

UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI

**FACULTATEA DE ȘTIINȚA ȘI INGINERIA MEDIULUI
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚA MEDIULUI**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**Investigarea Contribuțiilor Agriculturii la Degradarea
Mediului Utilizând Indicatori Agro-mediu și Rolul
Alternativelor sustenabile în Transilvania, România**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC
Prof. Univ. Dr. Eng. Alexandru OZUNU

DOCTORAND:
Ionuț-Alexandru SPÂNU

Cuprins

CAPITOLUL I Introducere Generală	4
1.1 Scopul și Obiectivele Tezei de Doctorat	5
1.2 Noutatea și Relevanța Studiului.....	5
1.3 Definirea Problemei	6
1.4 Situația la Nivel Internațional	6
1.5 Situația la Nivel Național în România	7
1.6 Indicatorii Agro-Mediu ca Soluții.....	7
1.7 Lacune în Cercetare	8
1.8 Întrebări de Cercetare.....	9
1.9 Structura Tezei de Doctorat	9
 PARTEA I: Evaluarea Subiectivă a Indicatorilor Agro-Mediu	13
 CAPITOLUL II O Analiză Comparativă a Indicatorilor UE, OECD și FAO în Literatura privind Sustenabilitatea Agricolă.....	13
2.1 Cadrul pentru Sustenabilitatea Agricolă: Abordările UE, OECD și FAO	14
2.2 Metodologia de Revizuire a Literaturii	17
2.3 Puncte Tari și Slabe ale Indicatorilor Agro-Mediu în Practică	24
2.4 Spre un Cadru Global Armonizat pentru Indicatorii de Sustenabilitate Agricolă	25
 CAPITOLUL III Percepțiile Factorilor de Decizie asupra Indicatorilor Agro-Mediu ai UE 28: Evaluarea Criteriilor de Sustenabilitate	26
3.1 Introducerea Actorilor Relevanți în Sustenabilitatea Agricolă.....	26
3.2 Metodologia Utilizată pentru Evaluarea Percepțiilor Factorilor de Decizie	27
3.3 Rezultate privind Evaluarea Criteriilor de Sustenabilitate de către Factori de Decizie	28
3.4 Recomandări de Politici Bazate pe Opiniile Factorilor de Decizie	32
 PARTEA II: Evaluarea Obiectivă a Resurselor de Apă în Comunitatea Rurală din Satul Aiton utilizând Indicatorii Agro-Mediu.....	33
 CAPITOLUL IV Evaluarea Contaminării cu Nitrați și Pesticide în Satul Aiton: Integrarea Indicatorilor Agro-Mediu 27.1 și 27.2 cu Parametrii Generali de Calitate a Apei	33
4.1 Caracterizarea Zonei de Studiu.....	34
4.2 Metodologie: Proiectarea Cercetării; Colectarea și Analiza Probelor	35
4.3 Privire de Ansamblu și Semnificația Parametrilor Generali de Calitate a Apei	36

4.4 Rezultatele privind Poluarea cu Nitrați și Nitrați: Surse, Dinamica și Impactul asupra Mediului.....	42
4.5 Rezultatele privind Contaminarea cu Pesticide: Prezență, Căi de Răspândire și Implicații asupra Mediului	45
4.6 Concluzii și Implicații pentru Politica de Mediu în Satul Aiton.....	48
CAPITOLUL V Concluzii Generale și Recomandări ale Tezei.....	49
5.1 Contribuții Practice ale Tezei și Recomandări	49
5.2 Dezvoltări Viitoare ale Subiectului.....	50
5.3 Limitările Cercetării	50
REFERINȚE	52

CAPITOLUL I Introducere Generală

1.1 Scopul și Obiectivele Tezei de Doctorat

Scopul acestei teze este de a efectua o investigație cuprinzătoare a sustenabilității agricole în regiunea Transilvaniei, România, prin utilizarea Indicatorilor Agro-Mediu (IAM). Această cercetare realizează o examinare detaliată a celor 28 de IAM stabilite de Uniunea Europeană (UE) pentru a evalua relevanța și aplicabilitatea acestora în contextul practicilor agricole durabile. În plus, studiul evaluează percepțiile și opiniile principalilor actori interesați privind eficiența și utilitatea practică a acestor indicatori. Un accent deosebit se pune pe problema critică a poluării apei, în special în ceea ce privește poluarea cauzată de pesticide și nitrați. Pentru a aborda această problemă, doi indicatori agro-mediu – „Calitatea apei: Poluarea cu pesticide” și „Calitatea apei: Poluarea cu nitrați” – servesc drept puncte de focalizare pentru analiza, permițând o explorare profundă a implicațiilor acestora asupra practicilor agricole durabile din regiune. Prin adoptarea acestei abordări, teza contribuie la îmbunătățirea sustenabilității agricole în Transilvania, aliniindu-se în același timp cu obiectivele de mediu europene mai largi.

Pentru a atinge acest scop, studiul urmărește următoarele patru obiective:

1. **Primul obiectiv** este de a compara cei 28 de indicatori agro-mediu ai Uniunii Europene cu cei stabiliți de Organizația pentru Cooperare și Dezvoltare Economică (OECD) și Organizația Națiunilor Unite pentru Alimentație și Agricultură (FAO). În plus, acest obiectiv implică analiza modului în care acești indicatori sunt reflectați în literatura științifică existentă privind indicatorii agro-mediu. Astfel, a fost realizată o revizuire sistematică a literaturii pentru a evalua rolul indicatorilor agro-mediu în măsurarea sustenabilității agricole.
2. **Al doilea obiectiv** este de a examina evaluarea indicatorilor agro-mediu ai UE 28 din perspectiva diferitelor criterii de sustenabilitate. La nivel național, dezvoltarea indicatorilor, inclusiv a celor agro-mediu, se realizează adesea prin dialogul cu părțile interesate. Acest proces interactiv integrează perspectivele, valorile și specificitățile regionale ale actorilor implicați, bridând astfel decalajul dintre practicieni și cercetători care lucrează pentru sustenabilitatea agricolă. A fost utilizată o matrice de evaluare ca instrument eficient pentru a capta opiniile părților interesate privind cei 28 de indicatori agro-mediu, facilitând evaluarea acestora pe baza unor criterii predefinite.

3. **Al treilea obiectiv** se concentrează pe evaluarea concentrațiilor de nitrați în apa potabilă din satul Aiton. Această analiză utilizează Indicatorul Agro-Mediu 27.1, „Calitatea apei: Poluarea cu nitrați”, pentru a determina nivelurile de nitrați, a identifica posibilele surse de contaminare și a evalua rolul activităților agricole în poluarea cu nitrați. Această investigație oferă o înțelegere mai profundă a implicațiilor poluării cu nitrați asupra mediului și sănătății publice, oferind recomandări practice pentru îmbunătățirea siguranței apei și a practicilor agricole durabile în satul Aiton.
4. **Al patrulea obiectiv** este de a evalua potențiala contaminare a apei potabile în satul Aiton datorită utilizării pesticidelor. Această analiză utilizează indicatorul agro-mediu „Calitatea apei: Poluarea cu pesticide” pentru a cuantifica concentrațiile de pesticide, a urmări sursele posibile de contaminare și a evalua impactul practicilor agricole asupra calității apei. Prin abordarea acestei probleme, studiul identifică riscurile ecologice și de sănătate asociate cu poluarea cu pesticide și oferă perspective asupra îmbunătățirii gestionării agricole și a eforturilor de conservare a apei în regiune.

1.2 Noutatea și Relevanța Studiului

Utilizarea indicatorilor agro-mediu (IAM) pentru a evalua resursele de apă din satul Aiton, România, reprezintă o abordare nouă pentru înțelegerea conexiunii complexe dintre practicile agricole și sustenabilitatea apei. Această cercetare este deosebit de relevantă în contextul presiunilor tot mai mari asupra resurselor de apă, cauzate de cererea de produse agricole, schimbările climatice și factorii socio-economici. Aceasta este prima cercetare realizată în România care utilizează IAM pentru a evalua starea resurselor de apă. Toate celelalte studii din România au utilizat Indicele de Calitate a Ape (Frîncu, 2021; Georgescu et al., 2023; Iticescu et al., 2019; Mihali & Dippong, 2023; Sur et al., 2022; Zait et al., 2022). În plus, există un studiu care a propus o metodă viabilă și de cost redus pentru monitorizarea calității apei în zonele rurale, folosind internetul lucrurilor (Bogdan et al., 2023). Această cercetare subliniază rolul crucial al indicatorilor agro-mediu în înțelegerea și abordarea relației complexe dintre practicile agricole și sustenabilitatea resurselor de apă. Prin utilizarea inovativă a indicatorilor agro-mediu în România, teza evidențiază necesitatea unor metode noi de evaluare și gestionare a resurselor de apă în zonele rurale. Rezultatele subliniază importanța integrării abordărilor calitative și cantitative pentru a promova practici agricole durabile. Mai mult, teza oferă perspective valoroase pentru factorii de decizie politică și părțile interesate, susținând strategii țintite pentru conservarea apei și reziliența agricolă. Această lucrare îmbogățește discursul despre dezvoltarea

durabilă și stabilește un precedent pentru cercetările viitoare în domeniul sustenabilității agricole din România și din alte părți ale lumii.

1.3 Definirea Problemei

În cinci scenarii distincte, reprezentând o gamă largă de viitoare realități socio-economice plauzibile, cererea globală de alimente este estimată să crească cu 35% până la 56% între 2010 și 2050 (van Dijk et al., 2021). Mai mult, populația expusă riscului de foame se preconizează că va varia între o scădere de 91% și o creștere de 8% în aceeași perioadă (van Dijk et al., 2021). Aceste scenarii pun o presiune considerabilă asupra sistemelor alimentare globale și asupra producției agricole. Accentul tot mai mare pus pe obiectivele economice în detrimentul considerentelor de mediu și sociale a generat o nemulțumire larg răspândită față de practicile agricole tradiționale. Această schimbare a priorităților a determinat o recunoaștere din ce în ce mai mare a impacturilor negative ale metodelor convenționale, ducând la o presiune mai mare pentru adoptarea unor practici agricole mai durabile care să echilibreze obiectivele economice, de mediu și sociale (Spănu et al., 2022). În plus, aproape 47% din cetățenii României trăiesc în zone rurale, iar 40% din forța de muncă este angajată în agricultură, însă contribuția acestuia la PIB este doar de 13,4% (INS, 2021).

1.4 Situația la Nivel Internațional

Practicile agricole au numeroase implicații pentru mediu, în special în ceea ce privește sustenabilitatea la scară internațională. Intersecția dintre agricultură și problemele de mediu reprezintă o zonă de preocupare tot mai mare, în special în contextul schimbărilor climatice, epuizării resurselor și degradării ecosistemelor (Siebrecht, 2020). O înțelegere nuanțată a acestor probleme necesită examinarea impacturilor de mediu ale practicilor agricole, rolul sustenabilității și dimensiunile internaționale care modelează aceste interacțiuni.

Promovarea metodelor agricole industriale a dus la rate alarmante de degradare a solului, defrișări și pierderea biodiversității la nivel global. Agricultura convențională, care se bazează în mare măsură pe fertilizatori chimici și monoculturi, este cunoscută pentru provocarea eroziunii solului și epuizării nutrienților, reducând în cele din urmă productivitatea terenurilor și exacerbând insecuritatea alimentară (Ankamah et al., 2021; Streimikis & Baležentis, 2020). Această schimbare către practici agricole intensive este considerată un factor semnificativ care contribuie la criza ecologică actuală, deoarece aceste metode adesea neglijează echilibrul ecologic și sănătatea solului (Khan et al., 2021). Mai mult, utilizarea abuzivă a îngrășămintelor și pesticidelor poate duce la

poluarea apei și la declinul ecosistemelor locale, punând astfel în pericol calitatea apei și sănătatea publică (Balogh & Jámor, 2020).

În concluzie, problemele legate de agricultură și mediu la nivel internațional sunt în mod inerent complexe și multifacetate. Imperativul pentru sustenabilitatea agricolă globală subliniază necesitatea unei schimbări sistemice în practicile de producție, inovații tehnologice și politici internaționale colaborative. Recunoașterea rolului dublu al agriculturii ca atât factor contributiv, cât și potențială soluție pentru provocările de mediu promovează o abordare rezilientă și sustenabilă în sectorul agricol.

1.5 Situația la Nivel Național în România

Sectorul agricol din România, deși esențial pentru economia țării și securitatea alimentară, prezintă provocări semnificative pentru integritatea sa de mediu, în special în ceea ce privește resursele de apă. Practicile agricole intensive predominante în România au fost asociate cu diverse forme de contaminare a apei, extracție excesivă și modificarea ciclurilor naturale ale apei, ridicând îngrijorări cu privire la sustenabilitatea acestor metode (Popescu et al., 2021). Aplicarea îngrășămintelor și pesticidelor, deși necesară pentru creșterea randamentului culturilor, duce frecvent la scurgeri care poluează cursurile de apă și provoacă eutrofizarea. Această poluare nu doar degradează ecosistemele acvatice, dar pune în pericol și sănătatea și mijloacele de trai ale comunităților dependente de aceste resurse de apă (Ciucure et al., 2020). În căutarea productivității, practicile agricole din România adesea neglijează echilibrul delicat necesar pentru menținerea calității apei. Utilizarea excesivă a nitraților și fosfaților provenite din îngrășămintele a fost atribuită apariției algelor dăunătoare în corpurile de apă, contribuind la scăderea oxigenului și pierderea vieții acvatice (Pop et al., 2023). Ramificațiile se extind mai departe, complicând peisajul deja provocator al gestionării resurselor de apă din România, unde multe regiuni depind într-o mare măsură de aceste surse de apă pentru irigare și consum (M. Popescu et al., 2021).

1.6 Indicatorii Agro-Mediu ca Soluții

Valoarea indicatorilor agro-mediu (IAM) constă în informarea părților interesate cu privire la efectele ecologice ale practicilor agricole, ceea ce conduce la trecerea de la metodele tradiționale la cele mai durabile. Poluarea generată de activitățile de pe teren poate fi evidențiată și prin utilizarea indicatorilor agro-mediu (IAM) (Kumar et al., 2023). Mai mult, integrarea IAM în schemele politice, precum Pactul Verde al UE, demonstrează direct relevanța acestora în dezvoltarea politicilor agricole care promovează sustenabilitatea (Salvan et

al., 2022). Un beneficiu principal al IAM este că evaluarea lor holistică a sectorului agricol atrage atenția asupra sectoarelor care necesită îmbunătățiri speciale și asupra nivelurilor de responsabilitate în conformitate cu standardele de mediu (Streimikis & Baležentis, 2020).

Pe scurt, indicatorii agro-mediu sunt modalități esențiale de a evalua sustenabilitatea agriculturii. Astfel, aceștia sunt ideali pentru evaluarea impacturilor de mediu legate de ferme și pentru a ajuta sectorul agricol să găsească modalități de a atinge obiectivele de sustenabilitate. Acești instrumente sunt esențiale—nu doar pentru a evalua, ci și pentru a ghida politicile, a susține practici adecvate și a verifica dacă, în zonele rurale, obiectivele economice și de mediu sunt în conformitate între ele (Mukherjee, 2022; Sau et al., 2023).

1.7 Lacune în Cercetare

În urma revizuirii literaturii, au fost identificate lacune semnificative în adoptarea practicilor agricole durabile și în studiile de calitate a apei rurale.

- | | | | | |
|----|------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| 1. | Adoptarea | Practicilor | Agricole | Durabile |
|----|------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
- **Barierelor socioeconomice:** Este necesară o cercetare mai aprofundată asupra constrângerilor economice și sociale care împiedică fermierii să adopte practici durabile, în special în contextul fermelor mici și al agriculturii de subzistență (Barbosa Junior et al., 2022).
 - **Eficiența politicilor:** Studiile privind evaluarea eficienței pe termen lung a stimulentele guvernamentale, subvențiilor și cadrelor legislative în promovarea agriculturii durabile sunt limitate (Clune, 2021).
 - **Factori comportamentali și psihologici:** Rolul percepției fermierilor, aversiunea față de risc și atitudinile culturale în adoptarea metodelor durabile rămân insuficient studiate (Muhamadi & Boz, 2022).
 - **Adoptarea în diferite agroecosisteme:** Studiile se concentrează adesea pe regiunile temperate; este necesar mai multă cercetare în zonele aride, semi-aride și tropicale, unde impactele schimbărilor climatice pot fi diferite (Gutsche & Strassemeyer, 2007).
 - **Impactul agriculturii digitale și al fermei inteligente:** Rolul agriculturii de precizie, al inteligenței artificiale și al internetului obiectelor (IoT) în îmbunătățirea rezultatelor de sustenabilitate și în ratele de adoptare necesită o cercetare suplimentară (Kashina et al., 2022).

2. Poluarea Ape din Pesticide, Nitrați și Nitriți

- **Contaminarea pe termen lung a apelor subterane:** Sunt necesare mai multe studii privind persistența pesticidelor și a nitraților în apele subterane și impactul lor pe termen lung asupra ecologiei și sănătății (Foster & Custodio, 2019).
- **Efectele sinergice ale poluanților:** Cercetările sunt limitate în ceea ce privește efectele combinate ale pesticidelor și ale nitraților/nitriților asupra ecosistemelor acvatice și sănătății umane (Evans et al., 2019).
- **Tehnici de remediere la costuri reduse:** Este nevoie de mai multe studii privind strategii de bioremediere și fitoremediere accesibile și scalabile pentru țările în dezvoltare (Lal et al., 2016).

1.8 Întrebări de Cercetare

Întrebările de cercetare ale acestui studiu examinează rolul agriculturii durabile și al indicatorilor agro-mediu ca instrumente esențiale pentru avansarea sustenabilității agricole.

Întrebarea de Cercetare 1: „Cum se compară cele 28 de indicatori agro-mediu (IAM) ai Uniunii Europene cu cei stabiliți de OECD și FAO în evaluarea sustenabilității agricole?”

Răspuns: Obiectivul 1

Întrebarea de Cercetare 2: „Cum evaluează părțile interesate cei 28 de indicatori agro-mediu ai UE pe baza multiplelor criterii de sustenabilitate?”

Răspuns: Obiectivul 2

Întrebarea de Cercetare 3: „Care sunt sursele și impacturile contaminării cu nitrați în apa potabilă din satul Aiton?”

Răspuns: Obiectivul 3

Întrebarea de Cercetare 4: „Care este extinderea contaminării cu pesticide în apa potabilă din satul Aiton?”

Răspuns: Obiectivul 4

1.9 Structura Tezei de Doctorat

PARTEA I: Evaluarea Subiectivă a Indicatorilor Agro-Mediu

Capitolul II: O Revizuire Comparativă a Indicatorilor UE, OECD și FAO în Literatura privind Sustenabilitatea Agricolă

Acest capitol își propune să ofere o analiză comparativă detaliată a indicatorilor de sustenabilitate agricolă (IAM) utilizați de Uniunea Europeană (UE), Organizația pentru Cooperare și Dezvoltare Economică (OECD) și Organizația pentru Alimentație și Agricultură (FAO). Capitolul este împărțit în patru secțiuni principale:

- **2.1 Cadrul pentru Sustenabilitatea Agricolă: Abordările UE, OECD și FAO:** Această secțiune explorează diversele cadre și modele de evaluare a sustenabilității agricole dezvoltate de UE, OECD și FAO. Sunt evidențiate diferențele între abordările acestora, principiile de bază și modul în care aceste cadre sunt aplicate pentru evaluarea sustenabilității agricole în diverse regiuni.
- **2.2 Metodologia Revizuirii:** Aici este descrisă metodologia utilizată pentru revizuirea indicatorilor agro-mediu. Secțiunea detaliază criteriile de selecție a literaturii relevante, procesul de revizuire și abordarea analizei comparative utilizată pentru evaluarea indicatorilor propusi de UE, OECD și FAO.
- **2.3 Punctele Forte și Slăbiciunile IAM în Practică:** Această secțiune evaluează eficiența și limitările practice ale indicatorilor agro-mediu în scenariul din viața reală. Sunt examinate aplicabilitatea acestora în practicile agricole, capacitatea lor de a măsura sustenabilitatea și identificarea punctelor forte și slăbiciunilor în implementarea lor actuală.
- **2.4 Către un Cadru Global Harmonizat pentru Indicatorii de Sustenabilitate Agricolă:** Secțiunea finală discută despre necesitatea și posibilele căi de creare a unui cadru global armonizat pentru indicatorii de sustenabilitate agricolă. Se explorează cum organizațiile internaționale pot colabora pentru a asigura aplicabilitatea universală și eficiența indicatorilor în abordarea provocărilor globale de sustenabilitate.

Capitolul III: Percepțiile Părților Interesate privind cei 28 de Indicatori IAM ai UE:

Evaluarea Criteriilor de Sustenabilitate

Acest capitol se concentrează pe înțelegerea percepțiilor părților interesate cheie cu privire la criteriile de sustenabilitate utilizate în cadrul celor 28 de indicatori agro-mediu ai UE. Capitolul este organizat în următoarele subsecțiuni:

- **3.1 Introducerea Părților Interesate Relevante în Sustenabilitatea Agricolă:** Această secțiune oferă o introducere la părțile interesate cheie implicate în sustenabilitatea agricolă, cum ar fi fermierii, factorii de decizie politică, grupurile de mediu și organizațiile agricole. Sunt prezentate rolurile și interesele acestora în evaluările de sustenabilitate și influența lor asupra politicii agricole.
- **3.2 Metodologia Folosită pentru Evaluarea Percepțiilor Părților Interesate:** Aici sunt

descrie metodologiile de cercetare folosite pentru colectarea și analizarea percepțiilor părților interesate. Secțiunea detaliază metodele de sondaj, interviu sau participative utilizate pentru a obține date despre opiniile părților interesate privind criteriile de sustenabilitate ale indicatorilor agro-mediu ai UE.

