

PËRDORIMI I TEKNOLOGJISË INFRA TË KUQE
PËR MONITORIMIN E LAGËSHTISË NË
SISTEMET MJEDISORE

TEMA PËR GRADËN BACHELOR I SHKENCËS NË INXHINIERI
E MJEDISIT

NGA

HALA SADIKU LAHU



UNIVERSITETI I MITROVICËS "ISA BOLETINI"
FAKULTETI I TEKNOLOGJISË USHQIMORE
DEPARTAMENTI I TEKNOLOGJISË

SHTATOR, 2026

APPLICATION OF INFRARED TECHNOLOGY FOR MOISTURE MONITORING IN ENVIRONMENTAL SYSTEMS

THESIS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE IN
ENVIROMENTAL ENGENIERING

BY

HALA SADIKU LAHU



UNIVERSITY "ISA BOLETINI"
MITROVICA FACULTY OF FOOD
TECHNOLOGY DEPARTMENT OF
TECHNOLOGY MITROVICA

SEPTEMBER, 2026

PËRDORIMI I TEKNOLOGJISË INFRA TË KUQE PËR
MONITORIMIN E LAGËSHTISË NË SISTEMET MJEDISORE

NGA

HALA SADIKU LAHU

BACHELOR I SHKENCËS NË INXHINIERINË E MJEDISIT

NË

DEPARTAMENTIN E TEKNOLOGJISË

NË PLOTËSIMIN E PJESSHËM TË OBLIGIMEVE PËR TË FITUAR
GRADË BACHELOR I SHKENCËS NË INXHINIERINË E MJEDISIT

SHTATOR, 2026



UNIVERSITETI "ISA BOLETINI"

MITROVICË FAKULTETI I TEKNOLOGJISË

USHQIMORE DEPARTAMENTI I TEKNOLOGJISË

Aprovuar prej komisioni:

_____ Kryetar

Prof.Dr. Sadija Kadriu

_____ Mentor

Prof.Dr. Besire Cena

_____ Anëtar

Dr.sc. Malesore Pllana

Data e aprovimit: _____

APPLICATION OF INFRARED TECHNOLOGY FOR MOISTURE MONITORING IN
ENVIRONMENTAL SYSTEMS

A THESIS PRESENTED

BY

HALA SADIKU LAHU

BACHELOR OF SCIENCE IN TECHNOLOGY AND ENVIRONMENTAL
ENGINEERING IN DEPARTMENT OF TECHNOLOGY

IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF SCIENCE IN TECHNOLOGY AND ENVIRONMENTAL
ENGINEERING

SEPTEMBER, 2026



UNIVERSITY "ISA BOLETINI" MITROVICA
FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF TECHNOLOGY

Approved from Commission:

_____ Chairman

Prof.Dr. Sadija Kadriu

_____ Mentor

Prof.Dr. Besire Cena

_____ Member

Dr.sc. Malesore Pllana

Date of approval: _____

DEDIKIM

Këtë punim diplome ia dedikoj me shumë dashuri familjes sime, e cila ka qenë mbështetja dhe forca ime gjatë gjithë këtij rrugëtimi.

Një dedikim i veçantë shkon për tre fëmijët e mi, të cilët kanë qenë burimi im më i madh i dashurisë, motivimit dhe forcës për të mos u dorëzuar asnjëherë.

Me mirënjohje të veçantë ia dedikoj bashkëshortit tim, i cili ka qenë shtylla ime në çdo hap të këtij rrugëtimi. Mbështetja, durimi, mirëkuptimi dhe besimi i tij tek unë më kanë dhënë forcën për të vazhduar përpara edhe në momentet më të vështira.

Këtë arritje ia dedikoj gjithashtu me shumë respekt dhe dashuri familjes Sadiku dhe familjes Lahu, për përkrahjen, dashurinë dhe mbështetjen e tyre të vazhdueshme.

Si nënë e tre fëmijëve, ky rrugëtim nuk ka qenë gjithmonë i lehtë, por dashuria dhe përkrahja e familjes sime më kanë bërë të besoj tek vetja dhe të arrij deri këtu. Ky sukses është edhe i tyre.

Me dashuri, respekt dhe mirënjohje të pafundme, këtë arritje ia dedikoj familjes sime.

FALËNDERIM

Falënderimet e para i takojn Zotit për forcën, durimin dhe mundësinë e përfundimit me sukses të këtij rrugëtimi akademik.

Me mirënjohje të thellë falënderoj familjen time, bashkëshortin tim, tre fëmijët e mi të dashur, e veçanërisht prindërit, për dashurinë, përkrahjen dhe motivimin e pandërprerë, duke ua dedikuar këtë punim si shenjë respekti dhe falënderimi ndaj tyre. Gjithashtu, shpreh falënderime për Prof. Dr. Besire Cena për udhëzimin profesional, si dhe për stafin akademik të Universitetit “Isa Boletini” për kontributin e tyre në formimin tim akademik.

ABSTRAKTI I PUNIMIT

Përdorimi i teknologjisë infra të kuqe për monitorimin e lagështisë në sistemet mjedisore.

nga

Hala Sadiku Lahu

Bachelor i shkencës në Inxhinieri e Mjedisit

Fakulteti i Teknologjisë Ushqimore, Mitrovicë 2026

Prof. Dr.Besire Cena , Mentor

Punimi synon të analizojë saktësinë, besueshmërinë dhe efikasitetin e teknologjisë infra të kuqe në mbledhjen e të dhënave mjedisore, duke vlerësuar ndikimin e saj në përmirësimin e proceseve të monitorimit dhe menaxhimit të burimeve natyrore.

Gjithashtu, do të paraqiten shembuj praktikë dhe mundësi të integritetit të kësaj teknologjie në sistemet moderne të monitorimit mjedisor. Rezultatet pritet të tregojnë se përdorimi i teknologjisë infra të kuqe kontribuon në rritjen e saktësisë së matjeve, reduktimin e kostove operative dhe përmirësimin e vendimmarrjes në fushën e mbrojtjes së mjedisit.

Monitorimi i lagështisë paraqet një aspekt të rëndësishëm në menaxhimin dhe mbrojtjen e sistemeve mjedisore, pasi ndikon drejtpërdrejt në cilësinë e tokës, zhvillimin e vegjetacionit dhe ekuilibrin ekologjik. Teknologjia infra të kuqe është një metodë moderne dhe efikase që mundëson matjen dhe vëzhgimin e niveleve të lagështisë pa kontakt të drejtpërdrejtë me sipërfaqen e monitoruar.

Fjalë kyçe: monitorimi mjedisor, lagështia, teknologjia infra të kuqe, fusha e mbrojtjes së mjedisit.

ABSTRACT OF THE THESIS

Use of Infrared Technology for Moisture Monitoring in Environmental Systems

By

Hala Sadiku Lahu

Bachelor of Science in Technology and Environmental Engineering

Faculty of Food Technology, Mitrovica, 2026

Prof..Dr. Besire Cena, Mentor

The use of energy from waste from agriculture, forestry and solid waste can promote the transition towards a more renewable energy supply. This paper analyzes the energy potential of the above-mentioned sources for energy applications in Kosovo. The analysis is based on statistical data from various studies and reports, analyzing and calculating them to determine the theoretical and energy potential of biomass. Kosovo can increase its self-sufficiency by taking advantage of its rich but under-exploited potential of biomass energy resources.

According to estimates, the theoretical potential is 6.13 million tons/year, while the biomass energy potential should be around 4.57 million tons/year, including approximately 74.6% of biomass, which can be used for energy needs (heating and electricity). Based on the data and calculations, the available and usable potential shows biomass as an energy source with high potential in Kosovo; its share is very low, but it is reasonable to increase it for both environmental and economic reasons.

Keywords: environmental monitoring, humidity, infrared technology, environmental protection field.

PËRMBAJTJA

DEDIKIMI.....	i
FALËNDERIM.....	ii
ABSTRAKTI I PUNIMIT.....	iii
ABSTRACT OF THE THESIS.....	iv
LISTA E TABELAVE.....	vii
LISTA E FIGURAVE.....	viii
KAPITULLI I.....	1
HYRJE	1
KAPITULLI II.....	6
2.1 Sistemet mjedisore	6
2.2 Lagështia dhe rëndësia e saj në mjedis.....	9
2.3 Metodatat tradicionale të matjes së lagështisë.....	11
2.3.1 Metoda e thatjes në furrë (Oven Drying Method).....	12
2.3.2 Metoda gravimetrike.....	13
2.3.3 Metoda Karl Fische.....	14
2.3.4 Metoda e distilimit.....	15
KAPITULLI III.....	16
3.1 Qasja e përgjithshme e studimit.....	16
3.3.1 Përbërja e pajisjes NIR.....	17
3.3.2 Sensorët infra të kuq (IR).....	18
3.3 Llojet e sensorëve infra të kuq.....	18
3.3.1 Sensorët aktive.....	19
3.3.2 Sensorët pasivë (PIR).....	19
3.4. Aplikimi i teknologjisë infra të kuqe në mjedis.....	20
3.4.1 Fushat e përdorimit të teknologjisë infra të kuqe (IR).....	22
3.4.2 Siguria dhe mbikëqyrja.....	23
3.5 Përdorimi i sensorëve për matjen e lagështisë.....	24
3.6 Kalibrimi dhe saktësia e sensorëve	28
3.7 Mbledhja dhe analiza e të dhënave nga sensorët.....	29
3.8 Shembuj praktikë të monitorimit në bujqësi dhe mjedis.....	31
KAPITULLI IV	33

DISKUTIMI I REZULTATEVE	33
KAPITULLI V	39
PËRFUNDIME.....	39
CONCLUSIONS	40
BIBLOGRAFIA.....	41

LISTA E TABELAVE

Tabela 2.1: Funksionet e sensorëve të përdorur në monitorimin mjedisor.....	9
Tabela 2.2: Krahasimi i metodave tradicionale për matjen e lagështisë.....	12
Tabela 2.3: Hapat e metodës së tharjes në furrë për përcaktimin e lagështisë.....	14
Tabela 3.1: Fushat kryesore të përdorimit të teknologjisë infra të kuqe dhe përfitimet e saj.....	24
Tabela 3.3. Ndryshimi i lagështisë së tokës gjatë një periudhe shtatëditore.....	26
Tabela 3.4: Procesi i mbledhjes dhe analizës së të dhënave nga sensorët.....	30
Tabela 3.5: Vlerësimi i rezultateve të matjeve të lagështisë me teknologjinë infra të kuqe.....	32
Tabela 4.1. Krahasimi ndërmjet teknologjisë infra të kuqe dhe metodave tradicionale të matjes së lagështisë.....	37

LISTA E FIGURAVE

Figura 2.1 Sistemi inteligjent i monitorimit të lagështisë në serrë (IR), IoT.....	6
Figura 2.2 Arkitektura e një sistemi inteligjent për monitorimin e parametrave mjedisorë.....	8
Figura 2.3 Sensori Inteligjent për monitorimin e lagështisë së tokës.....	10
Figura 2.4. Procesi i përcaktimit të lagështisë me metodën e tharjes në furrë.....	13
Figura 2.5. Aparatura e distilimit për përcaktimin e përmbajtjes së lagështisë në mostra.....	15
Figura 3.1. Sistemi NIR për monitorimin e lagështisë në mostra ushqimore.....	17
Figura 3.2 Zbatimet e teknologjisë infra të kuqe në monitorimin e mjedisit.....	21
Figura 3.3. Monitorimi i kulturave bujqësore me dron dhe teknologjinë infra të kuqe....	22
Figura 3.4. Përdorimi i kamerës termike (infra të kuqe) për monitorimin e pajisjeve elektrike.....	23
Figura 3.5. Sistemi inteligjent i monitorimit të lagështisë së tokës dhe ujitjes automatike.....	25
Figura 3.6. Pajisje digjitale për matjen e temperaturës dhe lagështisë relative të ajrit.....	26
Figura 3.7. Sensorë për monitorimin e lagështisë së tokës në kulturat bujqësore.....	28
Figura 3.8. Monitorimi i lagështisë së tokës në terren me sensor infra të kuq.....	31
Figura 4.1 Interpretimi i rezultateve.....	37

LISTA E SHKURTESAVE

- IR (Infrared) – IK (Infra e Kuqe)
- NIR (Near Infrared) – IKA (Infra e Afërt)
- IoT (Internet of Things) – IGj (Interneti i Gjërave)
- UV (Ultraviolet) – UV (Ultravjollcë)
- GIS (Geographic Information System) – SIGj (Sistemi i Informacionit Gjeografik)
- AI (Artificial Intelligence) – IA (Inteligjenca Artificiale)

