

## **PARTEA a III-a**

**STUDII DE CAZ PRIVIND MANAGEMENTUL UNOR  
CONEXIUNI CHEIE DINTRE SISTEMELE  
SOCIO-ECONOMICE ȘI CAPITALUL NATURAL**



## **CAPITOLUL I**

### **ANALIZA FUNCȚIONALĂ A SISTEMELOR ECOLOGICE**

#### **1.1 Caracterizare generală: definiție, scop, utilizatori, dificultăți**

O serie de specialiști în domeniu au considerat conceptul de capital natural ca având rolul unei metafore frecvent utilizate în dezbaterile privind un nou model de dezvoltare economică, dar care n-ar putea fi folosit ca un instrument eficient în efortul de a fundamenta științific și proiecta din punct de vedere politic un model de dezvoltare durabilă.

Motivele unei astfel de atitudini sunt legate de două aspecte: unul este interpretarea foarte largă a capitalului natural în termeni monetari și fizici, iar celălalt dificultățile majore de evaluare și cuantificare a sa (Vădineanu, 1998). Dezvoltarea și aplicarea procedurilor de analiză funcțională a sistemelor ecologice reprezintă o contribuție la depășirea acestor dificultăți de evaluare.

Putem defini Analiza Funcțională a sistemelor ecologice (AF) ca fiind acea tehnică prin care se evaluează (calitativ, cantitativ sau prin modelarea dinamicii) oferta de bunuri și servicii a capitalului natural (CN), un instrument care, alături de analiza valorică (AV, cuantificarea economică a ofertei de bunuri și servicii), se constituie într-o componentă majoră din interfața dintre baza de cunoștințe a ecologiei sistemice și utilizatori, și care este indispensabil în asistarea actului de decizie.

Pentru a evita confuzia, trebuie precizat că termenul de funcție utilizat în procedurile de analiză funcțională nu este echivalent celui din ecologia sistemică, ci corespunde mai degrabă celui de serviciu. Îl utilizăm însă ca atare datorită largii lui acceptări.

Trebuie menționat de asemenea că rezultatele evaluării prin tehnicile AF-AV nu sunt suficiente pentru a determina un management durabil al CN și că aceste rezultate trebuie susținute și pe alte căi. Aceasta deoarece rezultatele unei astfel de evaluări reprezintă, în marea majoritate a cazurilor, informație adițională în procesul de decizie (de Groot, 1998). Pentru a deveni informație esențială trebuie acționat la nivelul legilor și reglementărilor.

AF a apărut în contextul în care simplificarea ierarhiei sistemelor ecologice ca urmare a expansiunii Sistemului Socio-Economic și, corelat cu aceasta, fragmentarea sau diminuarea ponderii unor tipuri de ecosisteme, a impus luarea unor măsuri. S-a conștientizat treptat că măsurile nu trebuie să fie doar reparatorii, de reconstrucție ecologică, ci și preventive, de modificare a căilor de gestionare a respectivelor categorii de sisteme ecologice.

Ilustrativă este în acest sens schimbarea de atitudine care a avut loc în ultimile decenii față de sistemele ecologice de zonă umedă, schimbare reflectată și de faptul că cele mai avansate proceduri de evaluare la ora actuală sunt dezvoltate pentru zone umede.

Se pot diferenția două tipuri de probleme legate de AF:

- probleme acute, a căror rezolvare reclamă adoptarea unor politici pe termen scurt;
- probleme cronice, a căror rezolvare reclamă politici pe termen mediu și lung (ca exemplu de problemă menționăm scăderea ponderii de reprezentare a unor categorii de sisteme ecologice cum sunt zonele umede).

Baza informațională pentru decizii cu privire la rezolvarea unor probleme acute, cum ar fi poluarea cu azot a apelor de suprafață, este furnizată la ora actuală, și de analiza funcțională la nivel de modelare a funcțiilor implicate. În acest caz nu sunt utilizate în mod explicit proceduri de analiză funcțională, ci s-au diferențiat alte concepte operaționale, cum ar fi cel de zonă tampon (Haycock și colab., 1996). Avantajul focalizării pe o anumită funcție este că evaluarea se poate face la nivel cantitativ sau chiar de modelare, aparent cu un grad mai scăzut de incertitudine. Situația este în esență o rezultată a urgenței problemei care trebuie rezolvată și a alocării limitate a resurselor, dar poate include un grad de risc în măsura în care nu se sprijină pe abordarea sistemică, a interdependenței relațiilor funcționale.

Baza informațională pentru rezolvarea unor probleme cronice, cum ar fi reducerea ponderii de reprezentare a unor categorii de sisteme ecologice și, corelat, a ofertei lor de bunuri și servicii, se are în vedere să fie furnizată de analiza funcțională a întregii game de funcții prin aplicarea procedurilor de analiză funcțională.

Deoarece în procedurile de analiză funcțională actuale evaluarea se realizează pe un anumit tip de sisteme ecologice, este inerent faptul că abordarea rămâne limitată la nivel local ("aria proiectului" în varianta americană sau "aria de evaluare" în varianta europeană).

Se poate considera că faza actuală de dezvoltare a analizei funcționale, ca tehnică de evaluare a CN, este una încă incipientă, deoarece ea are în vedere numai anumite componente ale CN și nu consideră ierarhia sistemelor ecologice. Tendința pe plan internațional este însă către un management al teritoriului la scara (sub)bazinului hidrografic (cel puțin în Europa, conform reglementărilor CE), ceea ce va reclama existența unor proceduri adecvate de analiză funcțională, aplicabile la scară regională. Dezvoltarea unor astfel de proceduri considerăm că este o prioritate a cercetării aplicative.