- **3.3 Concluzii Cheie din Percepțiile Părților Interesate asupra Criteriilor de Sustenabilitate:** Această secțiune prezintă principalele rezultate obținute din feedback-ul părților interesate. Sunt evidențiate percepțiile și preocupările acestora privind indicatorii agro-mediu actuali și criteriile de sustenabilitate incluse, oferind perspective valoroase asupra punctelor forte și slăbiciunilor cadrelor existente.

- **3.4 Recomandări Politice Bazate pe Contribuțiile Părților Interesate:** Pe baza informațiilor colectate de la părțile interesate, această secțiune oferă recomandări politice pentru îmbunătățirea sustenabilității agricole. Se sugerează ajustări ale indicatorilor agro-mediu pentru a se alinia mai bine cu nevoile părților interesate și a spori eficiența globală a evaluării sustenabilității în sectorul agricol.

PARTEA II: Evaluarea Obiectivă a Resurselor de Apă din Comunitatea Rurală Aiton folosind Indicatorii Agro-Mediu

Capitolul IV: Evaluarea Contaminării cu Nitrați și Pesticide în Satul Aiton: Integrarea IAM 27.1 și 27.2 cu Parametrii Generali ai Calității Apelor

Acest capitol se concentrează pe evaluarea obiectivă a resurselor de apă din satul Aiton, utilizând indicatorii agro-mediu pentru a evalua nivelurile de contaminare cu nitrați și pesticide și impacturile lor asupra mediului. Capitolul este împărțit în șase subsecțiuni:

- **4.1 Caracterizarea Zonei de Studiu:** Această secțiune oferă o descriere detaliată a satului Aiton, inclusiv locația geografică, practicile agricole și resursele de apă specifice studiate. Secțiunea stabilește contextul pentru înțelegerea provocărilor ecologice cu care se confruntă comunitatea.

- **4.2 Metodologia: Designul Cercetării; Colectarea și Analiza Sămpingurilor:** Aici sunt prezentate detaliile designului cercetării pentru evaluarea calității apei, inclusiv tehnicile de prelevare a probelor din diverse surse, parametrii analizați și metodele științifice aplicate pentru interpretarea datelor.

- **4.3 Prezentare Generală și Semnificația Parametrilor Generali ai Calității Apelor:** Această secțiune discută parametrii de calitate a apei utilizați în evaluare, cum ar fi pH-ul, turbiditatea, temperatura și oxigenul dizolvat. Se subliniază semnificația acestora pentru determinarea stării generale a resurselor de apă și rolul lor în înțelegerea impacturilor posibile ale

contaminării.

• **4.4 Contaminarea cu Nitrați și Nitriți: Surse, Dinamică și Impacturi Ecologice:** Aici se discută sursele și dinamica contaminării cu nitrați și nitriți în sistemele de apă ale satului, concentrându-se pe originile acestora în activitățile agricole (utilizarea îngrășămintelor, dejecțiile animale) și implicațiile ecologice, cum ar fi eutrofizarea și perturbarea ecosistemelor.

• **4.5 Contaminarea cu Pesticide: Apariție, Căi de Răspândire și Implicații Ecologice:** Această secțiune examinează prezența contaminării cu pesticide în resursele de apă din satul Aiton. Se explorează căile prin care pesticidele ajung în sistemele de apă, cum ar fi scurgerea și levigarea, și implicațiile lor ecologice, inclusiv efectele asupra biodiversității și sănătății umane.

• **4.6 Constatări și Implicații pentru Politicile de Mediu din Satul Aiton:** Secțiunea finală prezintă concluziile principale ale studiului și discută implicațiile lor pentru politicile de mediu din satul Aiton. Se oferă recomandări pentru reducerea contaminării și îmbunătățirea managementului calității apei, bazându-se pe rezultatele evaluării utilizând indicatorii agro-mediu.

Capitolul V: Concluzii Generale și Recomandări

Capitolul de concluzie sintetizează principalele descoperiri ale tezei și oferă perspective asupra direcțiilor viitoare de cercetare și politici. Este organizat în următoarele subsecțiuni:

• **5.1 Contribuțiile Practice ale Tezei:** Această secțiune rezumă contribuțiile practice ale tezei în domeniul sustenabilității agricole și gestionării calității apei. Se explică modul în care concluziile pot fi aplicate în politica și practica reală pentru îmbunătățirea practicilor agricole și a managementului resurselor de apă.

• **5.2 Dezvoltarea Viitoare a Subiectului:** Aici sunt discutate posibilele direcții pentru cercetări viitoare în domeniu, evidențiind problemele emergente și necesitatea unui studiu suplimentar privind indicatorii de sustenabilitate agricolă, contaminarea apei și implicarea părților interesate.

• **5.3 Limitele Cercetării:** Secțiunea recunoaște limitările cercetării, inclusiv orice constrângeri în procesul de colectare a datelor, provocări metodologice sau lacune în analiză care ar fi putut afecta rezultatele.

• **5.4 Publicații și Alte Activități Științifice:** Această secțiune enumără publicațiile rezultate din cercetarea tezei și descrie alte activități științifice, cum ar fi prezentările la conferințe sau proiectele colaborative, care contribuie la discuțiile academice privind sustenabilitatea agricolă și managementul mediului.

PARTEA I: Evaluarea Subiectivă a Indicatorilor Agro-Mediu

Partea I a acestei teze este dedicată explorării dimensiunilor subiective ale Indicatorilor Agro-Mediu (IAM), concentrându-se pe evaluarea percepțiilor părților interesate și rolul pe care aceste percepții îl joacă în modelarea adoptării și eficienței acestor indicatori. O revizuire cuprinzătoare a literaturii existente pe tema IAM formează baza acestei secțiuni, oferind o viziune critică asupra cercetărilor existente și a cadrelor folosite pentru a evalua sustenabilitatea ecologică în agricultură. Această revizuire evidențiază evoluția IAM, aplicarea lor în diverse contexte agricole și provocările inerente dezvoltării unor indicatori care să rezoneze cu diferite părți interesate.

Pe lângă această revizuire, evaluarea subiectivă a IAM este explorată prin analiza percepțiilor părților interesate. Această parte a tezei examinează modul în care fermierii, factorii de decizie politică, organizațiile de mediu și alți actori cheie interpretează și prioritizează diferiți indicatori agro-mediu și cum aceste perspective influențează designul și implementarea cadrelor de sustenabilitate.

CAPITOLUL II: O Recenzie Comparativă a Indicatorilor UE, OECD și FAO în Literatura de Sustenabilitate Agricolă

Căutarea sustenabilității agricole reprezintă o prioritate globală urgentă, necesară pentru a răspunde nevoilor de securitate alimentară, conservare a mediului și stabilitate economică simultan. Factorii de decizie politică, cercetătorii și practicienii deopotrivă au căutat să măsoare și să evalueze sustenabilitatea printr-o varietate de cadre și indicatori. Printre cele mai influente instituții care contribuie la această discuție se numără Uniunea Europeană (UE), Organizația pentru Cooperare și Dezvoltare Economică (OECD) și Organizația Națiunilor Unite pentru Alimentație și Agricultură (FAO). Fiecare organizație a dezvoltat propriile seturi de indicatori, reflectând abordări metodologice diverse, priorități politice și obiective ale părților interesate. Acest capitol oferă o revizuire comparativă a acestor cadre instituționale și a indicatorilor lor de sustenabilitate. Analiza își propune să elucideze punctele comune și diferențele în abordările lor, oferind perspective asupra modului în care acești indicatori modelează politicile și practicile de sustenabilitate agricolă.

2.1 Cadre pentru Sustenabilitatea Agricolă: Abordările UE, OECD și FAO

Indicatorii joacă un rol crucial în dezvoltarea cadrelor pentru sustenabilitatea agricolă, oferind date măsurabile și cuantificabile care pot informa procesele de luare a deciziilor. Utilizarea

indicatorilor permite o evaluare sistematică a sistemelor agricole, permițând părților interesate să evalueze sustenabilitatea din diverse perspective, inclusiv factorii de mediu, economici și sociali. De exemplu, Talukder et al. subliniază că selecția indicatorilor printr-un cadru de categorii de sustenabilitate captează o gamă mai largă de aspecte din sistemele agricole, facilitând astfel o abordare sistemică a evaluării sustenabilității (Talukder et al., 2018). Această abordare este esențială deoarece permite integrarea diverselor probleme de sustenabilitate, aspect care adesea lipsește în multe dintre cadrele existente.

Indicatorii de mediu agricoli (AEIs) sunt deosebit de importanți în evaluarea eficienței Politicii Agricole Comune (PAC), care servește ca principalul cadru al UE pentru reglementarea și sprijinirea agriculturii. Prin oferirea unor informații măsurabile despre impactul mediului al practicilor agricole, AEIs permit factorilor de decizie să îmbunătățească măsurile PAC pentru a spori sustenabilitatea. Acești indicatori susțin obiective precum conservarea mediului, menținerea biodiversității și gestionarea durabilă a terenurilor. Prin monitorizarea continuă, AEIs garantează că ajustările politice se bazează pe dovezi, promovând o tranziție către sisteme de fermă mai prietenoase cu mediul. Cele 28 de AEIs acoperă diferite dimensiuni ale sustenabilității agricole, inclusiv sănătatea solului, calitatea apei, biodiversitatea și emisiile de gaze cu efect de seră. Scown și Nicholas susțin că un cadru robust de performanță este necesar pentru alinierea acestor indicatori cu Obiectivele de Dezvoltare Durabilă (ODD) (Scown & Nicholas, 2020). Această aliniere este crucială deoarece ajută factorii de decizie să înțeleagă impactul practicilor agricole asupra sustenabilității mediului și facilitează integrarea considerentelor de mediu în elaborarea politicii agricole. AEIs oferă o abordare structurată pentru a evalua cât de bine performează practicile agricole în raport cu aceste obiective, permițând intervenții țintite acolo unde este necesar. Mai mult, AEIs sunt esențiale în implementarea schemelor agri-mediu (AES), care sunt programe voluntare concepute pentru a stimula fermierii să adopte practici prietenoase cu mediul. Snoo et al. subliniază că aceste scheme joacă un rol critic în promovarea biodiversității și protecției mediului în peisajele agricole (Snoo et al., 2013). Legând stimulente financiare de realizarea unor rezultate specifice de mediu, AEIs ajută la asigurarea că fermierii sunt motivați să se angajeze în practici care beneficiază atât mediul, cât și productivitatea lor agricolă. Deoarece setul european de AEIs este principalul subiect al acestei teze, indicatorii respectivi sunt listați și definiți în Tabelul 1.

Tabelul 1: Setul de Indicatori Agri-Mediu EUROSTAT (Spănu et al., 2022)

Nr.	Indicator	Definiție
1	Angajamente agri-mediu	Acest indicator se referă la ponderea (%) a suprafeței aflate sub angajamente agri-mediu în Prioritatea 4 din totalul terenului agricol utilizat (UAA).
2	Suprafața agricolă sub Natura 2000	Indicatorul include ponderea (%) a UAA aflate sub reglementările Natura 2000.
3	Nivelul de pregătire al fermierilor și utilizarea serviciilor de consultanță agricolă	Acest indicator se referă la ponderea (%) a managerilor de ferme cu formare agricolă (formare de bază, formare completă sau manageri de ferme cu experiență practică doar).
4	Suprafața sub agricultură ecologică	Acest indicator reprezintă ponderea (%) a agriculturii ecologice din totalul UAA.
5	Consumul de îngrășăminte minerale	Consumul de îngrășăminte minerale este indicat de evoluția consumului de nutrienți azot (N) și fosfor (P) în îngrășămintele minerale utilizate în agricultură de-a lungul timpului.
6	Consumul de pesticide	Consumul de pesticide se referă la utilizarea pesticidelor pe unitatea de teren agricol. Aceste date nu sunt disponibile în prezent.
7	Irigații	Indicatorul evaluează tendința suprafețelor irigabile și irigate și ponderea lor din totalul UAA (suprafața irigabilă fiind zona echipată pentru irigații).
8	Utilizarea energiei	Indicatorul se referă la utilizarea directă a energiei (combustibili solizi, produse petroliere, gaze, electricitate, surse regenerabile, căldură) în sectorul agricol – pe hectar (ha) de teren agricol utilizat (UAA). Evaluează tendința consumului de energie pe ha și pe tipuri de combustibil.
9	Schimbarea utilizării terenului	Indicatorul evaluează schimbările în utilizarea terenului agricol.
10.1	Modele de culturi	Modelele de culturi sunt definite ca tendințele în ponderea UAA ocupată de principalele tipuri de culturi agricole (teren arabil, pașiști permanente și terenuri sub culturi permanente).
10.2	Modele de creștere a animalelor	Modelele de creștere a animalelor sunt definite ca tendințele în ponderea principalelor tipuri de animale (vacă, oi, capre, porci și păsări) și densitatea unităților de creștere a animalelor (LSU) pe terenul agricol.
11.1	Acoperirea solului	Ponderea anului în care terenul arabil este acoperit cu plante sau reziduuri de plante.
11.2	Practici de prelucrare a solului	Practicile de prelucrare a solului se referă la tratamentele solului pe terenul arabil efectuate între recoltare și următoarea semănătură/operatiune de cultivare. Se pot distinge trei metode de prelucrare a solului: prelucrare convențională, prelucrare de conservare și prelucrare zero.
11.3	Depozitarea gunoierului de grajd	Indicatorul evaluează numărul de ferme cu facilități pentru depozitarea gunoierului de grajd.

Nr.	Indicator	Definiție
12	Intensitatea agricolă	Indicatorul evaluează gradul de intensificare/extensificare a agriculturii din UE.
13	Specializarea	Specializarea fermei descrie activitatea dominantă în venitul fermei: o fermă este considerată specializată atunci când o activitate particulară generează cel puțin două treimi din producție sau dimensiunea afacerii fermei.
14	Riscul de abandon al terenurilor	Abandonul terenurilor agricole presupune oprirea activităților agricole pe o anumită suprafață de teren, ceea ce duce la schimbări nedorite în biodiversitate și servicii ecosistemice.
15	Balansul brut de azot	Indicatorul evaluează surplusul potențial de azot pe terenurile agricole (kg N pe ha pe an).
16	Riscul de poluare cu fosfor	Indicatorul evaluează surplusul potențial de fosfor pe terenurile agricole (kg P pe ha pe an).
17	Riscul de pesticide	Riscul unui pesticide este definit ca probabilitatea și severitatea unui efect negativ asupra sănătății sau mediului, ca funcție a unui pericol și a probabilității și extinderii expunerii la un pesticid, unde expunerea este concentrarea sau cantitatea de pesticide care ajunge la organismul țintă.
18	Emisii de amoniac	Acest indicator arată emisiile atmosferice anuale de amoniac în UE-28 pentru perioada 1990-2015.
19	Emisii de gaze cu efect de seră	Indicatorul urmărește tendințele emisiilor de gaze cu efect de seră (GHG) în agricultură, estimate și raportate în cadrul Convenției ONU privind Schimbările Climatice, Protocolul de la Kyoto și Decizia 525/2013/EC.
20	Abstracția de apă	Indicatorul evaluează cantitatea de apă extrasă pentru agricultură, exprimată în milioane de m ³ .
21	Eroziunea solului	Indicatorul eroziunii solului estimează zonele agricole și pajiștile naturale afectate de un anumit ritm al eroziunii solului prin apă.
22	Diversitatea genetică	Diversitatea genetică este numărul total de caracteristici genetice din genomul unei specii.
23	Terenuri agricole de valoare naturală înaltă	Conceptul de terenuri agricole de valoare naturală înaltă se referă la relația dintre anumite tipuri de activitate agricolă și rezultatele ecologice corespunzătoare, inclusiv nivele ridicate de biodiversitate și prezența habitatelor și speciilor valoroase din punct de vedere ecologic.
24	Producția de energie regenerabilă	Indicatorul evaluează ponderea (%) a producției de energie regenerabilă din agricultură și silvicultură.
25	Tendințele populației de păsări de câmp	Indicatorul arată tendințele populației de păsări de câmp.
26	Calitatea solului	Indicatorul oferă un raport despre capacitatea solului de a furniza servicii agri-mediu prin capacitatea acestuia de a-și îndeplini funcțiile și de a răspunde influențelor externe.

Nr.	Indicator	Definiție
27.1	Calitatea apei - Poluare cu nitrați	Poluarea cu nitrați este indicată de valorile și tendințele actuale ale concentrațiilor de nitrați în apă subterană și râuri, exprimate în mg NO ₃ /l pentru apă subterană și mg N/l pentru râuri.
27.2	Calitatea apei - Poluare cu pesticide	Pesticidele în apă sunt indicate prin valorile actuale, depășirile și tendințele concentrațiilor (μg/l) de pesticide selectate în râuri și ape subterane.
28	Peisaj - stare și diversitate	Indicatorul de stare și diversitate a peisajului descrie principalele caracteristici ale peisajului agricol, în termeni de structură a peisajului, influența culturală asupra vegetației naturale potențiale din cauza activităților umane și conștientizarea societății față de peisajul rural.

2.2 Metodologia de Recenzie a Literaturii

Pentru a aborda în mod complet primul obiectiv al acestei teze, a fost realizată o revizuire a literaturii referitoare la Indicatorii Agri-Mediu (AEI), dedicată măsurării sustenabilității în agricultură. Așa cum subliniază Elliott, menținerea unei revizuii sistematice și actualizate este o provocare; totuși, neîndeplinirea acestei sarcini compromise acuratețea și utilitatea revizuirii (Elliott et al., 2017). Astfel, autorii acestui studiu au realizat o căutare sistematică a literaturii relevante în principalele baze de date, inclusiv PROQUEST Central, Scopus (Elsevier), SpringerLink Journals (Springer), ScienceDirect Freedom Collection (Elsevier), Wiley Journals, Web of Science–Core Collection, Emerald Management EJournal și Reaxys, toate accesibile prin platforma Enformation. În plus, după identificarea unei lucrări, citările acesteia au fost explorate suplimentar utilizând Google Scholar.

Urmând abordarea lui Wohlin, a fost realizată o căutare de tip „snowball” pentru a asigura includerea tuturor lucrărilor relevante, aplicând criteriile de „backward snowballing” (căutarea referințelor din lucrările identificate), „forward snowballing” (căutarea lucrărilor care au citat lucrarea respectivă) și „inclusion/exclusion” (includerea/excluderea lucrărilor relevante) (Wohlin, 2014), așa cum este ilustrat în Figura 1. Căutarea în baze de date a fost realizată astfel: a vizat titlurile și rezumatele lucrărilor care conțineau fie un cuvânt cheie, fie o combinație de termeni precum „sustainability indicators” (indicatori de sustenabilitate), „farm indicators” (indicatori de fermă) și „agri-environmental indicators” (indicatori agri-mediu). Perioada de referință acoperită a fost 1992–2021, iar doar lucrările scrise în limba engleză au fost incluse.

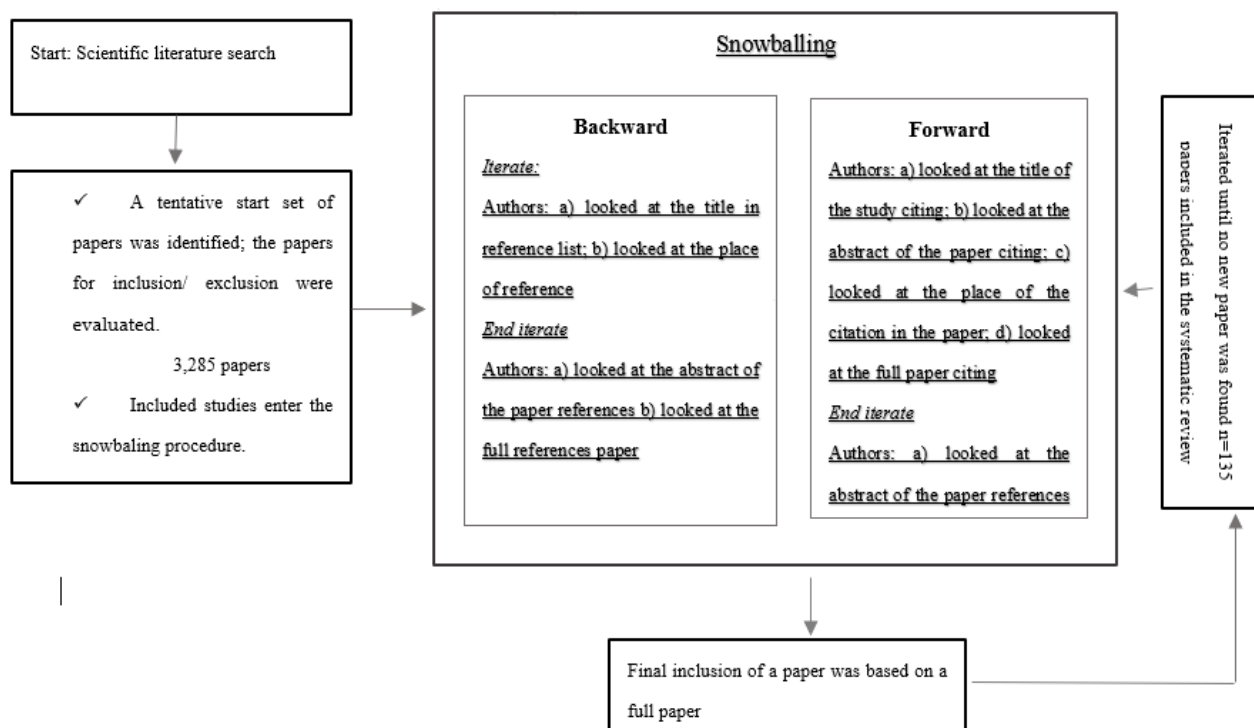


Figura 1 Procedura de snowballing. Sursa: [adaptat după (Wohlin, 2014)]

Sursa: (Spănu et al., 2022)

Căutarea inițială a generat 3.285 de lucrări, dintre care 2.029 au fost identificate ca duplicat, lăsând 1.256 de lucrări pentru o evaluare suplimentară a eligibilității. Criteriile de includere/excludere au fost următoarele:

- A. Lucrări de cercetare originale care conțin date empirice colectate prin chestionare, interviuri sau grupuri de discuție;
- B. Studii care au evaluat calitatea (punctele forte și punctele slabe) indicatorilor agri-mediu;
- C. Rapoarte elaborate pentru organizații internaționale, cum ar fi FAO sau EUROSTAT, au fost considerate relevante; (iv) lucrări care includ cel puțin trei indicatori agri-mediu; și (v) studii care integrează indicatori pentru evaluarea sustenabilității fermelor.

