goddek, S. - Gott, J. - Soyeurt, H. - Jijakli, M. (2016): Lettuce (Lactuca sativa L. var. Sucrine) Growth Performance in Complemented Aquaponic Solution Outperforms Hydroponics, Water, Vol. 8 No. 10, pp.467.

Evangelos, D - Lioutas - Charatsari, C. (2020): Big data in agriculture_ Does the new oil lead to sustainability! Geoforum, Vol. 191, pp 1-3.

FAO (2021): Land assessment and impacts. Elérhető: <http://www.fao.org/land-water/land/land-assessment/en/> (Letöltés dátuma: 2021.2.14).

Goddek, S. - Delaide, B. - Mankasingh, U. - Ragnarsdottir, K. - Jijakli, H. - Thorarinsdottir, R. (2015): Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics, Sustainability, Vol. 7 No. 4, pp.4199–4224.

Gupta, S. - Chen, H. - Hazen, B.T. - Kaur, S. - Santibañez Gonzalez, E.D.R. (2019): Circular economy and big data analytics: A stakeholder perspective, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 144, pp.466–474.

Hoeren, T. - Kolany-Raiser, B. (Eds.). (2018): Big Data in Context, Springer International Publishing, Cham, <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-62461-7> (Letöltés dátuma: 2021.02.23).

KSH (2018): Statisztikai tükrök <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/nepesedesi18.pdf>, (Letöltés dátuma: 2021.02.21).

Lakhiar, I.A. - Gao, J. - Syed, T.N. - Chandio, F.A. - Buttar, N.A. (2018): Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: a review on aeroponics, Journal of Plant Interactions, Vol. 13 No. 1, pp.338–352.

Lerner, J. (n.a.): Farm to table: restaurants with gardens https://www.gardendesign.com/pictures/farm-to-table-restaurants-with-gardens_142/#6628 (Letöltés dátuma: 2021.02.20)

Mahbub, M. (2020): A smart farming concept based on smart embedded electronics, internet of things and wireless sensor network, Internet of Things, Vol. 9

Mayall, A. C. (2010). The Designing, Installing, and Maintaining of a Hydroponic NFT System for Commercial Production of Lactuca Sativa Under Greenhouse Environment Conditions.

McIntyre, B. D., Herren, H. R., Wakhungu, J., & Watson, R. T. (2009): Agriculture at a crossroads: global report. International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development (IAASTD). Island Press, Washington DC.

Mena, C. - Adenso-Diaz, B. - Yurt, O. (2011): The causes of food waste in the supplier–retailer interface: Evidences from the UK and Spain, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 55 No. 6, pp.648–658.

Muhammad, B - Rana Asif, R – Bilal, K - Byung-Seo, K (2018): IoT Elements, Layered Architectures and Security Issues: A Comprehensive Survey. *Sensors*, 18(9), 2796.

Nelson, B. (2007): Could vertical farming be the future? <https://www.nbcnews.com/id/wbna21154137> (Letöltés dátuma: 2021.02.20).

Ramos Gonzalías, Y., Ramírez Lasso, E. (2016): Development of an artificial LED lighting system for indoor farming, *Informador Técnico*, Vol. 80 No. 2, pp.111.

Sardare, M. D., & Admane, S. V. (2013): A review on plant without soil-hydroponics. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol. 2 No. 3, pp.299-304.

Sárdi Katalin (2011): Tápanyag-gazdálkodás. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_04_Tapanyaggazdalkodas/adatok.html (Letöltés dátuma: 2020.9.26).

Sarkar, A. - Majumder, M. (2019): Economic of a six-story stacked protected farm structure, *Environment, Development and Sustainability*, Vol. 21 No. 3, pp.1075–1089.

Stafford, J.V. (2000): Implementing Precision Agriculture in the 21st Century, *Journal of Agricultural Engineering Research*, Vol. 76 No. 3, pp.267–275.

Warner, K. (2020): AeroFarms gets more than 9,000 job applications for new Abu Dhabi vertical farm <https://www.thenationalnews.com/business/technology/aerofarms-gets-more-than-9-000-job-applications-for-new-abu-dhabi-vertical-farm-1.1096593> (Letöltés dátuma: 2021.02.20).