O tipologie a procedurilor de analiză funcțională, într-o formă care ar putea face

posibilă evaluarea CN la nivelele ierarhice relevante pentru diferenții factori de decizie, este propusă mai jos:

- analiză funcțională care se adresează sistemelor ecologice (macro)regionale. Este o AF de scară mare, fără focalizare pe tipuri de ecosisteme și fără caracter sumativ, bazată pe identificarea sistemului respectiv. Nu este dezvoltată ca procedură, dar este probabil că va necesita instituții specializate, datorită complexității nivelului de abordare.
- analiză funcțională care se adresează ecosistemelor sau landscape-urilor locale. Este o AF de scară mică, propusă pentru zone umede de procedurile actuale la nivel calitativ, uneori și cantitativ. Poate necesita asistare de către instituții specializate sau nu, în funcție de procedură.

Potențialii utilizatori ai AF de nivel regional sunt structurile decizionale de acest nivel, în timp ce AF locală este de interes pentru utilizatorii locali (structuri guvernamentale sau neguvernamentale).

O problemă de care depinde dezvoltarea procedurilor de AF este problema clasificării sistemelor ecologice, pentru că, în mod ideal, procedurile de evaluare ar trebui aplicate unor sisteme ca întreg, iar nu unor fragmente din sistem (adesea cazul actual). Tehnicile de clasificare disponibile abordează în general tipuri de ecosisteme fără să țină în mod explicit seama de tipul și structura complexelor care le integrează. De aceea, câștigă teren interesul pentru o abordare holistă a problemei clasificării teritoriului, în contextul necesităților de gestionare a CN la scara (sub)bazinelor.

O posibilă soluție ar fi clasificarea tipurilor de ecosisteme simultan cu caracterizarea structurii sistemului integrator, adică în contextul "identificării sistemului", în termenii analizei sistemice. Principala diferență în ce privește rezultatul aplicării unei astfel de tehnici de clasificare (propunem termenul de 'clasificare organizatorică'), față de tehnicile curente, este că două sisteme de același tip nu pot fi încadrate în aceeași clasă dacă sunt integrate organizatoric în sisteme diferite. Ca urmare, rezultatele AF aplicate unuia nu vor putea fi extrapolate în totalitate către cel de al doilea, în cadrul unui demers de evaluare a sistemului regional în ansamblu.

## 1.2 Proceduri utilizate

### 1.2.1 *Caracterizare comparativă: avantaje/dezavantaje, limite, complementarități*

Procedurile de analiză funcțională au fost dezvoltate ca un instrument de asistare a deciziilor de management cu privire la zonele umede, ca răspuns la cerințele legislative, ca parte a managementului la scara mai largă a bazinului, pentru a asista activitatea de restaurare, sau pentru a asista evaluarea de impact.

Modul cum au fost concepute a avut la bază câteva exigențe: reproductibilitate și obiectivitate, rapiditate, aplicabilitate în absența experților și un efort minim de determinare a caracteristicilor structurale și funcționale ale zonei umede evaluate.

Din punct de vedere structural, în cadrul procedurilor se diferențiază, mai mult sau mai puțin explicit, o bază de date constituită din valori ale parametrilor de control ai mecanismelor/proceselor care asigură oferta de bunuri și servicii și o bază de cunoștințe alcătuită, pe de o parte, din lista completă a funcțiilor exercitate de tipul de sistem ecologic respectiv, și, pe de altă parte, dintr-un set de reguli, legi, modele, care permit prognoza cu diferite grade de precizie asupra diferitelor funcții în legătură cu dinamica parametrilor de control.

Termenul utilizat pentru parametru de control sau indicator al acestuia este cel de predictor. Predictorii trebuie să fie ușor de recunoscut și preferabil să fie specifici proceselor și funcțiilor pentru care sunt folosiți. În anumite cazuri sunt utilizate tipuri diferite de predictor: predictor de oportunitate (care condiționează îndeplinirea unei anumite funcții, dar nu spun nimic despre rata cu care aceasta este îndeplinită) și predictor de eficiență (dau informații cu privire la eficiența îndeplinirii funcției în situația prezenței indicatorilor de oportunitate). Informații cu privire la predictor pot fi obținute atât pe cale directă cât și indirectă. În acest sens pot fi utilizate orice caracteristici ale zonei umede: geomorfologice, hidrologice, geologice, pedologice, topografice, biologice.

Numărul de predictorii utilizați pentru a evalua desfășurarea unei anumite funcții depinde de complexitatea schemei de evaluare și de funcția considerată. Lipsește un consens general cu privire la predictorii care trebuie utilizați în evaluarea funcțiilor (o analiză a 17 metode de evaluare a relevat utilizarea a 300 de predictorii, dintre care 78 au fost prezenți în mai mult de trei metode) (Clairain, 1994). În general, cu cât crește numărul de predictorii, cu atât cresc costul și durata analizei, iar un număr prea mic de predictorii nu furnizează suficientă informație pentru un proces de luare a deciziei cu riscuri acceptabile. Pentru evaluarea unei funcții la nivel calitativ numărul necesar de predictorii este în general mai redus decât cel necesar pentru evaluarea aceleiași funcții la nivel calitativ.

Rezultatele aplicării procedurilor de evaluare pot fi exprimate în termeni diferiți, în funcție de obiectivele utilizatorului și/sau de limitele bazei de cunoștințe: calitativi (prezența sau absența funcțiilor), cantitativi (gradul de exercitare a funcțiilor), predictivi (evaluarea dinamicii funcțiilor în condiții normale sau de deterioare).

Aplicarea procedurilor de AF se bazează în general pe o combinație între activitatea de teren, parcurgerea literaturii de specialitate și utilizarea expertizei celui care efectuează evaluarea. În funcție de obiectivele propuse, procedurile sunt diferite prin structură, rezultate, scară de aplicare, poziție geografică.

În etapa actuală de dezvoltare a procedurilor de analiză funcțională, principalele limite afectează:

- alcătuirea bazei de date (calitatea datelor existente, care stau la baza studiului de birou, deci calitatea programelor de cercetare și de monitoring)
- abordarea funcțiilor și proceselor la scara integrală a sistemelor ecologice, ecosisteme și complexe de ecosisteme.