KAPITULLI I

1. HYRJE

Monitorimi i lagështisë në sistemet mjedisore është një proces i rëndësishëm për vlerësimin e gjendjes së tokës, vegjetacionit dhe burimeve ujore. Lagështia ndikon drejtpërdrejt në funksionimin e ekosistemeve, zhvillimin e bimëve, menaxhimin e burimeve natyrore dhe ruajtjen e ekuilibrit mjedisor. Për këtë arsye, matja e saktë dhe monitorimi i vazhdueshëm i saj janë thelbësore për mbrojtjen e mjedisit, planifikimin e aktiviteteve bujqësore dhe përballimin e sfidave që lidhen me ndryshimet klimatike. Me zhvillimin e teknologjive moderne, metodat tradicionale të matjes së lagështisë po zëvendësohen gradualisht nga teknika më të shpejta, më të sakta dhe jo shkatërruese. Një ndër teknologjitë më të avancuara është teknologjia infra të kuqe (Infrared – IR), e cila mundëson monitorimin e lagështisë pa kontakt të drejtpërdrejtë me sipërfaqen e monitoruar. Kjo teknologji ofron matje të shpejta dhe të besueshme, duke mundësuar mbledhjen e të dhënave në kohë reale dhe duke përmirësuar efikasitetin e monitorimit mjedisor. Parimi i funksionimit të teknologjisë infra të kuqe bazohet në ndërveprimin e rrezatimit elektromagnetik me molekulat e ujit që gjenden në tokë, bimësi dhe sipërfaqe të tjera natyrore. Duke e analizuar energjinë e reflektuar ose të absorbuar, është e mundur të përcaktohet niveli i lagështisë me saktësi të lartë. Veçanërisht, spektroskopia në rajonin e afërt infra të kuq (Near Infrared – NIR) është bërë një nga metodat më të përdorura për monitorimin e parametrave mjedisorë, pasi ofron analiza të shpejta, të sakta dhe pa dëmtuar sipërfaqen e monitoruar. Përdorimi i teknologjisë infra të kuqe sjell përparësi të shumta krahasuar me metodat tradicionale të matjes së lagështisë. Ajo mundëson monitorimin e vazhdueshëm të tokës dhe vegjetacionit, identifikimin e hershëm të thatësisë, menaxhimin më efikas

të ujitjes, si dhe mbështetjen e vendimmarrjes në mbrojtjen e mjedisit dhe bujqësinë precize. Përveç kësaj, përdorimi i sensorëve infra të kuq në dronë, satelitë dhe sisteme inteligjente ka zgjeruar ndjeshëm mundësitë e monitorimit të sipërfaqeve të mëdha me saktësi të lartë. Zhvillimi i sistemeve inteligjente të monitorimit, i kombinuar me teknologjitë e komunikimit dhe analizës së të dhënave, ka krijuar mundësi të reja për mbikëqyrjen e vazhdueshme të parametrave mjedisorë. Integrimi i sensorëve infra të kuq me teknologji si Interneti i Gjërave (IoT), dronët dhe imazhet satelitore mundëson mbledhjen e informacionit në kohë reale dhe përpunimin e tij për të mbështetur vendimmarrjen në bujqësi, menaxhimin e burimeve ujore dhe mbrojtjen e mjedisit. Kjo qasje ndihmon në rritjen e efikasitetit të monitorimit, uljen e kostove operative dhe përmirësimin e menaxhimit të qëndrueshëm të ekosistemeve.

Qëllimi i punimit - Qëllimi i këtij punimi diplome është të shqyrtojë përdorimin e teknologjisë infra të kuqe (IR) për monitorimin dhe vlerësimin e lagështisë në sisteme të ndryshme mjedisore. Lagështia përbën një nga parametrat e rëndësishëm në karakterizimin dhe monitorimin e kushteve mjedisore, pasi ndikon në proceset fizike, kimike dhe biologjike që zhvillohen në tokë, ujë dhe atmosferë. Për këtë arsye, monitorimi i saktë dhe në kohë i saj është i rëndësishëm për vlerësimin e gjendjes së mjedisit dhe për menaxhimin e qëndrueshëm të burimeve natyrore. Në kuadër të punimit do të analizohet parimi i funksionimit të teknologjisë infra të kuqe dhe mundësia e aplikimit të saj për përcaktimin e përmbajtjes së lagështisë në materiale dhe sisteme mjedisore. Vëmendje e veçantë do t'i kushtohet avantazheve të metodave infra të kuqe, të tilla si matja pa kontakt, shpejtësia e marrjes së të dhënave, mundësia e monitorimit në kohë reale dhe potenciali për përdorim në zona ku metodat tradicionale të matjes janë më të vështira për t'u zbatuar. Përmes analizës së literaturës shkencore dhe të aplikimeve praktike të teknologjisë infra të kuqe, punimi synon të evidentojë potencialin e saj si një metodë moderne, efikase dhe jo-invazive për monitorimin e parametrave të lagështisë në fushën e inxhinierisë së mbrojtjes së mjedisit. Në përfundim, punimi synon të ofrojë një vlerësim të përgjithshëm mbi mundësitë dhe kufizimet e përdorimit të teknologjisë infra të kuqe për monitorimin e lagështisë, si dhe të theksojë rëndësinë e integritit të teknologjive moderne të sensorëve në sistemet bashkëkohore të monitorimit dhe menaxhimit mjedisor.

Objektivat e studimit - Objektivi kryesor i këtij punimi është të analizohet përdorimi i teknologjisë infra të kuqe si një metodë moderne për monitorimin dhe vlerësimin e lagështisë në sistemet mjedisore. Nëpërmjet shqyrtimit të parimeve të funksionimit dhe mundësive të aplikimit të kësaj teknologjie, synohet të vlerësohet potenciali i saj për sigurimin e të dhënave të shpejta, efikase dhe të besueshme mbi përmbajtjen e lagështisë.

Për realizimin e objektivit kryesor, punimi përcakton këto objektiva specifike:

- Të shpjegohet koncepti i lagështisë dhe rëndësia e saj si parametër në monitorimin e sistemeve mjedisore;
- Të përshkruhen metodat tradicionale të matjes së lagështisë dhe të evidentohen përparësitë dhe kufizimet e tyre;
- Të shpjegohet natyra e rrezatimit infra të kuq dhe parimi themelor i funksionimit të teknologjisë infra të kuqe;
- Të analizohet mënyra se si rrezatimi infra i kuq ndërvepron me ujin dhe materialet që përmbajnë lagështi;
- Të shqyrtohen teknikat dhe pajisjet infra të kuqe që mund të përdoren për monitorimin e lagështisë;
- Të identifikohen fushat kryesore të aplikimit të teknologjisë infra të kuqe në monitorimin mjedisor, veçanërisht në tokë, bimësi dhe sipërfaqe të ndryshme;
- Të vlerësohen përparësitë e përdorimit të teknologjisë infra të kuqe, duke përfshirë mundësinë e matjeve pa kontakt, shpejtësinë e marrjes së të dhënave dhe potencialin për monitorim në kohë reale;
- Të evidentohen faktorët që mund të ndikojnë në saktësinë dhe besueshmërinë e matjeve infra të kuqe;
- Të krahasohen në aspektin teorik mundësitë e teknologjisë infra të kuqe me metodat tradicionale të përcaktimit të lagështisë;
- Të vlerësohet potenciali i përdorimit të teknologjisë infra të kuqe si një qasje moderne për monitorimin dhe menaxhimin e parametrave mjedisorë.

Realizimi i këtyre objektivave synon të ofrojë një pasqyrë të qartë mbi mundësitë e përdorimit të teknologjisë infra të kuqe në monitorimin e lagështisë dhe të evidentojë rëndësinë e teknologjive moderne të matjes në fushën e inxhinierisë së mbrojtjes së mjedisit. Prania dhe shpërndarja e ujit në tokë, ajër dhe materiale të ndryshme ndikon drejtpërdrejt në zhvillimin e proceseve fizike, kimike dhe biologjike në mjedis. Ndryshimet në përmbajtjen e lagështisë

mund të ndikojnë në cilësinë e tokës, zhvillimin e bimësisë, proceset e avullimit dhe kondensimit, transportin e substancave në tokë, si dhe në kushtet mikroklimatike të një zone.

Monitorimi i lagështisë është veçanërisht i rëndësishëm për vlerësimin e gjendjes së tokës dhe menaxhimin racional të burimeve ujore. Niveli i lagështisë së tokës ndikon në disponueshmërinë e ujit për bimët, në lëvizjen e ndotësve dhe në proceset e infiltrimit dhe rrjedhjes së ujit. Në këtë kontekst, përcaktimi i saktë i lagështisë mund të kontribuojë në identifikimin e ndryshimeve mjedisore dhe në marrjen e masave të përshtatshme për menaxhimin dhe mbrojtjen e burimeve natyrore.

Nga ana tjetër, lagështia atmosferike është një komponent i rëndësishëm i kushteve meteorologjike dhe ndikon në shumë procese që lidhen me cilësinë e ajrit dhe mikroklimën. Ajo mund të ndikojë në formimin dhe transformimin e aerosoleve, në proceset e kondensimit dhe në sjelljen e grimcave në atmosferë. Për këtë arsye, monitorimi i saj mund të jetë pjesë e rëndësishme e sistemeve të monitorimit mjedisor dhe meteorologjik.

Metodat moderne të monitorimit kanë mundësuar matjen e lagështisë në mënyrë më të shpejtë dhe më efikase. Në veçanti, teknologjitë e bazuara në rrezatimin infra të kuq ofrojnë mundësi për matje pa kontakt dhe për marrjen e informacionit në kohë të shkurtër. Kjo i bën ato të përshtatshme për aplikime ku kërkohet monitorim i vazhdueshëm, matje në distancë ose vlerësim i shpërndarjes hapësinore të lagështisë.

Në kuadër të inxhinierisë së mbrojtjes së mjedisit, monitorimi i lagështisë përmes teknologjive moderne mund të kontribuojë në përmirësimin e kontrollit të proceseve mjedisore, në identifikimin e ndryshimeve të padëshiruara dhe në sigurimin e të dhënave të nevojshme për vlerësimin e gjendjes së sistemeve mjedisore. Për këtë arsye, studimi i teknologjisë infra të kuqe paraqet interes si një qasje moderne për monitorimin dhe vlerësimin e lagështisë në aplikime të ndryshme mjedisore.

Në kuadër të inxhinierisë së mbrojtjes së mjedisit, monitorimi i lagështisë përmes teknologjive moderne mund të kontribuojë në përmirësimin e kontrollit të proceseve mjedisore, në identifikimin e ndryshimeve të padëshiruara dhe në sigurimin e të dhënave të nevojshme për vlerësimin e gjendjes së sistemeve mjedisore. Për këtë arsye, studimi i teknologjisë infra të kuqe paraqet interes si një qasje moderne për monitorimin dhe vlerësimin e lagështisë në aplikime të ndryshme mjedisore.

Rëndësia e studimit - Monitorimi i parametrave mjedisorë është një komponent i rëndësishëm i vlerësimit të gjendjes së mjedisit dhe i menaxhimit të qëndrueshëm të burimeve natyrore. Ndër këta parametra, lagështia ka një rol të rëndësishëm, pasi prania dhe shpërndarja e ujit ndikojnë në shumë procese fizike, kimike dhe biologjike që zhvillohen në tokë, bimësi, materiale dhe atmosferë. Për këtë arsye, sigurimi i të dhënave të sakta dhe të besueshme mbi nivelin e lagështisë është i rëndësishëm për monitorimin dhe vlerësimin e ndryshimeve mjedisore.

Rëndësia e këtij studimi lidhet me nevojën për përdorimin e metodave moderne, të shpejta dhe efikase për monitorimin e lagështisë. Metodatat tradicionale të matjes, ndonëse ofrojnë rezultate të dobishme dhe në shumë raste përdoren si metoda reference, mund të kërkojnë marrjen e mostrave, përpunim laboratorik, kohë më të gjatë dhe kontakt të drejtpërdrejtë me materialin. Këto kufizime mund ta vështirësojnë monitorimin e vazhdueshëm dhe vlerësimin e ndryshimeve hapësinore të lagështisë.

Në këtë kontekst, teknologjia infra e kuqe paraqet një qasje moderne me potencial për përmirësimin e proceseve të monitorimit. Ajo mundëson marrjen e informacionit mbi karakteristikat e materialeve dhe sipërfaqeve përmes ndërveprimit të rrezatimit infra të kuq me materien. Në varësi të teknikës së përdorur, matjet mund të realizohen pa kontakt të drejtpërdrejtë dhe në kohë relativisht të shkurtër, duke krijuar mundësi për monitorim më të shpejtë dhe më efikas.

Studimi i përdorimit të teknologjisë infra të kuqe për monitorimin e lagështisë është i rëndësishëm edhe për faktin se kjo teknologji mund të aplikohet në zona dhe sisteme të ndryshme mjedisore. Ajo mund të përdoret për vlerësimin e lagështisë së tokës, monitorimin e gjendjes së bimësisë, identifikimin e ndryshimeve termike të sipërfaqeve dhe vlerësimin e lagështisë në materiale të ndryshme. Në këtë mënyrë, teknologjia infra e kuqe mund të ofrojë informacion që plotëson dhe, në raste të caktuara, përmirëson të dhënat e marra përmes metodave tradicionale.

Një rëndësi e veçantë e kësaj qasjeje qëndron në mundësinë e integritit të të dhënave infra të kuqe me teknologji të tjera moderne të monitorimit, si sensorët elektronikë, sistemet e informacionit gjeografik (GIS), platformat e monitorimit në distancë dhe sistemet e automatizuara të mbledhjes së të dhënave. Ky integrim mund të mundësojë identifikimin e ndryshimeve hapësinore dhe kohore të lagështisë dhe të ndihmojë në krijimin e një pasqyre më të plotë të gjendjes së sistemeve mjedisore.

KAPITULLI II

2. NJOHURI TË PËRGJITHSHME

2.1 Sistemet mjedisore

Sistemet mjedisore përfaqësojnë tërësinë e elementeve natyrore dhe atyre të krijuara nga njeriu, të cilat ndërveprojnë vazhdimisht me njëra-tjetrën dhe ndikojnë në funksionimin e ekosistemeve. Këto sisteme përbëhen nga komponentë biotikë, si bimët, kafshët dhe mikroorganizmat, si dhe nga komponentë abiotikë, si ajri, uji, toka, temperatura, lagështia dhe rrezatimi diellor. Bashkëveprimi ndërmjet këtyre komponentëve siguron ekuilibrin natyror dhe krijon kushtet e nevojshme për zhvillimin e jetës në Tokë.

