

ABORDAREA DETERMINĂRII ELEMENTELOR DE DEZVOLTARE DURABILĂ APLICÂND PROTOCOLUL IHA PENTRU EVALUAREA BARAJELOR ȘI DIGURILOR DEJA EXISTENTE

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la
Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat Inginerie Civilă și Instalații
autor ing. TEAU CAMELIA MARIA

Conducător științific Prof. Univ. Dr. ing. POPESCU Ioana Ileana

luna Decembrie, anul 2025

Abstract

Una dintre preocupările majore ale societății contemporane o reprezintă problematica sustenabilității și, implicit, a dezvoltării durabile, având ca obiectiv fundamental menținerea pe termen lung a resurselor naturale, sociale și economice, fără compromiterea capacității generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi. Din perspectivă ecologică, sustenabilitatea vizează utilizarea și valorificarea responsabilă a resurselor naturale, prin protejarea ecosistemelor și a biodiversității, evitându-se astfel degradarea mediului înconjurător.

Prin adoptarea Agendei 2030 pentru dezvoltare durabilă, România s-a angajat să integreze principiile durabilității în politicile naționale, promovând o dezvoltare economică sustenabilă și o societate echitabilă, prosperă și responsabilă față de mediu. Prezenta teză doctorală își propune identificarea unor soluții practice care să contribuie la atingerea unor Obiective de Dezvoltare Durabilă (ODD), asumate de către țara noastră în cadrul "Agendei 2030 pentru dezvoltare durabilă", precum: ODD 6 – Apă curată și sanitație, ODD 11 – Orașe și comunități durabile și ODD 13 – Acțiune climatică.

Obiectivul central al cercetării este elaborarea unei metodologii de evaluare a construcțiilor hidrotehnice existente din perspectiva sustenabilității, în vederea optimizării modului de utilizare și valorificare a acestora. O astfel de abordare poate influența direct capacitatea României de a răspunde efectelor schimbărilor climatice și reprezintă un element esențial în atenuarea impactului acestora asupra resurselor de apă, implicit, asupra calității vieții populației. Evaluarea constituie un prim pas în procesul de transformare a proiectelor hidrotehnice în proiecte sustenabile, aliniate la standardele europene.

Cadrul metodologic al tezei are la bază protocolul de evaluare a proiectelor hidroenergetice, elaborat de International Hydropower Association (IHA), adaptat și dezvoltat într-o variantă modificată (mHSAP), aplicabilă construcțiilor hidrotehnice existente din România. Implementarea acestui protocol modificat permite obținerea unei evaluări clare asupra situației actuale a infrastructurilor, identificarea deficiențelor în exploatare și administrare, precum și formularea de soluții pentru optimizarea funcționării acestora și alinierea la principiile sustenabilității.

Rezumat

Prezenta teză este structurată în șapte capitole principale, urmate de bibliografie și anexe.

Capitolul 1 „Introducere” prezintă cadrul general care fundamentează motivația și necesitatea elaborării unui instrument de evaluare a construcțiilor hidrotehnice din perspectiva sustenabilității. În această secțiune sunt sintetizate conceptele fundamentale care stau la baza temei de cercetare, precum sustenabilitatea și dezvoltarea durabilă [31],[21],[14], Obiectivele de Dezvoltare durabilă (ODD) [24], precum și Protocolul de Evaluare a Durabilității Hidroenergetice (HSAP), elaborat de International Hydropower Association (IHA).

România, în calitate de stat membru al Uniunii Europene (UE), are obligația de a implementa legislația adoptată la nivel comunitar, transpunând în cadru național directivele și reglementările europene. În domeniul protecției resurselor de apă și al combaterii schimbărilor climatice, Uniunea Europeană a adoptat o serie de politici și instrumente legislative esențiale, precum: *Cartea Albă a Comisiei UE „Adaptarea la schimbările climatice: către un cadru de acțiune la nivel european”* [35], *Pactul Verde European (European Green Deal)* [36] și *Directiva-cadru privind apa (2000/60/CE)*. În cadrul *Pactului Verde*, inițiative precum „Energie curată, accesibilă și sigură”, *Legea europeană a climei*, precum și noua *Strategie Europeană de Adaptare la Schimbările Climatice* trasează cadrul normativ european asumat și de România. La nivel național, cadrul strategic este completat de *Strategia Națională privind Adaptarea la Schimbările Climatice pentru perioada 2022-2030 cu perspectiva anului 2050 (SNASC)* și *Planului Național de Acțiune pentru implementarea SNASC (PNASC)* [37]. Legislația națională include de asemenea *Legea nr. 259/2010 a siguranței* și *Legea apelor nr. 107/25.09.1996* – cu modificările și completările ulterioare, ambele acte normative cu un rol esențial în definirea cadrului legislativ aplicabil la momentul elaborării prezentei cercetări.

Tot în cadrul capitolului 1 este analizată situația actuală a României din perspectiva dezvoltării durabile. Progresul înregistrat de țara noastră în atingerea Obiectivelor de Dezvoltare Durabilă (ODD), măsurat prin indicatori de tendință procentuală, este prezentat în Raportul de Dezvoltare Durabilă pentru anul 2024, România ocupând locul 40 din 167 de state, cu un index de scor de 76.70, așa cum este redat în dashboard-ul de țară al României, pentru anul 2024 Figura 1 [33], în creștere comparativ cu anii 2000 așa cum reiese din Figura 2.

Acest raport constituie o evaluare globală a progresului anual al statelor în direcția ODD-urilor. Se poate observa că, la nivel mondial, scorul aferent ODD 6 – Apă curată și sanitație – este în creștere, în timp ce progresul privind ODD 13 – Acțiune climatică – se afla într-o fază de stagnare.