Funcțiile avute în vedere în procedurile de evaluare sunt foarte diverse din punct de vedere terminologic, dar pot suferi cu ușurință sinonimizări. Termenul de funcție utilizat aici nu are caracterul celui utilizat în ecologia sistemică și corespunde mai degrabă noțiunii de serviciu. Funcțiile pot fi grupate în patru mari categorii: hidrologice/legate de calitatea apei, legate habitat sau faună, legate de integritatea complexelor de ecosisteme și recreațional/estetice. Tabelul 1 prezintă, pentru exemplificare, funcțiile abordate de trei proceduri de evaluare diferite.

Există numeroase proceduri de analiză funcțională disponibile, majoritatea dezvoltate în SUA. Până în 1981 erau deja elaborate peste 20 de proceduri de analiză funcțională. Fiecare set de proceduri este bazat pe concepte diferite și abordează diferit analiza funcțională, prin prisma obiectivelor utilizatorului.

**Tabelul 1: Funcțiile evaluate de trei proceduri de AF reprezentative.**

Adamus și colab., 1991	Smith și colab., 1995	FAEWE/PROTOWET, 1998
<ul style="list-style-type: none"> <li>• încărcarea apei freatice</li> <li>• descărcarea apei freatice</li> <li>• atenuarea inundației</li> <li>• stabilizarea sedimentului</li> <li>• retenția sedimentului/substanțelor toxice</li> <li>• eliminarea/transformarea nutrienților</li> <li>• exportul de producție</li> <li>• abundența/diversitatea acvatică</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stocarea dinamică a apei de suprafață</li> <li>• stocarea apei pe termen lung</li> <li>• disiparea energiei</li> <li>• stocarea apei subterane</li> <li>• atenuarea descărcării/curgerii apei subterane</li> <li>• ciclarea nutrienților</li> <li>• eliminarea compușilor sau elementelor importate</li> <li>• retenția materiei particulare</li> <li>• exportul de carbon organic</li> <li>• menținerea comunităților de plante</li> <li>• menținerea biomasei detritice</li> <li>• menținerea structurii spațiale a habitatului</li> <li>• menținerea conectivității</li> <li>• menținerea distribuției/abundenței nevertebratelor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• retenția apei de inundație</li> <li>• încărcarea apei subterane</li> <li>• descărcarea apei subterane</li> <li>• retenția sedimentului</li> <li>• retenția nutrienților</li> <li>• exportul nutrienților</li> <li>• retenția carbonului <i>in situ</i></li> <li>• menținerea ecosistemului</li> <li>• menținerea rețelei trofice</li> <li>• conservarea biodiversității</li> </ul>

Câteva din cele mai cunoscute proceduri sunt următoarele (după Baker, 1998):

- "A method for wetland functional assessment", Adamus și Stockwell, 1983
- "The WET (Wetland Evaluation Technique)" Adamus și colab., 1987
- "Functional assessment of freshwater wetlands: a manual and training outline", Larson și colab., 1989
- "Method for comparative evaluation of non-tidal wetlands in New Hampshire", Amman și Stone, 1991
- "Wetland evaluation guide", Bond și colab., 1992
- Procedura hidrogeomorfologică (HGM) americană. "An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and

functional indices ", Smith și colab., 1995

- Procedura HGM europeană (FAEWE/PROTOWET). "Functional analyses of European wetland ecosystems)", Maltby și colab., 1998

Procedurile de AF elaborate în ultima decadă tind spre un nou mod de abordare care să depășească limitele tehnicilor de evaluare precedente:

- discrepanța dintre fondul de timp și resursele necesare și alocabile
- lipsa unor proceduri standardizate și repetabile
- numărul limitat de funcții evaluate
- limitarea la anumite tipuri de ecosisteme sau zone geografice
- forma rigidă sau prea complexă a multor proceduri, care face dificile modificările și adaptările.

Ultimele două exemple din lista prezentată mai sus sunt proceduri care reprezintă noua modalitate de abordare și vor fi prezentate în detaliu în continuare. Ele se apropie (în special procedura FAEWE/PROTOWET) de analiza funcțională înțeleasă ca metodă de evaluare a bunurilor și serviciilor capitalului natural, așa cum a fost caracterizată în subcapitolul introductiv.

Înainte de caracterizarea în detaliu a celor două proceduri selectate este utilă prezentarea unor elemente de comparație a acestora:

- Procedura FAEWE/PROTOWET este mai elaborată din punct de vedere al felului cum sunt concepute funcțiile. În această procedură funcțiile sunt grupate în categorii (funcții care decurg din ciclarea materiei - "hidrologice" și "biogeochimice", și funcții care decurg direct din fluxul de energie - funcții "ecologice"). De asemenea, sunt explicitate fenomenele/procese de care depinde exercitarea lor.

- Din punct de vedere structural, primele două faze (de caracterizare a ariei de evaluare și de evaluare propriuzisă) sunt comune. Procedura HGM americană include în plus o fază de analiză pentru luarea deciziei optime și nu se limitează la furnizarea informației necesare luării deciziei. Procedura HGM americană îmbină evaluarea funcțiilor cu evaluarea impactului asupra funcțiilor în cadrul a diferite scenarii, în timp ce procedura FAEWE/PROTOWET are în vedere exclusiv evaluarea funcțiilor și nu include, în forma actuală, faza de analiză a rezultatelor evaluării.

- Procedura HGM americană include ca o componentă esențială clasificarea zonelor umede. Evaluarea se face prin raportare la sisteme de referință din clasa căreia îi aparține sistemul evaluat. În cazul procedurii FAEWE/PROTOWET, nu este necesară o clasificare prealabilă și evaluarea se face fără raportare la sisteme de referință.