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C. - Bogaardt, M.-J. (2017): Big Data in Smart Farming – A review, *Agricultural Systems*, Vol. 153, pp.69–80.

Zhang, N. - Wang, M. - Wang, N. (2002): Precision agriculture—a worldwide overview, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 36 No. 2–3, pp.113–132.

Newton, A. (2021): DIY Ph Meter using PH Sensor & Arduino with OLED Display <https://how2electronics.com/ph-meter-using-ph-sensor-arduino-oled/> (Letöltés dátuma: 2021.01.13).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni Becsey Zoltánnak a Becsey Kertészet Kft. vezetőjének és tulajdonosának a segítséget, illetve a római saláta palántákat. Az interjú során számos olyan információt osztott meg velem, amely nagyban segítette ennek a dolgozatnak megszületését.

Külön köszönet a Bedrock.Farm Kft.-nek azon belül is Balázs Bencének, Lovász Orsolyának és Szűcs Endrének, hogy biztosították a kutatási területet, technológiát és az általuk már korábban gyűjtött anyagokat. Valamint, hogy lehetőséget biztosítanak a további kutatások elvégzésére, immáron a Bedrock.farm csapatának tagjaként.

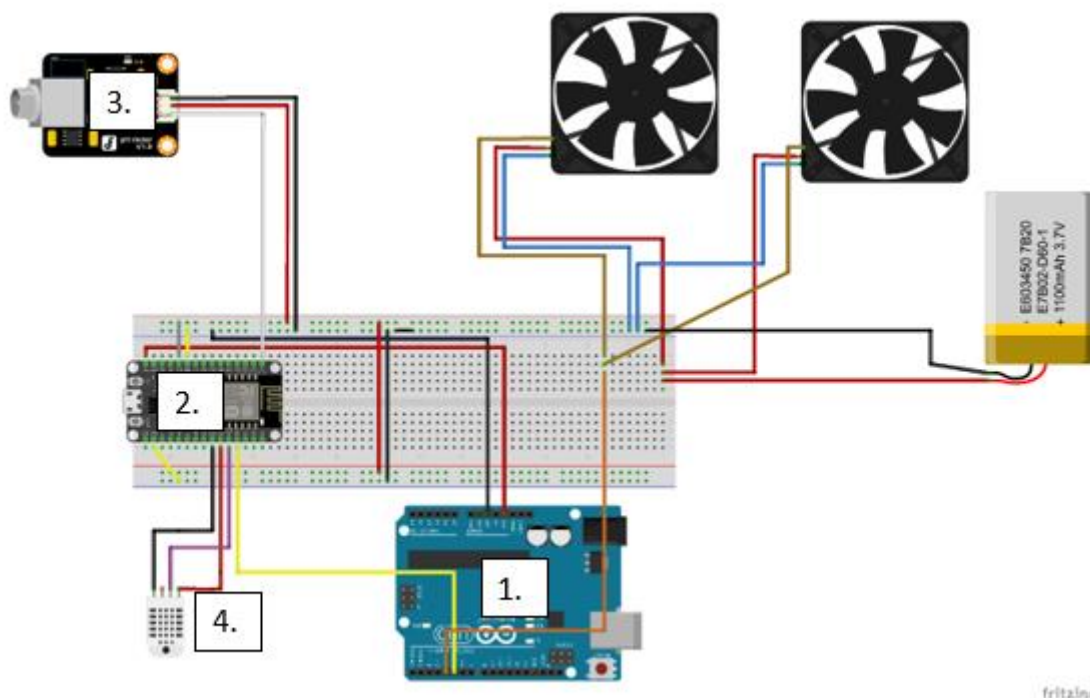
MELLÉKLET

Monitoring rendszer bemutatása és értékelése

A szenzorokból kapott információk megjelenítése és gyűjtése nélkülözhetetlen egy ilyen komplex rendszer pontos működéséhez. A szakdolgozatomban szereplő saját kísérletemhez, egy IoT monitoring rendszert építettem, hogy naprakész információt szerezzek a növények állapotáról, azok termesztő közegéről. Ezzel elkerülhető a nagyobb problémák kialakulása, hiszen olyan automatizmus is tartalmaz, amely beavatkozik az optimális értéktől való eltéréskor. A monitoring rendszer két nagyobb részre bontható. A hardver részben írtam