În plus, studiile au fost excluse dacă indicatorii agri-mediu se concentrau pe o zonă geografică definită îngust (de exemplu, un teritoriu regional mic). După aplicarea acestor criterii, 97 de lucrări au fost incluse în revizuire. Alte 38 de lucrări științifice care îndeplineau criteriile de includere au fost identificate prin snowball sampling. Ca urmare, numărul final de documente reținute pentru revizuirea sistematică a fost de 135 (Figura 2). Majoritatea studiilor selectate (68,14%) s-au concentrat pe Europa, urmate de America de Nord (16,3%), Asia (6,67%), Orientul Mijlociu (5,19%), Africa (2,22%) și America de Sud (1,48%).

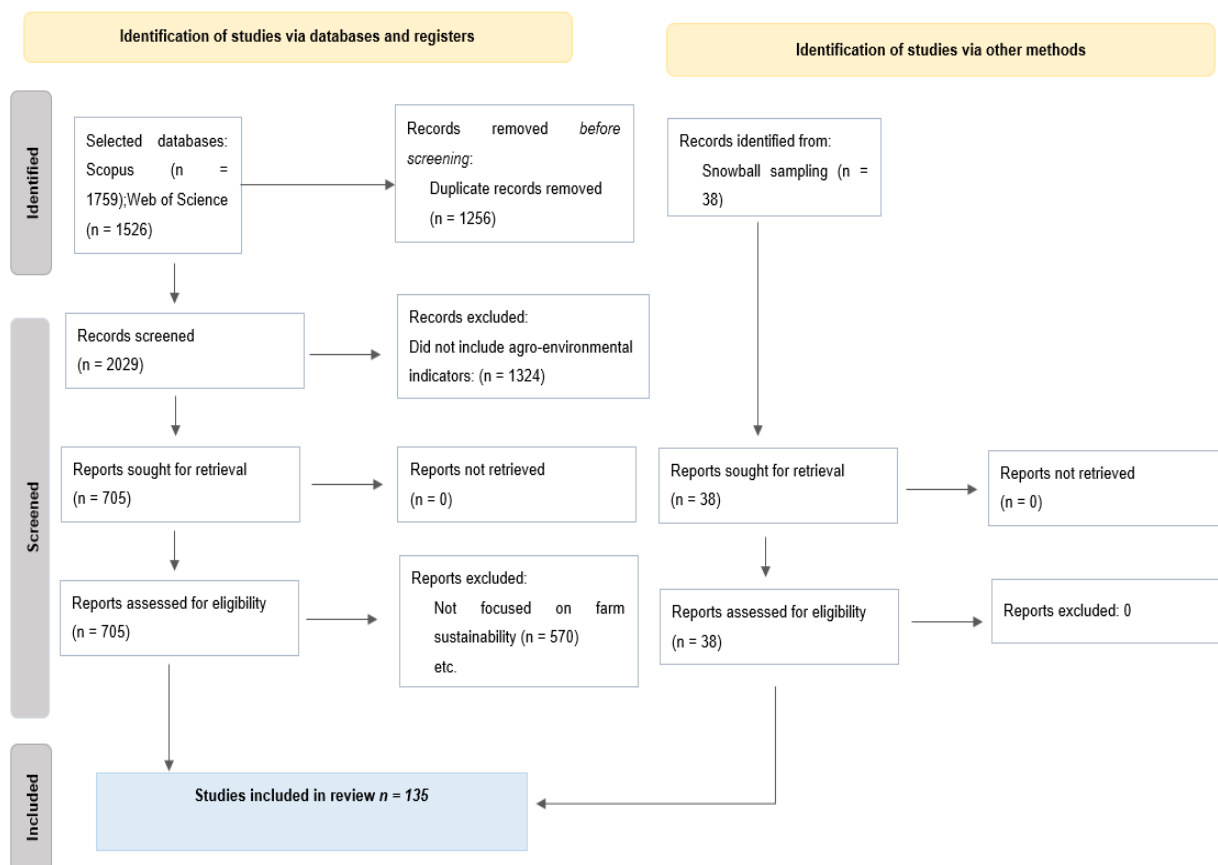


Figura 2 Diagrama fluxului procesului de căutare a literaturii. Sursa: (Spânu et al., 2022)

Această revizuire sistematică clarifică indicatorii agri-environmentali (AEIs) și reprezentarea lor în documentele strategice cheie și literatura despre sustenabilitate. În consecință, Tabelul ilustrează corespondența între setul de indicatori EUROSTAT și cele ale OECD și FAO, împreună cu literatura științifică relevantă în care aceștia sunt explicați, discutați sau analizați.

Tabelul 2: Corelarea setului de indicatori agri-mediu EUROSTAT cu indicatorii OECD, FAO și alte studii. Sursa: (Spânu et al., 2022)

No.	Eurostat Indicators	OECD Indicators	FAO Indicators	Studies
1.	Agri-environmental commitments	Not defined	Not defined	1. (Eiden et al., 2001) 2. (Ioja et al., 2016) 3. (Piorr, 2003) 4. (Buechs, 2003) 5. (Früh-Müller et al., 2019)
2.	Agricultural areas under Natura 2000	Not defined	Proportion of habitat types	1. (Eiden et al., 2001) 2. (Brunbjerg et al., 2016) 3. (Bachev et al., 2017) 4. (Pe'er et al., 2019) 5. (Klaučo et al., 2014)

3.	Agricultural training of farm managers	Farmer education	Not defined	1.(Theodoros et al., 2010) 2.(Ripoll-Bosch et al., 2012) 3.(Terres et al., 2015) 4.(David and Asamoah 2014) 5.(Pan et al., 2017)
4.	Area under organic farming	Organic farming	Not defined	1.(Brunbjerg et al., 2016) 2.(Vitunskiene & Dabkiene, 2016) 3.(Theodoros et al., 2010) 4.(Allievi et al., 2011) 5.(Maes et al., 2016) 6.(Terres et al., 2015)
5.	Mineral fertiliser consumption	Nutrient use	Total fertiliser consumption	1.(BRENTROP & PALLIERE, 2010) 2. (Hak et al., 2012) 3. (Saladini, 2018) 4. (Kubacka, M., et al, 2016) 5.(Haas et al., 2001) 6. (Gaviglio et al., 2017) 7.(Sajadian et al., 2017) 8.(Castoldi et al., 2009)
6.	Consumption of pesticides	Pesticide use	Pesticide use	1.(Moxey, A., et al, 1998) 2. (Bockstaller, C., et al, 1997) 3.(Hornsby, 1992) 4. (Kovach & et. al, 1992) 5.(Hak et al., 2012) 6. (Meul et al., 2008)
7.	Irrigation	Irrigation and water management	Irrigations	1. (Bos, 1997) 2. (Moreno-Pérez & Roldán-Cañas, 2013) 3.(Fernández et al., 2020) 4.(Pereira et al., 2012) 5. (Kharrou et al., 2013) 6. (Gómez-Limón & Sanchez-Fernandez, 2010)
8.	Energy Use	Energy use and biofuel production	Energy use per agricultural output	1. (Pervanchon & et al, 2002) 2. (Carrasquer & et al, 2016) 3. (Dalgaard et al., 2001) 4.(Mohammadi et al., 2008) 5. (Lin et al., 2017) 6. (Martins et al., 2019) 7. (Iddrisu & Bhattacharyya, 2015)

				8. (Häni et al., 2003) 9. (Pretty et al., 2008) 10. (Langeveld, 2007)
9.	Land use change	Change in agricultural land	Change in agricultural land use	1. (Jaeger, 2000) 2. (Guinée et al., 2002) 3. (Salata & Gardi, 2015) 4. (Dumanski & Pieri, 2000) 5. (Guo et al., 2013) 6. (Benini et al., 2010)
10.1	Cropping patterns	Not defined	Cropping patterns	1. (Sajadian et al., 2017) 2. (Bélanger et al., 2012) 3. (Paracchini et al., 2015) 4. (Aavik & Liira, 2009) 5. (Shahidullah et al., 2006)
10.2	Livestock patterns	Not defined	Not defined	1. (Valcour et al., 2002) 2. (Chilonda & Otte, 2006) 3. (Gaspar et al., 2009) 4. (Reed et al., 2008) 5. (Aavik & Liira, 2009)
11.1	Soil cover	Soil cover	Soil health	1. (Gómez-Limón & Sanchez-Fernandez, 2010) 2. (Reig-Martinez et al., 2011) 3. (Migliorini et al., 2018) 4. (Huffman et al., 2015) 5. (Dumanski & Pieri, 2000)
11.2	Tillage practices	Not defiend	Tillage practices	1. (Thivierge et al., 2014) 2. (Sajadian et al., 2017) 3. (Bélanger et al., 2012) 4. (Zuber et al., 2017) 5. (Telles et al., 2020)
11.3	Manure storage	Not defined	Not defined	1. (Merrill & Halverson, 2002) 2. (Paavola & Rintala, 2008) 3. (Page et al., 2015)
12.	Intensification/Extensification	Not defined	Not defined	1. (Brunbjerg et al., 2016) 2. (Gobin et al., 2004) 3. (Aavik & Liira, 2009) 4. (Dumanski & Pieri, 2000) 5. (Jan et al., 2019)

13.	Specialisation	Not defined	Not defined	1. (Gómez-Limón & Sanchez-Fernandez, 2010) 2. (Roschewitz et al., 2005) 3. (Picazo-Tadeo et al., 2011) 4. (Bojnec et al., 2014) 5. (Mollenhorst et al., 2006)
14.	Risk of land abandonment	Not defined	Not defined	1. (Gómez-Limón & Sanchez-Fernandez, 2010) 2. (Reig-Martinez et al., 2011) 3. (Terres et al., 2015) 4. (Vinogradovs et al., 2018) 5. (Perpiña Castillo et al., 2020)
15.	Gross nitrogen balance	Nitrogen balance	Not defined	1. (Meul et al., 2009) 2. (Picazo-Tadeo et al., 2011) 3. (Pretty et al., 2008) 4. (Thivierge et al., 2014) 5. (Langeveld, 2007)
16.	Risk of pollution by phosphorus	Not defined	Not defined	1. (Ouyang et al., 2012) 2. (Li et al., 2021a) 3. (Buchanan et al., 2013) 4. (Milledge et al., 2012) 5. (Brazier et al., 2005)
17.	Pesticide risk	Pesticide risk	Not defined	1. (van der Werf & Zimmer, 1998) 2. (Reus & Leendertse, 2000) 3. (Stenrød & et al., 2008) 4. (Kudsk et al., 2018) 5. (Vergucht & et al., 2007)
18	Ammonia emissions	Not defined	Not defined	1. (Qiu et al., 2007) 2. (L. Evans et al., 2018) 3. (de Boer & Cornelissen, 2002) 4. (Groenestein et al., 2019) 5. (Carew, 2010)
19	Greenhouse gas emissions	Gross agricultural greenhouse gas emissions	Emission shares	1. (Latruffe et al., 2016) 2. (Thomas et al., 2000) 3. (Sözen, et al., 2009) 4. (Zhao et al., 2012) 5. (van Grinsven et al., 2019) 6. (Roesch et al., 2021) 7. (Hak et al., 2012)

				8. (Saladini, 2018) 9. (Yli-Viikari & et al, 2007) 10. (Langeveld, 2007)
20	Water abstraction	Not defined	Proportion of renewable freshwater resources abstracted	1. (Maes et al., 2016) 2. (Vanham et al., 2018a) 3. (Henriksen et al., 2008) 4. (George et al., 2017) 5. (Vanham & Bidoglio, 2013)
21.	Soil erosion	Risk of soil erosion by water/ Risk of soil erosion by wind	Erosion control practices	1. (Zhen & Routray, 2003) 2. (Pretty et al., 2008) 3. (Maes et al., 2016) 4. (Gobin et al., 2004) 5. (Panagos et al., 2020)
22.	Genetic diversity	Genertic diversity	Not defined	1. (Zhen & Routray, 2003) 2. (Meul et al., 2008) 3. (Bonneuil et al., 2012) 4. (Huang et al., 2007) 5. (Le Clerc et al., 2006)
23	High Nature Value farmland	Not defined	Not defined	1. (Brunbjerg et al., 2016) 2. (Morelli et al., 2014) 3. (Maes et al., 2016) 4. (Strohbach et al., 2015) 5. (Paracchini et al., 2015)
24.	Production of renewable energy	Not defined	Not defined	1. (Liu, 2014) 2. (A. Evans et al., 2009) 3. (Demirtas, 2013) 4. (Dogan et al., 2021) 5. (Kuleli Pak et al., 2015)
25.	Population trends of farmland birds	Not defined	Not defined	1. (Gregory et al., 2004) 2. (Freeman et al., 2001) 3. (Gregory et al., 2019) 4. (Jerrentrup et al., 2017) 5. (Gregory et al., 2005)
26.	Soil quality	Not defined	Soil health	1. (Pretty et al., 2008) 2. (Meul et al., 2008) 3. (Bélanger et al., 2012) 4. (Maes et al., 2016) 5. (Velasquez et al., 2007)
27.1	Water Quality- Nitrate pollution	Water quality risk indicator	Not defined	1. (Langeveld, 2007) 2. (Bell & Morse, 2004)

				3. (Lacroix et al., 2006) 4. (Chica-Olmo et al., 2014) 5. (Al Kuisi et al., 2009a)
27.2	Water Quality - Pesticide pollution	Water quality risk indicator	Not defined	1. (Pretty et al., 2008) 2. (Tixier et al., 2007) 3. (Tang et al., 2021) 4. (Kookana et al., 2005) 5. (Houdart et al., 2009)
28	Landscape - state and diversity	Environmental features and land use patterns	Not defined	1. (Fry et al., 2009) 2. (Gkoltsiou et al., 2013) 3. (Kienast et al., 2015) 4. (Weinstoerffer & Girardin, 2000) 5. (Dauber et al., 2003)

2.3 Puncte forte și puncte slabe ale indicatorilor agri-mediu (AEIs) în practică

Un punct forte evident al indicatorilor agri-mediu (AEIs) este capacitatea acestora de a oferi date cuantificabile privind impacturile asupra mediului ale agriculturii. Studiile realizate de Abbou et al. (2023) subliniază importanța unei evaluări metodice a sustenabilității mediului prin indicatori care analizează utilizarea agrochimicalelor și conservarea biodiversității. Acești indicatori facilitează comparațiile între diferite sisteme agricole, permițând părților interesate să identifice cele mai bune practici. Mai mult decât atât, AEIs îmbunătățesc procesele de luare a deciziilor, oferind părților interesate o înțelegere mai clară a consecințelor ecologice ale acțiunilor lor. Safonte et al. (2021) subliniază faptul că AEIs pot sprijini eforturile comunitare pentru sustenabilitate, implicând părțile interesate locale în activitățile de monitorizare și evaluare. Această abordare participativă democratizează colectarea datelor și întărește angajamentul comunității de a atinge obiectivele de sustenabilitate. AEIs sunt, de asemenea, esențiali pentru alinierea practicilor agricole la Obiectivele de Dezvoltare Durabilă (ODD). După cum indică și Chaudhary et al. (2018), o evaluare cuprinzătoare a sistemelor alimentare folosind AEIs poate contribui semnificativ la atingerea mai multor ODD-uri.

În ciuda acestor puncte forte, AEIs prezintă și unele puncte slabe care trebuie abordate. O problemă proeminentă este adesea limitățiunea lor de scop, care poate duce la trecerea cu vederea a unor factori de mediu critici. Deși AEIs se concentrează pe aspecte specifice, precum utilizarea

pesticidelor sau sănătatea solului, ele pot să nu integreze evaluări holistice care să cuprindă interacțiuni ecologice mai largi din cadrul agroecosistemelor. Olofinnade et al. (2025) afirmă că concentrarea pe indicatori de mediu singulari poate duce la evaluări incomplete, împiedicând astfel o gestionare eficientă a mediului. În plus, selecția și interpretarea AEIs poate fi subiectivă, ceea ce poate duce la inconsistențe în prezentarea datelor. Cercetările realizate de alți autori subliniază riscurile asociate cu dependența de un set restrâns de indicatori, care pot distorsiona rezultatele evaluării și pot produce concluzii eronate (Deus et al., 2019). Această subiectivitate complică eforturile de a stabili indicatori AEI universal acceptați, îngreunând compararea performanței între diferite regiuni și sisteme agricole.

2.4 Către un cadru global armonizat pentru indicatorii de sustenabilitate agricolă

În concluzie, urmărirea unui cadru global armonizat pentru indicatorii de sustenabilitate agricolă reprezintă un pas esențial către realizarea dezvoltării durabile în sectorul agricol. Așa cum am explorat pe parcursul acestui capitol, complexitatea sustenabilității agricole necesită o abordare solidă și multidimensională, care să cuprindă considerente ecologice, economice, sociale și culturale. În prezent, absența unui sistem unificat de indicatori duce adesea la inconsistențe, interpretări greșite și eforturi fragmentate în întreaga lume și între națiuni. Un cadru global armonizat este esențial pentru a depăși aceste provocări, permițând măsurători standardizate care sunt universal aplicabile, dar și adaptabile la contextul local.

Capitolul a subliniat importanța dezvoltării indicatorilor științifici corecți, relevanți contextual și capabili să integreze diversele dimensiuni ale sustenabilității. Acești indicatori trebuie să fie capabili să urmărească progresul către obiective precum reducerea degradării mediului, asigurarea securității alimentare, promovarea unei vieți echitabile și consolidarea rezilienței în sistemele agricole. Mai mult decât atât, aceștia ar trebui să fie bazați pe principii de incluziune și transparență, asigurându-se că toți factorii interesați – de la fermieri și politicieni până la consumatori – pot accesa și interacționa cu datele.

Un cadru global armonizat pentru indicatorii de sustenabilitate agricolă nu este un ideal îndepărtat, ci un obiectiv realizabil, care necesită un efort concertat, inovație și colaborare în toate sectoarele. Prin intermediul unui astfel de cadru, vom putea măsura progresul, identifica lacunele și ghida politicile care vor modela un viitor agricol sustenabil pentru lume.

CAPITOLUL III Percepțiile părților interesate privind indicatorii de sustenabilitate agricolă (AEI) din UE 28:

Evaluarea criteriilor de sustenabilitate

Discuția începe cu o prezentare generală a rolului indicatorilor de sustenabilitate agricolă (AEI) în politica de sustenabilitate a UE, urmată de o examinare a principalelor grupuri de părți interesate și a intereselor acestora. Capitolul prezintă apoi rezultatele evaluărilor părților interesate privind criteriile AEI, cum ar fi fiabilitatea, utilizabilitatea și impactul politicii. În final, sunt abordate provocările și oportunitățile pentru îmbunătățirea implicării părților interesate în dezvoltarea și implementarea AEI. Prin această analiză, capitolul oferă perspective asupra modului în care evaluările sustenabilității pot fi rafinate pentru a se alinia mai bine cu nevoile și așteptările celor direct implicați în luarea deciziilor legate de mediu.

3.1 Introducerea părților interesate relevante în sustenabilitatea agricolă

Tabela 3 evidențiază cele trei părți interesate principale în sustenabilitatea agricolă: fermierii, factorii de decizie politică și cercetătorii în domeniul mediului, subliniind caracteristicile și rolurile acestora. O analiză mai detaliată a acestor grupuri relevă atât interdependențele, cât și posibilele conflicte în abordările lor privind sustenabilitatea.

Tabela 3 Părțile interesate relevante în agricultură Sursa: elaborare proprie

Stakeholder	Characteristics	Role in Agricultural Sustainability
Farmers	- Primary land stewards and food producers. - Range from smallholders to large-scale commercial farmers. - Influenced by economic factors, climate conditions, and policy incentives.	- Implement sustainable farming techniques (e.g., crop rotation, organic farming, precision agriculture). - Balance productivity with environmental conservation. - Provide practical insights into sustainability challenges.
Policymakers	- Government officials and regulatory bodies at national and EU levels. - Develop and enforce agricultural policies and sustainability regulations. - Balance economic growth, food security, and environmental conservation.	- Design and implement policies promoting sustainable agriculture (e.g., CAP, EU Green Deal). - Provide financial incentives and regulatory frameworks. - Ensure compliance with environmental standards and long-term sustainability goals.

Stakeholder	Characteristics	Role in Agricultural Sustainability
Environmental Researchers	- Scientists, agronomists, and ecologists specializing in sustainability. - Work in universities, research institutions, and NGOs. - Use scientific methodologies to assess and improve sustainability practices.	- Develop and refine Agri-Environmental Indicators (AEIs). - Conduct research on climate change adaptation, soil health, water conservation, and biodiversity. - Provide data-driven recommendations for farmers and policymakers.