- Procedura FAEWE/PROTOWET sistematizează și discriminează mai bine cele două tipuri de activități (studiu de birou și studiu de teren). Studiului de teren, ca parte a procedurii de evaluare, i se acordă o valoare mai mare în cadrul procedurii hidrogeomorfologice americane, nu ca parametrizare, ci ca dezvoltare a bazei de



cunoștințe. Procedura FAEWE/PROTOWET face în mod special apel la baza de cunoștințe existentă, fără să excludă activitatea de teren, deosebit de importantă, dar având ca rezultat determinarea valorilor parametrilor de control.

- Nici una din proceduri nu ține seamă în mod explicit de proprietățile diferite (emergente) care pot apărea la nivelul complexelor de ecosisteme locale, față de nivelul ecosistemic. Totuși, în cadrul procedurii FAEWE/PROTOWET anumite funcții (menținerea ecosistemului, conservarea biodiversității) sunt considerate direct la scara zonei umede evaluate, sau chiar la scară regională și macroregională.

### **1.2.2 Procedura hidrogeomorfologică americană**

Procedura este propusă de Smith și colab. (1995) și cuprinde două faze. Faza de dezvoltare este susținută de o echipă multidisciplinară de experți, și are următoarele etape:

- Clasificarea hidrogeomorfologică
- Dezvoltarea profilului funcțional
- Identificarea zonelor umede de referință
- Calibrarea modelelor folosind zone umede de referință

Faza a doua, de aplicare, este susținută de o echipă de teren și presupune parcurgerea următoarelor etape:

- Caracterizarea ariei de evaluat
- Evaluarea propriu-zisă
- Analiza rezultatelor evaluării

#### **1.2.2.1 Faza de dezvoltare**

Din punct de vedere al istoricului procedurii, primul pas către dezvoltarea ghidului de evaluare a fost clasificarea zonelor umede pe criterii hidrogeomorfologice. Aceasta a constituit scopul unui proiect distinct, materializat prin elaborarea și publicarea unui sistem de clasificare (Brinson, 1993). Deoarece concepte de bază utilizate în procedura HGM americană își au originea în sistemul de clasificare hidrogeomorfologică, îl prezentăm separat.

#### **Clasificarea hidrogeomorfologică**

În general clasificarea zonelor umede se bazează pe caracterizarea covorului vegetal, regimului hidrologic și a substratului (geomorfologic și sol). Clasificarea hidrogeomorfologică consideră numai caracteristicile hidrogeomorfice ale zonelor umede:

1. **Situația geomorfologică.** Trei categorii sunt avute în vedere: zonele umede depresionare, ripariene și de coastă. Turbăriile foarte extinse constituie o categorie separată datorită particularităților topografice și hidrologice cu totul speciale. Zonele umede depresionare pot fi deschise sau închise față de

fluxurile hidrologice de suprafață și pot fi conectate mai strâns sau mai slab la fluxurile hidrologice subterane. Zonele umede ripariene sunt reprezentate de lunci inundabile și variază în funcție de gradientul de pantă. Zonele umede de coastă sunt controlate de nivelul lacurilor sau nivelul mării. Turbăriile își încep în mod normal dezvoltarea în depresiuni. Dacă turbăriile se dezvoltă dincolo de depresiunea originală, ele pot crea propria lor situație geomorfologică unică. Fiecare dintre aceste patru tipuri sunt caracterizate de un număr limitat de combinații în ce privește sursa de apă și condițiile hidrodinamice.

2. **Sursa de apă.** Cele trei surse de apă pot fi precipitațiile, fluxurile de suprafață dinspre terestru sau amonte, și fluxurile subterane cu sursă în apa freatică. Fiecare dintre aceste surse are tendința să aibă un chimism diferit, ceea ce influențează felul cum zonele umede funcționează. Dacă precipitațiile sunt singura sursă, atunci evapotranspirația trebuie să fie suficient de redusă pentru a menține stocul de apă. Transportul prin apa de suprafață permite sedimentului să fie depus în zona umedă, așa cum se întâmplă în lunci. Apa subterană este adesea bogată în minerale. Curgerea continuă specifică majorității fluxurilor subterane contrabalansează efectele negative asociate condițiilor de saturare a solului.
3. **Hidrodinamica.** Viteza de curgere poate varia în cadrul fiecăruia din cele trei tipuri de curgere: preponderent verticală, preponderent unidirecțională și orizontală, preponderent bidirecțională și orizontală. Mișcările verticale sunt datorate evapotranspirației și precipitațiilor, cele unidirecționale au loc datorită pantei, în lunci sau în zonele de percolare, iar mișcările bidirecționale sunt asociate mareelor și valurilor. Acolo unde domină mișcările verticale, zonele umede sunt caracterizate de energie hidraulică joasă. Creșterea în altitudine a substratului în astfel de zone este limitată la acumularea de turbă. Fluxurile unidirecționale orizontale pot avea un caracter de la eroziv la depozițional, în funcție, de exemplu, de localizarea zonei umede în cadrul luncii. Mișcările bidirecționale ale mareelor creează inundații predictibile care impun condiții specifice de habitat pentru multe populații caracteristice zonelor estuariene și costiere.

*Indicatorii de funcționare* (predictorii) sunt considerați derivați ai celor trei proprietăți de bază mai sus menționate. Indicatorii pot da informații la scări de timp diferite. Indicatori pe termen scurt pot fi nivelul apei de inundație, plante anuale, litieră adusă de inundație. Indicatori pe termen lung pot fi trăsături geomorfologice, plante perene.

Semnificația ecologică a fiecărei proprietăți sau indicator de funcționare este cuantificată, în măsura posibilului, din literatura științifică publicată cu privire la ecosisteme similare sau din baza de cunoștințe generală a ecologiei. Tabelul 2 exemplifică acest mod de abordare.

Pentru o anumită zonă umedă este dezvoltat un "profil" care conține funcțiile

probabile îndeplinite de zona umedă respectivă, inclusiv rolul în cadrul sistemului integrator. Elaborarea profilelor reprezintă obiectivul final al clasificării. Este recomandabil ca în cadrul unei anumite zone geografice să fie stabilite profilele mai multor zone umede care să constituie o populație de *zone umede de referință*. Acest domeniu de zone umede diferite trebuie stabilit și inclus în componenta protejată a capitalului natural și utilizat ca sistem de referință similar colecțiilor de specii, materiale geologice sau soluri.