le az architektúrát, illetve a szenzorok működését. A szoftver fejezetben pedig a programkódokat, az IoT megoldásokat, valamint a dashboard felületet, amely lehetővé teszi egy mobiltelefon segítségével a szenzorok által gyűjtött információk azonnali megjelenítését. Végezetül kitérek a rendszer működésére a kísérlet alatt.

Hardver

Az architektúra ábrázolásához a Fritzing, ingyen szoftvert használtam.



1. ábra

A monitoring rendszer architektúrája (saját készítés)

Az Arduino egy nyílt forráskódú elektronikai platform, amelynek egyik része a fizikai hardver. Ez egy olyan programozható mikroprocesszor, amelyet különböző modulokkal és shieldekkel bővíthető. Ezek extra funkciót biztosítanak a hardvernek. Az Arduino Uno (1.) volt számomra, az a típus, amely megfelelt a projekt nagyságához. A rendszerben a feladata a PWM generálása, amelyek nélkül a ventilátorok fordulatszáma nem lenne változtatható. Az Uno 14 digitális bemenete és kimenete közül 6 darabot PWM kimenetként is használni lehet. A rendszerben a 4-es lábat bemenet, az 5-ös lábat pedig kimenetként használtam. Utóbbi adja PWM jelet a ventilátoroknak.

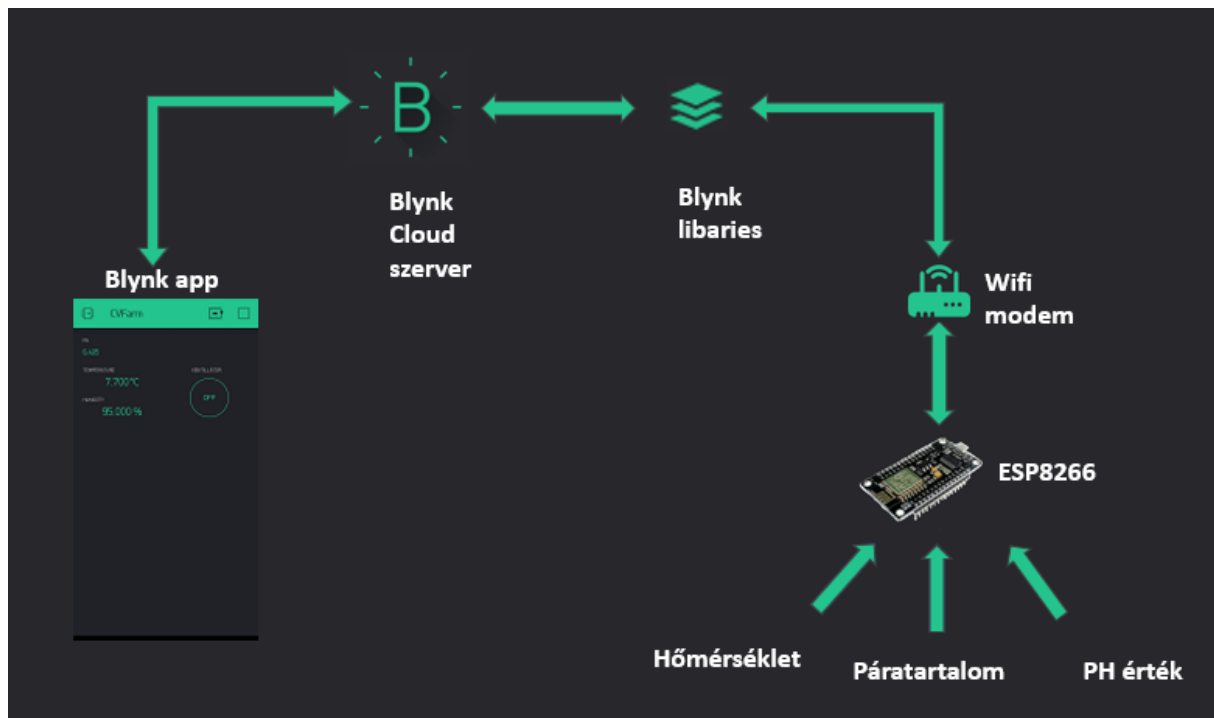
Az ESP8266 (2.) egy olyan Wifi modul, amely képes a soros kommunikációra, így kompatibilis olyan fejlesztői platformokkal, mint az Arduino. Önálló működésre is alkalmas mikroprocesszor, amely internetes kapcsolatot biztosít a projektekhez. Az rendszeremben ez a modul teszi lehetővé a Blynk applikációval való kommunikációt az internet segítségével. (Components, 2021) A rendszer működéséhez nem lenne szükség Arduinora, hiszen az ESP 8266 is egy programozható mikroprocesszor. Ugyanakkor nem képes PWM jel generálására, ami nélkül a ventilátorokat nem tudtam volna szabályozni.