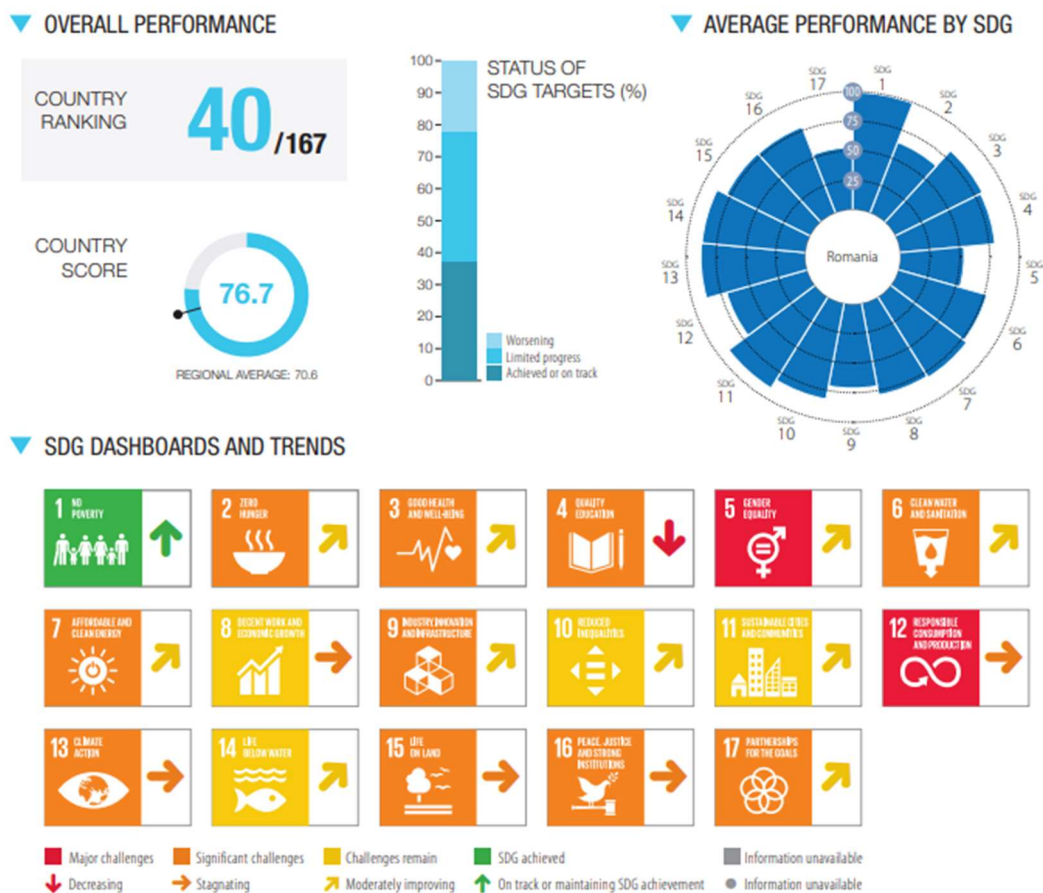


Figura 1. Dashboard de țară al României pentru anul 2024, comparativ cu nivelul mondial al țărilor care implementează SDG (sursa: dashboard.sdgindex.org, verificat la data de 21.03.2025)

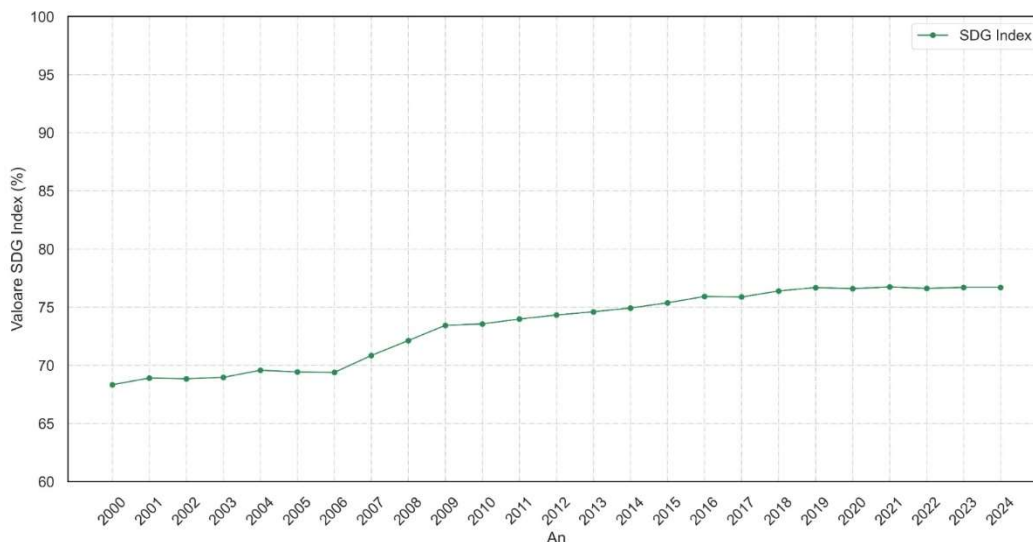


Figura 2. Progresul indicelui general de scor al SDG al României pentru perioada 2000-2024

Subiectul dezastrelor naturale asociate apei se află în prim-planul cercetărilor internaționale, fiind recunoscute ca provocări majore ale prezentului. Pericolele hidrologice – inundații și secete generate de schimbările climatice – constituie obiectul unor studii și analize ample [1], [2], [4], [8], [12], [18], [25], [26],[32].

La nivel global, majoritatea barajelor de mari dimensiuni din Europa și America de Nord au fost construite în perioada anilor 1920-1970, ulterior acest tip de investiții intrând pe o pantă descendentă [6], cauzată atât de epuizarea celor mai favorabile amplasamente, cât și de intensificarea preocupărilor de ordin social și ecologic. În schimb, construcția de noi baraje hidroenergetice continuă în bazine hidrografice precum Amazon, Congo sau Mekong, unde nevoia de energie primează asupra problemelor socio-economice și de mediu [7], [31]. Totuși, literatura de specialitate confirmă posibilitatea unei planificări și operări sustenabile a barajelor [11],[30] adaptată specificului fiecărui bazin hidrografic și nivelului de dezvoltare al statelor implicate [8], [10], [13], [28],[29]. Realizarea acestor obiective presupune o colaborare strânsă între autorități publice, comunități locale, mediu academic și organizații non-guvernamentale, pentru a minimaliza impactul negativ și a maximiza beneficiile sociale și ecologice ale acestor proiecte [3], [15], [19], [27].

În România majoritatea barajelor au fost construite în perioada 1970-1980. După anul 1990, pe teritoriul țării noastre nu au mai fost realizate baraje de mari dimensiuni, principalul motiv fiind lipsa fondurilor necesare. Schimbările demografice și economice, alături de modificarea regimurilor hidrologice ca efect al schimbărilor climatice, precum și adaptarea la noile reglementări europene, au generat noi provocări în exploatarea durabilă a barajelor existente și a altor construcții hidrotehnice, precum digurile de apărare [5].