Domeniul zonelor umede de referință trebuie să includă și pe acelea care au fost deteriorate. Astfel de zone umede de referință vor funcționa ca bază de comparație pentru procedura de evaluare.

### ***Alte concepte cheie***

*Subclase regionale de zone umede.* La scară continentală, heterogenitatea în cadrul unei singure clase hidrogeomorfologice de zone umede este foarte mare. Gradul de heterogenitate poate fi redus prin aplicarea clasificării la scară regională. Subclasele regionale, ca și clasele, se disting pe baza criteriilor hidrogeomorfologice, a sursei de apă și a hidrodinamicii.

*Capacitatea funcțională.* În această procedură de evaluare, modificarea în potențialul unei zone umede de a exercita o funcție este măsurată în termeni de capacitate funcțională. Capacitatea funcțională este definită ca măsura în care o parte dintr-o zonă umedă îndeplinește o anumită funcție. Capacitatea funcțională nu reprezintă o simplă agregare a potențialului zonei umede de a efectua funcții multiple. CF poate fi măsurată cantitativ sau calitativ (pe o scală nominală sau ordinală). CF este determinată pe baza caracteristicilor zonei umede și a particularităților sistemului integrator.

*Standarde de referință.* Procedura de evaluare definește standardele de referință ca fiind zone umede în care se poate exercita durabil la un nivel maxim capacitatea funcțională. Unele nuanțări trebuie făcute având în vedere că zonele umede și sistemele care le integrează sunt sisteme dinamice, cu o CF variabilă, ciclică sau ireversibilă. Sursa variabilității poate fi naturală, dar și antropică. Modificările antropice ale CF au loc adesea mai rapid decât cele datorate proceselor naturale. Standardele de referință trebuie să acopere atât sistemele naturale, cât și pe cele cu diferite tipuri de impact antropic. Aria geografică de pe care sunt selectate zonele umede de referință constituie *domeniul de referință*. Domeniul de referință selectat trebuie să reflecte obiectivele evaluării, în primul rând scara spațială a sistemelor avute în vedere.



**Tabelul 2: Exemple de situații geomorfologice în cadrul Clasificării Hidrogeomorfologice (după Brinson, 1993).**

Zone umede tip depresiune.

<b>Situație geomorfologică</b>	<b>Dovezi calitative</b>	<b>Dovezi cantitative</b>	<b>Funcții</b>	<b>Semnificație ecologică</b>
Fără conexiune hidrologică de suprafață	Topografic izolată față de ecosisteme acvatice	Seacă frecvent. Nivelul apei subterane este coborât pentru o perioadă lungă de timp.	Reține intrările. Pierderile sunt în primul rând prin evapotranspirație și infiltrare.	Inaccesibilă populațiilor din râuri. Endemismele sunt probabile.
Poziționată din punct de vedere topografic pe o înălțime. Are ieșire de apă de suprafață.	Zonele de conexiune pot fi definite de contururi de suprafață pe hartă sau simboluri topografice	Seacă frecvent. Nivelul apei subterane este coborât pentru o perioadă lungă de timp.	Reține temporar inundația; conexiunea poate funcționa în timpul apelor mari (controlată de apa de suprafață) sau continuu (controlată de apa freatică). Conexiunea controlează adâncimea maximă.	Sistem deschis dispersiei populațiilor acvatice din amonte și aval. Potențial de recolonizare de către populațiile acvatice după extincții locale în sezonul uscat.
Intrare și ieșire de apă de suprafață; bazinul hidrografic mare susține caracteristicile zonei ripariene	Zonele de conexiune pot fi definite de contururi de suprafață pe hartă sau simboluri topografice	Bugetul hidrologic este dominat de fluxurile de suprafață laterale sau de descărcarea apei freatice	Retenție temporară a apei inundației, cu descărcarea rapidă către râu după inundație sau încărcarea pânzei freatice.	Potențial pentru populațiile de pești. Import și export de detritus.
Localizare la baza pantei	Sol saturat în majoritatea timpului	Chimism specific apei freatice. Descărcare pe fața pantei sau la baza pantei. Confirmare piezometrică.	Input hidrologic stabil și continuu	

*Potențialul sitului.* Teoretic, orice zonă umedă poate atinge cea mai înaltă CF care corespunde standardului de referință. Din punct de vedere practic este însă important timpul în care o astfel de CF poate fi atinsă. Acea parte din CF care poate fi atinsă de către zona umedă într-un timp rezonabil de lung în condițiile de deteriorare existente este definită ca potențialul sitului.