3.2. Metodologia utilizată pentru evaluarea percepțiilor părților interesate

Pentru a aborda al doilea obiectiv al prezentei teze, și anume, a dezvălui evaluarea părților interesate asupra celor 28 de AEI-uri ale UE, matricea de evaluare a fost considerată una dintre cele mai bune metode de a cântări opiniile părților interesate despre cele 28 de indicatori agro-mediu, evaluându-le pe baza unui set de criterii definite. Mai mult, criteriile utilizate pentru evaluarea indicatorilor sunt esențiale pentru asigurarea fiabilității evaluărilor de sustenabilitate (Niemeijer & de Groot, 2008).

Cele 28 de AEI-uri au fost evaluate printr-un grup de discuție format din 15 participanți, distribuiți uniform între trei grupuri de părți interesate: fermieri (din județul Cluj, România), factori de decizie (din administrația locală din județul Cluj, România) și cercetători agro-mediu (din Facultatea de Știința și Ingineria Mediului și Facultatea de Agricultură a două universități din Cluj-Napoca, România), câte cinci reprezentanți din fiecare categorie. Participanții au fost selectați pe baza unui eșantion convenabil, iar implicarea lor a fost voluntară. Indicatorii sunt incluși în Tabelul 1.

În prima etapă, participanților li s-a cerut să voteze asupra numărului de criterii care să fie utilizate pentru evaluarea AEI-urilor, alegând o valoare între 1 și 10. Media valorii alese pe baza voturilor lor a fost de patru. De asemenea, aceștia au trebuit să stabilească dacă criteriile ar trebui să aibă greutatea egale sau variate, majoritatea alegând greutatea egale.

În etapa următoare, participanților li s-a oferit o listă cu 12 criterii esențiale (generale) derivate din revizuirea realizată de Pires et al. (Pires et al., 2020), împreună cu explicațiile semnificațiilor lor. Fiecare participant a fost apoi rugat să selecteze patru criterii de evaluare. Criteriile care au primit cel mai mare număr de voturi au fost „Disponibilitate,” „Relevanță,” „Orientare către obiective” și „Simplificare operațională.”

Aceste criterii au fost definite astfel: „Disponibilitatea” se referă la ușurința de a obține datele necesare pentru indicator la un cost rezonabil (Milman & Short, 2008; Pires et al., 2020). „Relevanța” indică cât de strâns se aliniază un indicator cu problema investigată (Pires et al., 2020). „Orientarea către obiective” înseamnă că un indicator include un prag și/sau un obiectiv pentru comparație (OCDE, 2003). În final, „Simplicitatea operațională” denotă ușurința de a gestiona și analiza indicatorul (Niemeijer & de Groot, 2008).

Fiecare indicator a fost evaluat utilizând o scală de 11 puncte (0 = performanță minimă, 10 = performanță maximă) pe baza celor patru criterii selectate. Această scală a fost aleasă pentru capacitatea sa mai mare de a diferenția între nivelurile de performanță comparativ cu scalele cu mai puține puncte. Scara de 11 puncte a fost preferată deoarece oferă o putere discriminantă mai mare decât scalele cu mai puține puncte. De asemenea, aceasta îmbunătățește analiza datelor și crește fiabilitatea rezultatelor (DeJonge et al., 2016; Scherpenzeel, 2008). Participanților li s-a cerut următoarea întrebare: „Vă rugăm să evaluați disponibilitatea următoarelor AEI-uri pe o scală de la 0 la 10”. Această cerere a fost repetată pentru fiecare criteriu. În timp ce multe dintre criterii sunt menționate în literatura despre agricultura durabilă (Bartzas & Komnitsas, 2020; de Olde et al., 2017; Marchand et al., 2014; Niemeijer & de Groot, 2008), autorul prezentei lucrări a ales să se bazeze pe lucrarea lui Pires et al. (Pires et al., 2020), deoarece aceasta oferă o sinteză cuprinzătoare a literaturii științifice și organizează criteriile în domeniul sustenabilității.

3.3. Rezultate din evaluarea părților interesate privind criteriile de sustenabilitate

Rezultatele au relevat o tendință clară, cu indicatorii „Irigații” și „Calitatea solului” primind cele mai mari evaluări generale în cadrul celor patru criterii, indicând faptul că acești indicatori au fost considerați deosebit de importanți pentru practicile agricole durabile. Acești doi indicatori au fost, în general, considerați esențiali pentru îmbunătățirea eficienței fermelor, gestionarea resurselor și sănătatea mediului, fiind foarte apreciați de părțile interesate, în special de fermieri și cercetători.

Cu toate acestea, deși „Irigațiile” și „Calitatea solului” au primit scoruri mari în general, ele au fost evaluate mult mai favorabil de fermieri și cercetători decât de factorii de decizie, care le-au atribuit scoruri comparativ scăzute, după cum se arată în Tabelul 5. Această discrepanță sugerează că factorii de decizie ar putea avea o perspectivă diferită asupra acestor indicatori. De exemplu, factorii de decizie ar putea privi practicile de irigație în contextul gestionării resurselor

și conservării apei, ceea ce ar putea fi influențat de obiectivele politice mai largi, de problemele regionale legate de lipsa apei sau de preocupările privind sustenabilitatea utilizării apei la scară largă. În mod similar, calitatea solului este o problemă crucială pentru fermieri, dar factorii de decizie ar putea să o prioriteze diferit, în funcție de politicile de mediu mai largi, de fezabilitatea economică a măsurilor de conservare a solului sau de disponibilitatea fondurilor și resurselor pentru astfel de inițiative.

Faptul că „Angajamentele agro-mediu” și „Risc de abandonare a terenurilor” au primit cele mai scăzute evaluări în rândul tuturor grupurilor de părți interesate subliniază lipsa relativă de consens asupra acestor indicatori. Deși aceștia pot fi importanți din perspectiva mediului, în special în abordarea sustenabilității agricole pe termen lung și a gestionării terenurilor, acești indicatori ar putea să nu rezoneze la fel de puternic cu preocupările imediate ale fermierilor sau factorilor de decizie. Fermierii ar putea considera angajamentele agro-mediu greu de implementat sau costisitoare, în timp ce factorii de decizie ar putea vedea riscul de abandonare a terenurilor ca o problemă mai puțin urgentă comparativ cu alte priorități politice, cum ar fi productivitatea sau atenuarea schimbărilor climatice.

Rezultatele din Figura 3 și Tabelul 5 subliniază variațiile în prioritățile părților interesate atunci când vine vorba de evaluarea indicatorilor de sustenabilitate. Aceste diferențe în evaluare pot reprezenta provocări atunci când se încearcă dezvoltarea unui cadru universal pentru sustenabilitate asupra căruia toate părțile interesate pot ajunge la un consens.

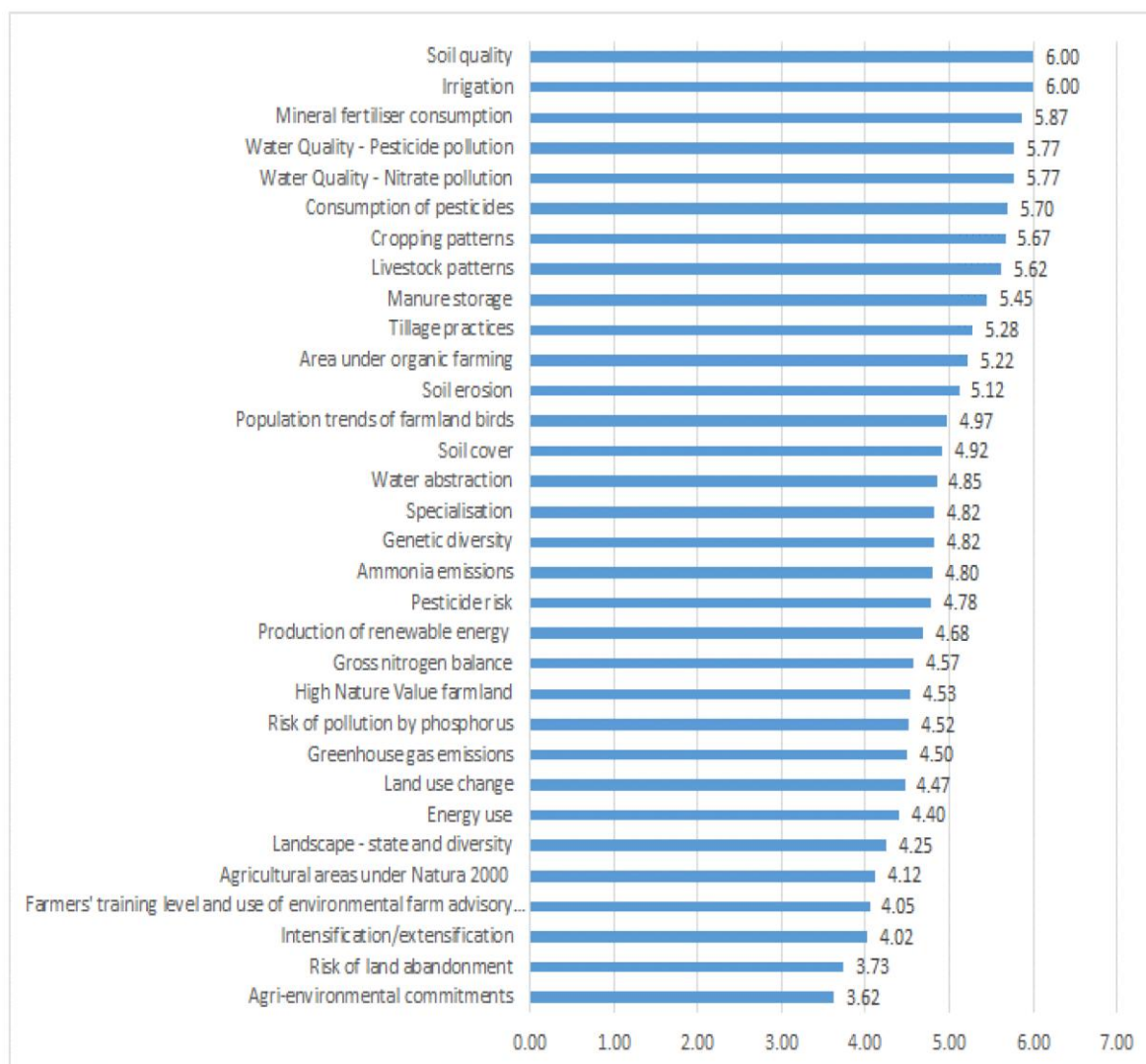


Figure 1 Indicator ranking from highest to lowest evaluation considering the average evaluation (all stakeholders and all criteria). Source: (Spânu et al., 2022)

Table 1 The assessment of each indicator by criterion and the overall average evaluation Source: (Spânu et al., 2022)

Agri-Environm. Indicators	Criteria				
	Availability*	Relevance*	Target-oriented*	Operational simplicity*	Overall evaluation*
Agri-environmental commitments	2.1	8.7	5.9	4.4	3.6
Agricultural areas under Natura 2000	4.3	8.0	6.6	4.3	4.1
Farmers' training level and use of environmental farm advisory services	2.8	8.5	6.5	6.7	4.1
Area under organic farming	4.8	9.3	6.4	9.2	5.2

Mineral fertiliser consumption	5.0	9.2	8.5	8.9	5.9
Consumption of pesticides	4.9	9.3	8.1	8.6	5.7
Irrigation	5.0	9.3	9.7	8.5	6.0
Energy use	3.6	8.1	5.4	6.9	4.4
Land use change	4.7	8.1	6.0	5.1	4.5
Cropping patterns	6.2	8.9	5.8	9.6	5.7
Livestock patterns	6.2	8.6	5.8	9.7	5.6
Soil cover	3.4	9.3	7.0	7.3	4.9
Tillage practices	4.1	9.3	6.9	8.7	5.3
Manure storage	4.0	8.7	7.5	9.4	5.5
Intensification/extensification	3.7	7.4	5.5	5.9	4.0
Specialisation	5.1	7.0	5.9	8.9	4.8
Risk of land abandonment	3.7	6.2	5.8	4.7	3.7
Gross nitrogen balance	5.2	8.1	6.9	5.8	4.6
Risk of pollution by phosphorus	4.7	7.8	6.8	4.3	4.5
Pesticide risk	5.2	8.3	5.7	6.8	4.8
Ammonia emissions	5.3	8.3	7.5	5.4	4.8
Greenhouse gas emissions	4.4	7.9	7.7	5.4	4.5
Water abstraction	4.6	9.1	7.2	6.2	4.9
Soil erosion	5.0	9.3	7.5	6.5	5.1
Genetic diversity	5.7	8.5	7.1	5.4	4.8
High Nature Value farmland	5.6	8.5	6.7	5.2	4.5
Production of renewable energy	5.3	7.2	6.9	7.2	4.7
Population trends of farmland birds	5.5	8.3	7.0	6.3	5.0
Soil quality	6.7	10.0	7.4	8.5	6.0
Water Quality - Nitrate pollution	6.1	10.0	8.0	7.5	5.8
Water Quality - Pesticide pollution	6.1	10.0	8.0	7.5	5.8
Landscape - state and diversity	4.8	7.7	5.8	5.5	4.3

* These scores were calculated by summing the evaluations for each indicator given by all participants considering one criterion and dividing the sum by the number of participants (15). ** This score was calculated by summing the evaluations for each indicator given by all participants for all criteria and dividing the sum by 60 (the number of participants × the number of criteria).

Evaluarea fiecărui indicator, realizată de cele trei grupuri de părți interesate—fermierii, factorii de decizie și cercetătorii agro-mediu—utilizând criteriile stabilite, este prezentată în Tabelul 6.

Agri-Environmental Indicators	Stakeholders		
	Farmers	Policymakers	Agri-environmental Researchers
Agri-environmental commitments	2.9	1.55	6.4
Agricultural areas under Natura 2000	2.75	2.65	6.95
Farmers' training level and use of environmental farm advisory services	2.9	1.95	7.3
Area under organic farming	5.05	2.55	8.05
Mineral fertiliser consumption	6.6	2.35	8.65
Consumption of pesticides	6.6	2.25	8.25
Irrigation	7.15	2.45	8.4
Energy use	4.7	1.8	6.7
Land use change	4.1	2.45	6.85
Cropping patterns	5.85	2.55	8.6
Livestock patterns	5.65	2.55	8.65
Soil cover	5.55	1.8	7.4
Tillage practices	6.05	2	7.8
Manure storage	6.35	2.05	7.95
Intensification/extensification	3.65	1.7	6.7
Specialisation	4.4	2.4	7.65
Risk of land abandonment	3.15	1.9	6.15
Gross nitrogen balance	2.8	2.35	8.55
Risk of pollution by phosphorus	3.35	2.1	8.1
Pesticide risk	3.65	2.3	8.4
Ammonia emissions	3.25	2.45	8.7
Greenhouse gas emissions	3.35	1.8	8.35
Water abstraction	3.85	2.1	8.6
Soil erosion	4.3	2.35	8.7
Genetic diversity	3	2.5	8.95
High Nature Value farmland	2.15	2.65	8.8
Production of renewable energy	3.2	2.3	8.55
Population trends of farmland birds	3.6	2.35	8.95
Soil quality	5.8	2.7	9.5
Water Quality - Nitrate pollution	5	2.7	9.6
Water Quality - Pesticide pollution	5	2.7	9.6
Landscape - state and diversity	2.5	2.3	7.95

*These scores were calculated by summing up the evaluations for each indicator given by the members of one group considering all criteria and dividing the sum by 20 (the number of participants in a group x the number of criteria).

Table 6 The assessment of each indicator, by stakeholder group, considering all criteria

Source: (Spănu et al., 2022)

În schimb, fermierii au arătat o tendință de a acorda scoruri mai mari indicatorilor direct legați de operațiunile agricole și infrastructura fermei, care sunt de interes imediat pentru activitățile lor zilnice. De exemplu, indicatorii precum "Irigarea" (evaluat la 7,15) și "Depozitarea gunoiului de grajd" (evaluat la 6,35) reflectă practici agricole care au un impact direct asupra productivității fermei și eficienței operaționale. Acești indicatori sunt esențiali în procesul decizional al fermierilor, deoarece aceștia se confruntă cu practici tangibile care influențează recoltele, gestionarea resurselor și controlul costurilor. În mod similar, "Consumul de îngrășămintă minerale" și "Consum de pesticide" (ambele evaluate la 6,6) sunt, de asemenea, de mare relevanță pentru fermieri, deoarece aceste practici influențează direct costurile operaționale, sănătatea culturilor și amprenta lor ecologică.

3.4 Recomandări politice pe baza feedback-ului stakeholderilor

Implementarea de succes a indicatorilor agri-ambientali (AEI) pentru promovarea practicilor agricole sustenabile depinde în mare măsură de implicarea mai multor părți interesate — fermieri, factori de decizie politică și cercetători agri-ambientali. Fiecare dintre aceste grupuri aduce perspective și priorități diferite, care trebuie luate în considerare cu atenție atunci când se dezvoltă politici ce vizează îmbunătățirea sustenabilității în agricultură. Acest document prezintă mai multe recomandări politice bazate pe inputul celor trei părți interesate cheie, cu un accent deosebit pe reducerea decalajelor dintre percepțiile lor și asigurarea unei aplicări eficiente a indicatorilor de sustenabilitate. Recomandările sunt următoarele:

- 1. Consolidarea colaborării și dialogului între părțile interesate**

Promovarea unei platforme de colaborare între fermieri, factori de decizie politică și cercetători pentru a crea un cadru de dialog continuu. Aceasta va contribui la îmbunătățirea înțelegerii reciproce și la dezvoltarea de politici mai eficiente și mai echilibrate.

- 2. Personalizarea politicilor în funcție de nevoile părților interesate**

Politicile trebuie să fie adaptate contextului local și să țină cont de particularitățile fiecărui grup de părți interesate. Fermierii trebuie să aibă acces la soluții practice și fezabile, iar

factorii de decizie politică trebuie să alinieze reglementările la nevoile și condițiile specifice fiecărei regiuni.

3. Abordarea lacunelor politice și îmbunătățirea fezabilității

Este esențial să se identifice și să se abordeze lacunele în politica actuală care pot împiedica implementarea eficientă a indicatorilor de sustenabilitate. De asemenea, trebuie să se îmbunătățească fezabilitatea aplicării acestora, prin simplificarea reglementărilor și creșterea accesului la resurse financiare și tehnice.

4. Încurajarea suportului financiar și a stimulentei

Este necesar un sistem de stimulente financiare care să recompenseze adoptarea de practici sustenabile de către fermieri. Aceste stimulente pot include subvenții pentru implementarea tehnologiilor ecologice sau pentru investițiile în infrastructura necesară unui management sustenabil al resurselor.

5. Promovarea conștientizării publice și educației

Creșterea nivelului de conștientizare publică cu privire la importanța sustenabilității în agricultură este esențială pentru succesul politicilor implementate. Educația și instruirea fermierilor cu privire la beneficiile pe termen lung ale practicilor agricole sustenabile vor contribui la schimbări comportamentale pozitive.

6. Monitorizarea, evaluarea și adaptarea

Un sistem eficient de monitorizare și evaluare a performanței indicatorilor agri-environmentali este crucial pentru a asigura succesul pe termen lung al politicilor. Acesta trebuie să permită ajustarea continuă a strategiilor pe baza datelor colectate, asigurându-se astfel că politicile rămân relevante și eficiente în timp.

PARTEA II: Evaluarea obiectivă a resurselor de apă din comunitatea rurală Aiton folosind indicatori agri-environmentali (AEIs)

Această parte începe cu o examinare a parametrilor generali ai apei, inclusiv indicatori fizici și chimici care reflectă sănătatea corpurilor de apă locale. Acești parametri sunt esențiali pentru înțelegerea stării generale a resurselor de apă din satul Aiton și pentru identificarea riscurilor potențiale pentru sănătatea umană și mediu. Analiza se concentrează apoi pe provocările specifice generate de scurgerile agricole, inclusiv reziduurile de pesticide și concentrațiile ridicate de nitrați, care sunt cunoscute pentru deteriorarea calității apei și amenințarea biodiversității. Folosind AEIs pentru a evalua acești poluanți, această parte a tezei își propune să ofere o analiză detaliată, bazată pe date, a resurselor de apă din comunitate. Evaluarea obiectivă a resurselor de

apă din satul Aiton se bazează pe o abordare sistematică ce utilizează parametri tradiționali de calitate a apei (de exemplu, turbiditate, salinitate, pH) și cele mai recente cadre de indicatori agri-environmentali.

CAPITOLUL IV: Evaluarea contaminării cu nitrați și pesticide în satul

Aiton: Integrarea AEI 27.1 și 27.2 cu parametrii generali ai calității apei

Acest capitol se concentrează pe evaluarea contaminării apei din satul Aiton cu nitrați și pesticide, două dintre cele mai frecvente și periculoase tipuri de poluare a apei în zonele rurale cu practici agricole intensive. Se utilizează indicatorii agri-environmentali AEI 27.1 (contaminarea cu nitrați) și AEI 27.2 (contaminarea cu pesticide), integrându-i cu parametrii tradiționali de calitate a apei, precum pH-ul, turbiditatea și salinitatea, pentru a obține o imagine completă a stării resurselor de apă.

Evaluarea acestor contaminanți se face printr-o metodologie riguroasă de colectare și analiză a probelor de apă din diferite locații din Aiton, în scopul de a identifica nivelurile de nitrați și pesticide și de a determina impactul acestora asupra sănătății populației și mediului înconjurător. În plus, analiza comparativă a indicatorilor agri-environmentali și a parametrilor de calitate a apei va permite identificarea corelațiilor dintre poluarea chimică și schimbările în calitatea generală a apei.

Rezultatele acestei evaluări vor contribui la o mai bună înțelegere a riscurilor legate de contaminarea cu substanțe chimice din agricultură și la dezvoltarea unor măsuri de protecție a resurselor de apă pentru comunitățile rurale.