Conform raportului "Romania Water Diagnostic Report" (2018), schimbările climatice vor conduce, în viitor, la intensificarea a inundațiilor și viiturilor în România dar și la creșterea magnitudinilor și frecvențelor perioadelor secetoase [20]. În acest context, se impune adaptarea construcțiilor hidrotehnice – în special a barajelor – pentru creșterea capacității de stocare a apei în perioadele secetoase și consolidarea rolului lor de protecție împotriva inundațiilor.

Deși infrastructura hidrotehnică existentă are o importanță strategică și este, în general, eficientă din punct de vedere financiar, puține proiecte pot fi considerate pe deplin sustenabile. În consecință, obținerea unei evaluări reale și actuale asupra gradului de sustenabilitate a construcțiilor hidrotehnice din România presupune utilizarea unor instrumente de evaluare adaptate cadrului legislativ, contextului economic și particularităților sociale actuale. Optimizarea acestor infrastructuri poate influența decisiv capacitatea României de a răspunde efectelor schimbărilor climatice, constituind totodată un element central în protejarea resurselor de apă și, implicit, în asigurarea calității vieții populației.

Obiectivul principal al acestei cercetări este elaborarea unui protocol de evaluarea a construcțiilor hidrotehnice existente, pornind de la protocolul existent de evaluare a proiectelor hidroenergetice, protocol elaborat de către IHA. Adaptarea acestuia într-o varianta modificată (mHSAP) și aplicarea la nivelul infrastructurilor hidrotehnice din România vor permite obținerea unei imagini clare asupra situației actuale, identificarea deficiențelor și formularea unor soluții în vederea optimizării funcționării. În acest mod, se urmărește creșterea capacității României de a atinge Obiectivele de dezvoltare Durabilă asumate prin aderarea la Agenda 2030.

În cadrul **Capitolului 2** intitulat „**Evaluarea sustenabilității proiectelor hidroenergetice și a structurilor hidrotehnice aferente**” este descris protocolul existent de Evaluare a Durabilității Hidroenergetice (HSAP) elaborat de către IHA. Este prezentat modul în care acesta a fost dezvoltat și în care acesta a fost actualizat,

pentru a aborda reziliența și atenuarea schimbărilor climatice, asigurându-și relevanța și aplicabilitatea continuă în fața provocărilor actuale de mediu [34], [9].

Evaluarea cuprinde peste douăzeci de criterii legate direct de sustenabilitatea proiectului studiat. Aceste criterii acoperă aspecte de mediu, tehnice, economice și sociale, inclusiv teme precum biodiversitatea, calitatea apei, schimbările climatice, viabilitatea financiară, condițiile de muncă, impactul asupra comunităților, drepturile populațiilor indigene și altele.

Protocolul cuprinde 4 secțiuni menite să reflecte cele 4 etape diferite de dezvoltare ale unui proiect: stadiul incipient, de pregătire, implementare și operare, fiecare etapă presupunând propriul set de criterii de evaluare. Figura 3 ilustrează cele 4 stadii ale unui proiect hidroenergetic și principalele puncte de decizie legate de acestea.

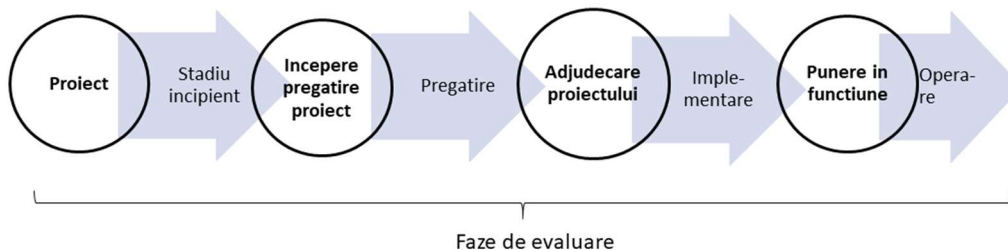


Figura 3. Stadiile unui proiect hidrotehnic

Corespunzător fiecărei etape a proiectului, criteriile de performanță sunt evaluate și reprezentate prin intermediul unei rozete, cu cinci niveluri de clasare pentru fiecare criteriu evaluat, așa cum se poate observa în rozeta exemplului din Figura 4.

Scorurile acordate criteriilor evaluate variază de la nivelul unu - pentru performanță scăzută, la nivelul cinci - pentru cea mai înaltă performanță. Nivelul trei este desemnat ca nivelul inițial viabil pentru durabilitate, iar pentru a fi considerată sustenabilă, o infrastructură trebuie să atingă cel puțin nivelul 3 în toate criteriile.

După descrierea detaliată a proiectului, capitolul 2 continuă cu exemple concrete de aplicabilitate a acestuia, la nivel internațional, și cu prezentarea concluziilor acestor evaluări.

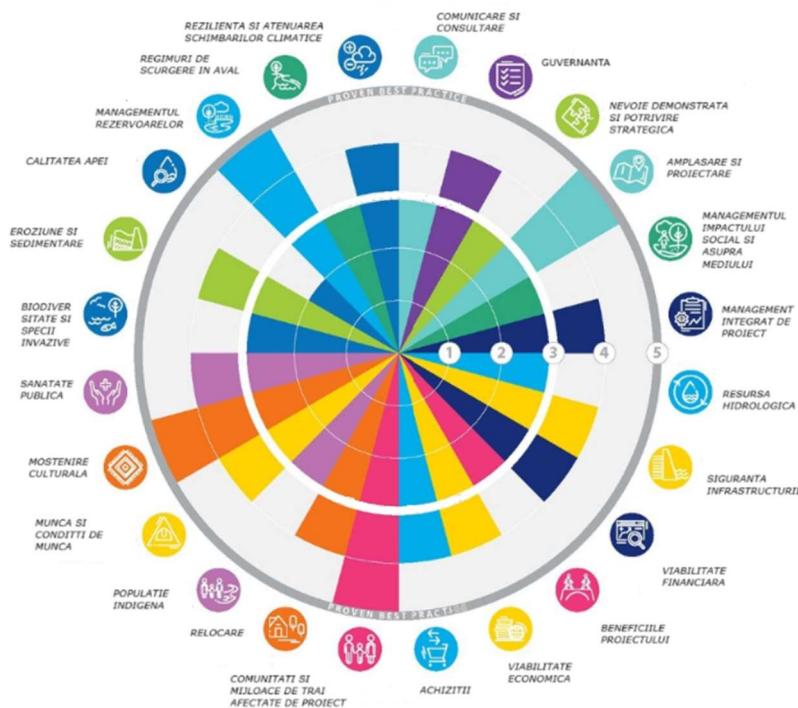


Figura 4. Exemplu de rozetă realizată în urma unei evaluări (sursa: <https://www.hs-alliance.org/>)

Capitolul 3 este intitulat „mHSAP Protocolul modificat de evaluare a construcțiilor hidrotehnice existente” și prezintă în mod detaliat protocolul modificat ce constituie subiectul central al acestei cercetări. În cadrul acestei teze se propune adaptarea protocolului HSAP la construcții hidrotehnice existente, de tip baraj și dig, fără ca acestea să facă obligatoriu parte dintr-un proiect hidroenergetic. Acest protocol modificat are ca scop evaluarea acestor construcții din punct de vedere al sustenabilității, a potențialului de a deveni

sustenabile (acolo unde nu se încadrează deja în acest criteriu) și identificarea de soluții concrete de optimizare din perspectiva durabilității.