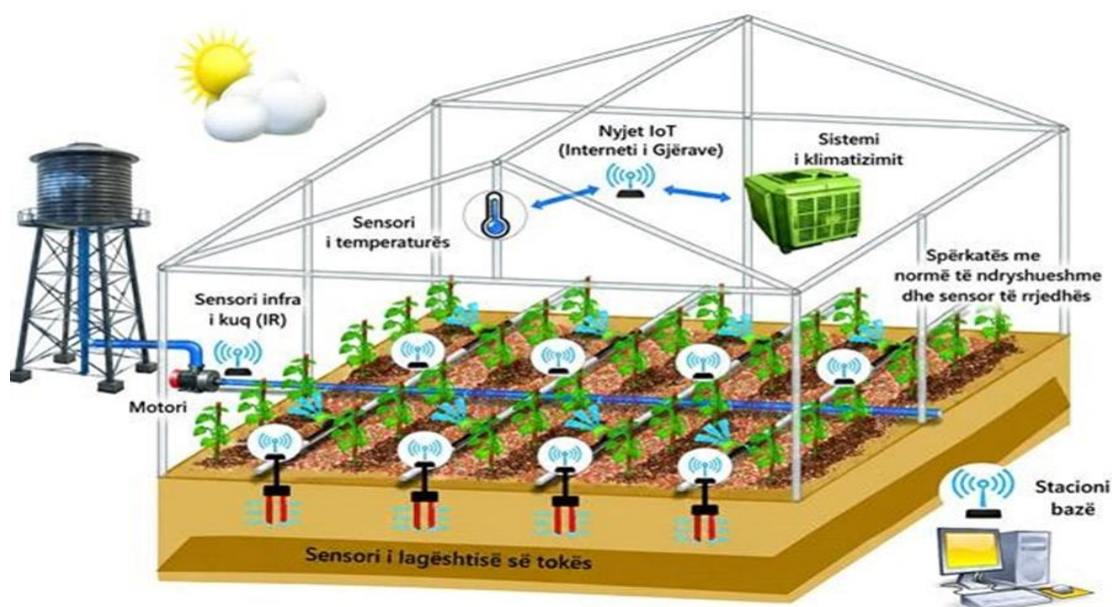


Fig 2.1: Sistemi inteligjent i monitorimit të lagështisë në serra

Sistemet mjedisore janë dinamike dhe ndryshojnë vazhdimisht si rezultat i proceseve natyrore dhe aktiviteteve njerëzore. Faktorë të tillë si ndryshimet klimatike, ndotja e mjedisit, urbanizimi, shpyllëzimi dhe shfrytëzimi i pakontrolluar i burimeve natyrore ndikojnë në strukturën dhe funksionimin e këtyre sistemeve. Për këtë arsye, monitorimi i vazhdueshëm i parametrave mjedisorë është thelbësor për mbrojtjen e ekuilibrit ekologjik dhe zhvillimin e qëndrueshëm.

Një nga parametrat më të rëndësishëm që monitorohet në sistemet mjedisore është lagështia. Ajo ndikon drejtpërdrejt në zhvillimin e bimësisë, në cilësinë e tokës, në qarkullimin e ujit dhe në funksionimin normal të ekosistemeve. Matja e saktë e lagështisë ndihmon në menaxhimin e burimeve ujore, në planifikimin e ujitjes në bujqësi dhe në parandalimin e dëmeve që mund të shkaktohen nga thatësira ose lagështia e tepërt. Në ditët e sotme, zhvillimi i teknologjisë ka mundësuar përdorimin e sistemeve moderne të monitorimit mjedisor, të cilat mbështeten në sensorë inteligjentë, pajisje elektronike dhe rrjete komunikimi për mbledhjen e të dhënave në kohë reale. Këto sisteme ofrojnë informacion të saktë mbi parametrat mjedisorë dhe ndihmojnë institucionet, studiuesit dhe fermerët në marrjen e vendimeve të bazuara në të dhëna. Një rol të rëndësishëm në këto sisteme kanë sensorët infra të kuq (IR), të cilët mundësojnë matjen e lagështisë pa kontakt fizik me sipërfaqen e monitoruar. Kjo teknologji përdoret gjerësisht në monitorimin e tokës, bimësisë, pyjeve dhe kulturave bujqësore, pasi siguron matje të shpejta, të sakta dhe me besueshmëri të lartë. Përveç kësaj, teknologjia infra të kuqe përdoret edhe në industrinë ushqimore, në monitorimin e cilësisë së produkteve dhe në kontrollin e proceseve të prodhimit. Rëndësia e sistemeve mjedisore është rritur edhe më shumë për shkak të sfidave globale si ndryshimet klimatike, rritja e temperaturave mesatare dhe mungesa e burimeve ujore. Monitorimi i vazhdueshëm i parametrave si lagështia, temperatura dhe cilësia e ajrit ndihmon në identifikimin e hershëm të ndryshimeve mjedisore dhe në ndërmarrjen e masave parandaluese për mbrojtjen e ekosistemeve. Në përfundim, sistemet mjedisore përbëjnë bazën e funksionimit të jetës dhe zhvillimit të qëndrueshëm. Përdorimi i teknologjive moderne, veçanërisht i sensorëve infra të kuq, ka përmirësuar ndjeshëm monitorimin e parametrave mjedisorë, duke mundësuar mbledhjen e të dhënave me saktësi të lartë dhe duke kontribuar në mbrojtjen e mjedisit, menaxhimin e burimeve natyrore dhe zhvillimin e bujqësisë moderne.

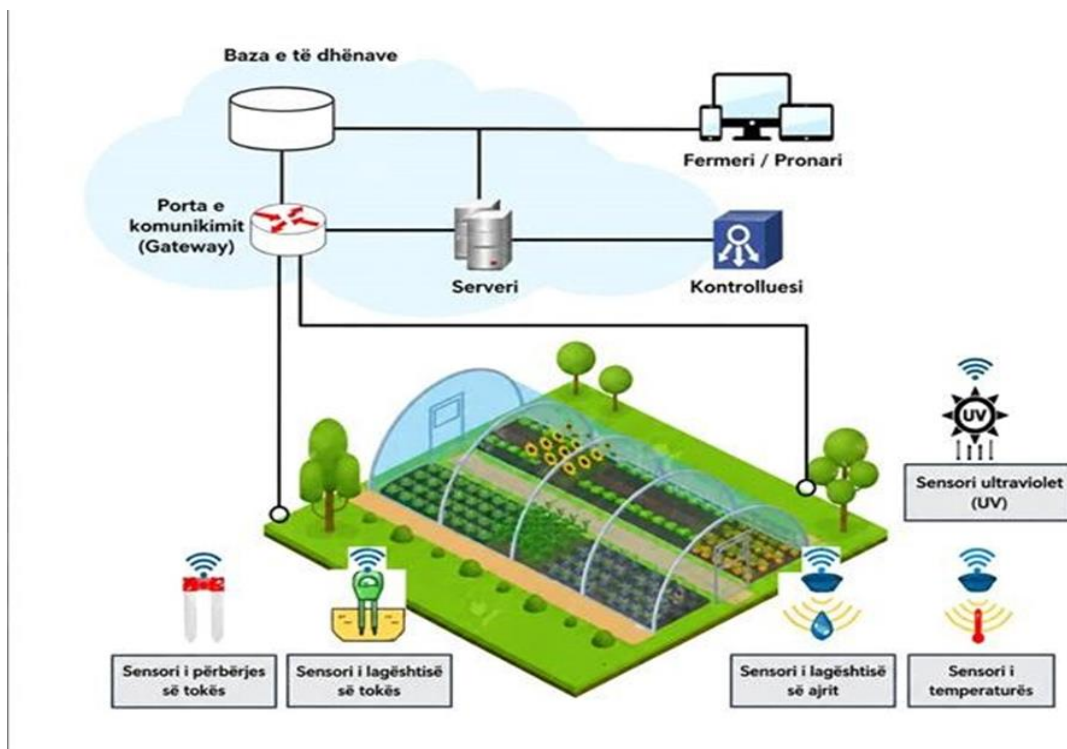


Figura 2.2: Arkitektura e një sistemi inteligjent për monitorimin e parametrave mjedisorë

Figura 2.2 paraqet arkitekturën e një sistemi inteligjent të monitorimit mjedisor të bazuar në sensorë dhe teknologji IoT (Interneti i Gjërave). Sistemi përfshin sensorin e lagështisë së tokës, sensorin e lagështisë së ajrit, sensorin e temperaturës, sensorin ultraviolet (UV) dhe sensorin e përbërjes së tokës. Të gjithë sensorët mbledhin të dhëna në kohë reale dhe i transmetojnë ato përmes portës së komunikimit (Gateway) te serveri dhe baza e të dhënave, ku ruhen dhe analizohen. Përmes kontrolluesit, sistemi mund të aktivizojë automatikisht pajisje të ndryshme, si sistemi i ujitjes ose ventilimit, në varësi të vlerave të regjistruara nga sensorët. Fermeri ose pronari ka mundësi të monitorojë dhe të kontrollojë sistemin nga distanca përmes kompjuterit ose telefonit inteligjent. Ky sistem mundëson kursimin e ujit, rritjen e efikasitetit të prodhimit bujqësor, përmirësimin e kushteve të kultivimit dhe monitorimin e vazhdueshëm të mjedisit.

Tabela 2.1: Funksionet e sensorëve të përdorur në monitorimin mjedisor.

Sensori	Funksioni
Sensori i lagështisë së Tokës	mat përbërjen e ujit në tokë
Sensori i temperaturës	Mat temperaturën e ambientit ose tokës
Sensori i lagështisë së Ajrit	Mat nivelin e lagështisë në ajër
Sensori UV	Mat intensitetin e rrezatimit ultravjollcë
Sensori i përbërjes së Tokës	Analizon karakteristikat dhe përbërjen e tokës

Në përfundim, sistemet moderne të monitorimit mjedisor përfaqësojnë një hap të rëndësishëm drejt bujqësisë së zgjuar dhe menaxhimit të qëndrueshëm të burimeve natyrore. Kombinimi i sensorëve, teknologjisë infra të kuqe dhe platformave IoT mundëson monitorim të vazhdueshëm, analizë të saktë të të dhënave dhe ndërhyrje në kohë, duke përmirësuar efikasitetin e proceseve bujqësore dhe duke reduktuar ndikimin negativ në mjedis

2.2 Lagështia dhe rëndësia e saj në mjedis

Lagështia është një nga parametrat më të rëndësishëm mjedisorë, pasi ndikon drejtpërdrejt në funksionimin e ekosistemeve, zhvillimin e bimëve, cilësinë e tokës, ruajtjen e burimeve ujore dhe mirëqenien e organizmave të gjallë. Ajo paraqet sasinë e avujve të ujit të pranishëm në ajër ose përmbajtjen e ujit në tokë dhe materiale të ndryshme. Niveli i lagështisë ndryshon vazhdimisht si rezultat i temperaturës, reshjeve atmosferike, avullimit dhe proceseve të tjera natyrore. Ruajtja e një niveli optimal të lagështisë është thelbësore për zhvillimin normal të kulturave bujqësore. Kur lagështia është e pamjaftueshme, bimët nuk marrin sasinë e nevojshme të ujit dhe lëndëve ushqyese, duke ndikuar negativisht në rritjen dhe prodhimtarinë e tyre. Nga ana tjetër, lagështia e tepërt mund të shkaktojë kalbjen e rrënjëve, zhvillimin e sëmundjeve kërpudhore dhe uljen e cilësisë së prodhimit. Për këtë arsye, monitorimi i vazhdueshëm i lagështisë është një element kyç në bujqësinë moderne. Në mjedis, lagështia ndikon edhe në formimin e reve, reshjeve atmosferike dhe rregullimin e temperaturës. Ajo luan një rol të rëndësishëm në ciklin natyror të ujit dhe ndihmon në ruajtjen e ekuilibrit ekologjik. Ndryshimet e mëdha të lagështisë mund të ndikojnë negativisht në biodiversitetin dhe në stabilitetin e ekosistemeve. Zhvillimi i teknologjisë ka mundësuar përdorimin e sensorëve modernë për monitorimin e lagështisë në kohë reale. Sensorët e lagështisë së tokës, sensorët e lagështisë së

ajrit dhe teknologjia infra të kuqe (IR) ofrojnë matje të sakta dhe të shpejta, duke ndihmuar fermerët dhe studiuesit në marrjen e vendimeve më efikase për ujitjen, menaxhimin e kulturave dhe mbrojtjen e mjedisit.