4.1 Caracterizarea zonei de studiu

După cum se ilustrează în Figura 4, Aiton este definit geografic prin coordonatele 23°39'34" - 23°47'49" longitudine estică și 46°38'26" - 46°42'48" latitudine nordică. Suprafața totală a satului este de 52,8 km², ceea ce îl plasează sub suprafața medie a județului Cluj și a României în general. La nivel de județ, Aiton se clasează pe locul 69 din 80 de comune, având o dimensiune medie a comunei de 82 km². La nivel național, unde dimensiunea medie a comunei este de 74,9 km², Aiton se află pe locul 3.182 din 4.010 comune (STRATEGIA DE DEZVOLTARE A COMUNEI AITON 2014-2050, 2014). În ciuda dimensiunii sale relativ mici, Aiton joacă un rol important în peisajul agricol al regiunii, contribuind la producția locală de alimente și menținând practici agricole tradiționale. Poziția sa

geografică în cadrul Munților Apuseni influențează potențialul său agricol și ecologic, făcându-l un studiu de caz relevant pentru evaluarea impactului contaminării cu nitrați și pesticide asupra surselor de apă din zonele rurale.

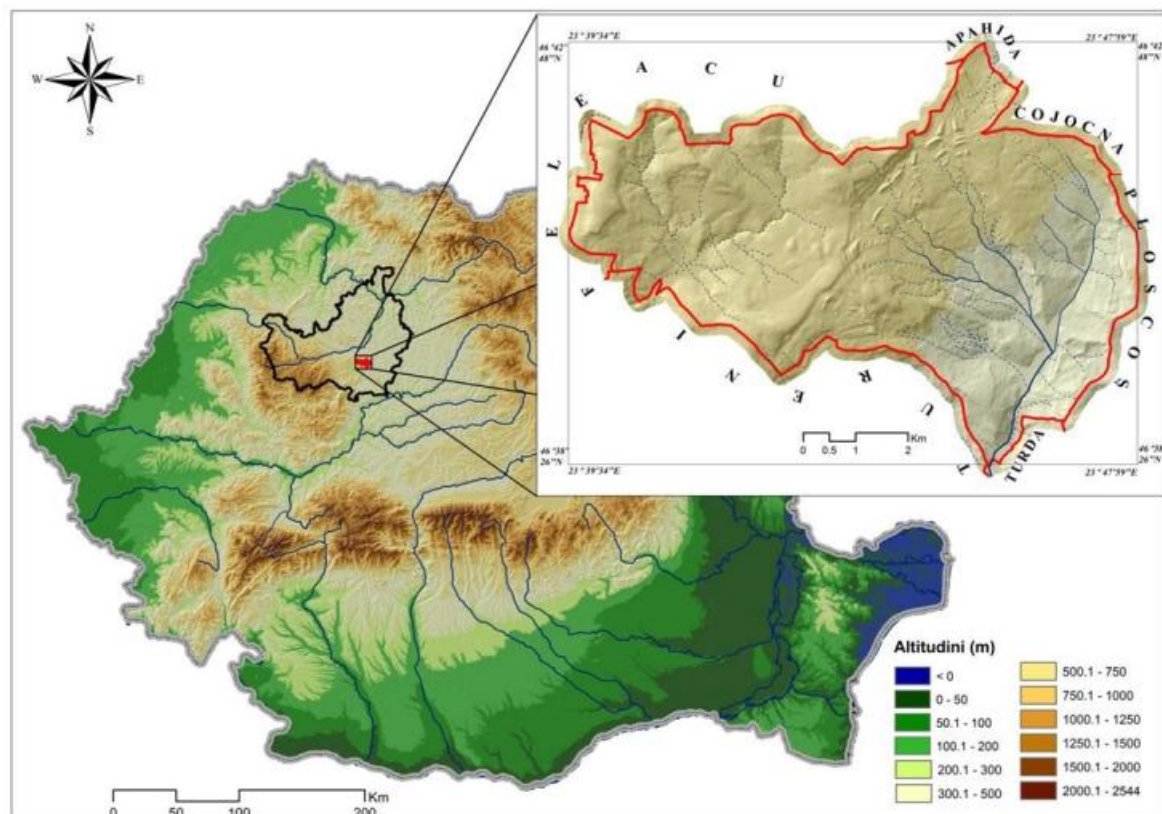


Figure 2 The location at national and county level of the commune of Aiton. Source: Aiton Municipality Development Strategy 2014-2050 (2014).

După cum se ilustrează în Figura 5, rețeaua hidrografică a Comunei Aiton este relativ rarefiată. Comuna este alcătuită din două sate, Aiton și Rediu, care împărtășesc caracteristici hidrologice similare.

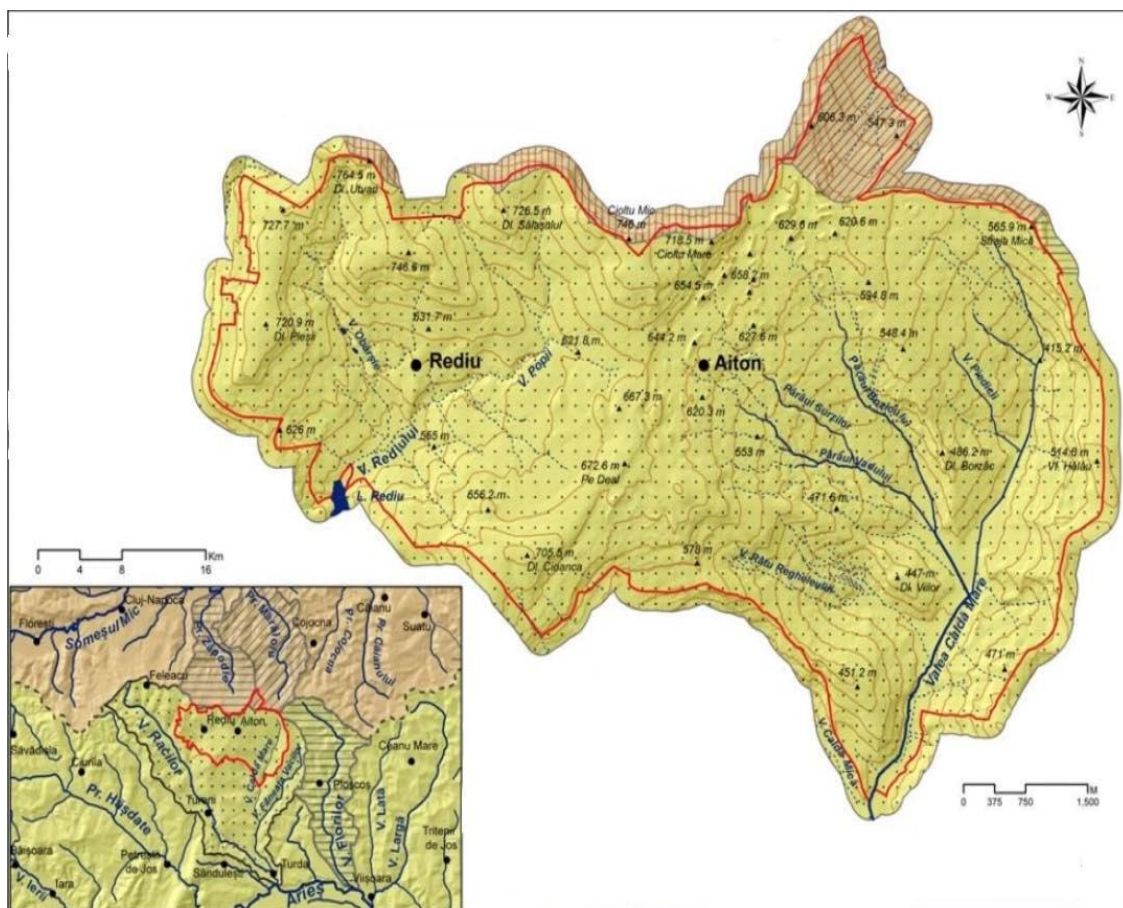


Figure 3 Hydrographic network of Aiton commune. Source: Aiton Municipality Development Strategy 2014-2050 (2014)

4.2 Metodologie: Designul cercetării; colectarea și analiza probelor

Pentru a evalua și analiza calitatea resurselor de apă din satul Aiton, au fost colectate un total de 40 de probe de apă. Acestea au inclus 37 de probe din fântâni locale, reprezentând un subset din cele 115 fântâni totale din sat, și 3 probe din pârâuri din apropiere. Procesul de eșantionare a urmat metodologia standardizată descrisă în ISO 5667-5:2006 (ISO/TC 147/SC 6, n.d.), asigurând o abordare riguroasă și sistematică pentru evaluarea calității apei. Înainte de a începe campania de colectare a probelor de apă în satul Aiton, a fost utilizată o abordare sistematică pentru a desemna locațiile precise de eșantionare. Pentru a obține o selecție bine distribuită și științific riguroasă a locurilor de eșantionare, a fost utilizat Google Earth pentru a predefini punctele de eșantionare, asigurând o acoperire spațială completă a surselor de apă ale satului. Locațiile desemnate pentru eșantionare sunt ilustrate în Figura 6.

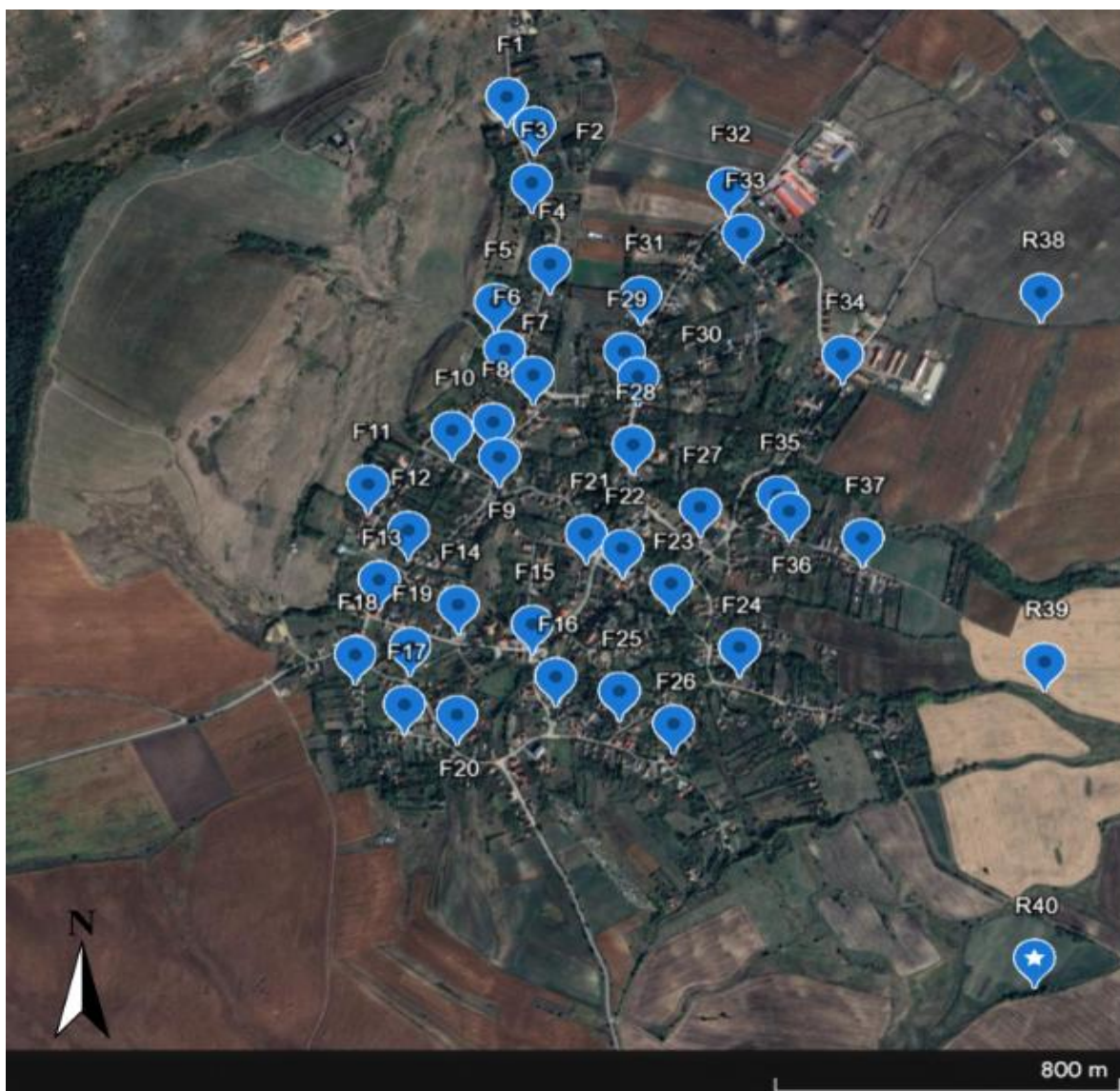


Figure 4 Sampling area. Source: (Spănu et al., 2024)

4.3 Prezentare generală și semnificația parametrilor generali ai calității apei

Apa este o resursă esențială pentru viață, având un impact semnificativ asupra sănătății publice, sustenabilității mediului și dezvoltării socio-economice. Având în vedere importanța sa critică, evaluarea calității apei prin intermediul diferitelor parametri este esențială. Această lucrare își propune să exploreze principalii parametri de calitate a apei, care includ pH-ul, Potențialul de Oxidoreducere (ORP), Conductivitatea Electrică (EC), Solidele Totale Dizolvate (TDS), Salinitatea, Concentrația de Fier, Clorul, Nitriții (NO_2^-), Nitrații (NO_3^-) și Sulfatii (SO_4^{2-}). Fiecare dintre acești parametri servește drept indicator al calității apei și influențează potabilitatea surselor de apă; înțelegerea interacțiunilor și impactului lor este crucială pentru o gestionare eficientă a apei. Tabelul 7 evidențiază fiecare parametru împreună cu sursele sale agricole potențiale și legătura acestora cu contaminarea apei în zonele rurale sau agricole.

Table 7 General water quality parameters description and possible sources of contamination Source: author's elaboration

Water Quality Parameter	Description	Possible Agricultural Sources of Contamination
pH	Measures the acidity or alkalinity of water.	Fertilizer runoff, agricultural chemicals, and manure can affect pH levels.
Oxidation-Reduction Potential (ORP)	Indicates the water's ability to oxidize or reduce substances.	Fertilizer runoff, particularly nitrogen fertilizers, and organic matter decomposition.
Electrical Conductivity (EC)	Measures the water's ability to conduct electricity, indicating ion concentration.	High mineral content from fertilizers and saline irrigation water.
Total Dissolved Solids (TDS)	Total concentration of dissolved substances in water.	Fertilizers, pesticides, and organic waste from agricultural runoff.
Salinity	Measures the salt concentration in water.	Irrigation with saline water, fertilizer application, and runoff from salt-affected soils.
Iron Concentration	Measures the amount of iron in water, which can cause staining and affect taste.	Use of iron-rich fertilizers, runoff from iron-rich soils, and livestock waste.
Chlorine	The concentration of chlorine, often used in water disinfection.	Chlorine used in irrigation systems or water treatment may leach into water sources.

Water Quality Parameter	Description	Possible Agricultural Sources of Contamination
Nitrites (NO_2^-)	Nitrites, which can be toxic at high levels, are intermediate products of nitrogenous fertilizers.	Overuse of nitrogen-based fertilizers, manure runoff, and contaminated irrigation water.
Nitrates (NO_3^-)	Nitrates are a common by-product of fertilizer decomposition.	Excessive application of nitrogen-based fertilizers, manure runoff, and irrigation with contaminated water.
Sulphates (SO_4^{2-})	Presence of sulfate compounds can cause water hardness.	Use of sulfate-based fertilizers (e.g., ammonium sulfate), runoff from agricultural fields, and irrigation water.

Figura 7 prezintă rezultatele de laborator ale pH-ului pentru probele colectate din satul Aiton.

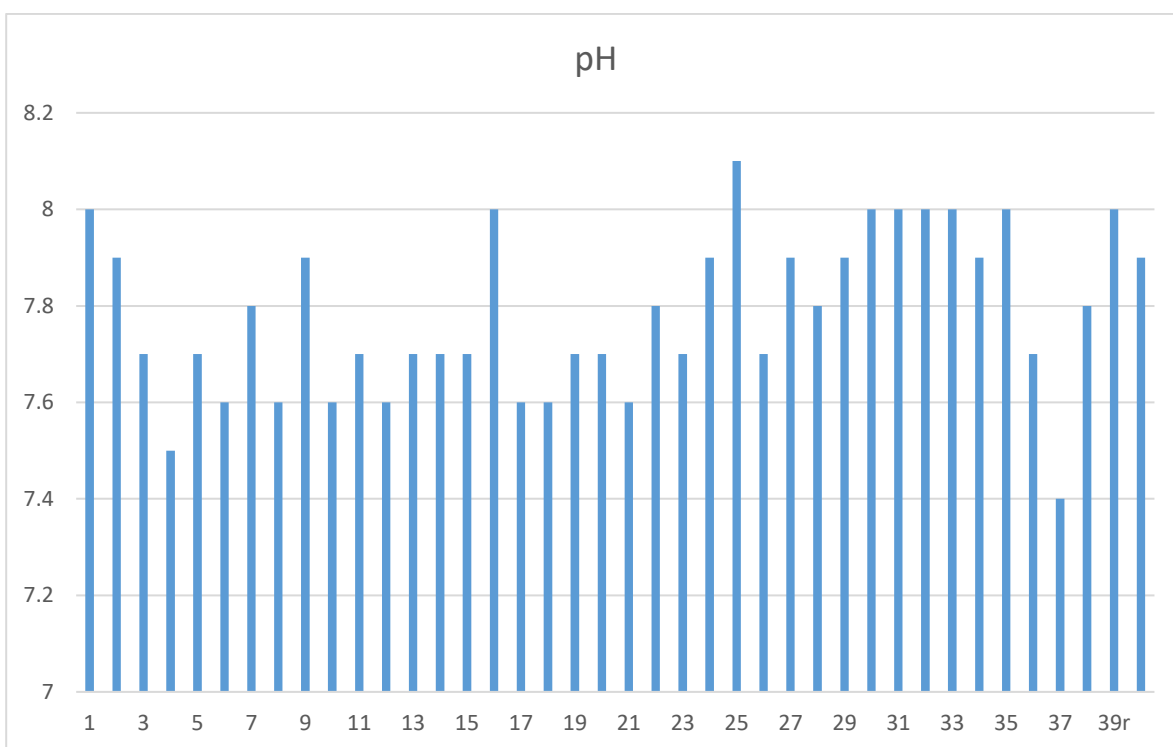


Figure 5 pH values from Aiton village. Source: author's elaboration

Valorile pH observate se situează în general între 7,2 și 8,1, indicând faptul că apa este ușor alcalină. Unele probe ating sau depășesc un pH de 8,0, în timp ce cea mai mică valoare înregistrată este puțin peste 7,2. Niciuna dintre probe nu se află sub un pH neutru de 7,0, confirmând că apa nu este acidă. Există o variație moderată a valorilor pH între probe, unele dintre acestea având o alcalinitate ușor mai ridicată.

Figura 8 prezintă rezultatele de laborator ale ORP pentru probele colectate din satul Aiton.

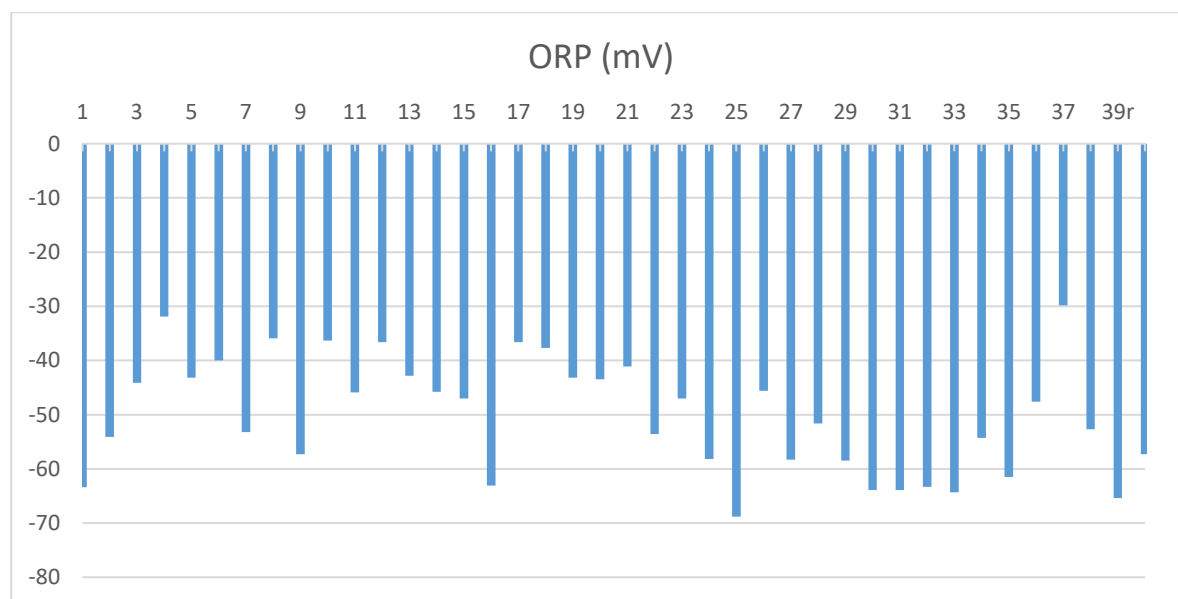


Figure 6 ORP values form Aiton village. Source: author's elaboration

Graficul prezintă valorile Potențialului de Oxidare-Reducere (ORP) în milivolți (mV) pentru cele 40 de probe de apă. Axă x reprezintă numerele probelor de la 1 la 40, în timp ce axă y arată valorile ORP, care variază aproximativ între 0 mV și -70 mV.