*Indicii de funcționare și modelele de evaluare.* Procedura de evaluare folosește indici funcționali (a nu se confunda cu indicatorii de funcționare, predictorii) bazați pe modele de evaluare cu criterii multiple pentru a evalua CF a zonei umede. Acuratețea acestor modele depinde de cel puțin trei factori: baza de cunoștințe cu privire la subclasa regională, expertiza celor implicați în procedura de evaluare, abilitatea utilizatorilor de a obține informația necesară parametrizării modelului. Clasificarea în subclase regionale face mai ușoară depășirea acestor dificultăți, reducând variabilitatea și permițând elaborarea unor modele de evaluare mai simple. *Modelul de evaluare* este o reprezentare simplă a relației dintre atributele zonei umede și ale sistemului integrator, pe de o parte, și capacitatea funcțională a zonei umede, pe de altă parte. Dacă condițiile unei variabile care controlează CF pentru funcția avută în vedere sunt similare cu cele din standardul de referință definit pentru un domeniu de referință, atunci i se acordă valoarea 1. Pe măsură ce condițiile sunt mai depărtate de standardul de referință, i se acordă o valoare progresiv mai mică, până la 0. Valoarea acordată se poate situa pe o scară cantitativă sau calitativă, în funcție de baza de cunoștințe disponibilă. Când este imposibil sau nepractic să se aloce o valoare bazată pe date directe, calitative sau cantitative, se poate face apel la indicatori de funcționare. În plus, față de relația directă dintre variabile și capacitatea funcțională, modelul de evaluare arată cum interacționează diferitele variabile pentru a afecta CF. Interacțiunea dintre variabile este definită folosind o funcție de agregare sau reguli logice. Rezultatul final este un *Indice de Capacitate Funcțională (ICF)*, definit ca raportul dintre CF a zonei umede în condițiile existente și standardul de referință din domeniul de referință stabilit în subclasa regională. O valoare 1 a ICF arată condiții similare cu standardul de referință, o valoare 0.1, spre exemplu, indică efectuarea funcției la un nivel minim, dar existența unui potențial de recuperare, iar o valoare 0 indică neefectuarea funcției și absența oricărui potențial de recuperare. Una dintre calitățile acestei proceduri de evaluare este flexibilitatea în dezvoltarea și calibrarea modelelor de evaluare. Chiar dacă scopul pe termen lung rămâne dezvoltarea de modele de evaluare cu relații între variabile și CF bazate pe date obținute în zonele umede de referință, o abordare realistă și pe termen scurt este inițierea dezvoltării și calibrării modelului folosind informația și resursele disponibile (opinii ale experților, literatură publicată, date empirice etc.).

În acest context, obiectivul fazei de dezvoltare este elaborarea unui ghid pentru evaluarea funcțiilor subclasei regionale.

Principalele responsabilități tehnice și administrative ale echipei care se ocupă de faza de dezvoltare vor fi, ca urmare: identificarea subclaselor regionale de zone

umede, ordonarea acestora în funcție de priorități în vederea alocării diferențiate a resurselor, dezvoltarea profilelor pentru subclasele regionale selectate, definirea domeniului de referință, identificarea zonelor umede de referință și a standardelor de referință, dezvoltarea modelelor de evaluare, testarea în teren a modelelor, coordonarea cu alte proiecte implementate în regiune (eventual alte echipe de evaluare), asigurarea calității și controlului modelelor de evaluare și referință dezvoltate de terțe părți, gestionarea bazei de informații a subclasei regionale (în ce privește literatura relevantă, datele și localizarea zonelor umede de referință).

Numărul de subclase regionale definite va depinde de diversitatea zonelor umede din regiune și de obiectivele evaluării. O dată subclasele definite și extinderea lor spațială identificată, este dezvoltat profilul funcțional în termeni de situație geomorfologică, hidrologie, soluri, vegetație și alți factori care influențează funcționarea, cu indicarea funcțiilor pe care subclasa regională este cel mai probabil să le îndeplinească.

Următorul pas este *definirea domeniului de referință și selectarea zonelor umede de referință* care să acopere variabilitatea existentă în spațiul geografic respectiv. Numărul minim de zone umede de referință necesar este indicat să se încadreze în domeniul 15-25.

*Dezvoltarea modelelor de evaluare pentru subclasa regională* este următoarea etapă, urmată de calibrarea acestor modele. Informația obținută cu privire la zonele umede de referință este folosită pentru a stabili standarde de referință, care stau la baza calibrării modelelor de evaluare.

### 1.2.2.2 Faza de aplicare

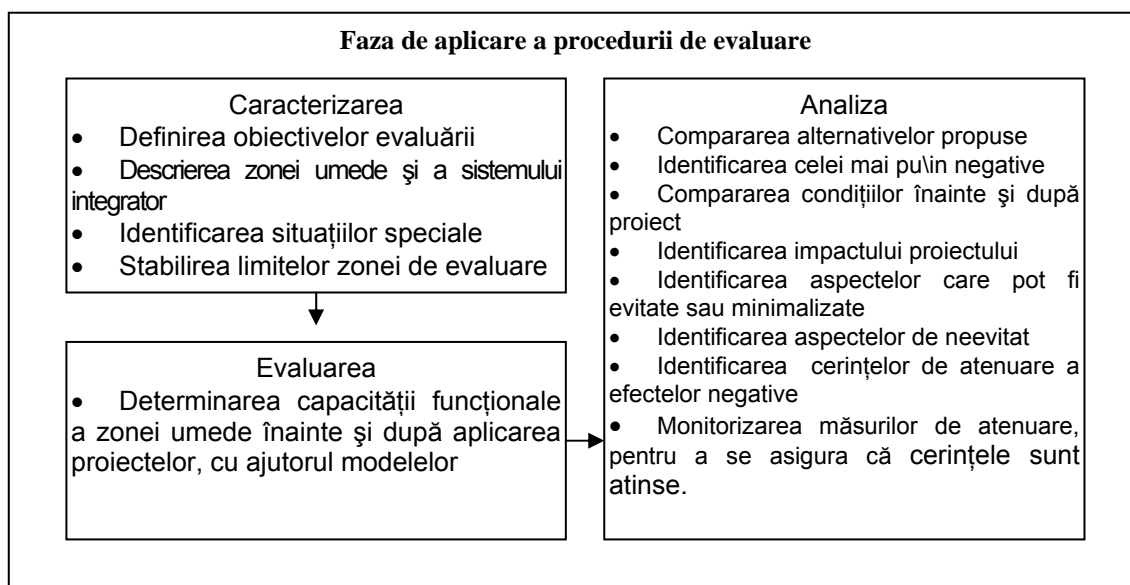
Figura 1 prezintă schematic modul cum decurge faza de aplicare, cu etapele corespunzătoare.

#### **Etapa de caracterizare.**

În compararea unei singure zone umede la diferite momente de timp, obiectivul este de obicei să se determine impactul unui proiect asupra capacității funcționale a unei zone umede (care va fi impactul, sau cum se poate face restaurarea după un impact ce a avut deja loc). Aria proiectului include zona de interes din punct de vedere juridic. În cazul proiectelor mari, poate fi utilă împărțirea în mai multe arii ale proiectului în funcție de localizarea zonelor umede sau alte criterii relevante.