A kémia területén a pH olyan skála, amelyet arra használnak, hogy meghatározza, mennyire savas vagy lúgos a vízalapú oldat. A hidroponikás rendszerek monitorozásához nélkülözhetetlen ennek az értéknek a folyamatos vizsgálata. Ha az optimális értékhatárokon kívül esne a pH, az a növények növekedését károsan érintené. A piacon számos digitális szenzor található, amelyek hátránya, hogy a használatukhoz szükség van humán erőforrásra és nem ad folyamatos naprakész információt. A rendszerembe ezért analóg szenzort (3.) használtam, amely beintegrálható az online monitoring rendszerbe. A kommunikációról a pH szenzor interfésze gondoskodik, amelyet az ESP8266 Wifi modul első analóg bemeneti portjához csatlakoztattam. Emellett 2 vezeték kapcsolódik még a mikroprocesszorhoz, az egyik VCC, amely az áramforrást biztosítja a másik pedig a GND. A szenzor pontos működéséhez kalibrálásra volt szükség. Az ehhez szükséges kódokat a szoftver részben mutatom be.

A DHT 22 (4.) egy előre kalibrált relatív hőmérséklet és páratartalom érzékelő. A kapcsolódást az ESP8266-hoz breadboard segítségével oldottam meg. A csatlakoztatása a rendszerhez a szenzoron található négy láb szolgál, amelyek közül háromat használtam. Először a VCC és az adatlábat kötöttem be, majd GND-t. (Aosong Electronics, n.a)

Szoftver

A szoftver architektúra a mellékelt ábrán látható:



2. ábra
Szoftver architektúra (saját szerkesztés)

A monitoring rendszerben két programozható eszköz található. Ezek gyűjtik össze a szenzorok által generált adatot és továbbítják azt az internet segítségével. Ezeket az eszközöket ugyanakkor hozzá kellett adnom a rendszerhez. Ehhez szükségem volt egy platformra. Az Arduino eszközök programozásához a vállalat nyílt forráskódú fejlesztői környezetet is biztosít, amelyet a cég honlapjáról ingyenesen letölthető. A kódírás során mind a két programozható eszközre szükségem volt. Az Arduino Uno végzi a ventilátorok szabályozását. A telefonomról küldött információ Wifin keresztül jut el az ESP8266-hoz, amely továbbítja az utasítást az Arduinonak.

A ventilátoroknak fordulatszámának szabályozásához analóg jelre van szükség. Erre az Arduino Uno nem képes, mivel csak digitálisat tud előállítani. A digitális jel binárisan működik, tehát 0 vagy 1 értéket ad le. Jelen esetben 0V vagy 5V. Ez adja a digitális jel információtartamát. A 0V azt jelöli, hogy nem megy a ventilátor, az 5V pedig, hogy a maximális fordulatszámon pörög. A feszültség szabályozásával, ugyanakkor lehetővé válik a sebesség szabályozása. Ezt úgy oldottam meg, hogy definiáltam egy ciklust (value=40), amelyben szabályozni lehet, hogy mennyi ideig kapjon a ventilátor 5V és 0V feszültséget. (3. ábra) A programkódban szerepel egy if elágazás, amelyben definiáltam azt az aránypárt, amely meghatározza a fordulatszámot. Ha az Arduino bemeneti értékként azt a logikai értéket kapja, hogy menjen gyorsan (in fast = 1) akkor a ventilátorok value értéke 40. Ez azt jelenti, hogy végig 5V feszültséget kapnak az