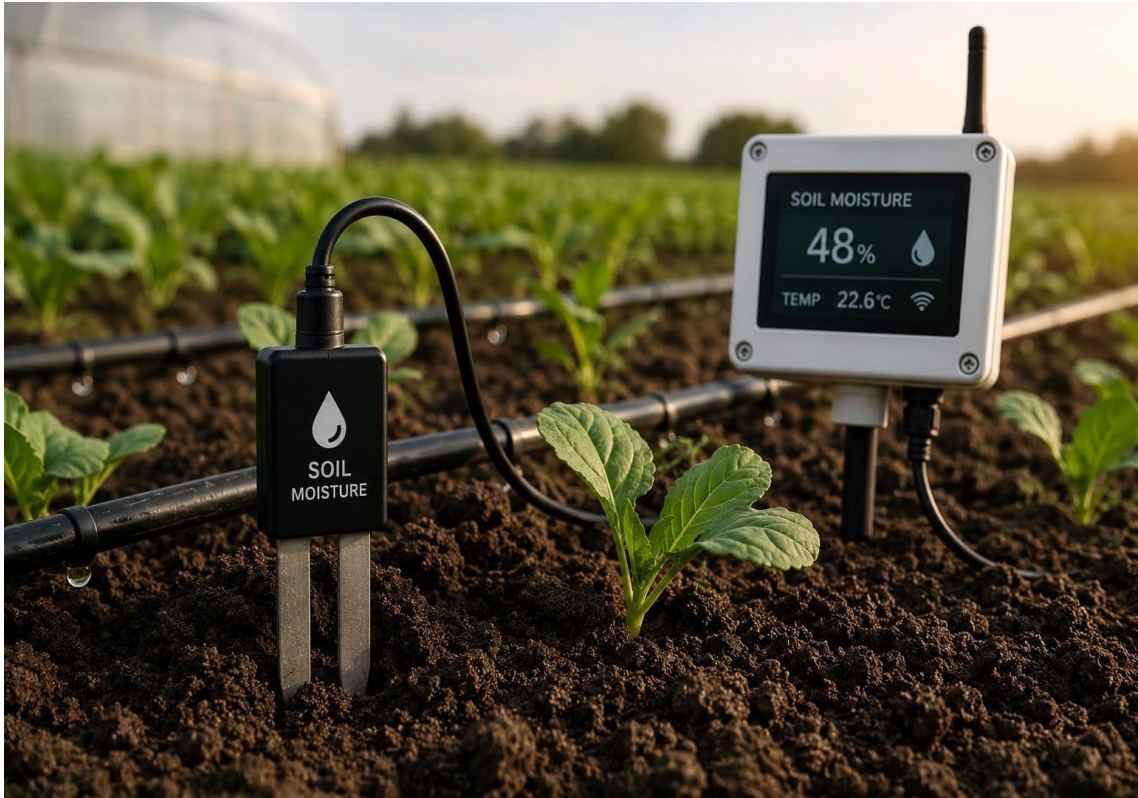


Figura 2.3: Sensori inteligjent për monitorimin e lagështisë së tokës

Figura paraqet një sistem modern për monitorimin e lagështisë së tokës në një parcelë bujqësore. Në pjesën e majtë të figurës shihet sensori i lagështisë, i cili është vendosur në tokë për të matur vazhdimisht përmbajtjen e ujit në zonën e rrënjëve të bimëve.

Sensori mbledh të dhëna në kohë reale dhe i transmeton ato te njësia elektronike e monitorimit. Në anën e djathtë paraqitet ekrani i sistemit, ku shfaqen të dhënat e matura, si niveli i lagështisë së tokës (48%) dhe temperatura (22.6°C). Këto informacione i ndihmojnë fermerët të vlerësojnë gjendjen e tokës dhe të marrin vendime të sakta për ujitjen e kulturave bujqësore. Gjithashtu, në figurë shihet sistemi i ujitjes me pikim, i cili shpërndan ujin drejtpërdrejt pranë rrënjëve të bimëve. Duke u bazuar në të dhënat e sensorit, sistemi mund të aktivizohet vetëm kur lagështia bie nën nivelin e nevojshëm, duke kursyer ujin, ulur kostot e prodhimit dhe përmirësuar zhvillimin e bimëve. Ky lloj monitorimi është një komponent i rëndësishëm i bujqësisë inteligjente, pasi kombinon sensorët, teknologjinë e komunikimit dhe automatizimin për të rritur efikasitetin e prodhimit dhe për të mbrojtur burimet natyrore. Përdorimi i këtyre sistemeve ndihmon në rritjen e rendimentit, përmirësimin e cilësisë së produkteve dhe zhvillimin e një bujqësie më të qëndrueshme.

2.3 Metodatat tradicionale të matjes së lagështisë

Lagështia paraqet një nga parametrat fizikë më të rëndësishëm në analizën e materialeve dhe në monitorimin e proceseve të ndryshme industriale dhe mjedisore. Ajo shpreh sasinë e ujit të pranishëm në një material ose substancë dhe ndikon drejtpërdrejt në vetitë fizike, kimike dhe biologjike të tij. Matja e saktë e lagështisë është thelbësore për kontrollin e cilësisë, ruajtjen e materialeve, optimizimin e proceseve të prodhimit, si dhe për mbrojtjen e mjedisit. Për shumë dekada, përpara zhvillimit të sensorëve modernë dhe teknologjive infra të kuqe (Infrared – IR dhe Near Infrared – NIR), lagështia përcaktohej kryesisht me metoda tradicionale laboratorike. Këto metoda mbështeten në parime fizike ose kimike për të përcaktuar sasinë e ujit të pranishëm në material. Edhe pse kërkojnë më shumë kohë dhe janë më pak të përshtatshme për monitorim të vazhdueshëm, ato vazhdojnë të përdoren si metoda standarde të referencës për shkak të saktësisë dhe besueshmërisë së tyre. Një karakteristikë e rëndësishme e metodave tradicionale është se shumica prej tyre janë metoda destruktive. Kjo do të thotë se mostra ndryshon ose shkatërrohet gjatë analizës dhe nuk mund të përdoret përsëri. Përveç kësaj, shumë prej këtyre metodave kërkojnë pajisje laboratorike, konsum energjie dhe, në raste të caktuara, përdorimin e reagentëve kimikë.

Tabela 2.2: Krahاسimi i metodave tradicionale për matjen e lagështisë.

Metoda	Parimi i matjes	Saktësia	Koha e analizës	Kufizim
Tharja në furrë	Humbja e masës	Shumë e lartë	E gjatë	Konsum energjie, metodë destruktive
Gravimetrike	Ndryshimi i masës	Shumë e lartë	E gjatë	Nuk lejon monitorim në kohë reale
Karl Fischer	Reaksion Kimik	Shumë e lartë	E shkurtër	Reagentë kimik, kosto e lartë
Distilimi	Ayullimi dhe kondesimi	E lartë	E gjatë	Procedure Komplekse

2.3.1 Metoda e tharjes në furrë (Oven Drying Method)

Metoda e tharjes në furrë konsiderohet metoda tradicionale më e përdorur për përcaktimin e lagështisë. Parimi i saj bazohet në largimin e ujit nga materiali me anë të ngrohjes në një temperaturë të kontrolluar për një periudhë të caktuar kohore. Mostra peshohet para tharjes dhe përsëri pas përfundimit të procesit. Diferenca ndërmjet dy peshimeve përfaqëson sasinë e lagështisë së humbur. Procesi zhvillohet në disa hapa. Fillimisht peshohet mostra, më pas vendoset në furrë laboratorike në temperaturë të përcaktuar sipas standardit të analizës. Pas tharje mostra ftohet në një eksikator për të shmangur thithjen e lagështisë nga ajri dhe peshohet përsëri. Përmbajtja e lagështisë llogaritet si përqindje e humbjes së masës.



Figura 2.4: Procesi i përcaktimit të lagështisë me metodën e tharjes në furrë

Kjo metodë përdoret gjerësisht për shkak të thjeshtësisë dhe besueshmërisë së saj. Megjithatë, analiza mund të zgjasë nga disa orë deri në një ditë, në varësi të materialit. Për më tepër, temperatura e lartë mund të shkaktojë humbjen e substancave të tjera të paqëndrueshme, duke ndikuar në rezultatin përfundimtar.

2.3.2 Metoda gravimetrike

Metoda gravimetrike është ndër metodat më të vjetra për përcaktimin e lagështisë. Ajo bazohet në matjen e ndryshimit të masës së mostrës pas largimit të ujit. Në praktikë, metoda gravimetrike shpesh realizohet përmes tharjes në furrë, por termi gravimetrik i referohet parimit të matjes së masës. Kjo metodë përdoret si metodë referuese në laboratorët shkencorë dhe në analizat standarde. Besueshmëria e saj është shumë e lartë, por kërkon kushte të kontrolluara laboratorike dhe kohë relativisht të gjatë. Për shkak të saktësisë së saj, metoda gravimetrike përdoret shpesh për kalibrimin e pajisjeve moderne të matjes së lagështisë.

2.3.3 Metoda Karl Fische

Metoda Karl Fischer është një metodë kimike shumë e saktë për përcaktimin e përmbajtjes së ujit. Ajo bazohet në reaksionin ndërmjet ujit dhe reagentit Karl Fischer, duke mundësuar matjen edhe të sasive shumë të vogla të lagështisë. Kjo metodë përdoret veçanërisht kur kërkohet saktësi shumë e lartë ose kur mostrat përmbajnë lagështi në nivele shumë të ulëta. Pajisja realizon titrimin automatik dhe rezultati merret brenda një kohe relativisht të shkurtër. Megjithatë është shumë e saktë, kjo metodë kërkon reagentë kimikë, mirëmbajtje të pajisjeve dhe personel të trajnuar, saktësi shumë e lartë, mat edhe sasi shumë të vogla uji. Rezultate të besueshme. Përdor reagentë kimikë, kosto e lartë, dhe pajisje të specializuara.

Tabela 2.3: Hapat e metodës së tharjes në furrë për përcaktimin e lagështisë.

Hapi	Përshkrimi	Qëllimi
Përgaditja e mostrës	Merret një sasi e caktuar e mostrës dhe vendoset në enë të pastër e të thatë	I një mostre për analizë
Peshimi fillestar	Përcatohet masa fillestare e mostrës me peshore analitike	Regjistrimi i masës
Tharja	Mostra thahet në furrë në temperaturën e përcaktuar derisa të arrihet masë konstante	Avullimi i ujit nga mostra
Ftohja	Mostra ftohet në eksikator për të shmangur thithjen e lagështisë nga ajri	Stabilizimi i masës së mostrës
Peshimi përfundimtar	Mostra peshohet përsëri pas tharjes	Përcaktimi i masës pas largimit të ujit
Llogaritja	Përmbajtja e lagështisë nga diferenca ndërmjet masës fillestare dhe përfundimtare	Përcaktimi i përqindjes së lagështisë

$$\text{Lagështia (\%)} = [(m_1 - m_2) / m_1] \times 100$$

2.3.4 Metoda e distilimit

Metoda e distilimit bazohet në ndarjen e ujit nga materiali nëpërmjet avullimit dhe kondensimit. Gjatë procesit, uji largohet nga mostra me ndihmën e një tretësi organik dhe mblidhet në një enë matëse ku përcaktohet vëllimi i tij. Kjo metodë përdoret kryesisht për materiale që përmbajnë komponime të paqëndrueshme ose kur metodat e tjera nuk japin rezultate të sakta. Edhe pse ofron rezultate të besueshme, distilimi është një procedurë relativisht e ngadaltë dhe kërkon pajisje laboratorike specifike.

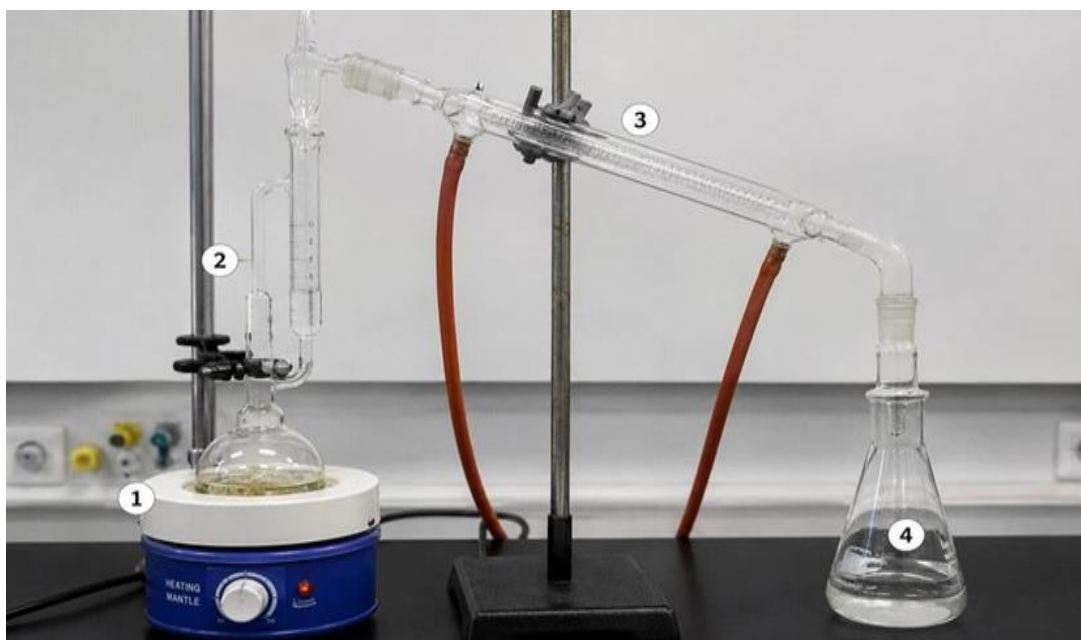


Figura 2.5. Aparatura e distilimit për përcaktimin e përmbajtjes së lagështisë në mostra

KAPITULLI III

3. METODOLOGJIA

3.1 Qasja e përgjithshme e studimit

Teknologjia infra të kuqe (Near Infrared – NIR) përfaqëson një nga zhvillimet më të rëndësishme në fushën e analizave laboratorike dhe kontrollit të cilësisë. Kjo metodë përdoret gjerësisht për përcaktimin e përmbajtjes së lagështisë në materiale të ndryshme, duke ofruar analiza të shpejta, të sakta dhe pa dëmtuar mostrën. Për shkak të këtyre karakteristikave, teknologjia NIR ka gjetur zbatim të gjerë në industrinë ushqimore, farmaceutike, bujqësore, kozmetike dhe kimike. Metoda NIR bazohet në absorbimin e rrezatimit infra të kuq nga molekulat e ujit që ndodhen në mostrë. Kur një rreze infra të kuqe drejtohet mbi materialin që analizohet, molekulat e ujit thithin energjinë në gjatësi valore specifike. Intensiteti i energjisë së absorbuar është proporcional me sasinë e ujit që përmban mostra. Pas absorbimit të rrezatimit, pajisja regjistron spektrin e reflektuar ose të transmetuar dhe e krahason atë me modele matematikore të krijuara gjatë procesit të kalibrimit. Në këtë mënyrë, sistemi llogarit automatikisht përmbajtjen e lagështisë dhe e shfaq rezultatin në ekran. Ky proces është plotësisht automatik dhe nuk kërkon ndërhyrje të madhe nga operatori, duke reduktuar gabimet njerëzore dhe duke rritur besueshmërinë e rezultateve.