Această adaptare presupune selecția indicatorilor relevanți pentru fiecare caz în parte și elaborarea unui profil de sustenabilitate prin evaluarea performanței în raport cu aceștia. Fiecare evaluare este personalizată pentru studiul de caz specific luat în considerare. Scorurile atribuite indicatorilor sunt stabilite baza datelor disponibile referitoare la obiectivele structurii și pe informațiile accesibile publicului sau instituțiilor referitoare la performanța actuală.

Metodologia folosită cuprinde patru etape principale. În primă fază, a fost realizată o analiză detaliată a protocolului HSAP existent, utilizat în mod curent în evaluarea proiectelor hidroenergetice, în toate cele patru etape, de la etapa de proiectare la cea de punerea în funcțiune. Pe baza concluziilor extrase din această analiză, cercetarea propune un protocol rafinat, denumit mHSAP. Acest protocol modificat include evaluarea structurilor construite în urmă cu 50-60 de ani, cu scopul de a obține informații relevante despre practicile folosite în trecut, ținând totodată cont de starea actuală de funcționare a acestor construcții. În plus, mHSAP urmărește estimarea performanței viitoare a proiectelor hidrotehnice, în contextul schimbărilor climatice. Metodologia pune accent pe dezvoltarea unui instrument eficient de evaluare a structurilor hidrotehnice din punct de vedere al sustenabilității, în concordanță cu standardele europene și cu direcțiile globale privind gestionarea resurselor de apă.

Cele patru etape folosite sunt următoarele:

1. Revizuirea literaturii protocolului HSAP și a aplicării acestuia
2. Definirea unui protocol HSAP modificat: mHSAP, aplicat structurilor hidrotehnice cu funcționare de peste 35 de ani
3. Colectarea și prelucrarea datelor și aplicarea mHSAP la studiile de caz
4. Definirea criteriilor protocolului mHSAP care vor fi utilizate în fiecare caz specific studiat (baraj sau dig de protecție)

Cercetarea actuală adaptează protocolul pentru a evalua în mod specific barajele și digurile existente. Obiectivul este de a reține indicatorii relevanți aplicabili infrastructurilor hidrotehnice care au fost operaționale pe o perioadă îndelungată, de peste 35 de ani. Această abordare își propune să construiască un profil cuprinzător de sustenabilitate, adăugând informații suplimentare la studiile regulate de fezabilitate structurală efectuate periodic. Evaluarea sustenabilității este valabilă în general pentru orice infrastructură în exploatare, totuși fiecare studiu de caz vine cu propriile sale particularități care vor fi reflectate în cele din urmă în raportul final de evaluare. Punctajul indicatorilor se bazează pe datele disponibile referitoare la obiectivele structurii, pe informațiile disponibile public și pe informațiile adunate despre performanța actuală a acesteia. Protocolul se numește mHSAP (HSAP modificat).

Deși mHSAP analizează în mod specific criteriile pentru structurile românești operaționale, acesta poate fi utilizat pentru orice structură din orice țară. MHSAP propus adaptează unele dintre criteriile fazei incipiente la reevaluarea pentru următorii 5 ani de funcționare a unei structuri, începând cu momentul finalizării evaluării mHSAP. Metoda selectează 17 dintre cele 26 de criterii pentru a evalua structurile vechi de protecție împotriva inundațiilor.

Cele reținute în evaluare sunt prezentate în Tabel 1.

Tabel 1. Criteriile mHSAP și relația lor cu aspectele de sustenabilitate

Subiect/Criterii	Fazele proiectului		Aspecte legate de sustenabilitate	Acronimele criteriilor
	HSAP	mHSAP		
Politici și planuri	ES3	5Y1	Integrat	C1
Capacitatea instituțională	ES5	5Y2	Economic și financiar	C2
Riscuri (tehnice, sociale, de mediu)	ES6, ES7, ES8	5Y3	Tehnic, social și de mediu	C3
Comunicații și Consultanță	P1, I1, O1	OP1	Social	C4
Guvernare	P2, I2, O2	OP2	Integrat	C5
Evaluarea impactului social și de mediu	P5, I5, O5	OP3	De mediu și social	C6

Management integrat de proiect	P6, I6	OP4	Integrat	C7
Resursă Hidrologică	P7, O7	OP5	Tehnic	C8
Siguranța infrastructurii	P9, I9, O9	OP6	Tehnic	C9
Beneficiile proiectului și viabilitatea financiară	P10, P11, I10, I11, O10, O11	OP7	Economic și financiar	C10
Munca și condițiile de muncă	P17, I17, O17	OP8	Social	C11
Sănătate Publică	P19, I19, O19	OP9	Social	C12
Biodiversitate și specii invazive	P20, I20, O20	OP10	De mediu	C13
Eroziunea și Sedimentarea	P21, I21, O21	OP11	De mediu	C14
Calitatea apei	P22, I22, O22	OP12	De mediu	C15
Regimuri de curgere în aval	P25, I25, O25	OP13	De mediu I	C16
Reziliența și atenuarea schimbărilor climatice	P26, I26, O26	OP14	Integrat	C17

Protocolul mHSAP propus folosește aceleași principii consecvente de punctare la nivelurile de la 1 la 5. În această scală, 1 reprezintă cel mai mic scor, în timp ce 5 înseamnă cel mai mare, evaluând cele mai bune practici legate de o preocupare specifică de sustenabilitate. Defalcarea nivelurilor de punctaj este următoarea: Nivelul 1 – Lipsesc în mod semnificativ bunele practici de bază, performanțe slabe cu lacune semnificative în măsurile de sustenabilitate

Nivelul 2 – Cele mai relevante aspecte ale bunelor practici de bază au fost implementate, dar există o deficiență notabilă.