eszközök, tehát maximális fordulatszámon mennek. A bemeneti érték viszont 0, vagyis lassú, akkor value=25. Ez azt jelenti, hogy egy ciklus 62,5%-ban kap 5V-feszültséget, a maradék 37,5%-ban pedig 0V-ot (3. ábra)

```
cv_farm_arduino
int value; // pulzus szélesség
int fast;  // 0 - lassú 1 - gyors

void setup() {
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(5, INPUT);
}

void loop() {
  fast=digitalRead(5);    // Gyors vagy lassú (adat a wifimodultól)

  if(fast) value=40;      // 100%
  else value=25;          // 62.5%

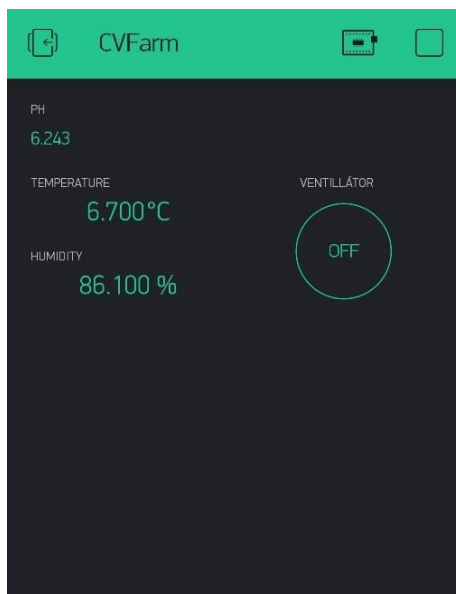
  digitalWrite(4, HIGH);
  delayMicroseconds(value);
  digitalWrite(4, LOW);
  delayMicroseconds(40-value);
}
```

3. ábra
A ventilátorok sebességének szabályozása

Az ESP8266 wifi modul egy olyan eszköz, amelyen egy Arduino alapú programozható mikrovezérlő is található. Ennek a modulnak a segítségével lehet a szenzorok által gyűjtött adatokat továbbítani adatbázisokba, webszervereknek vagy különböző dashboard felületeknek. Ez tekinthető az IoT alkalmazás logikai architektúrájának második részének, amely megteremti a kapcsolatot az észlelési és alkalmazási réteg között. Az alkalmazás réteg, amely a kezelő felületet biztosítja a Blynk IoT platform volt a segítségemre. A Blynk egy olyan ingyenesen elérhető IoT platform, amely segítségével könnyen okostelefonos alkalmazásokat hozhatunk létre. (4. ábra) A Blynk applikáció letöltése és a szükséges regisztrálás után egy egyedi azonosítót kaptam, amely segítségével létrehozhatom a saját projektet az alkalmazáson belül.

A Blynk és a microprocesszor összekapcsolása a fejlesztői környezetben történik. Ahhoz, hogy a kommunikáció a virtuális és a fizikai rendszer között működjön telepíteni kell az applikáció bővítményét. Ezek a könyvtár olyan kódgyűjtemények, amelyek megkönnyítik a csatlakozást az érzékelőkhöz, modulokhoz. Ezeket a fájlokat a Blynk oldaláról, illetve a github.com-ról

ingyenesen töltöttem le. (Volodymyr, 2019) Az Arduino fejlesztő környezete több beépített könyvtárat is tartalmaz, ezekre mindössze a kódolásban kell hivatkozni.