3.1.1 Përbërja e pajisjes NIR

Një pajisje spektroskopike NIR (ose spektrometër NIR) që përdoret për monitorimin e lagështisë në sistemet mjedisore bazohet në matjen e dritës së reflektuar ose të transmetuar në brezin e gjatësive të valës nga 780 nm deri në 2500 nm. Për të funksionuar me saktësi dhe pa kontakt, pajisja përbëhet nga katër module kryesore harduerike.

+-----+ +-----+ +-----+ +-----+

1. Burimi | --> | 2. Selektori i | --> | 3. Mbajtësi i | --> | 4. Detektori

Burimi i dritës (Rrezatimit) - Burimi i dritës ka për detyrë të emetojë një rrezatim të qëndrueshëm dhe me spektër të gjerë që mbulon të gjithë brezin NIR.

- Lllambat e Wolfram-Halogjenit (Tungsten-Halogen): Janë burimet më të përhapura në instrumentet laboratorike dhe ato të fushës. Ato ofrojnë një rrezatim termik intensiv dhe të vazhdueshëm në zonën 320–2500 nm.
- Diodat Emetuese të Dritës (NIR LEDs): Përdoren në pajisjet portative ose sensorët IoT (si p.sh. ata të lidhur me Arduino). Kanë konsum të ulët energjie, jetëgjatësi të lartë, por emetojnë dritë në breza më të ngushtë gjatësie vale.

Selektori i gjatësisë së valës (Monokromatori / Sistemi Optik)

Uji e thith dritën NIR në pika shumë specifike (p.sh., 1450 nm dhe 1940 nm) Selektori shërben për të ndarë dritën e bardhë të burimit në gjatësi vale individuale

- Rrjetat e Difraksionit (Diffraction Gratings): Pasqyra speciale me vija mikroskopike që e thyejnë dritën në kënde të ndryshme sipas gjatësisë së valës.
- Filtrat Akusto-Optikë (AOTF) ose Filtrat Interferencë: Përdoren në pajisjet moderne mikroskopike për të përzgjedhur gjatësinë e valës në mënyrë elektronike dhe me shpejtësi të lartë, pa pasur pjesë lëvizëse mekanike.

Sistemi i ndërveprimit me mostrën (Sondat Optike)

Kjo është pjesa ku drita infra e kuqe bie në kontakt me sistemin mjedisor (tokën ose gjethen).

- Në pajisjet laboratorike: Mostra vendoset në një kupë qelqi të pastër (kuarc) dhe drita kalon përmes saj (transmetim) ose pasqyrohet (reflektim).
- Në pajisjet e terrenit (pa kontakt): Pajisja përdor sonda me fibra optike ose lente fokusi që dërgojnë rrezet IR drejt sipërfaqes së tokës ose bimës nga një distancë e caktuar dhe grumbullojnë dritën e kthyer mbrapsht.

Detektori Optik (Sistemi i Konvertimit të Sinjalit)

Detektori kap dritën e mbetur (atë që nuk është thithur nga lagështia e mostrës) dhe e kthen atë në sinjal elektrik.

- Detektorët InGaAs (Indium Gallium Arsenide): Janë standardi më profesional për spektrin NIR (sidomos për brezin 900–1700 nm). Kanë ndjeshmëri ekstremisht të lartë dhe kohë përgjigjeje të shpejtë.
- Detektorët PbS (Sulfur Plumbi): Përdoren për gjatësi vale më të mëdha (deri në 2500 nm), por kërkojnë kontroll të temperaturës sepse janë të ndjeshëm ndaj nxehtësisë së ambientit.

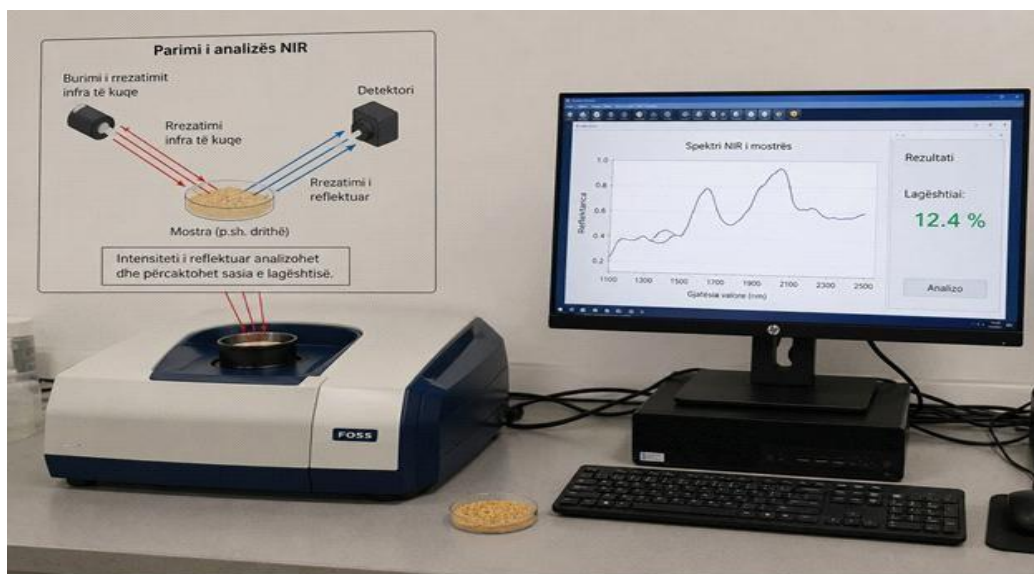


Figura 3.1: Sistemi NIR për monitorimin e lagështisë në mostra ushqimore.

Analiza me metodën NIR është relativisht e thjeshtë. Fillimisht përgatitet mostra dhe vendoset në mbajtësin e pajisjes. Pas vendosjes së mostrës, pajisja lëshon rrezatim infra të kuq mbi sipërfaqen e saj. Molekulat e ujit absorbojnë një pjesë të energjisë, ndërsa pjesa tjetër reflektohet ose transmetohet. Detektori regjistron sinjalin dhe programi kompjuterik e analizon atë duke përdorur modelet e kalibrimit. Brenda pak sekondash shfaqet rezultati i përmbajtjes së lagështisë. Në shumicën e rasteve, e gjithë analiza zgjat më pak se një minut

3.2 Sensorët infra të kuq (IR)

Sensorët infra të kuq (Infrared Sensors – IR) janë pajisje elektronike që përdoren për zbulimin e objekteve, matjen e distancës, identifikimin e lëvizjes dhe monitorimin e temperaturës pa pasur nevojë për kontakt fizik me objektin. Për shkak të saktësisë së tyre, kostos së ulët dhe konsumit të vogël të energjisë, këta sensorë përdoren gjerësisht në automatizimin industrial, robotikë, elektronikë, sisteme sigurie dhe pajisje inteligjente. Funksionimi i një sensori infra të kuq bazohet në emetimin dhe marrjen e rrezeve infra të kuqe. Një LED infra i kuq emeton rrezatim drejt një objekti. Kur rrezet godasin objektin, ato reflektohen dhe kapen nga një fotodiodë ose fototransistor. Sinjali i marrë përpunohet nga qarku elektronik dhe shndërrohet në një dalje elektrike që tregon praninë ose mungesën e objektit. Koha dhe intensiteti i reflektimit varen nga distanca, madhësia, forma dhe materiali i objektit.

3.3 Llojet e sensorëve infra të kuq

Klasifikimi i sensorëve infra të kuq (IR) që përdoren në monitorimin e sistemeve mjedisore mbështetet kryesisht në mënyrën se si këto pajisje ndërveprojnë me rrezatimin elektromagnetik dhe nëse ato kërkojnë një burim të jashtëm ose të brendshëm energjie për të gjeneruar sinjalin. Varësisht nga këto karakteristike konstruktive dhe fizike, teknologjia IR ndahet në dy kategori themelore: sensorë aktivë dhe sensorë pasivë.

Zgjedhja midis këtyre dy llojeve të sensorëve përcakton jo vetëm arkitekturën harduerike të sistemit të monitorimit, por edhe brezin spektral të punës (NIR, SWIR ose TIR), distancën e matjes nga mostra mjedisore dhe mënyrën se si përpunohen të dhënat e grumbulluara për të nxjerrë përqindjen e saktë të lagështisë.

3.3.1 Sensorët aktivë

Sensorët infra të kuq aktivë janë sisteme elektro-optike të pavarura që funksionojnë duke emetuar rrezatim artificial dhe duke matur reagimin e mjedisit ndaj këtij rrezatimi. Konstruksioni i tyre përfshin gjithmonë dy komponentë kryesorë të bashkërenduar: një emetues (transmetues) të dritës IR dhe një detektor (marrës) optik.

- **Parimi i funksionimit dhe ndërveprimi me lagështinë:** Emetuesi, i cili zakonisht përbëhet nga një diodë emetuese e dritës (IR LED) ose një lazer gjysmëpërcjellës, dërgon një rreze të kontrolluar drite në një gjatësi vale specifike drejt sipërfaqes së mostrës (p.sh. një shtrese toke ose sipërfaqes së gjethes). Kur kjo rreze godet matricën mjedisore, ndodh një proces i dyfishtë: një pjesë e fotoneve absorbohet nga lidhjet molekulare të ujit, ndërsa pjesa tjetër reflektohet mbrapsht drejt sensorit. Detektori (një fotodiodë ose fototransistor i ndjeshëm) kap rrezatimin e reflektuar difuziv dhe e konverton atë në sinjal elektrik.
- **Metodologjia e matjes:** Duke qenë se intensiteti dhe energjia e rrezes së emetuar fillestare janë të njohura dhe të kalibruara mirë, sistemi llogarit dobësimin e sinjalit të kthyer. Ekziston një përpjesëtim i zhdrejtë midis lagështisë dhe reflektimit: sa më e lartë të jetë përmbajtja e ujit në mjedisin e marrë në studim, aq më i madh është absorbimi i dritës IR dhe aq më i dobët është sinjali që mbërrin në marrës. Këta sensorë ofrojnë një saktësi të lartë në matjet mikroklimatike operative dhe në distancë të shkurtër, pasi nuk varen nga ndriçimi natyral apo rrezatimi diellor.

3.3.2 Sensorët pasivë

Sensorët infra të kuq pasivë (të njohur shpesh në inxhinierinë mjedisore si radiometre pasivë ose sensorë PIR) nuk përmbajnë asnjë burim të brendshëm të emetimit të dritës apo valëve elektromagnetike. Funksionimi i tyre bazohet tërësisht në zbulimin dhe regjistrimin e rrezatimit ekzistues që emetohet ose reflektohet në mënyrë natyrale nga vetë objektet e mjedisit rrethues.

- *Parimi i funksionimit dhe arkitektura teknike:* Çdo element mjedisor që zotëron një temperaturë mbi absolutun zero emeton rrezatim termik në brezin e infra-kuqes së largët ose termike (TIR). Sensorët pasivë përdorin një element detektues shumë të ndjeshëm, i cili shpesh është një material piroelektrik ose një mikrobolometër. Ky material gjeneron një ndryshim të tensionit elektrik ose rezistencës kur ekspozohet ndaj ndryshimeve të temperaturës së shkaktuar nga rrezet IR të pranishme në fushën e tij të shikimit. Për të optimizuar kapjen e rrezeve nga kënde të ndryshme dhe për t'i fokusuar ato saktësisht mbi elementin ndijues, sensorët pasivë pajisen me një lente Fresnel (një strukturë plastike e profilizuar në formë unazash koncentrike).
- *Aplikimi në monitorimin e lagështisë:* Në studimet mjedisore, sensorët pasivë nuk e matin ujin drejtpërdrejt përmes absorbimit optik, por në mënyrë të tërthortë përmes analizës së nënshkrimeve termike të mjedisit. Uji ka një kapacitet termik specifik jashtëzakonisht të lartë, gjë që rregullon inertësinë termike të tokës; një tokë e lagësht mban një temperaturë më të qëndrueshme (ngrohet më ngadalë ditën dhe ftohet më ngadalë natën) krahasuar me një tokë të thatë. Gjithashtu, procesi i evapotranspirimit të bimëve shkakton një ftohje evaporative të sipërfaqes. Sensorët pasivë regjistrojnë këto ndryshime të rrezatimit termik, duke lejuar hartëzimin e zonave me lagështi të lartë bazuar në faktin se ato shfaqen më të ftohta gjatë ditës në spektrin termik.

3.4 Aplikimi i teknologjisë infra të kuqe në mjedis

Teknologjia infra të kuqe ka gjetur përdorim të gjerë në monitorimin dhe mbrojtjen e mjedisit, pasi mundëson mbledhjen e të dhënave pa kontakt fizik me objektin ose zonën që analizohet. Kjo teknologji përdoret për të matur temperaturën, lagështinë, si dhe për të identifikuar ndryshimet që ndodhin në tokë, ujë dhe vegjetacion.

Një nga fushat kryesore të përdorimit është monitorimi i lagështisë së tokës. Sensorët infra të kuq ndihmojnë në vlerësimin e përmbajtjes së ujit në tokë, duke i ndihmuar fermerët të menaxhojnë më mirë ujitjen dhe të kursejnë burimet ujore. Kjo ndikon drejtpërdrejt në rritjen e produktivitetit bujqësor dhe në mbrojtjen e mjedisit.