Nivelul 3 – Delimitează faptul că sunt prezente bune practici fundamentale privind o anumită temă de sustenabilitate.

Nivelul 4 – Toate elementele de bună practică fundamentală au fost executate și, în unele cazuri, au fost depășite, dar există un deficit marcant în îndeplinirea criteriilor pentru cele mai bune practici stabilite. Structura are un management, operare și perspectivă adecvate și eficiente și are doar câteva lacune în interrelațiile dintre problemele relevante de sustenabilitate.

Nivelul 5 – Caracterizează cele mai bune practici dovedite cu privire la o anumită problemă de sustenabilitate.

Capitolul se încheie cu definirea celor 17 indicatori de lucru cuprinși în cadrul protocolului mHSAP.

În cadrul **Capitolului 4**, intitulat „**Aplicarea protocolului mHSAP în studiul barajului Cinciș-județul Hunedoara**” are la bază articolul publicat: Popescu, I., Teau, C., Florescu, C., & Constantin, A. (2023). Modified methodological framework for sustainability evaluation of existing hydraulic structures in Romania: the case study of Cincis dam, Hunedoara. *GeoEcoMar Scientific Journal* [16].

În cadrul acestui capitol se prezintă primul de caz al tezei: evaluarea sustenabilității barajului Cinciș prin aplicarea conceptului mSAP. Capitolul cuprinde o parte introductivă, de descriere a proiectului, ce prezintă date despre localizarea acestuia, funcțiile pe care le îndeplinește precum și caracteristicile specifice ale amenajării. Capitolul continuă cu evaluarea propriu zisă a a fiecărui obiectiv în parte și notarea acestora. În cadrul evaluării s-au realizat interviuri față în față cu angajați ai Apelor Române, s-a analizat documentația pusă la dispoziție de către aceștia, s-au efectuat deplasări în teren, la fața locului și s-au analizat normele în vigoare pentru structurile operaționale. Au fost analizate un număr de 17 criterii, fiecărui domeniu i-a fost atribuit un scor, în conformitate cu observațiile efectuate și expertiza profesională acumulată de autor în domeniu. Evaluarea nu a fost asistată de algoritmi automați, ci reflectă o analiză calitativă fundamentată pe datele disponibile. În cazurile în care nu a putut fi obținută o cantitate suficientă de informații relevante, respectivul criteriu a fost exclus din analiză, fără atribuirea unui scor. Rezultatele obținute au fost centralizate tabelar, așa cum sunt prezentate în Tabel 2, iar apoi a fost obținut profilul de sustenabilitate, prezentat în Figura 5.

Tabel 2. Rezultatele evaluării barajului Cinciș

Nr.crit	Domeniu evaluare	Scor
---------	------------------	------

C1	Politici și planuri	3
C2	Capacitate instituțională	2
C3	Riscuri	-
C4	Comunicații și consultanță	4
C5	Guvernare	3
C6	Evaluarea impactului social și de mediu	4
C7	Management integrat de proiect	4
C8	Resursă Hidrologică	3
C9	Siguranța infrastructurii	4
C10	Beneficiile proiectului și viabilitatea financiară	1
C11	Munca și condițiile de muncă	3
C12	Sănătate Publică	5
C13	Biodiversitate și specii invazive	4
C14	Eroziunea și Sedimentarea	2
C15	Calitatea apei	5
C16	Regimuri de curgere în aval	4
C17	Reziliența și atenuarea schimbărilor climatice	1

Aplicarea metodologiei mHSAP asupra barajului Cinciș a evidențiat un profil funcțional mixt, în care se remarcă atât domenii consolidate, gestionate în conformitate cu cerințele legale și tehnice actuale, cât și arii vulnerabile ce necesită intervenții specifice. Analiza a demonstrat că, deși obiectivul beneficiază de un cadru operațional stabil și de practici care asigură protecția sănătății publice, a resurselor de apă și a biodiversității, există limitări semnificative în ceea ce privește integrarea riscurilor asociate schimbărilor climatice. Acest aspect evidențiază necesitatea elaborării și implementării unei strategii proactive de adaptare la noile condiții hidroclimatice.

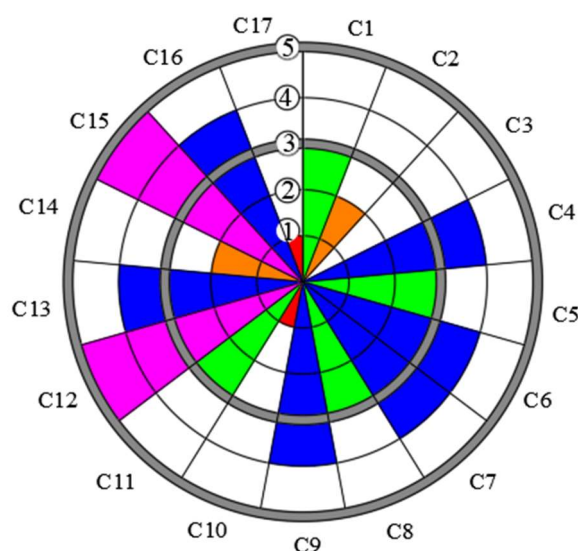


Figura 5. Rozeta evaluării barajului Cinciș

Aplicarea metodologiei mHSAP asupra barajului Cinciș a evidențiat un profil funcțional mixt, în care se remarcă atât domenii consolidate, gestionate în conformitate cu cerințele legale și tehnice actuale, cât și arii vulnerabile ce necesită intervenții specifice. Analiza a demonstrat că, deși obiectivul beneficiază de un cadru operațional stabil și de practici care asigură protecția sănătății publice, a resurselor de apă și a biodiversității, există limitări semnificative în ceea ce privește integrarea riscurilor asociate schimbărilor climatice. Acest aspect vidențiază necesitatea elaborării și implementării unei strategii proactive de adaptare la noile condiții hidroclimatice. Prin urmare, evaluarea realizată prin mHSAP nu doar că oferă o imagine de ansamblu a performanței actuale a barajului Cinciș, dar servește și ca instrument strategic de sprijin pentru factorii decizionali, oferind orientări

clare în vederea creșterii sustenabilității pe termen lung a structurii. Rezultatele pot constitui baza unui plan de acțiune coerent, etajat și integrat, aliniat atât la bunele practici internaționale, cât și la specificul local.