4. ábra
A monitoring rendszer kezelő felülete a Blynk applikációban

Az én rendszeremben ugyanakkor olyan modulok és szenzorok vannak, amelyek nincsenek beépítve, így a beállítások előtt le kellett töltenem az eszközök típusának megfelelő könyvtárakat. A Blynk könyvtár telepítése után már össze lehet kapcsolni a dashboard felületet az wifi modullal. A programozás megkönnyítése végett a Blynk több száz hardveres modellt biztosít. Ezek olyan minta kódsorok, amelyek a megfelelő modul és csatlakozási mód kiválasztása után beilleszthetünk az Arduino fejlesztőkörnyezetébe. Ahhoz, hogy ezt az alkalmazást be tudjam integrálni a rendszerembe, a regisztráció során kapott egyedi azonosítóra volt szükségem. A kódban emellett meg kellett adni a kísérlet helyszínén lévő Wifi hálózat felhasználónevét és jelszavát.

A mintakódot természetesen ki kellett bővítenem a saját rendszeremben lévő szenzorokkal. Ezek mérik a zárt tér hőmérsékletét és páratartalmát, illetve a tápoldat pH értékét. A szenzorok működtetéséhez beimportáltam a megfelelő bővítményeket. Az Adafruit_Sensor.h könyvtár, nem egy adott szenzornak az illesztőprogramja. Ez a bővítmény létrehoz egy olyan egységes szenzor absztrakciós réteget, amely az összes eszköz által gyűjtött adatnak egy közös típust hoz létre `sensors_event_t` néven. Az egységes szenzor absztrakciós réteg az adatrögzítéshez és az adatátvitelhez is hasznos, mivel az adatoknak egy típusa van.

A Blynk applikációval az adatok megjelenítése mellett, lehetőség van a virtuális pinek segítségével közvetlen módok irányítani a mikroprocesszort. Ezt kihasználva a beépítettem egy

automatizmust. A korábban említett manuális fordulatszám változtatás mellett, ha a hőmérséklet szenzor úgy érzékeli, hogy 24°C fölé megy a hőmérséklet, akkor automatikusan felgyorsul a ventilátor. Így optimális hőmérsékleten tudjuk tartani a közeget.

A pH szenzor esetében nem találtam olyan bővítményt, amely ehhez a típushoz teljes egészében alkalmazható lenne, így elkészítettem egyet. A kód vázát a how2electronics honlapján található bővítmény adta. (Newton, 2021) A pH szenzor mérései közel lineárisan változnak. (Cervantes Caballero, 2017) A kalibráláshoz külön erre a célra gyártott folyadékokkal először 2 mérést végeztem. A szenzor pH és feszültség függvényének meghatározásával meg tudtam határozni a kalibráláshoz szükséges állandókat. Az így kapott lineáris függvény helyességének ellenőrzéséhez egy harmadik mérést végeztem, amely eredménye igazolta a számítás helyességét. A lineáristól való eltérés elhanyagolható, hiszen mindössze 0,02 eltérést tapasztaltam. A lineáris függvény képlete: $(5.558785 \cdot \text{mért feszültség}) - 0.6179$

Monitoring rendszer eredményessége

A kísérlet folyamán naponta kerültek be az adatok egy Excel táblázatba. Így naprakész információkat kaptam a termesztő közegemről.

dátum:	03.febr	04.febr	05.febr	06.febr	07.febr	08.febr	09.febr	10.febr	11.febr	12.febr
víz (L):	124						2			
tápoldat A (ml)	74,5						20			
tápoldat A (ml)	74,5						20			
pH down oldat(ml)	9						2			
pH up oldat (ml)										
Temperature (°C)	11	10,1	12,4	10,3	11,2	12,1	13	9	9,1	9,3
Humidity (%)	90	85	87,5	90,00	86,00	84,00	80,00	81,00	90,00	83,00
pH	6,2	6,3	6,41	6,41	6,44	6,45	6,48	6,39	6,41	6,44

5. ábra
A monitoring rendszer adatgyűjtése

Az ábrán jól kivehető, hogy a tápoldat pH értéke február 9-én közelített a 6,5-ös értékhez, amely már nem tekinthető optimálisnak a saláták tekintetében. Így a problémát megelőzve korrigálni tudtam a pH értékét.