Përveç kësaj, teknologjia infra të kuqe përdoret për monitorimin e pyjeve dhe vegjetacionit. Me anë të imazheve termike mund të identifikohen zonat e dëmtuara nga thatësira, sëmundjet ose zjarret, duke mundësuar ndërhyrje të shpejtë dhe efektive. Një tjetër aplikim i rëndësishëm është monitorimi i ndotjes së mjedisit. Pajisjet infra të kuqe përdoren për të zbuluar rrjedhje të gazeve, ndryshime të temperaturës në ujëra dhe procese të tjera që mund të ndikojnë negativisht në ekosistem. Kjo ndihmon institucionet përgjegjëse të marrin masa parandaluese dhe të mbrojnë mjedisin. Në përfundim, teknologjia infra të kuqe përfaqëson një mjet modern dhe efikas për monitorimin e mjedisit. Ajo siguron matje të sakta, kursen kohë dhe burime, si dhe kontribon nën menaxhimin e qëndrueshëm të burimeve natyrore.

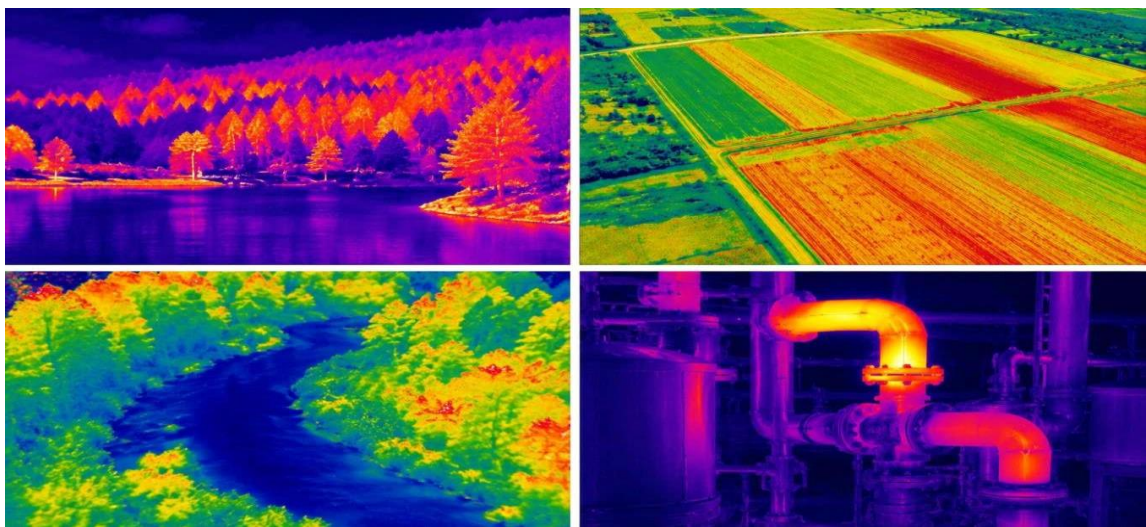


Figura 3.3: Zbatimet e teknologjisë infra të kuqe në monitorimin e mjedisit, bujqësi dhe industri.

Ky punim bazohet në një qasje teorike-analitike, duke përdorur literaturë shkencore, artikuj akademikë dhe burime të specializuara në fushën e teknologjisë mjedisore dhe sensorëve remote sensing. Metodën kryesore të përdorura për analizën e aplikimit të teknologjisë infra të kuqe përfshijnë: Analiza e të dhënave satelitore (Remote Sensing): përdorimi i imazheve infra të kuqe për të studiuar sipërfaqen e Tokës dhe ndryshimet e saj në kohë. Termografia mjedisore: përdorimi i kamerave infra të kuqe për matjen e temperaturës së sipërfaqeve natyrore dhe urbane. Analiza krahasuese: krahasimi i të dhënave të marra nga sensorët IR me të dhëna tradicionale meteorologjike dhe mjedisore. Studim rasti (case study): aplikime konkrete në monitorimin e zjarreve në pyje dhe efektin e ishujve të nxehtësisë në qytete. Kjo metodologji lejon një kuptim të thelluar të rolit praktik të teknologjisë infra të kuqe në menaxhimin e mjedisit. Aplikimet e teknologjisë infra të kuqe në mjedis Monitorimi i temperaturës së sipërfaqes së Tokës Teknologjia IR përdoret për të matur temperaturën e tokës dhe ujërave, duke ndihmuar në studimin e ndryshimeve klimatike dhe efektit të ngrohjes globale. Këto të dhëna

janë thelbësore për modelimin klimatik dhe planifikimin urban.

Zbulimi i zjarreve në pyje - Sensorët infra të kuq të instaluar në satelitë dhe dronë mund të identifikojnë nxehtësinë e tepërt në faza shumë të hershme, duke mundësuar ndërhyrje të shpejtë dhe reduktim të dëmeve ekologjike.

3.4.1 Fushat e përdorimit të teknologjisë infra të kuqe (IR)

Teknologjia infra e kuqe (IR) përdoret gjerësisht në fusha të ndryshme për shkak të aftësisë së saj për të matur temperaturën, për të zbuluar rrezatimin termik dhe për të monitoruar objekte nga distanca. Më poshtë paraqiten fushat kryesore të përdorimit të saj. Në shkencat mjedisore, teknologjia infra e kuqe përdoret për monitorimin e temperaturës së sipërfaqes së Tokës, zbulimin e zjarreve pyjore, vlerësimin e shëndetit të vegjetacionit, monitorimin e ndotjes së ujit dhe tokës, si dhe studimin e ndryshimeve klimatike.



Figura 3.4: Monitorimi i kulturave bujqësore me dron dhe teknologjinë infra të kuqe

Në bujqësi, sensorët infra të kuq ndihmojnë në monitorimin e shëndetit të kulturave bujqësore, identifikimin e mungesës së ujit, zbulimin e sëmundjeve të bimëve dhe optimizimin e ujitjes. Kjo njihet si bujqësi precize dhe ndihmon në rritjen e produktivitetit.

Në mjekësi, teknologjia infra e kuqe përdoret në termografi për zbulimin e inflamacioneve, monitorimin e temperaturës trupore pa kontakt fizik dhe në fizioterapi për trajtimin e dhimbjeve muskulore dhe artikulare. Në industri, kamerat termike përdoren për kontrollin e pajisjeve elektrike dhe mekanike, identifikimin e mbinxehjes së motorëve, tubacioneve dhe sistemeve elektrike, duke parandaluar defektet dhe aksidente.

3.4.2 Siguria dhe mbikëqyrja

Teknologjia infra e kuqe përdoret në sistemet e sigurisë për mbikëqyrje gjatë natës, kontrollin kufitar, monitorimin e objekteve dhe operacionet e kërkim-shpëtimit në kushte me dukshmëri të ulët. Në sektorin e ndërtimit, teknologjia infra e kuqe përdoret për të identifikuar humbjet e nxehtësisë në ndërtesa, problemet me izolimin termik, praninë e lagështisë dhe defektet strukturore.



Figura 3.5: Përdorimi i kamerës termike (infra të kuqe) për monitorimin e pajisjeve elektrike.

Teknologjia infra e kuqe ka një gamë të gjerë aplikimesh në mjedis, bujqësi, mjekësi, industri, siguri, meteorologji dhe ndërtimtari. Falë aftësisë për të siguruar matje të sakta dhe monitorim në kohë reale, ajo është bërë një mjet i rëndësishëm për zhvillimin e teknologjive moderne dhe për përmirësimin e menaxhimit të burimeve natyrore dhe infrastrukturës

Tabela 3.1: Fushat kryesore të përdorimit të teknologjisë infra të kuqe dhe përfitimet e saj.

Fusha	Niveli i përdorimit (%)
Mjedi	30
Industria	20
Bujqësia	15
Mjekësia	15
Siguria	10
Metodologjia	5
Ndërtimtaria	5

Tabela paraqet fushat kryesore të përdorimit të teknologjisë infra të kuqe dhe përfitimet që ajo ofron në secilën prej tyre. Nga të dhënat vërehet se teknologjia IR ka një gamë të gjerë aplikimesh, duke filluar nga monitorimi i mjedisit dhe bujqësia, e deri te mjekësia, industria, siguria, meteorologjia dhe ndërtimtaria. Në fushën e mjedisit, ajo përdoret për monitorimin e temperaturës, zbulimin e zjarreve pyjore dhe identifikimin e ndotjes, duke ndihmuar në mbrojtjen e ekosistemeve. Në bujqësi, teknologjia IR kontribuon në rritjen e produktivitetit përmes monitorimit të gjendjes së kulturave dhe optimizimit të ujitjes. Ndërsa në industri dhe ndërtimtari, ajo ndihmon në identifikimin e defekteve teknike dhe përmirësimin e efikasitetit energjetik. Këto aplikime tregojnë se teknologjia infra e kuqe është një mjet i rëndësishëm për zhvillimin e qëndrueshëm dhe menaxhimin efektiv të burimeve

3.5 Përdorimi i sensorëve për matjen e lagështisë

Sensorët për matjen e lagështisë përfaqësojnë një nga teknologjitë më të rëndësishme në monitorimin modern të kushteve mjedisore. Ata përdoren për të matur sasinë e lagështisë në ajër, tokë ose materiale të ndryshme dhe ofrojnë të dhëna të sakta në kohë reale. Në mjedis dhe bujqësi, sensorët e lagështisë së tokës janë veçanërisht të rëndësishëm, pasi ndihmojnë në përcaktimin e nevojave për ujitje dhe në parandalimin e thatësisë. Këta sensorë funksionojnë duke matur përçueshmërinë elektrike ose kapacitetin e tokës, i cili ndryshon në varësi të përmbajtjes së ujit. Për matjen e lagështisë së ajrit përdoren higrometra dhe sensorë dixhitalë që regjistrojnë përqindjen e avullit të ujit në atmosferë. Këto pajisje përdoren gjerësisht në meteorologji, bujqësi dhe sisteme të kontrollit të klimës.



Figura 3.6: Sistemi inteligjent i monitorimit të lagështisë së tokës dhe ujitjes automatike

Integrimi i sensorëve me teknologjitë moderne si sistemet IoT (Internet of Things) mundëson transmetimin automatik të të dhënave në platforma digjitale, duke lehtësuar analizën dhe vendimmarrjen. Në këtë mënyrë, monitorimi i lagështisë bëhet më efikas, më i shpejtë dhe më i saktë. Megjithatë, saktësia e sensorëve mund të ndikohet nga faktorë të jashtëm si temperatura, kripërat në tokë dhe kushtet atmosferike, prandaj është e nevojshme kalibrimi i rregullt i tyre për të siguruar rezultate të besueshme.



Figura 3.7: Pajisje digjitale për matjen e temperaturës dhe lagështisë relative të ajrit.

Këto përfshijnë sensorët e lagështisë së tokës, të cilët vendosen direkt në terren dhe matin përmbajtjen e ujit në tokë në mënyrë të vazhdueshme. Gjithashtu paraqitet higrometri digjital, i cili përdoret për matjen e lagështisë së ajrit në përqindje, duke ofruar të dhëna të rëndësishme për kushtet atmosferike. Një tjetër element i rëndësishëm janë sistemet e mençura të ujitjes (IoT), të cilat bazohen në sensorë dhe lejojnë kontroll automatik të ujitjes sipas nevojës së tokës

Tabela 3.3: Ndryshimi i lagështisë së tokës gjatë një periudhe shtatëditore

Dita	Lagështia e tokës (%)
1	32
2	30
3	28
4	26
5	24
6	27
7	31

Studimi tregon se monitorimi i lagështisë së tokës me sensorë është një metodë efikase për të vlerësuar gjendjen e tokës në kohë reale. Kjo lejon marrjen e vendimeve të sakta për ujitje dhe menaxhim të burimeve ujore. Rezultatet gjithashtu tregojnë se ndryshimet në lagështi mund të jenë të shpejta, prandaj monitorimi i vazhdueshëm është i domosdoshëm për bujqësi të qëndrueshme dhe mbrojtje të tokës.

Monitorimi i tokës dhe bimësisë - Monitorimi i tokës dhe bimësisë është një proces thelbësor në shkencat mjedisore, i cili përdoret për të vlerësuar gjendjen e ekosistemeve natyrore dhe për të identifikuar ndryshimet që ndodhin si rezultat i faktorëve klimatikë dhe aktivitetit njerëzor. Ky monitorim është shumë i rëndësishëm për bujqësinë, menaxhimin e pyjeve dhe mbrojtjen e mjedisit në përgjithësi. Tokat dhe bimësia janë të ndërlidhura ngushtë, pasi gjendja e tokës ndikon drejtpërdrejt në zhvillimin e bimëve. Parametra si lagështia e tokës, temperatura, struktura dhe përmbajtja ushqyese ndikojnë në shëndetin e bimësisë. Për këtë arsye, monitorimi i tyre bëhet shpesh në mënyrë të kombinuar. Në ditët e sotme, për monitorimin e tokës dhe bimësisë përdoren teknologji moderne si sensorët e lagështisë, kamerat infra të kuqe (IR), satelitët multispektralë dhe dronët me sensorë të avancuar. Këto pajisje mundësojnë mbledhjen e të dhënave në kohë reale dhe në sipërfaqe të mëdha, duke rritur saktësinë e analizave mjedisore. Teknologjia infra e kuqe luan një rol të rëndësishëm në këtë proces, pasi ajo mund të

identifikojë ndryshimet e temperaturës së sipërfaqes së tokës dhe bimëve. Zonat me lagështi më të lartë zakonisht shfaqin temperatura më të ulëta, ndërsa zonat e thata kanë temperatura më të larta. Në mënyrë të ngjashme, bimësia e shëndetshme ka karakteristika të ndryshme termike dhe spektrale krahasuar me bimësinë e stresuar. Një metodë shumë e përdorur në analizën e bimësisë është NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), i cili ndihmon në vlerësimin e densitetit dhe shëndetit të vegjetacionit. Kur ky indeks kombinohet me të dhënat e lagështisë së tokës, ofron një pasqyrë të plotë të gjendjes së ekosistemit. Monitorimi i tokës dhe bimësisë ka aplikime të shumta praktike, përfshirë: bujqësinë precize, parashikimin e thatësirave, menaxhimin e pyjeve, zbulimin e degradimit të tokës, dhe mbrojtjen e biodiversitetit.