Următorul pas este identificarea situațiilor speciale, care sunt cele pentru care, în cadrul legislativ, se acordă un statut de protecție. În cadrul ariei proiectului se face delimitarea exactă a ariei de zona umedă care urmează să fie evaluată. Aceasta poate corespunde unui ecosistem de zonă umedă sau doar unui fragment din acesta, deoarece limitele ariei proiectului pot fi determinate de statutul proprietății, utilizării terenului sau alte criterii extra-ecologice de acest tip. Cu toate acestea, în evaluarea capacității zonei umede de a funcționa, parametrii care influențează

fiecare funcție trebuie considerată la scara spațială corespunzătoare. Cu cât mărimea și heterogenitatea ariei proiectului este mai mare, cu atât crește probabilitatea de a avea mai multe arii de zonă umedă de evaluat, deoarece este probabil ca mai mult de o subclasă regională să fie reprezentată, sau să fie prezenți mai mulți reprezentanți ai aceleiași subclase. Mai mult, aceeași arie de evaluare poate fi împărțită în arii parțiale de evaluare, cu CF diferite datorită fie unor procese naturale (succesionale), fie impactului antropic distribuit neomogen.



**Figura 1: Etapele fazei de aplicare a procedurii hidrogeomorfologice americane.**

### Faza de evaluare.

În această fază, subiectul evaluării sunt ariile (parțiale) de evaluare identificate în faza de caracterizare, iar rezultatul este evaluarea CF. În majoritatea cazurilor, prima evaluare este realizată pentru condițiile existente, care în mod normal sunt condițiile înainte de implementarea proiectului. În funcție de obiectivele evaluării, evaluarea inițială va fi folosită pentru a stabili o stare de referință cu care să fie comparată situația de după implementarea proiectului, sau situația care va apărea după aplicarea unui anumit plan de management (scenarii).

### Faza de analiză.

Aceasta este faza finală în care se realizează aplicarea rezultatelor evaluării, în sensul alegerii scenariului managerial optim. Pentru a ține seama și de dimensiunea zonei umede, ICF se înmulțește cu suprafața ariei evaluate, definind astfel Capacitatea Funcțională (CF). În cazul prezenței ariilor parțiale de evaluare, CF se calculează prin însumarea capacităților ariilor parțiale respective.

Pe baza CF pot fi efectuate trei tipuri de comparații utile pentru actul de decizie:

- compararea unei arii de evaluare la momente de timp diferite (ante- și post-proiect, cu măsuri de atenuare a impactului și fără; poate fi prognozată dinamica



CF pentru perioada de timp de interes, cu rezoluție temporală diferită în funcție de necesități și de baza de cunoștințe disponibilă)

- compararea ariilor de evaluare din aceeași subclasă regională la același moment de timp ( de interes când decizia cu privire la localizarea exactă a proiectului depinde de rezultatul evaluării)
- compararea unor arii de evaluare din subclase regionale diferite la același moment de timp; în acest caz, comparația nu se poate face direct deoarece indicii sunt calibrați pe baza unor zone umede de referință diferite, dacă nu există o intercalibrare suplimentară în funcție de un standard absolut; pot fi făcute însă comparații cu un anumit grad de subiectivitate, în special când diferențele dintre ICF ale celor două arii de evaluare sunt mari și sunt disponibile și alte informații suplimentare, în special legate de situațiile speciale identificate în faza de caracterizare.

### **Premize și limite potențiale ale procedurii.**

Se consideră că zona umedă evaluată aparține unei subclase regionale pentru care indicii funcționali au fost dezvoltați pe baza unor zone umede de referință în cadrul fazei de dezvoltare. Utilizatorii procedurii de evaluare trebuie să dețină expertiza necesară cu privire la subclasa de zone umede respectivă. Procedura nu poate fi aplicată fără o vizită în teren. Procedura nu a fost elaborată pentru a compara zone umede din subclase regionale diferite. Procedura a fost elaborată pentru evaluarea funcțiilor la scară ecosistemică și ca urmare nu poate fi folosită pentru estimarea impactului cumulativ al mai multor proiecte la scara complexelor de ecosisteme. Procedura nu permite evaluarea funcțiilor în termeni economici, dar furnizează informații indispensabile unei astfel de evaluări.

### **1.2.3 Procedura FAEWE/PROTOWET**

#### **Elemente introductive și fundamentare conceptuală**

Dezvoltarea acestei proceduri de evaluare a avut loc în cadrul proiectului "*Analiza funcțională a zonelor umede Europene - FAEWE*", derulat între 1992 și 1997 și finanțat de Comunitatea Europeană (Maltby și colab., 1996). Dezvoltarea procedurilor este continuată în cadrul proiectului "*Operaționalizarea tehnicilor de evaluare a zonelor umede europene - PROTOWET*". Dezvoltarea acestei proceduri a avut loc în paralel cu abordarea hidrogeomorfologică din SUA.

Elementul conceptual de bază al procedurilor FAEWE/PROTOWET este unitatea hidrogeomorfologică (UHGM). Unitatea hidrogeomorfologică este definită ca un element din structura peisajului uniform din punct de vedere al geomorfologiei și regimului hidrologic, cu sol uniform în măsura în care reflectă condițiile hidrologice și geomorfologice.

Este posibil ca o zonă umedă să fie omogenă din punct de vedere hidrogeomorfologic și, ca urmare, să reprezinte o singură UHGM. Cel mai adesea, însă, o zonă umedă conține un mozaic de UHGM. Se poate constata că termenul

de UHGM este folosit în aceste proceduri în sens de ecosistem și nu de componentă abiotică a acestuia.