Figura 13 prezintă rezultatele de laborator ale concentrației de clor pentru probele colectate din satul Aiton.

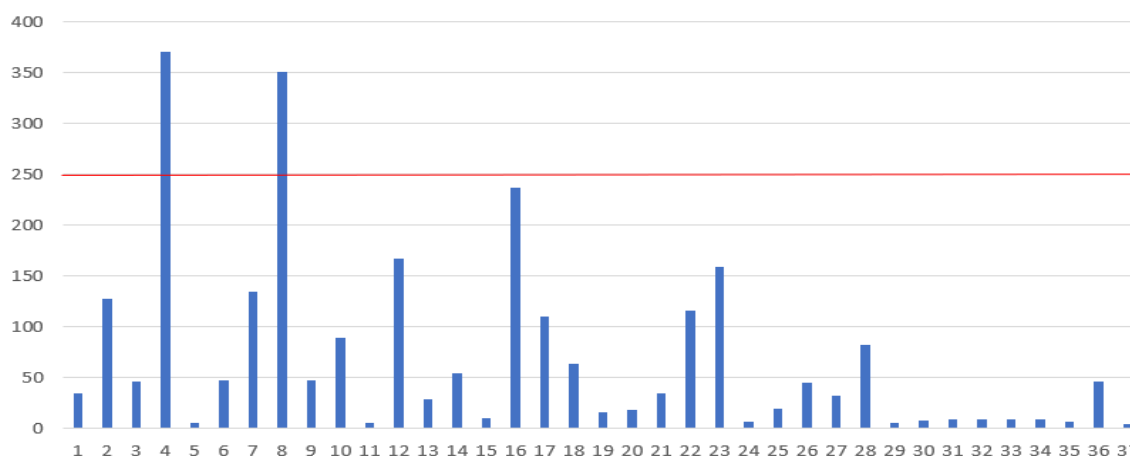


Figure 7 Chlorine concentration (mg L⁻¹) in collected water samples (wells). Note: the red line represents the maximum allowable limit stated by law. Source: (Spănu et al., 2024)

Concentrațiile de clorură variază semnificativ între diferite puncte de probă, unele probe prezentând vârfuri mari de peste 350 mg/l, în timp ce multe altele rămân sub 50 mg/l. Vârfuri notabile apar la probele 4, 8, 16 și 23, cu cea mai mare concentrație de clorură înregistrată atingând aproximativ 370 mg/l. Alte vârfuri moderate sunt prezente în probele 7, 17, 22, 28 și 39. În contrast, multe puncte de probă, în special în partea finală a setului de date (probele 30–40), arată concentrații foarte scăzute de clorură, adesea apropiate de zero.

4.4 Rezultatele poluării cu nitrați și nitriți: surse, dinamica și impactul asupra mediului

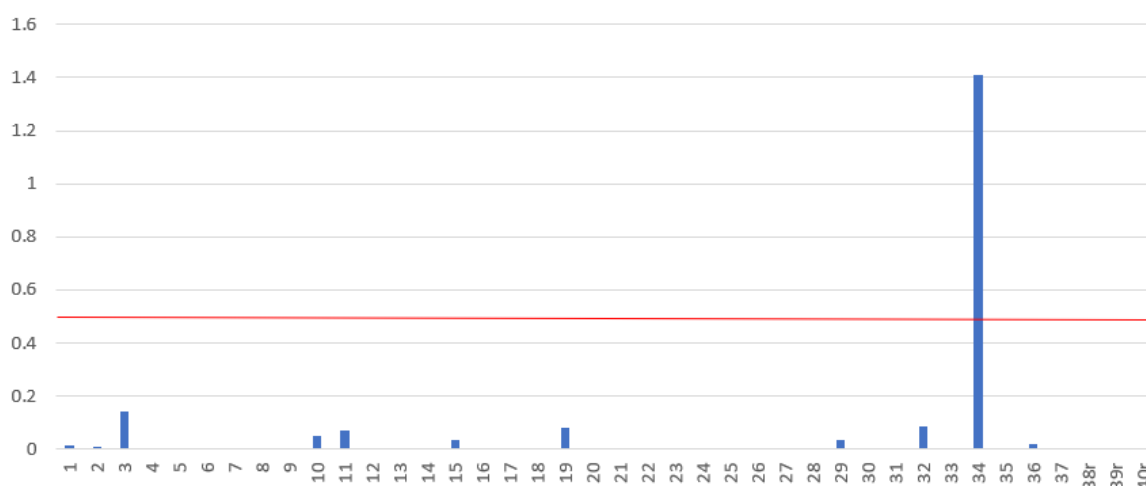


Figure 8 Nitrites concentration (mg L⁻¹) in collected water samples (wells + streams). Note: the red line represents the maximum allowable limit stated by law. Source: (Spănu et al., 2024)

Concentrațiile de nitriți (NO₂⁻) în majoritatea punctelor de probă sunt foarte scăzute sau neglijabile, majoritatea valorilor rămânând sub 0,2 mg/l. Totuși, o creștere bruscă (~1,4 mg/l) la proba 34 se evidențiază ca un punct izolat clar, indicând o contaminare localizată mai degrabă

decât o problemă răspândită. Se observă fluctuații minore în probele 3, 11, 19 și 33, dar acestea rămân relativ scăzute.

Mai mulți factori ar putea contribui la această variabilitate. În mod natural, nitritul este rar în apă datorită instabilității sale; de obicei, se oxidează la nitrați (NO_3^-) sau se reduce la amoniac (NH_3). Totuși, activitățile umane pot introduce contaminare cu nitriți. Creșterea bruscă la proba 34 poate fi atribuită contaminării cu ape uzate, scurgerilor agricole (din îngrășăminte sau deșeuri animale), descărcărilor industriale sau descompunerii materiei organice.

Figure 15 prezintă concentrațiile de nitrați în probele colectate din satul Aiton.

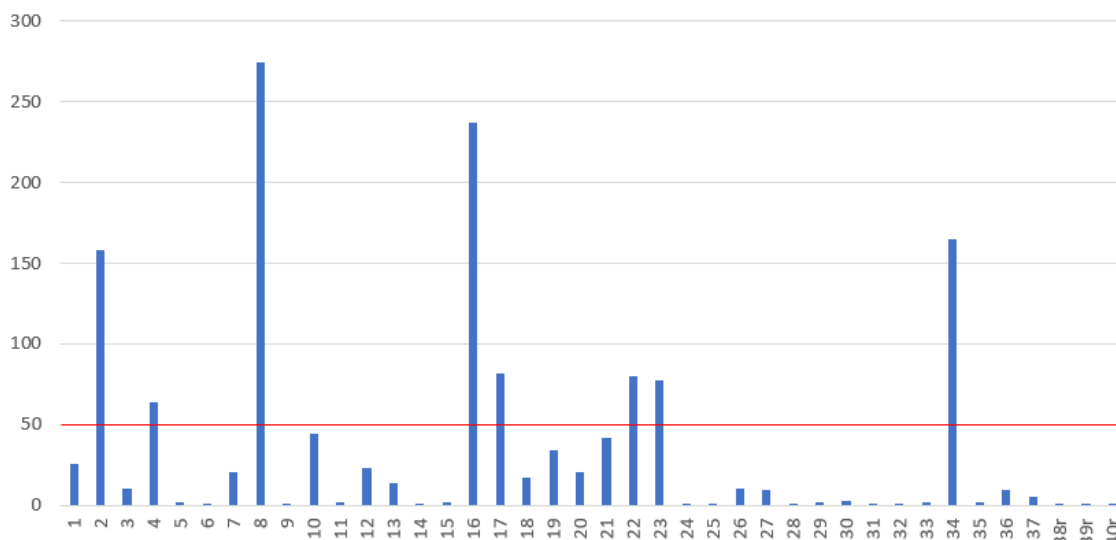


Figure 9 Nitrates concentration (mg L⁻¹) in collected water samples (wells + streams). Note: the red line represents the maximum allowable limit stated by law. Source: (Spănu et al., 2024)

Nivelurile de nitrați (NO_3^-) variază semnificativ între mostre, unele dintre ele având concentrații foarte scăzute, în timp ce altele ating nivele extrem de ridicate. Vârfuri notabile apar în mostrele 2, 8, 16 și 34, cu concentrații ce ajung până la aproximativ 270 mg/l. Alte vârfuri moderate sunt observate în mostrele 9, 22 și 33, unde nivelele depășesc 100 mg/l. În schimb, mai multe mostre au concentrații de nitrați apropiate de zero sau foarte minime. Nivelurile ridicate de nitrați provin adesea din scurgerile agricole, deoarece îngrășămintele contribuie semnificativ la poluarea cu nitrați. Scurgerile din sistemele de drenaj, dejecțiile de animale și apele uzate netratate pot, de asemenea, introduce nitrați în sursele de apă. În plus, anumite industrii pot deversa deșeuri care conțin nitrați, ceea ce duce la contaminare.

Figura 16 prezintă concentrațiile de sulfați în mostrele colectate din satul Aiton.

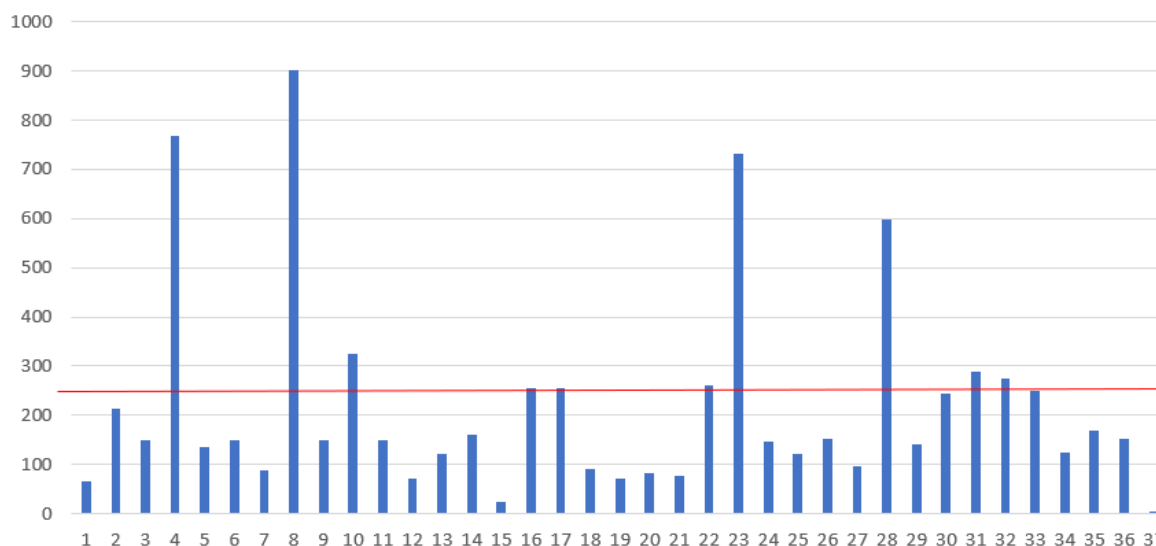


Figure 10 Sulphates concentration (mg L⁻¹) in the collected water samples (wells). Note: the red line represents the maximum allowable limit stated by law. Source: (Spănu et al., 2024)

Nivelurile de sulfați fluctuează semnificativ între mostre, unele având concentrații foarte scăzute, în timp ce altele prezintă nivele extrem de ridicate, depășind 900 mg/l. Concentrații mari de sulfați sunt observate în mostrele 3, 8, 23 și 28, cu mostra 8 atingând aproximativ 900 mg/l. Vârfuri moderate sunt găsite în mostrele 10, 22, 30, 31 și 39, în timp ce multe mostre prezintă nivele de sulfați între 100 și 300 mg/l, indicând concentrații moderat constante. Nivelurile ridicate de sulfați pot proveni din mai multe surse. Deversările industriale, în special din minerit, tăbăcerii și industriei chimice, reprezintă un factor semnificativ. Scurgerile agricole, inclusiv îngrășămintele și pesticidele, pot duce și ele la contaminarea cu sulfați. În unele zone, nivelurile naturale de sulfați sunt ridicate datorită formațiunilor geologice. Analiza mostrelor de apă din pâruri provenite din diverse locații a arătat nivele constant ridicate de sulfați, un rezultat reprezentat vizual în Figura 17. Concentrațiile de sulfați au depășit pragurile de referință în toate mostrele, sugerând o contaminare posibilă din surse naturale sau antropogene, cum ar fi deversările industriale, scurgerile agricole sau eroziunea geologică a mineralelor ce conțin sulfați.

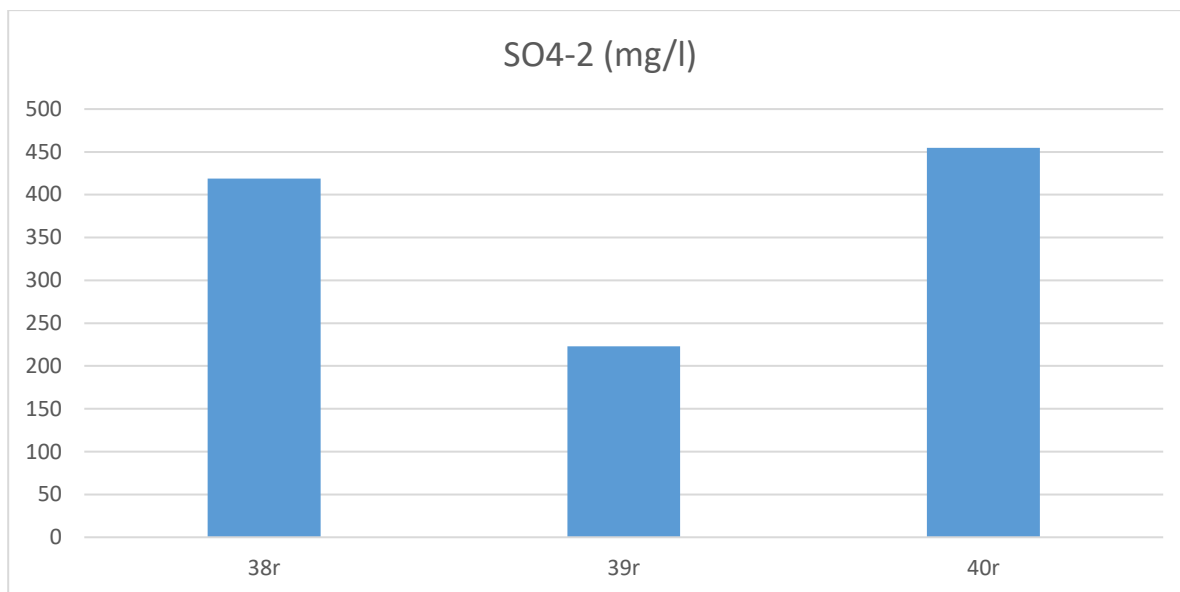


Figure 11 Sulphates concentration (mg L⁻¹) in the collected water samples (streams). Source: (Spănu et al., 2024)

4.5 Rezultatele Contaminării cu Pesticide: Apariție, Căi de Transport și Implicații pentru Mediu

Având în vedere activitățile agricole semnificative din comuna Aiton, în special cele din apropierea zonelor rezidențiale, studiul și-a extins aria de cercetare pentru a examina poluarea cu nitrați și cele 33 de compuși pesticide detectați în mostrele de apă prelevate din fântâni și râuri. Acești compuși, împreună cu numerele lor de înregistrare CAS (Chemical Abstract Service), denumirile științifice și formulele lor moleculare sunt detaliate în Tabelul 6.

Table 2 PEST Chemical compounds analyzed. Source: (Spănu et al., 2024)

<i>Chemical compound</i>	<i>Scientific name</i>	<i>Molecular formula</i>	<i>CAS No.</i>
Alfa - HCH	Alpha-Hexachlorocyclohexane	C ₆ H ₆ Cl ₆	86194-41-4
Beta - HCH	Beta-Hexachlorocyclohexane	ClCH(CHCl) ₄ CHCl	319-84-6
Gama - HCH	Gamma-Hexachlorocyclohexane	C ₆ H ₆ Cl ₆	104215-85-2
Delta - HCH	Delta-Hexachlorocyclohexane	C ₆ H ₆ Cl ₆	319-86-8
Epsilon-HCH	Epsilon-Hexachlorocyclohexane	C ₆ H ₆ Cl ₆	6108-10-7
Pentachloronitrobenzene	Pentachloronitrobenzene	C ₆ Cl ₅ NO ₂	82-68-8
Aldrin	Aldrin	C ₁₂ H ₈ Cl ₆	309-00-2
Dieldrin	Dieldrin	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O	60-57-1
Heptachlor	Heptachlor	C ₁₀ H ₅ Cl ₇	76-44-8
Heptachlor epoxide beta	Heptachlor epoxide	C ₁₀ H ₅ Cl ₇ O	1024-57-3

Heptachlor epoxide alfa	Heptachlor epoxide	C ₁₀ H ₅ Cl ₇ O	1024-57-9
beta-Endosulfan	Beta-Endosulfan	C ₉ H ₆ Cl ₆ O ₃ S	959-98-8
alpha-Endosulfan	Alpha-Endosulfan	C ₉ H ₆ Cl ₆ O ₃ S	959-98-8
2,4'-DDE	Dichlorodiphenyldichloroethylene	C ₁₄ H ₈ Cl ₄	3424-82-6
4,4'-DDE	4,4'- Dichlorodiphenyldichloroethylene	C ₁₄ H ₈ Cl ₄	72-55-9
2,4'-DDD	Dichlorodiphenyldichloroethane	C ₁₄ H ₁₀ Cl ₄	72-54-8
4,4'-DDD	Dichlorodiphenyldichloroethane	C ₁₄ H ₁₀ Cl ₄	72-54-8
2,4'-DDT	Isomer of dichlorodiphenyltrichloroethane	C ₁₄ H ₉ Cl ₅	789-02-6
4,4'-DDT	Dichlorodiphenyltrichloroethane	C ₁₄ H ₉ Cl ₅	104215-84-1
PCB 28	2,4,4'-Trichlorobiphenyl	C ₁₂ H ₇ Cl ₃	7012-37-5
PCB 52	2,2',5,5'-Tetrachlorobiphenyl	C ₁₂ H ₆ Cl ₄	35693-99-3
PCB 101	2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl	C ₁₂ H ₅ Cl ₅	37680-73-2
PCB 138	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl	C ₁₂ H ₄ Cl ₆	35065-28-2
PCB 153	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl	C ₁₂ H ₄ Cl ₆	35065-27-1
PCB 180	2,2',3,4,4',5,5'- Heptachlorobiphenyl	C ₁₂ H ₃ Cl ₇	35065-29-3
PCB194	2,2',3,3',4,4',5,5'- Octachlorobiphenyl	C ₁₂ H ₂ Cl ₈	35694-08-7
1,2,3-triclorbenzene	Vic-Trichlorobenzene	C ₆ H ₃ Cl ₃	87-61-6
1,2,4-tridorbenzene	1,2,4-Benzenetriol	C ₆ H ₆ O ₃	33-73-3
1,3,5-tridorbenzene	1,3,5-Tris(bromomethyl)benzene	C ₉ H ₉ Br ₃	18226-42-1
1,2,3,5 - tetraclorbenzene	1,2,3,5-Tetrahydroxybenzene	C ₆ H ₆ O ₄	634-94-6
1,2,3,4 - tetraclorbenzene	1,2,3,4-Benzenetetrol	C ₆ H ₆ O ₄	642-96-6
1,2,4,5 - tetraclorbenzene	1,2,4,5-Tetraisopropylbenzene	C ₁₈ H ₃₀	635-11-0
Pentadorbenzene	3-phenylpentadiene	C ₁₁ H ₁₂	37580-41-9

Note: CAS = Chemical Abstract Service.

Figura 18 prezintă suma pesticidelor din mostrele de apă din fântâni colectate în comuna Aiton.

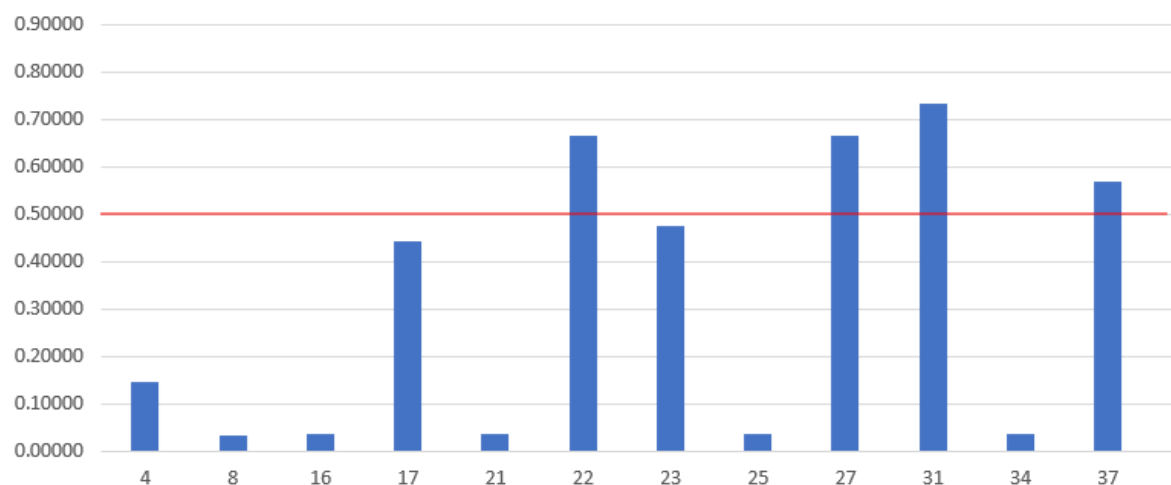


Figure 12 Total of pesticides ($\mu\text{g L}^{-1}$) found in the wells water. Note: the red line represents the maximum allowable limit stated by law. Source: (Spănu et al., 2024)

Analiza de laborator a relevat că concentrația totală de pesticide a depășit limita maximă permisă în 4 din cele 37 de fântâni sau mostre, ceea ce reprezintă aproximativ 10,8% din mostrele testate. Acest rezultat indică faptul că, deși o mică proporție din mostre depășește pragurile reglementate, majoritatea – 33 din 37 de mostre (89,2%) – rămân în limitele permise. Aceasta sugerează că, în general, majoritatea fântânilor sau mostrelor respectă reglementările stabilite privind pesticidele, reflectând o tendință pozitivă în calitatea apei.