Figura 3.8: Sensorë për monitorimin e lagështisë së tokës në kulturat bujqësore.

3.6 Kalibrimi dhe saktësia e sensorëve

Kalibrimi i sensorëve është një proces i domosdoshëm për të siguruar që matjet e kryera gjatë monitorimit të lagështisë të jenë të sakta, të besueshme dhe të përsëritshme. Gjatë këtij procesi, vlerat e regjistruara nga sensori krahasohen me vlerat e një standardi referues të certifikuar. Në rast se vërehen devijime ndërmjet vlerës së matur dhe vlerës reale, sensori rregullohet për të eliminuar gabimet dhe për të përmirësuar saktësinë e matjeve. Kalibrimi është një hap i rëndësishëm, pasi edhe devijimet e vogla mund të ndikojnë në cilësinë e të dhënave dhe në vendimmarrjen gjatë monitorimit. Saktësia e sensorëve tregon shkallën e afërsisë ndërmjet

vlerës së matur dhe vlerës reale të parametrave të monitoruar. Në sistemet që përdorin teknologjinë infra të kuqe për matjen e lagështisë, saktësia është një faktor kyç, sepse përmbajtja e lagështisë ndikon drejtpërdrejt në cilësinë, jetëgjatësinë dhe sigurinë e produkteve ushqimore. Sensorët me saktësi të lartë mundësojnë monitorim më efikas dhe zvogëlojnë mundësinë e gabimeve pluhuri, ndotja e sipërfaqes së sensorit, plakja e komponentëve elektronikë dhe kushtet e përdorimit. Për këtë arsye, rekomandohet që sensorët të kalibrohen në intervale të rregullta dhe të mirëmbahen sipas udhëzimeve të prodhuesit. Një mirëmbajtje e rregullt ndihmon në ruajtjen e stabilitetit të matjeve dhe zgjat jetëgjatësinë e pajisjeve. Në sistemet moderne të monitorimit përdoren shpesh disa sensorë njëkohësisht për të rritur besueshmërinë e rezultateve. Krahasimi i të dhënave të marra nga sensorë të ndryshëm ndihmon në identifikimin e gabimeve të mundshme dhe rrit saktësinë e sistemit. Përveç kësaj, algoritmet e përpunimit të të dhënave mund të korrigjojnë devijimet dhe të përmirësojnë cilësinë e rezultateve. Në monitorimin e lagështisë së produkteve ushqimore me teknologji infra të kuqe, kalibrimi dhe kontrolli i saktësisë kanë një rol të rëndësishëm në garantimin e cilësisë së produkteve dhe në reduktimin e humbjeve gjatë prodhimit, ruajtjes dhe transportit. Matjet e sakta ndihmojnë në optimizimin e proceseve industriale, zvogëlimin e konsumit të energjisë dhe reduktimin e mbetjeve ushqimore, duke kontribuar njëkohësisht gjatë procesit të kontrollit të cilësisë. Në performancën e sensorëve ndikojnë faktorë të ndryshëm, si temperatura e ambientit, lagështia relative e ajrit, në mbrojtjen e mjedisit dhe zhvillimin e një industrie ushqimore më të qëndrueshme.

3.7 Mbledhja dhe analiza e të dhënave nga sensorët

Mbledhja dhe analiza e të dhënave përbëjnë një fazë thelbësore në sistemet moderne të monitorimit të lagështisë. Sensorët e teknologjisë infra të kuqe gjenerojnë vazhdimisht të dhëna mbi përmbajtjen e lagështisë në produktet ushqimore, të cilat transmetohen drejt një njësie përpunimi ose sistemi kompjuterik. Këto të dhëna mund të mblidhen në kohë reale, duke mundësuar monitorim të vazhdueshëm gjatë proceseve të prodhimit, ruajtjes dhe transportit. Pas mbledhjes, të dhënat analizohen për të identifikuar ndryshimet e mundshme në nivelin e lagështisë.

Gjatë analizës përdoren metoda statistikore dhe programe kompjuterike që krahasojnë rezultatet me vlerat e paracaktuara ose me standardet e cilësisë. Nëse konstatohen devijime nga kufijtë e lejuar, sistemi mund të gjenerojë sinjalizime ose rekomandime për ndërhyrje të menjëhershme. Kjo ndihmon në ruajtjen e cilësisë së produkteve dhe në parandalimin e

humbjeve. Në sistemet moderne, të dhënat ruhen në baza të dhënash, duke krijuar mundësi për analizimin e historikut të matjeve. Kjo i ndihmon operatorët të vlerësojnë performancën e procesit, të identifikojnë tendencat dhe të planifikojnë masa për përmirësimin e prodhimit. Analiza e të dhënave është gjithashtu e rëndësishme për dokumentimin e proceseve dhe për përmbushjen e kërkesave të standardeve të sigurisë ushqimore. Përdorimi i teknologjisë infra të kuqe në kombinim me sistemet dixhitale të analizës së të dhënave rrit efikasitetin e kontrollit të cilësisë dhe mundëson marrjen e vendimeve të shpejta dhe të bazuara në të dhëna. Kjo kontribuon në optimizimin e proceseve industriale, reduktimin e mbetjeve ushqimore dhe përdorimin më racional të energjisë dhe burimeve natyrore, duke mbështetur objektivat e mbrojtjes së mjedisit .

Tabela 3.5: Procesi i mbledhjes dhe analizës së të dhënave nga sensorë.

Situata	Të dhënat e mbledhura nga sensori	Analiza e të dhënave	Veprimi i ndërmarrë
Magazini i drithërave	Niveli i lagështisë	Krahasohet me kufijtë e lejuar	Aktivizohet ventilimi ose tharja për te parandaluar mykun
Ruajtja e frutave dhe perimeve	Lagështia dhe temperatura	Vlerësohen kushtet e ruajtjes	Regullohet temperatura ose lagështia në depo
Prodhimi i miellit	Përmbajtja e lagështisë në lënden e parë	Kontrollohet përputhshmëria me standardet	Pranohet ose refuzohet lënda e parë
Paketimi i Produkteve ushqimore	Lagështia para paketimit	Analizohet nëse produkti është i përshtatshëm	Ndërhyhet në procesin e tharjes ose paketimit
Kontrolli laboratorik	Matjet e lagështisë nga sensorët infra të kuq	Krahasohen me rezultatet e referencës	Verifikohet cilësia dhe siguria e produktit

3.8 Shembuj praktikë të monitorimit në bujqësi dhe mjedis

Zbatimi i teknologjisë infra të kuqe në monitorimin e lagështisë ka gjetur përdorim të gjerë si në sektorin bujqësor, ashtu edhe në mbrojtjen e mjedisit. Kjo teknologji mundëson matje të shpejta, të sakta dhe pa kontakt fizik me objektin e analizuar, duke përmirësuar cilësinë e monitorimit dhe duke ndihmuar në marrjen e vendimeve të bazuara në të dhëna. Përdorimi i saj ka sjellë përfitime të rëndësishme në menaxhimin e kulturave bujqësore, ruajtjen e produkteve ushqimore dhe përdorimin më efikas të burimeve natyrore. Në bujqësi, sensorët infra të kuq përdoren për monitorimin e lagështisë së tokës dhe të kulturave bujqësore. Të dhënat e mbledhura ndihmojnë fermerët të përcaktojnë kohën dhe sasinë e nevojshme të ujitjes, duke shmangur si mungesën, ashtu edhe tepricën e ujit. Kjo ndikon në rritjen e rendimentit të kulturave, uljen e kostove të prodhimit dhe kursimin e burimeve ujore. Për më tepër, monitorimi i vazhdueshëm ndihmon në identifikimin e hershëm të problemeve që mund të ndikojnë në zhvillimin e bimëve.



Figura 3.9: Monitorimi i lagështisë së tokës në terren me sensor infra të kuq.

Në kuadër të këtij punimi është analizuar mënyra e funksionimit të teknologjisë infra të kuqe për matjen e lagështisë në produktet ushqimore. Janë studiuar faktorët që ndikojnë në saktësinë e matjeve, procesi i kalibrimit të sensorëve, mbledhja dhe analiza e të dhënave, si dhe aplikimet praktike të kësaj teknologjie në bujqësi dhe industrinë ushqimore. Gjithashtu, është vlerësuar ndikimi i saj në mbrojtjen e mjedisit përmes reduktimit të humbjeve ushqimore dhe përdorimit më efikas të burimeve.

Tabela 3.6 : Vlerësimi i rezultateve të matjeve të lagështisë me teknologjinë infra të kuqe.

Parametri	Vlera e matur	Vlera optimale	Vlerësimi
Lagështia	13.2%	12–14%	Brenda normës
Temperatura	24 ° C	20–25° C	Brenda normës
Koha e matjes	8 s	< 10s	E përshtatshme
Saktësia e sensorit	98%	≥95%	Shumë e mirë

Analiza e të dhënave të paraqitura në Tabelën 3.7.tregon se parametrat e matur janë mbrenda kufijve optimalë të rekomanduar. Vlera e lagështisë prej 13.2% ndodhet mbrenda intervalit optimal (12–14%), duke treguar se produkti është në kushte të përshtatshme për ruajtje dhe përpunim. Temperatura prej 24°C është gjithashtu

mbrenda kufijve të rekomanduar, ndërsa koha e matjes prej 8 sekondash dëshmon efikasitetin e teknologjisë infra të kuqe. Saktësia e sensorit prej 98% tregon besueshmëri të lartë të matjeve, duke e bërë këtë metodë të përshtatshme për monitorimin e lagështisë në produktet ushqimore dhe për kontrollin e cilësisë në indus

KAPITULLI IV

4. Diskutimi i rezultateve

Rezultatet e përfituara gjatë hulumtimit tregojnë se teknologjia infra e kuqe përbën një metodë bashkëkohore dhe të përshtatshme për monitorimin e lagështisë në sistemet mjedisore. Zbatimi i kësaj teknologjie mundëson vlerësimin e ndryshimeve të lagështisë në mënyrë të shpejtë dhe pa kontakt të drejtpërdrejtë me sipërfaqen e analizuar. Kjo paraqet një përparësi të rëndësishme krahasuar me metodat tradicionale, të cilat në shumë raste kërkojnë marrjen e mostrave dhe analiza laboratorike më të gjata.

Analizat e realizuara evidentojnë se niveli i lagështisë ndryshon në varësi të kushteve të mjedisit dhe karakteristikave të materialit ose sipërfaqes së monitoruar. Ndryshimet e regjistruara nga sistemi infra i kuq mundësojnë identifikimin e zonave me përmbajtje të ndryshme lagështie dhe ofrojnë informacion të dobishëm për vlerësimin e gjendjes së sistemit mjedisor. Kjo e bën teknologjinë infra të kuqe të përshtatshme për monitorim periodik, si dhe për procese ku kërkohet kontroll i vazhdueshëm i parametrave mjedisorë.

Një nga aspektet më të rëndësishme të kësaj metode është shpejtësia e matjes dhe mundësia e monitorimit pa ndërhyrje fizike. Përmes sensorëve infra të kuq mund të merren të dhëna në një kohë relativisht të shkurtër, duke reduktuar nevojën për procedura të përsëritura laboratorike. Për më tepër, kjo teknologji mund të integrohet me sisteme digjitale të regjistrimit dhe përpunimit të të dhënave, duke krijuar mundësi për monitorim automatik dhe identifikim më të shpejtë të ndryshimeve të lagështisë.

Megjithatë, interpretimi i rezultateve duhet të bëhet duke marrë parasysh faktorët që mund të ndikojnë në saktësinë e matjeve. Temperatura e ambientit, distanca ndërmjet sensorit dhe sipërfaqes, struktura e materialit, si dhe kushtet e përgjithshme mjedisore mund të ndikojnë në sinjalin e regjistruar. Për këtë arsye, kalibrimi i pajisjes dhe standardizimi i kushteve të matjes janë elemente të domosdoshme për sigurimin e rezultateve sa më të besueshme.

Në këtë kontekst, krahasimi i rezultateve të teknologjisë infra të kuqe me metoda referente paraqet rëndësi të veçantë. Një përputhje e kënaqshme ndërmjet rezultateve të marra nga metoda infra e kuqe dhe metodave tradicionale do të dëshmonte potencialin e kësaj teknologjie për përdorim më të gjerë në monitorimin e lagështisë. Në të njëjtën kohë, dallimet eventuale ndërmjet metodave duhet të analizohen në raport me kushtet e matjes dhe karakteristikat e mostrave të përdorura.

Nga pikëpamja praktike, përdorimi i teknologjisë infra të kuqe ofron mundësi të rëndësishme për zbulimin e hershëm të ndryshimeve të lagështisë, monitorimin e vazhdueshëm të sistemeve mjedisore dhe përmirësimin e efikasitetit të proceseve të kontrollit. Identifikimi në kohë i rritjes ose uljes së lagështisë mund të ndihmojë në parandalimin e problemeve që lidhen me kushtet e papërshtatshme mjedisore dhe në marrjen e masave korrigjuese në kohën e duhur.