Capitolul 5, intitulat „Aplicarea protocolului mHSAP în studiul digului Deva, județul Hunedoara” analizează posibilitatea folosirii protocolului propus în evaluarea sustenabilității structurilor hidrotehnice cu rol de protecție la inundații, prin aplicarea acestuia în studierea digului Deva.

Capitolul are la bază articolul [17] Popescu, I., Teau, C., Moisescu-Ciocan, C., Florescu, C., Adam, R., & Constantin, A. T. (2023). Evaluating the sustainability of longtime operating infrastructure for Romanian flood risk protection. *Journal of Environmental Sustainability*, 15(3), 211-229 [17].

Pentru realizarea evaluării s-au desfășurat vizite în teren, interviuri și activități de documentare la sediul Sistemului de Gospodărire a Apelor Hunedoara, iar rezultatele evaluării au fost centralizate tabelar în Tabel 3, prezentându-se scorurile aferente fiecărui criteriu analizat.

Tabel 3. Rezultatele evaluării digului Deva

Nr.crit	Domeniu evaluare	Scor
C1	Politici și planuri	3
C2	Capacitate instituțională	3
C3	Riscuri	-
C4	Comunicații și consultanță	3
C5	Guvernare	3
C6	Evaluarea impactului social și de mediu	4
C7	Management integrat de proiect	2
C8	Resursă Hidrologică	-
C9	Siguranța infrastructurii	3
C10	Beneficiile proiectului și viabilitatea financiară	4
C11	Munca și condițiile de muncă	4
C12	Sănătate Publică	5
C13	Biodiversitate și specii invazive	-
C14	Eroziunea și Sedimentarea	3
C15	Calitatea apei	4
C16	Regimuri de curgere în aval	5
C17	Reziliența și atenuarea schimbărilor climatice	2

În urma evaluărilor pentru fiecare criteriu, a fost obținut un profil de sustenabilitate pentru digul Deva, așa cum este prezentat în Figura .

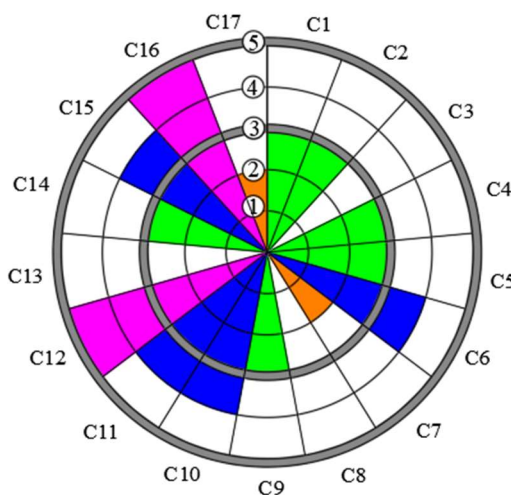


Figura 6. Rozeta rezultată în urma evaluării digului Deva

Această reprezentare vizuală permite administratorului ABA Mureș să identifice rapid domeniile în care sunt necesare intervenții pentru îmbunătățire, precum și acele aspecte ale gestionării digului care funcționează perfect. Metodologia aplicată, deși preponderent calitativă, oferă o imagine coerentă și cuprinzătoare asupra performanței structurii din perspectiva sustenabilității. Evaluarea nu a fost asistată de algoritmi automați, ci reflectă o analiză calitativă fundamentată pe datele disponibile și expertiza profesională a autorului în acest domeniu. Posibilitatea repetării periodice a acestei evaluări permite, totodată, monitorizarea dinamică a stării digului și poate semnală momentul oportun pentru inițierea unor investigații tehnice aprofundate.

Profilul obținut constituie un instrument util pentru factorii de decizie, oferind o bază rațională pentru prioritizarea investițiilor, actualizarea documentației tehnice, și dezvoltarea unor strategii de adaptare pe termen lung. Evaluarea contribuie astfel la întărirea unei guvernante durabile și proactive în administrarea infrastructurii hidrotehnice regionale.

În cadrul **Capitolului 6 „Aplicabilitatea mHSAP în evaluarea construcțiilor hidrotehnice existente”** se subliniază rolul pe care îl poate avea protocolul mHSAP în completarea Cadrului Legislativ din România, prin crearea unui cadru voluntar și integrat de reevaluare a modului în care sunt gestionate și modernizate construcțiile hidrotehnice existente din țara noastră, aducând un plus de coerență, eficiență și sustenabilitate în administrarea acestor obiective.

În lipsa unor norme dedicate pentru adaptarea infrastructurii la schimbările climatice, protocolul oferă un cadru funcțional pentru evaluarea, pe lângă a siguranței și eficienței economice, și a impactului ecologic, a adaptării la schimbările climatice și a guvernanței proiectului riscurilor și pentru luarea de măsuri de adaptare.

mHSAP favorizează modernizările ce au legătură directă atât cu eficiența operațională cât și cu conservarea biodiversității, asigurarea debitului ecologic și conservarea mediului. Protocolul poate fi utilizat ca un ghid de bune practici de către autorități (ex. Apele Române), operatori, consultanți și beneficiari de fonduri europene. Spre deosebire de practicile curente, adesea formale, mHSAP încurajează implicarea reală a părților interesate, inclusiv a comunităților locale și a organizațiilor neguvernamentale constituind astfel un mijloc de stimulare a transparenței și a participării publice.

Capitolul prezintă, deasemenea, modul în care protocolul mHSAP poate contribui în procesul de reautorizare a unui baraj existent și de autorizare/reautorizare a unui dig aflat în exploatare. Modelul național de reautorizare este, în prezent, fundamentat pe expertize tehnice tradiționale, axate în principal pe analize sectoriale (ex. analiză statică, verificarea elementelor barajelor, comportamentul la umplere etc.). Deși această abordare oferă o bază tehnică solidă, ea se dovedește uneori insuficient de flexibilă și de interdisciplinară pentru a răspunde noilor provocări, cum ar fi creșterea frecvenței fenomenelor climatice externe, integrarea ODD-urilor și conformarea la Pactul Verde European, sau exigențele legate de transparență și comunicare publică în privință riscurilor.

În urma aplicării acestui protocol în evaluarea concretă a două construcții hidrotehnice existente se poate observa potențialul de îmbunătățire ale acestuia. Acesta poate evolua în timp pentru a deveni mai incluziv, mai cantitativ și obiectiv, și mai bine integrat în procesul de guvernanță. Pentru reducerea subiectivității evaluării se pot integra măsuri și instrumente mai cantitative precum tehnici avansate de modelare și simulări ce pot completa evaluarea experților prin prognozarea rezultatelor în diverse scenarii. Dezvoltarea unor programe software de suport decizional în jurul mHSAP (de exemplu instrumente care generează automat o parte din dovezile necesare pentru punctaj din baza de date existente sau teledetecție) ar putea crește semnificativ credibilitatea unui astfel de protocol și ar scădea semnificativ timpul și costurile de realizare.