În Figura 19 se poate observa că, într-unul dintre râuri, suma pesticidelor a depășit limita maximă permisă.

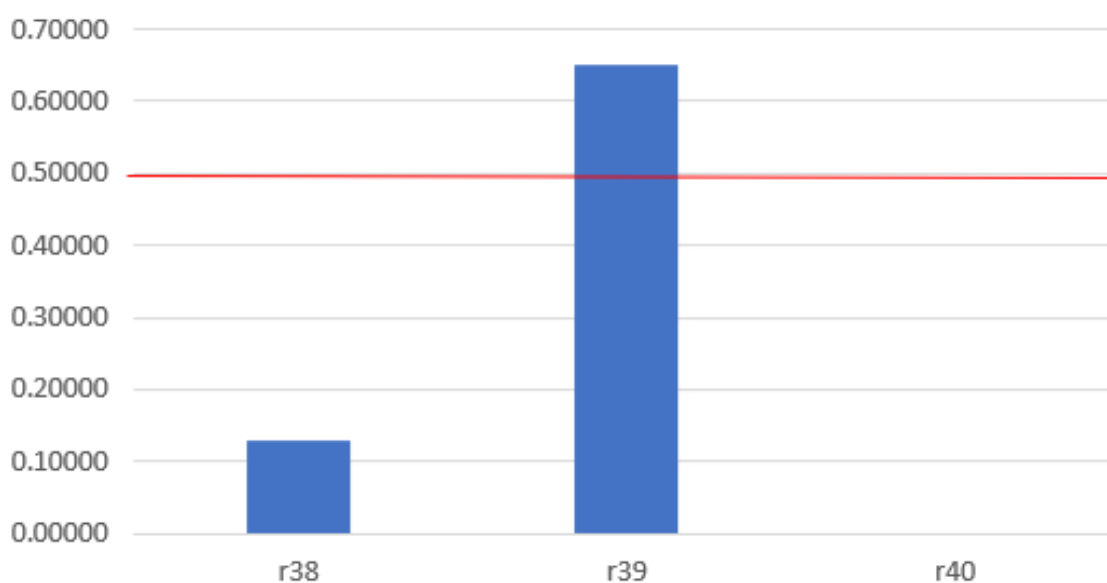


Figure 13 Total of pesticides ($\mu\text{g L}^{-1}$) found in the rivers. Note: the red line represents the maximum allowable limit stated by law. Source: (Spănu et al., 2024)

Figura 20 afișează încărcătura totală de poluanți pe fiecare punct de prelevare, indicând că punctul 31 este cel mai poluat, urmat de punctele 27 și 22.

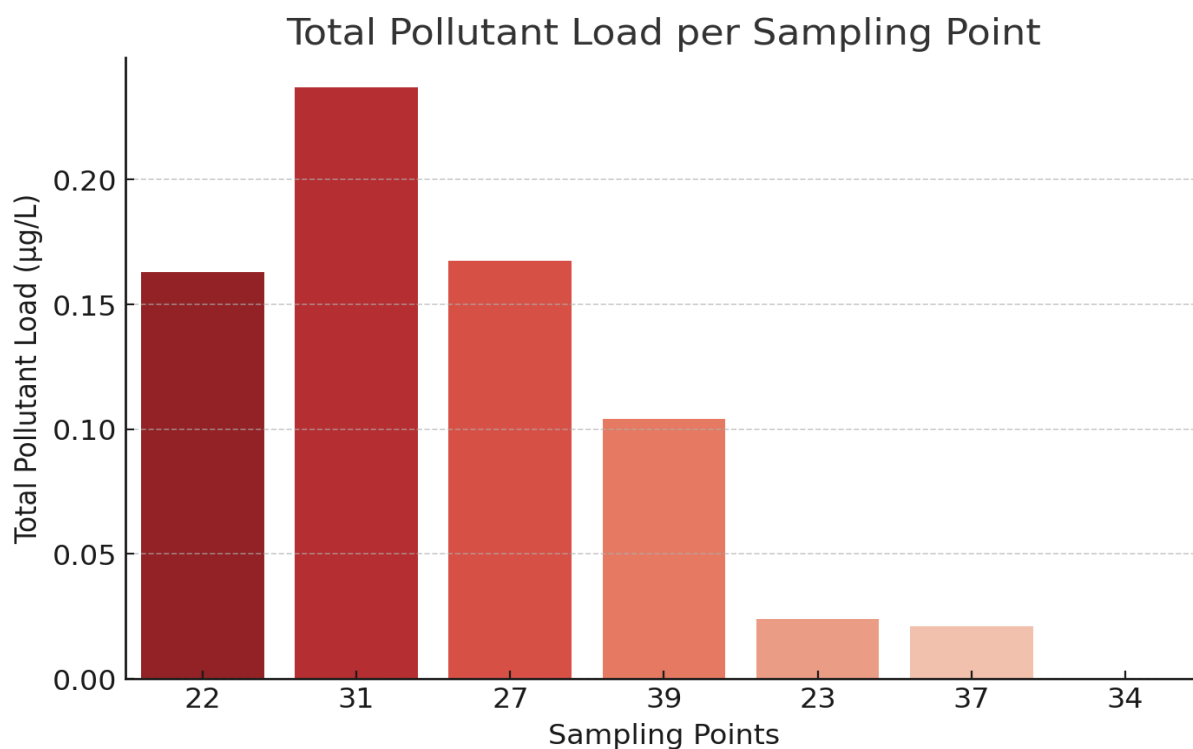


Figure 14 Total Pollutant Load per Sampling Point. Source: author's elaboration

4.6 Constatări și Implicații pentru Politica de Mediu în Satul Aiton

Concluzie

Detectarea acestor poluanți în zonele specifice subliniază necesitatea unei intervenții de mediu urgente în Satul Aiton. Contaminarea ereditară din activitățile agricole și industriale anterioare rămâne o problemă majoră, cu riscuri pe termen lung și o persistență mare asociată cu metaboliții DDT, PCB-urile și pentaclorobenzenul. Prin implementarea unor măsuri țintite de remediere, aplicarea politicilor și monitorizarea continuă, autoritățile pot reduce riscurile de mediu și pot proteja sănătatea umană și ecologică în regiune. Implicațiile de mediu și sănătate ale poluării din Satul Aiton necesită intervenții imediate. Contaminarea ecosistemelor acvatice amenință biodiversitatea, resursele piscicole și securitatea alimentară, în timp ce persistența poluanților toxici în apa potabilă ridică grave probleme de sănătate publică. Fără măsuri politice proactive, controale mai stricte asupra poluării și programe de monitorizare îmbunătățite, sănătatea umană și ecologică rămân într-un risc semnificativ.

CAPITOLUL V Concluzii generale ale tezei și recomandări

5.1 Contribuțiile practice ale tezei și recomandări

Principalele concluzii trase din acest studiu sunt:

1. **Activitățile agricole și industriale ca surse majore de poluare**
 - Prezența metaboliților DDT, a nitraților și a metalelor grele sugerează că practicile agricole istorice și în curs contribuie semnificativ la poluarea apei.
 - Detectarea PCB-urilor și a pentaclorobenzenului în mai multe locații indică contaminarea industrială, cel mai probabil datorită gestionării inadecvate a deșeurilor și eliminării necorespunzătoare a materialelor periculoase.
2. **Impactul poluanților persistenți asupra ecosistemelor și sănătății publice**
 - Ghidurile FAO subliniază riscurile de bioacumulare, care sunt evidente în acest studiu. Prezența DDT și a PCB-urilor în mediile acvatice sugerează consecințe ecologice severe, inclusiv:
 - o Pierderea biodiversității datorată expunerii la toxine.
 - o Perturbarea lanțurilor trofice acvatice, afectând pescuitul local.
 - o Persistența pe termen lung a poluanților în soluri și sedimente, degradând în continuare calitatea apei.

5.2 Dezvoltarea viitoare a subiectului

1. **Monitorizarea de mediu pe termen lung și analiza datelor**
 - o Continuarea monitorizării constante a poluanților și utilizarea tehnologiilor avansate de analiză a datelor pentru a urmări tendințele de poluare și eficiența măsurilor de remediere.
2. **Integrarea politicilor cu acordurile globale de mediu**
 - o Alinierea politicilor naționale și locale cu acordurile internaționale privind protecția mediului, cum ar fi Acordul de la Paris și Obiectivele de Dezvoltare Durabilă (ODD), pentru a asigura un impact global coerent și eficient.
3. **Dezvoltarea unor inputuri agricole alternative și prietenoase cu mediul**
 - o Promovarea cercetării și dezvoltării de inputuri agricole ecologice, care să reducă dependența de pesticide și fertilizanți chimici, contribuind la un sistem agricol sustenabil.

4. Extinderea strategiilor de reducere a poluării

- Implementarea de strategii mai eficiente de gestionare a deșeurilor, reciclare și utilizarea tehnologiilor verzi pentru reducerea poluării la nivelul comunităților rurale.

5. Modele de conservare a mediului conduse de comunitate

- Încurajarea modelelor de conservare a mediului la nivel local, în care comunitățile participă activ în gestionarea resurselor naturale, protejând astfel mediul și îmbunătățind calitatea vieții lor.

5.3 Limitările cercetării

1. Utilizarea indicatorilor agri-mediu (AEIs) în România

- Una dintre principalele limitări este utilizarea AEIs pentru evaluarea resurselor de apă în România. Deși această abordare inovativă oferă avantaje semnificative, ea prezintă și provocări din cauza disponibilității limitate de date localizate și a unor repere stabilite pentru comparație. Lipsa unei metodologii standardizate pentru aplicarea AEIs în contextul românesc a necesitat adaptări care ar putea afecta generalizabilitatea rezultatelor.

2. Dimensiunile sociale și economice excluse din analiza sustenabilității

- Designul cercetării s-a concentrat în principal pe aspectul de mediu al sustenabilității agricole, excluzând dimensiunile sociale și economice ale sustenabilității. În plus, există posibilitatea ca unele studii relevante să fi fost omise din cauza metodei manuale de căutare. Analiza a implicat participanți dintr-o zonă specifică a României, iar rezultatele se referă doar la acea regiune, limitând aplicabilitatea generală a concluziilor. Deși matricea de evaluare poate fi un instrument excelent pentru evaluarea percepțiilor părților interesate, rezultatele nu pot fi generalizate deoarece procesul de stabilire a greutății și scorurilor poate duce la judecăți subiective. În final, acest studiu nu propune o soluție generalizată și nici criteriile selectate nu depind întotdeauna de diverși factori, ale căror importanță ar putea varia în funcție de poziția geografică și influențele de mediu, sociale, economice sau politice.

3. Limitările datelor

- Limitările datelor au reprezentat o provocare semnificativă, în special în ceea ce privește datele pe termen lung și cu rezoluție înaltă despre resursele de apă și practicile agricole din zona studiului. Această constrângere a restricționat analiza temporală și a influențat exhaustivitatea concluziilor. În plus, dependența de surse de date secundare pentru anumiți indicatori a introdus posibile inexactități și inconsistențe.

4. Focalizarea pe satul Aiton

- Studiul se concentrează exclusiv pe satul Aiton, care, deși reprezintă un context rural și agricol specific din România, limitează aplicabilitatea mai largă a concluziilor. Variabilitatea regională în practicile agricole, condițiile socio-economice și impacturile climatice pot reduce transferabilitatea directă a rezultatelor în alte zone.

5. Limitări tehnologice în utilizarea metodelor calitative și cantitative

- Utilizarea metodelor calitative și cantitative a fost restricționată de limitări tehnologice, în special în utilizarea instrumentelor avansate de monitorizare sau a tehnicilor de colectare a datelor în timp real. Deși studiul a utilizat eficient datele existente, integrarea tehnologiilor emergente, cum ar fi dispozitivele IoT pentru monitorizarea apei, ar putea îmbunătăți cercetările viitoare.

6. Implementarea practică a cercetării și impactul său asupra politicii

- Deși studiul oferă informații valoroase pentru factorii de decizie și părțile interesate, implementarea și impactul său practic depind de cadrele instituționale și reglementările mai largi. Angajamentul limitat cu factorii de decizie în faza de cercetare poate împiedica aplicarea imediată a concluziilor în dezvoltarea politicii.

REFERINTE

- Aavik, T., & Liira, J. (2009). Agrotolerant and high nature-value species—Plant biodiversity indicator groups in agroecosystems. *Ecological Indicators*, 9(5), 892–901. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.10.006>
- Abbou, M., Chabbi, M., & Benicha, M. (2023). Assessment of phytosanitary practices on the environment: Case study potato of Loukkos (northwest Morocco). *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(2), 352. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-10949-9>
- Acute Toxicity and Safety Evaluation of Pesticides to Environmental Organisms. (2022). *Academic Journal of Environmental Biology*, 3(3). <https://doi.org/10.38007/AJEB.2022.030307>
- AITON MUNICIPALITY DEVELOPMENT STRATEGY 2014-2050. (2014). <http://primariaaiton.ro/wp-content/uploads/2019/02/Strategia-de-dezvoltare-a-comunei-Aiton.pdf>
- Al Kuisi, M., Al-Qinna, M., Margane, A., & Aljazzar, T. (2009a). Spatial assessment of salinity and nitrate pollution in Amman Zarqa Basin: A case study. *Environmental Earth Sciences*, 59(1), 117–129. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0010-z>
- Al Kuisi, M., Al-Qinna, M., Margane, A., & Aljazzar, T. (2009b). Spatial assessment of salinity and nitrate pollution in Amman Zarqa Basin: A case study. *Environmental Earth Sciences*, 59(1), Article 1. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0010-z>
- Allievi, F., Luukkanen, J., Panula-Ontto, J., & Vehmas, J. (2011). GROUPING AND RANKING THE EU-27 COUNTRIES BY THEIR SUSTAINABILITY PERFORMANCE MEASURED BY THE EUROSTAT SUSTAINABILITY INDICATORS.
- Ameya, G., Zewdie, O., Mussema, A., Amante, A., & Asmera, B. (2018). Bacteriological quality of drinking water obtained from main sources, reservoirs and consumers tap in Arba Minch town, Southern Ethiopia. *African Journal of Microbiology Research*, 12(24), 567–573. <https://doi.org/10.5897/AJMR2018.8871>
- Ankamah, J., Kodua, T. T., & Addae, M. (2021). *Structural Equation Modelling of Perception for Sustainable Agriculture as Climate Change Mitigation Strategy in Ghana*. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-150718/v1>
- Aoujil, F., Litskas, V., Yahyaoui, H., El Allaoui, N., Benbouazza, A., Aziz, A., Hafidi, M., & Habbadi, K. (2024). Sustainability Indicators for the Environmental Impact Assessment of Plant Protection Products Use in Moroccan Vineyards. *Horticulturae*, 10(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10050473>
- Bachev, H. (2017). Sustainability of Farms of Natural Persons in Bulgaria. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2919495>
- Bachev, H., Ivanov, B., Toteva, D., & Sokolova, E. (2017). AGRARIAN SUSTAINABILITY IN BULGARIA – ECONOMIC, SOCIAL AND ECOLOGICAL ASPECTS. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(4), 519–525.
- Balogh, J. M., & Jámbo, A. (2020). The Environmental Impacts of Agricultural Trade: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/su12031152>

- Barbosa Junior, M., Pinheiro, E., Sokulski, C. C., Ramos Huarachi, D. A., & de Francisco, A. C. (2022). How to Identify Barriers to the Adoption of Sustainable Agriculture? A Study Based on a Multi-Criteria Model. *Sustainability*, 14(20), Article 20. <https://doi.org/10.3390/su142013277>
- Bartzas, G., & Komnitsas, K. (2020). An integrated multi-criteria analysis for assessing sustainability of agricultural production at regional level. *Information Processing in Agriculture*, 7(2), Article 2.
- Basso, M. F., Neves, M. F., & Grossi-de-Sa, M. F. (2024). Agriculture evolution, sustainability and trends, focusing on Brazilian agribusiness: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1296337>
- Bélanger, V., Vanasse, A., Parent, D., Allard, G., & Pellerin, D. (2012). Development of agri-environmental indicators to assess dairy farm sustainability in Quebec, Eastern Canada. *Ecological Indicators*, 23, 421–430. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ecolind.2012.04.027>
- Bell, S., & Morse, S. (2004). Experiences with sustainability indicators and stakeholder participation: A case study relating to a ‘Blue Plan’ project in Malta. *Sustainable Development*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.1002/sd.225>
- Benini, L., Bandini, V., Marazza, D., & Contin, A. (2010). Assessment of land use changes through an indicator-based approach: A case study from the Lamone river basin in Northern Italy. *Ecological Indicators*, 10(1), 4–14. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ecolind.2009.03.016>
- Bibi, F., & Rahman, A. (2023). An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and Their Mitigation Strategies. *Agriculture*, 13(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508>
- Bockstaller, C., et al. (1997). *Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems*. 7, 261–270.
- Bogdan, R., Paliuc, C., Crisan-Vida, M., Nimara, S., & Barmayoun, D. (2023). Low-Cost Internet-of-Things Water-Quality Monitoring System for Rural Areas. *Sensors*, 23(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/s23083919>
- Bojnec, S., Ferto, I., Jambor, A., & Toth, J. (2014). DETERMINANTS OF TECHNICAL EFFICIENCY IN AGRICULTURE IN NEW EU MEMBER STATES FROM CENTRAL AND EASTERN EUROPE. *Acta Oeconomica*, 64(2), 197–217. <https://doi.org/DOI:10.1556/AOecon.64.2014.2.4>
- Bonneuil, C., Goffaux, R., Bonnin, I., Montalent, P., Hamon, C., Balfourier, F., & Goldringer, I. (2012). A new integrative indicator to assess crop genetic diversity. *Ecological Indicators*, 23(23), 280–289. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.002>
- Bos, M. G. (1997). Performance indicators for irrigation and drainage. *Irrigation and Drainage Systems*, 11(2), 119–137. <https://doi.org/doi:10.1023/a:1005826407118>
- Brazier, R. E., Heathwaite, A. L., & Liu, S. (2005). Scaling issues relating to phosphorus transfer from land to water in agricultural catchments. *Nutrient Mobility within River Basins: A European Perspective*, 304(1), 330–342. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.07.047>
- BRENTROP, F., & PALLIERE, C. (2010). *Nitrogen Use Efficiency as an Agro- Environmental Indicator*.

- Brookes, G. (2022). Genetically Modified (GM) Crop Use 1996–2020: Environmental Impacts Associated with Pesticide Use Change. *GM Crops & Food*, 13(1), 262–289. <https://doi.org/10.1080/21645698.2022.2118497>
- Brunbjerg, A. K., Bladt, J., Brink, M., Fredshavn, J., Mikkelsen, P., Moeslund, J. E., & Ejrnæs, R. (2016). Development and implementation of a high nature value (HNV) farming indicator for Denmark. *Ecological Indicators*, 61(274–281). <https://doi.org/doi:10.1016/j.ecolind.2015.09.027>
- Buchanan, B. P., Archibald, J. A., Easton, Z. M., Shaw, S. B., Schneider, R. L., & Todd Walter, M. (2013). A phosphorus index that combines critical source areas and transport pathways using a travel time approach. *Journal of Hydrology*, 486, 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.01.018>
- Buechs, W. (2003). Biodiversity and agri-environmental indicators—General scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98, 35–78. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00070-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00070-7)
- Bureau, J., & Antón, J. (2022). Agricultural Total Factor Productivity and the environment: A guide to emerging best practices in measurement. *OECD Publishing, Paris*, 177.
- Cao, J., & Solangi, Y. A. (2023). Analyzing and Prioritizing the Barriers and Solutions of Sustainable Agriculture for Promoting Sustainable Development Goals in China. *Sustainability*, 15(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/su15108317>
- Carew, R. (2010). Ammonia emissions from livestock industries in Canada: Feasibility of abatement strategies. *Environmental Pollution*, 158(8), 2618–2626. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.05.004>
- Carrasquer, B., & et al. (2016). A new indicator to estimate the efficiency of water and energy use in agro-industries. *Journal of Cleaner Production*, 142. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.088>
- Castoldi, N., Bechini, L., & Stein, A. (2009). Evaluation of the spatial uncertainty of agro-ecological assessments at the regional scale: The phosphorus indicator in northern Italy. *Ecological Indicators*, 9(5), 902–912. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ecolind.2008.10.009>
- Chaudhary, A., Gustafson, D., & Mathys, A. (2018). Multi-indicator sustainability assessment of global food systems. *Nature Communications*, 9(1), 848. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03308-7>
- Chen, D., Parks, C. G., Beane Freeman, L. E., Hofmann, J. N., Sinha, R., Madrigal, J. M., Ward, M. H., & Sandler, D. P. (2024). Ingested nitrate and nitrite and end-stage renal disease in licensed pesticide applicators and spouses in the Agricultural Health Study. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 34(2), 322–332. <https://doi.org/10.1038/s41370-023-00625-y>
- Cherukumilli, K., Bain, R., Chen, Y., & Pickering, A. J. (2023). Estimating the Global Target Market for Passive Chlorination. *Environmental Science & Technology Letters*, 10(1), 105–110. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.2c00781>
- Chica-Olmo, M., Luque-Espinar, J. A., Rodriguez-Galiano, V., Pardo-Igúzquiza, E., & Chica-Rivas, L. (2014). Categorical Indicator Kriging for assessing the risk of groundwater nitrate pollution: The case of Vega de Granada aquifer (SE Spain). *Science of The Total Environment*, 470–471, 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.077>

Chilonda, P., & Otte, J. (2006). Indicators to monitor trends in livestock production at national, regional and international levels. *Livestock Research for Rural Development*, 18(117). <http://www.lrrd.org/lrrd18/8/chil18117.htm>

Ciucure, C. T., Geană, E.-I., Popescu, D. I., Chitu, A., Rădulescu, A.-M., & Ionete, R. E. (2020). Occurrence and Distribution of Some Organic Contaminants in Sediments from Olt River, Romania. *Proceedings*, 57(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/proceedings2020057027>

Civiero, E., Pintus, M., Ruggeri, C., Tamburini, E., Sollai, F., Sanjust, E., & Zucca, P. (2018). Physiological and Phylogenetic Characterization of *Rhodotorula diobovata* DSBCA06, a Nitrophilous Yeast. *Biology*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/biology7030039>

Clune, T. (2021). Conceptualising policy for sustainable agriculture development. *Australian Journal of Public Administration*, 80(3), 493–509. <https://doi.org/10.1111/1467-8500.12436>

Council directive (EU) 2020/2184. (n.d.). *Directive (EU) 2020/2184*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>

Dalgaard, T., Halberg, N., & Porter, J. R. (2001). A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 87(1), 51–65. Doi:10.1016/S0167-8809(00)00297-8. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 87(1), 51–65.