Në përfundim, rezultatet e analizës mbështesin përdorimin e teknologjisë infra të kuqe si një alternativë moderne, e shpejtë dhe jo-invazive për monitorimin e lagështisë. Megjithëse ekzistojnë faktorë që mund të ndikojnë në saktësinë e matjeve, përdorimi i kalibrimit të përshtatshëm dhe kombinimi me metoda referente mund të rrisë ndjeshëm besueshmërinë e rezultateve. Për këtë arsye, teknologjia infra e kuqe paraqet potencial të konsiderueshëm për aplikime të mëtejshme në monitorimin dhe menaxhimin e sistemeve mjedisore.

Tabela 4.1: Krahasimi ndërmjet teknologjisë infra të kuqe dhe metodave tradicionale të matjes së lagështisë.

Karakteristika	Teknologjia infra të kuqe	Metodat tradicionale
Koha e matjes	Disa sekonda	30-120 minuta
Kontakti me produktin	Nuk kërkohet	Kërkohet
Dëmtimi i mostrës	Nuk dëmtohet	Mostra mund të dëmtohet
Monitorimi në kohë reale	Po	Jo
Automatizimi	i lartë	i kufizuar
Përdorimi në industri	Shumë i përshtatshëm	Kryesisht laboratorik

Nga krahasimi i paraqitur në tabelë vërehet se teknologjia infra të kuqe ofron përparësi të konsiderueshme në aspektin e shpejtësisë, automatizimit dhe monitorimit në kohë reale. Ndërsa metodat tradicionale mbeten të rëndësishme për verifikimin laboratorik, teknologjia infra të kuqe është më e përshtatshme për kontrollin e vazhdueshëm të proceseve në industrinë ushqimore. Përzgjedhja e metodës së matjes së lagështisë varet nga kërkesat e procesit të prodhimit, lloji i produktit ushqimor dhe niveli i saktësisë që kërkohet. Në laboratorët e kontrollit të cilësisë, metodat tradicionale vazhdojnë të përdoren si metoda referuese për verifikimin e rezultateve. Megjithatë, në industrinë ushqimore, ku kërkohet monitorim i vazhdueshëm dhe marrje e shpejtë e vendimeve, teknologjia infra të kuqe paraqet një zgjidhje më efikase. Ajo mundëson analizë të vazhdueshme pa ndërprerë procesin e prodhimit, duke rritur produktivitetin dhe duke ulur kostot operative. Një tjetër avantazh i rëndësishëm i teknologjisë infra të kuqe është mundësia e integritit me sisteme të automatizuara të monitorimit dhe kontrollit. Të dhënat e marra nga sensorët mund të përpunohen menjëherë nga programe kompjuterike, të ruhen në baza të dhënash dhe të analizohen për të identifikuar ndryshimet në përmbajtjen e lagështisë. Kjo u mundëson operatorëve të ndërhyjnë në kohën e duhur dhe të shmangin humbjet gjatë prodhimit dhe ruajtjes së produkteve ushqimore.

Në përfundim, krahasimi ndërmjet teknologjisë infra të kuqe dhe metodave tradicionale tregon se të dyja kanë rëndësinë e tyre në kontrollin e cilësisë. Metodat tradicionale ofrojnë besueshmëri të lartë dhe përdoren si standard referues, ndërsa teknologjia infra të kuqe siguron matje të shpejta, monitorim në kohë reale dhe automatizim të proceseve. Për këtë arsye, përdorimi i saj po zgjerohet gjithnjë e më shumë në industrinë ushqimore dhe në sistemet moderne të monitorimi.

Interpretimi i rezultateve - Interpretimi i rezultateve përbën një fazë të rëndësishme në procesin e monitorimit të lagështisë, pasi mundëson nxjerrjen e përfundimeve mbi gjendjen e sistemit të monitoruar dhe efektivitetin e teknologjisë infra të kuqe. Bazuar në analizën e literaturës dhe në të dhënat e shqyrtuara në këtë punim, rezultatet e marra nga sensorët infra të kuq ofrojnë informacion të besueshëm për ndryshimet e lagështisë në kohë reale, duke lehtësuar procesin e monitorimit dhe kontrollit. Interpretimi i këtyre rezultateve tregon se teknologjia infra të kuqe mund të identifikojë ndryshime të vogla në nivelin e lagështisë, të cilat mund të kenë ndikim të rëndësishëm në cilësinë e produkteve ushqimore dhe në gjendjen e sistemeve mjedisore

Kjo u mundëson përdoruesve të ndërmarrin masa korrigjuese në kohën e duhur, si rregullimi i ujitjes, përmirësimi i kushteve të ruajtjes së produkteve ose kontrolli i proceseve të prodhimit. Një aspekt i rëndësishëm i interpretimit të rezultateve është analiza e tendencave të ndryshimit të lagështisë gjatë periudhave të ndryshme kohore. Vëzhgimi i këtyre ndryshimeve ndihmon në identifikimin e faktorëve që ndikojnë në nivelin e lagështisë dhe mundëson planifikim më të mirë të aktiviteteve bujqësore dhe industriale. Në këtë mënyrë, të dhënat e mbledhura nuk shërbejnë vetëm për matje, por edhe për mbështetjen e vendimmarrjes.



Figura 4.1: Interpretimi i rezultateve

Rezultatet tregojnë gjithashtu se besueshmëria e matjeve varet nga kalibrimi i rregullt i sensorëve dhe nga kushtet në të cilat kryhet monitorimi. Prandaj, interpretimi i të dhënave duhet të bëhet gjithmonë duke marrë parasysh faktorët që mund të ndikojnë në saktësinë e matjeve, si temperatura, lagështia relative e ajrit dhe karakteristikat e materialit që analizohet.

Në përgjithësi, interpretimi i rezultateve konfirmon se teknologjia infra të kuqe është një mjet efikas për monitorimin e lagështisë. Ajo siguron informacion të vlefshëm për kontrollin e cilësisë, optimizimin e proceseve dhe menaxhimin e burimeve natyrore. Përdorimi i kësaj teknologjie kontribuon në marrjen e vendimeve më të sakta dhe në përmirësimin e performancës së sistemeve të monitorimit në bujqësi, industri ushqimore dhe mbrojtjen e mjedisit.

Sugjerime për kërkime të ardhshme - Zhvillimi i vazhdueshëm i teknologjisë infra të kuqe krijon mundësi të reja për zgjerimin e përdorimit të saj në monitorimin e lagështisë dhe në mbrojtjen e mjedisit. Megjithëse kjo teknologji ka treguar rezultate të mira në aplikimet aktuale, ekzistojnë ende fusha që kërkojnë studime dhe analiza më të detajuara. Në të ardhmen rekomandohet realizimi i studimeve eksperimentale që do të krahasojnë rezultatet e teknologjisë infra të kuqe me metodat tradicionale në kushte reale laboratorike dhe në terren. Këto studime do të ndihmonin në vlerësimin më të saktë të performancës së sensorëve në mjedise dhe produkte të ndryshme. Një drejtim tjetër i rëndësishëm është zhvillimi i sensorëve me ndjeshmëri dhe saktësi më të lartë, të aftë për të funksionuar në kushte të ndryshme klimatike dhe mjedisore. Përmirësimi i karakteristikave teknike të pajisjeve do të rriste besueshmërinë e monitorimit dhe do të zgjeronte fushat e përdorimit të tyre. Gjithashtu, kërkimet e ardhshme mund të përqendrohen në integrimin e teknologjisë infra të kuqe me Internetin e Gjërave (IoT), inteligjencën artificiale (AI) dhe platformat e analizës së të dhënave. Kjo do të mundësonte monitorim të automatizuar, analizë në kohë reale dhe marrjen e vendimeve më të shpejta dhe më të sakta. Një fushë tjetër me interes është zgjerimi i përdorimit të teknologjisë infra të kuqe në monitorimin e kulturave të ndryshme bujqësore, në industrinë ushqimore dhe në sistemet e mbrojtjes së mjedisit. Studime të tilla do të ndihmonin në identifikimin e metodave më efikase për menaxhimin e burimeve natyrore, përmirësimin e cilësisë së produkteve dhe reduktimin e ndikimeve negative në mjedis. Në përfundim, zhvillimi i mëtejshëm i teknologjisë infra të kuqe dhe integrimi i saj me teknologjitë moderne pritet të rrisë efikasitetin e sistemeve të monitorimit dhe të kontribuojë në zhvillimin e bujqësisë së qëndrueshme, industrisë ushqimore dhe mbrojtjes së mjedisit.

KAPITULLI V

5 . PËRFUNDIMET

Ky punim trajtoi përdorimin e teknologjisë infra të kuqe për monitorimin e lagështisë në sistemet mjedisore, me fokus edhe në aplikimet e saj në produktet ushqimore dhe bujqësi. Bazuar në analizën e literaturës shkencore dhe të burimeve të shqyrtuara, rezulton se teknologjia infra të kuqe përfaqëson një nga metodat më moderne dhe më efikase për monitorimin e lagështisë, duke ofruar matje të shpejta, të sakta dhe në kohë reale. Gjatë punimit u analizuan parimet e funksionimit të teknologjisë infra të kuqe, karakteristikat e sensorëve, procesi i kalibrimit, faktorët që ndikojnë në saktësinë e matjeve dhe rëndësia e mbledhjes dhe analizës së të dhënave. Analiza tregoi se saktësia e rezultateve varet nga kalibrimi i rregullt i sensorëve, kushtet e mjedisit dhe mënyra e përdorimit të pajisjeve. Nga krahasimi me metodat tradicionale u vu re se teknologjia infra të kuqe ofron përparësi të rëndësishme në aspektin e shpejtësisë së matjes, monitorimit në kohë reale dhe automatizimit të proceseve. Ndërsa metodat tradicionale vazhdojnë të përdoren si metoda referuese në laboratorë, teknologjia infra të kuqe është më e përshtatshme për monitorim të vazhdueshëm dhe për aplikime praktike në bujqësi dhe industri ushqimore. Një nga përfundimet kryesore të këtij punimi është se përdorimi i teknologjisë infra të kuqe ndikon pozitivisht në mbrojtjen e mjedisit. Monitorimi i saktë i lagështisë ndihmon në përdorimin më racional të ujit, reduktimin e humbjeve ushqimore, uljen e konsumit të energjisë dhe përmirësimin e menaxhimit të burimeve natyrore. Këto përfitime e bëjnë këtë teknologji një komponent të rëndësishëm të bujqësisë moderne dhe të sistemeve të monitorimit mjedisor. Në përfundim, mund të thuhet se teknologjia infra të kuqe përfaqëson një zgjidhje të besueshme dhe perspektive për monitorimin e lagështisë. Zhvillimi i vazhdueshëm i sensorëve dhe integrimi i tyre me teknologji moderne, si Interneti i Gjërave (IoT) dhe inteligjenca artificiale (AI), pritët të rrisin edhe më tej efikasitetin dhe fushën e zbatimit të kësaj teknologjie në të ardhmen.

Conclusions

This paper addressed the use of infrared technology for monitoring humidity in environmental systems, with a focus on its applications in food products and agriculture. Based on the analysis of the scientific literature and the reviewed sources, it turns out that infrared technology represents one of the most modern and efficient methods for monitoring humidity, providing fast, accurate and real-time measurements. During the paper, the principles of operation of infrared technology, the characteristics of sensors, the calibration process, factors that affect the accuracy of measurements and the importance of data collection and analysis were analyzed. The analysis showed that the accuracy of the results depends on the regular calibration of sensors, environmental conditions and the way the equipment is used. From the comparison with traditional methods, it was noted that infrared technology offers significant advantages in terms of measurement speed, real-time monitoring and process automation. While traditional methods continue to be used as reference methods in laboratories, infrared technology is more suitable for continuous monitoring and for practical applications in agriculture and the food industry. One of the main conclusions of this paper is that the use of infrared technology has a positive impact on environmental protection. Accurate moisture monitoring helps in more rational use of water, reducing food losses, reducing energy consumption and improving natural resource management. These benefits make this technology an important component of modern agriculture and environmental monitoring systems. In conclusion, it can be said that infrared technology represents a reliable and promising solution for moisture monitoring. The continuous development of sensors and their integration with modern technologies, such as the Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI), is expected to further increase the efficiency and scope of application of this technology in the future.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Baněll, C. N., & McCash, E. M. (1994). *Fundamentals of Molecular Spectroscopy* (4th ed.). McGraë-Hill.
- [2] Burns, D. A., & Ciurczak, E. Ė. (2008). *Handbook of Near-Infrared Analysis*(3rd ed.). CRC Press.
- [3] Cen, H., & He, Y. (2007). Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends in Food Science & Technology*, 18(2), 72–83.
- [4] FAO. (2021). *The State of Food and Agriculture 2021*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [5] Jensen, J. R. (2015). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (4th ed.). Pearson.
- [6] Lillesand, T., Kiefer, R. Ė. & Chipman, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation* (7th ed.). Ėiley.
- [7] Osborne, B. G., Fearn, T., & Hindle, P. H. (1993). *Practical NIR Spectroscopy ėith Applications in Food and Beverage Analysis* (2nd ed.). Longman Scientific & Technical.
- [8] Pasquini, C. (2018). Near infrared spectroscopy: Fundamentals, practical aspects and analytical applications. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 29(12), 262–284.
- [9] Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2018). *Principles of Instrumental Analysis* (7th ed.). Cengage Learning.
- [10] Smith, B. C. (2011). *Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (2nd ed.). CRC Press.
- [11] Stenberg, B., Viscarra Rossel, R. A., Mouazen, A. M., & Ėetterlind, J. (2010). Visible and near infrared spectroscopy in soil science. *Advances in Agronomy*, 107, 163–215.
- [12] Xie, L., Ying, Y., & Ying, T. (2011). Applications of near infrared spectroscopy in agricultural products. *Food and Bioprocess Technology*, 4(8), 1237–1248.