Legătura dintre protocolul mHSAP și creșterea ODD-urilor se face prin evaluarea modului în care infrastructura hidrotehnică (baraje, diguri) contribuie la atingerea acestor obiective globale.

Protocolul mHSAP evaluează proiectele pe baza unor criterii de sustenabilitate de ordin economic, social și de mediu, ceea ce îl face direct aplicabil în contextul ODD-urilor, care au o structură similară. Gestionarea durabilă a infrastructurii hidrotehnice din România poate contribui direct la creșterea scorului național privind Obiectivele de Dezvoltare Durabilă.

Capitolul 7 prezintă concluziile și contribuțiile personale. Concluziile cercetării prezentate în această teză, alături de rezultatele evaluărilor realizate, sugerează necesitatea unui model de evaluare a sustenabilității care să fie mai flexibil, bazat pe date concrete, dar și participativ. Un astfel de model nu doar că oferă o imagine de ansamblu asupra performanțelor curente ale proiectelor, ci le și orientează în mod constructiv spre îmbunătățiri continue.

Cele două studii de caz prezentate în cadrul acestei teze, demonstrează aplicabilitatea protocolului modificat mHSAP pentru structuri non-energetice, relevând faptul că un audit structurat de sustenabilitate poate identifica atât vulnerabilitățile, cât și oportunitățile de îmbunătățire ale infrastructurii analizate. În plus,

evaluarea prin mHSAP stimulează luarea în considerare a unor aspecte adesea ignorate în trecut, precum conservarea biodiversității, adaptarea la schimbările climatice sau implicarea comunităților.

Cadrul mHSAP poate spijinii alinierea strategiilor autorităților locale și regionale la Obiectivele de Dezvoltare Durabilă ale ONU, în special prin încurajarea unei abordări integrate a sustenabilității în procesele de întreținere, operare și modernizare a infrastructurii existente. În concluzie, mHSAP reprezintă o inovație metodologică semnificativă, care extinde aplicabilitatea principiilor HSAP dincolo de sectorul hidroenergetic. Aplicarea eficientă a mHSAP presupune implicarea unor echipe multidisciplinare, care să includă ingineri, hidrologi, economiști, sociologi etc., fiind necesară promovarea colaborării între instituțiile de cercetare, universități și administrația publică. De asemenea, se recomandă ca aplicarea protocolului să fie realizată la intervale regulate și însoțită de sesiuni de instruire pentru personalul tehnic responsabil cu exploatarea și mentenanța barajelor și digurilor.

Până în prezent infrastructurile hidrotehnice non-energetice, precum barajele și digurile, deși esențiale pentru siguranța și funcționalitatea comunităților, nu au beneficiat de un cadru coerent și sistematic de evaluare a sustenabilității. Protocolul mHSAP are potențialul de a deveni un standard de referință în acest domeniu, sprijinând procesul de reabilitare a infrastructurilor vechi, orientarea investițiilor în mod strategic și alinierea politicilor publice la obiectivele de dezvoltare durabilă în special ODD6 (Apă curată și sanitație), ODD 11 (Orașe și comunități durabile) și ODD 13 (Acțiune climatică).

Această cercetare rămâne deschisă unor îmbunătățiri ulterioare, prin validarea continuă în teren, colaborarea interdisciplinară și extindere la scară regională sau europeană, în vederea consolidării unei culturi a sustenabilității în domeniul construcțiilor hidrotehnice. Mai multă cercetare academică și experiență în implementarea protocolului sunt necesare pentru a rafina această metodă, a reduce subiectivitatea și a garanta că evaluările de sustenabilitate conduc la îmbunătățiri reale în teren.

Bibliografie

- [1] Beevers L, Popescu I, Pregolato M, Liu Y and Wright N (2022) Identifying hotspots of hydro-hazards under global change: A worldwide review. *Front. Water* 4:879536. <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.879536>
- [2] Collet, LHarrigan, S., Prudhomme, C., Formetta, G., and Beevers, L. (2018). Future hot-spots for hydro-hazards in Great Britain: a probabilistic assessment. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22, 5387–5401. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5387-2018>
- [3] Cortes-Borda, D., Andres Polanco, J., Escobar-Sierra, M. (2022). Social perception assessment of hydropower sustainability: A stepwise logistic regression modelling. *Journal of Environmental Science and Policy*, 134(8): 108-118. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.03.026>
- [4] Dottori, F., Mentaschi, L., Bianchi, A., Alfieri, L. and Feyen, L., (2020) Adapting to rising river flood risk in the EU under climate change, EUR 29955 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-12946-2, doi:10.2760/14505, JRC118425.
- [5] Drobot, R., Draghia, A. F., Dinu, C., Sîrbu, N., Chendeș, V., & Mazilu, P. (2024). Adaptive operating rules for flood control of a multi-purpose reservoir. *Hydrology*, 11(9), 147. <https://doi.org/10.3390/hydrology11090147>
- [6] [19] Emilio F. Moran, Maria Claudia Lopez, Nathan Moore, David W. Hyndman - Sustainable hydropower in the 21st century, Nov 2018, <https://doi.org/10.1073/pnas.1809426115>
- [7] Grill Gunther, Lehner Bernhard, Lumsdon Alexander, MacDonald Graham, 2015: An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. *Environmental Research Letters*, <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/10/1/015001>
- [8] Guido B.I., Popescu I., Samadi V., Bhattacharya B. An integrated modeling approach to evaluate the impacts of nature-based solutions of flood mitigation across a small watershed in the southeast United States (2023) *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23 (7), pp. 2663 – 2681 DOI: 10.5194/nhess-23-2663-2023
- [9] Hydropower Sustainability Assessment Protocol, published by International Hydropower Association –2020, disponibil la: [Hydropower+Sustainability+Assessment+Protocol+07-05-20.pdf](#) (accesată ultima dată în martie 2025)
- [10] Jonoski A., Popescu I., Zhe S., Mu Y., He Y. Analysis of flood storage area operations in Huai River using 1D and 2D river simulation models coupled with global optimization algorithms (2019) *Geosciences* (Switzerland), 9 (12), art. no. 509 <http://dx.doi.org/10.3390/geosciences9120509>