Dauber, J., Hirsch, M., Simmering, D., Waldhardt, R., Otte, A., & Wolters, V. (2003). Landscape structure as an indicator of biodiversity: Matrix effects on species richness. *Biotic Indicators for Biodiversity and Sustainable Agriculture*, 98(1), 321–329. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00092-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00092-6)

Daud, M. K., Nafees, M., Ali, S., Rizwan, M., Bajwa, R. A., Shakoar, M. B., Arshad, M. U., Chatha, S. A. S., Deeba, F., Murad, W., Malook, I., & Zhu, S. J. (2017). Drinking Water Quality Status and Contamination in Pakistan. *BioMed Research International*, 2017, 7908183. <https://doi.org/10.1155/2017/7908183>

David, S., & Asamoah, C. (20014). FARMER KNOWLEDGE AS AN EARLY INDICATOR OF IPM ADOPTION: A CASE STUDY FROM COCOA FARMER FIELD SCHOOLS IN GHANA. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 13(4).

de Boer, I. J. M., & Cornelissen, A. M. G. (2002). A Method Using Sustainability Indicators to Compare Conventional and Animal-Friendly Egg Production Systems. *Poultry Science*, 81(2), 173–181. <https://doi.org/10.1093/ps/81.2.173>

de Olde, E. M., Moller, H., Marchand, F., McDowell, R. W., MacLeod, C. J., Sautier, M., Halloy, S., Barber, A., Bengé, J., & Bockstaller, C. (2017). When experts disagree: The need to rethink indicator selection for assessing sustainability of agriculture. *Environment, Development and Sustainability*, 19(4), Article 4.

de Souza, R. M., Seibert, D., Quesada, H. B., de Jesus Bassetti, F., Fagundes-Klen, M. R., & Bergamasco, R. (2020). Occurrence, impacts and general aspects of pesticides in surface water: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 135, 22–37. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.12.035>

DeJonge, T., Veenhoven, R., Moonen, L., Kalmijn, W., van Beuningen, J., & Arends, L. (2016). Conversion of Verbal Response Scales: Robustness Across Demographic Categories. *Social Indicators Research*, 126(1), 331–358. <https://doi.org/10.1007/s11205-015-0897-6>

Demirtas, O. (2013). Evaluating the Best Renewable Energy Technology for Sustainable Energy Planning. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3(Special Issue), 23–33.

Desye, B., Belete, B., Asfaw Gebrezgi, Z., & Terefe Reda, T. (2021). Efficiency of Treatment Plant and Drinking Water Quality Assessment from Source to Household, Gondar City, Northwest Ethiopia. *Journal of Environmental and Public Health*, 2021(1), 9974064. <https://doi.org/10.1155/2021/9974064>

Deus, R. M., Bezerra, B. S., & Battistelle, R. A. G. (2019). Solid waste indicators and their implications for management practice. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(2), 1129–1144. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2163-3>

Dogan, E., Inglesi-Lotz, R., & Altinoz, B. (2021). Examining the determinants of renewable energy deployment: Does the choice of indicator matter? *International Journal of Energy Research*, 45(6), 8780–8793. <https://doi.org/10.1002/er.6413>

Dumanski, J., & Pieri, C. (2000). Land quality indicators: Research plan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81(2), 93–102. [https://doi.org/doi:10.1016/s0167-8809\(00\)00183-3](https://doi.org/doi:10.1016/s0167-8809(00)00183-3)

Eiden, G., Bryden, J., & Piore, H.-P. (2001). *Landscape indicators. Proposal on Agri-Environmental Indicators (PAIS). Final Report of the PAIS Project, EUROSTAT* (pp. 4–92).

Elliott, J. H., Synnot, A., Turner, T., Simmonds, M., Akl, E. A., McDonald, S., Salanti, G., Meerpohl, J., MacLehose, H., Hilton, J., Tovey, D., Shemilt, I., Thomas, J., Agoritsas, T., Hilton, J., Perron, C., Akl, E., Hodder, R., Pestridge, C., ... Pearson, L. (2017). Living systematic review: 1. Introduction—The why, what, when, and how. *Journal of Clinical Epidemiology*, 91, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2017.08.010>

Evans, A. E., Mateo-Sagasta, J., Qadir, M., Boelee, E., & Ippolito, A. (2019). Agricultural water pollution: Key knowledge gaps and research needs. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 36, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.10.003>

Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(5), 1082–1088. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.008>

Evans, L., VanderZaag, A. C., Sokolov, V., Balde, H., MacDonald, D., Wagner-Riddle, C., & Gordon, R. (2018). Ammonia emissions from the field application of liquid dairy manure after anaerobic digestion or mechanical separation in Ontario, Canada. *Agricultural and Forest Meteorology*, 258, 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.02.017>

Fallah-Alipour, S., Boshraadi, H. M., Zare Mehrjerdi, M. R., & Hayati, D. (2018). A Framework for Empirical Assessment of Agricultural Sustainability: The Case of Iran. *Sustainability*, 10(12), 4823. <https://doi.org/10.3390/su10124823>

Fang, C., Luan, X., Ao, F., Wang, X., Ding, S., Du, Z., Liu, S., Jia, R., & Chu, W. (2023). Decomposition of Total Organic Halogen Formed during Chlorination: The Iceberg of Halogenated Disinfection Byproducts Was Previously Underestimated. *Environmental Science & Technology*, 57(3), 1433–1442. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c03596>

Fatemi, M., Rezaei-Moghaddam, K., Karami, E., Hayati, D., & Wackernagel, M. (2021). An integrated approach of Ecological Footprint (EF) and Analytical Hierarchy Process (AHP) in human ecology: A base for planning toward sustainability. *PLOS ONE*, 16(4), e0250167. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250167>

- Fernández, J. E., Alcon, F., Diaz-Espejo, A., Hernandez-Santana, V., & Cuevas, M. V. (2020). Water use indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: A case study of a super high density olive tree orchard. *Agricultural Water Management*, 106074. <https://doi.org/doi:10.1016/j.agwat.2020.106074>
- Ferro, P., Rossel-Bernedo, L. J., Ferró-González, A. L., & Vaz-Moreira, I. (2022). Quality Control of Drinking Water in the City of Ilave, Region of Puno, Peru. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710779>
- Forouzani, M., & Karami, E. (2010). Agricultural Water Poverty Index and Sustainability. *Agronomy for Sustainable Development*, 31, 415–431. <https://doi.org/10.1051/agro/2010026>
- Foster, S., & Custodio, E. (2019). Groundwater Resources and Intensive Agriculture in Europe – Can Regulatory Agencies Cope with the Threat to Sustainability? *Water Resources Management*, 33(6), 2139–2151. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02235-6>
- Freeman, S. N., Baillie, S. R., & Gregory, R. D. (2001). *Statistical analysis of an indicator of population trends in farmland birds* (25).
- Frîncu, R.-M. (2021). Long-Term Trends in Water Quality Indices in the Lower Danube and Tributaries in Romania (1996–2017). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041665>
- Früh-Müller, A., Bach, M., Breuer, L., Hotes, S., Koellner, T., Krippes, C., & Wolters, V. (2019). The use of agri-environmental measures to address environmental pressures in Germany: Spatial mismatches and options for improvement. *Land Use Policy*, 84, 347–362. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.049>
- Fry, G., Tveit, M. S., Ode, Å., & Velarde, M. D. (2009). The ecology of visual landscapes: Exploring the conceptual common ground of visual and ecological landscape indicators. *Ecological Indicators*, 9(5), 933–947. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.11.008>
- García-Jaramillo, M., Beaver, L. M., Truong, L., Axton, E. R., Keller, R. M., Prater, M. C., Magnusson, K. R., Tanguay, R. L., Stevens, J. F., & Hord, N. G. (2020). Nitrate and nitrite exposure leads to mild angiogenic-like behavior and alters brain metabolomic profile in zebrafish. *PLOS ONE*, 15(12), e0240070. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240070>
- Gaspar, P., Mesias, F. J., Escribano, M., & Pulido, F. (2009). Sustainability in Spanish Extensive Farms (Dehesas): An Economic and Management Indicator-Based Evaluation. *Rangeland Ecology & Management*, 62(2), 153–162. <https://doi.org/10.2111/07-135.1>
- Gaviglio, A., Bertocchi, M., & Demartini, E. (2017). A Tool for the Sustainability Assessment of Farms: Selection, Adaptation and Use of Indicators for an Italian Case Study. *Resources*, 6(4), 60. <https://doi.org/10.3390/resources6040060>
- Gayatri, S., Gasso-tortajada, V., & Vaarst, M. (2016). Assessing Sustainability of Smallholder Beef Cattle Farming in Indonesia: A Case Study Using the FAO SAFA Framework. *Journal of Sustainable Development*, 9, 3. <https://doi.org/10.5539/jsd.v9n3p236>
- Gennari, P., & Navarro, D. K. (2019). The Challenge of Measuring Agricultural Sustainability in All Its Dimensions. *Journal of Sustainability Research*, 1(2). <https://doi.org/10.20900/jsr20190013>

- George, N. J., Ekanem, A. M., Ibanga, J. I., & Udosen, N. I. (2017). Hydrodynamic Implications of Aquifer Quality Index (AQI) and Flow Zone Indicator (FZI) in groundwater abstraction: A case study of coastal hydro-lithofacies in South-eastern Nigeria. *Journal of Coastal Conservation*, 21(6), 759–776. <https://doi.org/10.1007/s11852-017-0535-3>
- Georgescu, P.-L., Moldovanu, S., Iticescu, C., Calmuc, M., Calmuc, V., Topa, C., & Moraru, L. (2023). Assessing and forecasting water quality in the Danube River by using neural network approaches. *Science of The Total Environment*, 879, 162998. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162998>
- Girsang, C. I. (2023). The Role of Information Technology in Improving Resource Management Efficiency in Sustainable Agriculture. *Jurnal Minfo Polgan*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.33395/jmp.v12i2.12959>
- Gkoltsiou, A., Terkenli, T. S., & Koukoulas, S. (2013). Landscape indicators for the evaluation of tourist landscape structure. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 20(5), 461–475. <https://doi.org/10.1080/13504509.2013.827594>
- Gobin, A., Jones, R., & Kirkby, M. (2004). Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water. *Environmental Science & Policy*, 7(1), 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2003.09.004>
- Gómez-Limón, J. A., & Sanchez-Fernandez, G. (2010). Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. *Ecological Economics*, 69(5), 1062–1075. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ecolecon.2009.11.027>
- Gray, E., & Jones, D. (2022). Innovation, Agricultural Productivity and Sustainability in Viet Nam. *OECD Publishing, Paris*, 181. <https://doi.org/10.1787/9cc1f47a-en>
- Gregory, R. D., Noble, D. G., & Custance, J. (2004). The state of play of farmland birds: Population trends and conservation status of lowland farmland birds in the United Kingdom. *Ibis*, 146, 1–13. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2004.00358.x>
- Gregory, R. D., Skorpilova, J., Vorisek, P., & Butler, S. (2019). An analysis of trends, uncertainty and species selection shows contrasting trends of widespread forest and farmland birds in Europe. *Ecological Indicators*, 103, 676–687. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.064>
- Gregory, R. D., van Strien, A., Vorisek, P., Gmelig Meyling, A. W., Noble, D. G., Foppen, R. P. B., & Gibbons, D. W. (2005). Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1454), 269–288. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1602>
- Groenestein, C. M., Hutchings, N. J., Haenel, H. D., Amon, B., Menzi, H., Mikkelsen, M. H., Misselbrook, T. H., van Bruggen, C., Kupper, T., & Webb, J. (2019). Comparison of ammonia emissions related to nitrogen use efficiency of livestock production in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 211, 1162–1170. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.143>
- Guerra-Rodríguez, S., Rodríguez, E., Singh, D. N., & Rodríguez-Chueca, J. (2018). Assessment of Sulfate Radical-Based Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment: A Review. *Water*, 10(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/w10121828>
- Guinée, J. B., Gorée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijin, R., & de Koning, A. (2002). *Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards. Institute for Environmental Sciences.*

- Guo, L., Du, S., Haining, R., & Zhang, L. (2013). Global and local indicators of spatial association between points and polygons: A study of land use change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21, 384–396. <https://doi.org/doi:10.1016/j.jag.2011.11.003>
- Gutsche, V., & Strassemer, J. (2007). SYNOPS—Ein Model zur Bewertung des Umwelt-Risiko-potentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd*, 59, 197–210.
- Gyawali, K. (2018). Pesticide Uses and its Effects on Public Health and Environment. *Journal of Health Promotion*, 6, 28–36. <https://doi.org/10.3126/jhp.v6i0.21801>
- Haas, G., Wetterich, F., & Köpke, U. (2001). Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83(1–2), 43–53. [https://doi.org/doi:10.1016/s0167-8809\(00\)00160-2](https://doi.org/doi:10.1016/s0167-8809(00)00160-2)
- Hak, T., Kovanda, J., & Weinzettel, J. (2012). A method to assess the relevance of sustainability indicators: Application to the indicator set of the Czech Republic's Sustainable Development Strategy. *Ecological Indicators*, 17, 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.034>
- Häni, F., Braga, F., Stämpfli, A., Keller, T., Fischer, M., & Porsche, H. (2003). RISE, a Tool for Holistic Sustainability Assessment at the Farm Level. *International Food and Agribusiness Management Review*, 6(4).
- Hasan, G. M. M. A., Das, A. K., & Satter, M. A. (2022). Multi residue analysis of organochlorine pesticides in fish, milk, egg and their feed by GC-MS/MS and their impact assessment on consumers health in Bangladesh. *NFS Journal*, 27, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2022.03.003>
- Hatanaka, M., Konefal, J., Strube, J., Glenna, L., & Conner, D. (2022). Data-Driven Sustainability: Metrics, Digital Technologies, and Governance in Food and Agriculture. *Rural Sociology*, 87(1), 206–230. <https://doi.org/10.1111/ruso.12415>
- Henriksen, H. J., Troldborg, L., Højberg, A. L., & Refsgaard, J. C. (2008). Assessment of exploitable groundwater resources of Denmark by use of ensemble resource indicators and a numerical groundwater–surface water model. *Journal of Hydrology*, 348(1), 224–240. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.09.056>
- Hoogeveen, J., Faurès, J., Peiser, L., Burke, J. S., & de Giesen, N. van. (2015). GlobWat – A Global Water Balance Model to Assess Water Use in Irrigated Agriculture. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(9), 3829–3844. <https://doi.org/10.5194/hess-19-3829-2015>
- Hornsby, A. G. (1992). Site-Specific Pesticide Recommendations: The Final Step in Environmental Impact Prevention. *Cambridge University Press*, 6, 736–742.
- Hossain, S., Chow, C. W. K., Hewa, G. A., Cook, D., & Harris, M. (2020). Spectrophotometric Online Detection of Drinking Water Disinfectant: A Machine Learning Approach. *Sensors*, 20(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/s20226671>
- Houdart, M., Tixier, P., Lassoudière, A., & Saudubray, F. (2009). Assessing pesticide pollution risk: From field to watershed. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(2), 321–327. <https://doi.org/10.1051/agro:2008042>

- Huang, X.-Q., Wolf, M., Ganai, M. W., Orford, S., Koebner, R. M. D., & Roder, M. (2007). Did Modern Plant Breeding Lead to Genetic Erosion in European Winter Wheat Varieties? *Crop Science*, 47(1), 343. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.04.0261>
- Huffman, T., Liu, J., Green, M., Coote, D., Lee, Z., Liu, H., Liu, T., Zhang, X., & Du, Y. (2015). Improving and evaluating the soil cover indicator for agricultural land in Canada. *Ecological Indicators*, 48, 272–281. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.008>
- Husk, B., Sanchez Sebastian, J., Leduc, R., Takser, L., Savary, O., & Cabana, H. (2019). Pharmaceuticals and pesticides in rural community drinking waters of Quebec, Canada – a regional study on the susceptibility to source contamination. *Water Quality Research Journal*, 54(2), 88–103. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2019.038>
- Iddrisu, I., & Bhattacharyya, S. C. (2015). Sustainable Energy Development Index: A multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 513–530. <https://doi.org/doi:10.1016/j.rser.2015.05.032>
- INS. (2021). *National Institute of Statistics*. <https://insse.ro/cms/>
- Ioja, I.-C., Hossu, C.-A., Niță, M.-R., Onose, D.-A., Badiu, D.-L., & Manolache, S. (2016). Indicators for environmental conflict monitoring in Natura 2000 sites. *Procedia Environmental Sciences*, 32, 4–11. <https://doi.org/doi:10.1016/j.proenv.2016.03.007>
- ISO/TC 147/SC 6. (n.d.). *ISO 5667-5:2006*. ISO. Retrieved August 13, 2024, from <https://www.iso.org/standard/36694.html>
- Iticescu, C., Georgescu, L. P., Murariu, G., Topa, C., Timofti, M., Pintilie, V., & Arseni, M. (2019). Lower Danube Water Quality Quantified through WQI and Multivariate Analysis. *Water*, 11(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/w11061305>
- Jaeger, J. A. G. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15(2), 115–130. <https://doi.org/10.1023/A:1008129329289>
- Jan, P., Repar, N., Nemecek, T., & Dux, D. (2019). Production intensity in dairy farming and its relationship with farm environmental performance: Empirical evidence from the Swiss alpine area. *Livestock Science*, 224, 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.03.019>
- Jayaraman, A., Parthasarathy, S., Vignesh, S., Aravind, R., Keerthika, M., & Vasudevan, M. (2023). Bioclimatic aspects of recycled agricultural materials for sustainable green construction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1258(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1258/1/012013>
- Jerrentrup, J. S., Dauber, J., Stronhbach, M. W., Mecke, S., Mitschke, A., Ludwig, J., & Klimek, S. (2017). Impact of recent changes in agricultural land use on farmland bird trends. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 239, 334–341. <https://doi.org/doi:10.1016/j.agee.2017.01.041>
- Jin, H., & Huang, S. (2021). Are China's Water Resources for Agriculture Sustainable? Evidence From Hubei Province. *Sustainability*, 13(6), 3510. <https://doi.org/10.3390/su13063510>
- Karsinah. (2023). Organic Mulch Innovation From Straw Waste in the Context of Realizing Climate Smart Agriculture as an Acceleration of Green Economy Achievement. *Journal of Law and Sustainable Development*, 11(13), e2281. <https://doi.org/10.55908/sdgs.v11i12.2281>

- Kashina, E., Yanovskaya, G., Fedotkina, E., Tesalovsky, A., Vetrova, E., Shaimerdenova, A., & Aitkazina, M. (2022, December 1). *Impact of Digital Farming on Sustainable Development and Planning in Agriculture and Increasing the Competitiveness of the Agricultural Business*. | EBSCOhost. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.170808>
- Kasztelan, A., & Nowak, A. (2021). Construction and Empirical Verification of the Agri-Environmental Index (AEI) as a Tool for Assessing the Green Performance of Agriculture. *Energies*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/en14010045>
- Kaur, B., Singh, S. P., & Kingra, P. K. (2020). Simulating the Impact of Climate Change on Maize Productivity in Trans-gangetic Plains using Info Crop Model. *Agricultural Science Digest*. <https://arccjournals.com/journal/agricultural-science-digest/D-5079>
- Kharrou, M. H., Le Page, M., Chehbouni, A., Simonneaux, V., Jarlan, L., Ouzine, L., Khabba, S., & Chehbouni, G. (2013). Assessment of Equity and Adequacy of Water Delivery in Irrigation Systems Using Remote Sensing-Based Indicators in Semi-Arid Region, Morocco. *Water Resources Management*, 27(13), 4697–4714. <https://doi.org/doi:10.1007/s11269-013-0438-5>
- Khwidzhili, R. H. & Worth. (2016). The Sustainable Agriculture Imperative: Implications for South African Agricultural Extension. *South African Journal of Agricultural Extension (Sajae)*, 44(2). <https://doi.org/10.17159/2413-3221/2016/v44n2a367>
- Kienast, F., Frick, J., van Strien, M. J., & Hunziker, M. (2015). The Swiss Landscape Monitoring Program – A comprehensive indicator set to measure landscape change. *Use of Ecological Indicators in Models*, 295, 136–150. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.08.008>
- Klarich Wong, K. L., Webb, D. T., Nagorzanski, M. R., Kolpin, D. W., Hladik, M. L., Cwier