- [11] Karakatsanis, D., Patsialis, T., Kalaitzidou, K., Kougias, I., Ntona, M. M., Theodossiou, N., & Kazakis, N. (2023). Optimization of dam operation and interaction with groundwater: An overview focusing on Greece. *Water*, 15(21), 3852. <https://doi.org/10.3390/w15213852>
- [12] Mateescu E, Smarandache M, Jeler N, Apostol V (2013) Drought conditions and management strategies in Romania. Initiative on "Capacity Development to Support National Drought Management Policy"(WMO, UNCCD, FAO and UNW-DPC) 600
- [13] Patsialis, T., Kougias, I., Kazakis, N., Theodossiou, N., & Droege, P. (2016). Supporting renewables' penetration in remote areas through the transformation of non-powered dams. *Energies*, 9(12), 1054. <https://doi.org/10.3390/en9121054>
- [14] Pienaar GW, Hughes DA (2017) Linking Hydrological Uncertainty with Equitable Allocation for Water Resources Decision-Making. *Water Resources Management* 31: 269-282 DOI 10.1007/s11269-016-1523-3
- [15] Poff, N. L., & Olden, J. D. (2017). Can dams be designed for sustainability? Dam design on the Mekong River can help to support water, energy, and fisheries needs. *Science*, 358(6368), 1252–1253. <https://doi.org/10.1126/science.aag1422>
- [16] Popescu Ioana, Camelia Teau, Constantin Florescu, Albert Constantin - Modified methodological framework for sustainability evaluation of existing hydraulic structures in Romania: the case study of Cincis dam, Hunedoara – *GeoEcoMar Scientific Journal*, <https://doi.org/10.5281/zenodo.14228682>
- [17] Popescu, I., Teau, C., Moiescu-Ciocan, C., Florescu, C., Adam, R., & Constantin, A. T. (2023). Evaluating the sustainability of longtime operating infrastructure for Romanian flood risk protection. *Journal of Environmental Sustainability*, 15(3), 211-229. <https://doi.org/10.3390/su162310573>
- [18] Prudhomme, C., Giuntoli, I., Robinson, E. L., Clark, D. B., Arnell, N. W., Dankers, R., et al. (2014). Hydrological droughts in the 21st century, hotspots and uncertainties from a global multimodel ensemble experiment. *Proc. Nat. Acad. Sci. U S A* 111, 3262–7. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222473110>doi: 10.1073/pnas.1222473110
- [19] Quaranta, Emanuele, et al. "Assessing the Energy Potential of Modernizing the European Hydropower Fleet." *Energy Conversion and Management*, vol. 239, 2021, p. 114655, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114655>.
- [20] Romania Water Diagnostic Report (Vol. 2 of 2) : Romania water diagnostic report (English). Washington, D.C. : World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/114311530025860150>
- [21] Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, Biggs R, Carpenter SR, Vries Wd, Wit CAd, Folke C, Gerten D, Heinke J, Mace GM, Persson LM, Ramanathan V, Reyers B, Sörlin S (2015) Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347: 1259855 DOI doi:10.1126/science.1259855
- [22] Teau C., Popescu I., Florescu C., Constantin A., Ciocan C.M., Vlaicu V. (2023) Implementation of water related Sustainable Development Goals in Romania: overview of current and future challenges,) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1136 (1), art. no. 012013, <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1136/1/012013>
- [23] Teau, C., & Popescu, I. (2024, ianuarie). Use of IHA's Sustainable Development Criteria to Evaluate Existing Permanent Reservoirs: Application to Romanian Case Studies. In Book of Abstracts of the 15th International Conference on Hydro-Environment Engineering and Research. <https://doi.org/10.3850/iahr-hic2483430201-125>
- [24] United Nations (UN). (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- [25] Van Lanen HA, Tallaksen LM, Rees G (2007) Droughts and climate change. Brussels: Commission of the European Communities; https://geo.uio.no/edc/downloads/droughts_and_climate_change_2007.pdf
- [26] Vousdoukas, M., Mentaschi, L., Mongelli, I., Ciscar Martinez, J., Hinkel, J., Ward, P., Gosling, S. and Feyen, L.,(2020) Adapting to rising coastal flood risk in the EU under climate change, EUR 29969 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-12990-5, <https://dx.doi.org/10.2760/456870>
- [27] Watts Robyn, Allan Catherine, 2012: Sustainable dam planning and operations: reflections on innovative international practices. 6th Australian Stream Management ConferenceAt: Canberra, Australia, https://www.researchgate.net/publication/254559294_Sustainable_dam_planning_and_operations_reflections_on_innovative_international_practices
- [28] Wyrwoll Paul, grafton Quentin, (2022) Reforming for resilience: delivering 'multipurpose hydropower' under water and energy risks. *International Journal of Water Resources Development*, 1032-1061, doi: 10.1080/07900627.2021.1944844
- [29] Xu, Z., Niu, Y., Liang, Y., Li, Z., & Iftikhor, A. (2020). The Integrated Hydropower Sustainability Assessment in Tajikistan: A case study of Rogun Hydropower Plant. *Journal of Energy*, Articol ID 8894072. <https://doi.org/10.1155/2020/8894072>

- [30] Zaniolo, M., Giuliani, M., Sinclair, S., Burlando, P., & Castelletti, A. (2021). When timing matters— Misdesigned dam filling impacts hydropower sustainability. *Nature Communications*, 12, Articol 3056. <https://www.nature.com/articles/s41467-021-23323-5>
- [31] Zarfl, C., Lumsdon, A. E., Berlekamp, J., Tydecks, L., & Tockner, K. (2015). A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences*, 77(1), 161–170. Disponibil on line: <https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0>
- [32] Yang, D., Yang, Y., & Xia, J. (2021). Hydrological cycle and water resources in a changing world: A review. *Geography and Sustainability*, 2(2), 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.05.003>
- [33] <https://dashboards.sdgindex.org/profiles/romania>
- [34] <https://www.hs-alliance.org/hsap-tool>
- [35] https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-7-2010-0154_RO.html
- [36] <https://www.consilium.europa.eu/ro/policies/european-green-deal/>
- [37] <https://mmediu.ro/domenii/mediu/schimbari-climatice/adaptarea-la-schimbarile-climatice/strategia-nationale-privind-adaptarea-la-schimbarile-climatice-pentru-perioada-2022-2030-cu-perspectiva-anului-2050-snasc-si-a-planului-national-de-actiune-pentru-implementarea-strategiei-nationale-pr/>