La nivelul fiecărei UHGM se desfășoară funcții, UHGM fiind cea mai mică entitate funcțională. O funcție depinde de un număr de procese (mecanisme și fenomene, în termenii ecologiei sistemice), care pot fi evaluate pe baza unui set de predictorii (parametrii de control sau indicatori ai acestora, în termenii ecologiei sistemice). Ca o detaliere a tabelului 1, tabelul 3 prezintă funcțiile avute în vedere de procedurile FAEWE/PROTOWET și procesele de care acestea depind.

Geomorfologia este descrisă în termeni de pantă, gradient și formă, depresiuni și elevații. Hidrologia este caracterizată în funcție de diferențele în precipitații, evapotranspirație, fluxuri de suprafață și subterane. Tipul de sol și covorul vegetal sunt de asemenea determinate pentru fiecare UHGM. Toate aceste informații sunt utilizate direct în procedurile de evaluare. Din punct de vedere teroretic abordarea HGM europeană este și un sistem de clasificare, dar aplicarea în practică este exclusă datorită numărului foarte mare de clase generate (peste 4000).

Diferența esențială între abordarea hidrogeomorfologică americană și cea europeană este că în sistemul american zonele umede sunt caracterizate la o scară mai mare, apropiată de cea a complexelor de ecosisteme locale și regionale, în timp ce în sistemul european abordarea este la o scară mai mică, ecosistemică sau chiar sub-ecosistemică. Având în vedere diferența de scară și management între zonele umede europene și cele nord-americane, procedura FAEWE/PROTOWET nu are la bază un sistem de clasificare hidrogeomorfologică, ci abordează evaluarea pentru fiecare caz în parte, fără raportare la standarde de referință.

Dezvoltarea procedurii FAEWE/PROTOWET a avut loc cu consultarea permanentă a potențialilor utilizatori, guvernamentali și neguvernamentali, pune la dispoziția utilizatorilor un pachet modular și flexibil, venind în întâmpinarea nevoilor factorilor de decizie cu privire la planificarea managementului bazinelor, având în vedere locul foarte important al componentelor ripariene în structura acestora. Se intenționează ca aplicarea lor să evidențieze nivelurile de impact care alterează funcționarea zonelor umede (capacitatea de suport a acestora).

S-a încercat utilizarea la maxim a cunoașterii științifice pe care se bazează procedura. Structura ei a fost adaptată la starea actuală a bazei de cunoștințe, încercând să evite obiectivele prea ambițioase, care ar fi condus la o creștere inacceptabilă a gradului de incertitudine asociat rezultatului evaluării.

Nivelurile de evaluare avute în vedere la debutul proiectului au fost trei: calitativ, cantitativ și de modelare a funcțiilor. În forma elaborată până la ora actuală,

procedurile permit o evaluare calitativă pentru toate funcțiile (funcția este deplin exercitată, funcția nu este îndeplinită, funcția este exercitată într-o mică măsură) și semi-cantitativă sau cantitativă pentru anumite funcții. Principalele limitări care au condus la această situație sunt legate de nivelul de dezvoltare al bazei de cunoștințe .

Procedura este relativ complexă și cu un pronunțat caracter analitic. O funcție este evaluată prin intermediul combinațiilor evaluărilor proceselor componente. Ca urmare rezultatul evaluării poate fi limitat și la nivel de proces, în funcție de necesitățile utilizatorului. Fiecare UHGM din aria de evaluare este abordată individual și rezultatele sunt combinate pentru a o evaluare generală a zonei umede. Pentru anumite procese evaluarea se face direct la scara zonei umede.

În forma actuală ghidul de evaluare este dedicat zonelor umede ripariene, dezvoltările și adaptările pentru celelalte tipuri de zone umede fiind în curs.

**Tabelul 3: Funcțiile abordate de procedura FAEWE/PROTOWET și procesele de care acestea depind**

<b>FUNȚII</b>	<b>PROCESE DE CARE DEPIND FUNCȚIILE</b>
<b>Funcții hidrologice</b>	
Reținerea apei de inundație	Reținerea apei de inundație
Încărcarea apei freatice	Încărcarea apei freatice
Descărcarea apei freatice	Descărcarea apei freatice
Reținerea sedimentului	Reținerea sedimentului
<b>Funcții biogeochimice</b>	
Reținerea nutrienților	Preluarea nutrienților de către plante (N și P)
	Stocarea nutrienților în materia organică din sol
	Adsorpția N ca amoniu
	Adsorpția și precipitarea P în sol
Exportul nutrienților	Reținerea nutrienților în formă particulată
	Exportul gazos al N prin denitrificare
	Exportul gazos al N prin amonificare
	Exportul nutrienților prin utilizarea terenului
Retenția carbonului <i>in situ</i>	Exportul nutrienților prin procese fizice
<b>Funcții ecologice</b>	
Menținerea ecosistemului	Acumularea de materie organică
	Asigurarea diversității structurale generale a habitatului
	Asigurarea condițiilor locale pentru macronevertebrate
	Asigurarea condițiilor locale pentru pești
	Asigurarea condițiilor locale pentru reptile și amfibieni
	Asigurarea condițiilor locale pentru păsări
Menținerea rețelei trofice	Asigurarea condițiilor locale pentru mamifere
	Asigurarea diversității plantelor
	Producția de biomasă (primară)
	Importul de biomasă prin cursul de apă
	Importul de biomasă prin fluxuri dinspre terestru
	Importul de biomasă prin intermediul vântului
	Importul de biomasă prin procese biologice
	Exportul de biomasă prin cursul de apă
	Exportul de biomasă prin fluxuri dinspre terestru
	Exportul de biomasă prin intermediul vântului
Exportul de biomasă prin intermediul faunei	
	Exportul antropic de biomasă

## **Ghidul de Analiză Funcțională**

Procedura hidrogeomorfologică europeană este prezentată de către Maltby (1998). O introducere generală descrie caracteristicile generale ale procedurii, programul FAEWE/PROTOWET, partenerii instituționali și recunoaște sursele de finanțare. Sunt explicate pe scurt conceptul de funcție a unei zone umede ripariene. Este făcută o scurtă prezentare a evoluției procedurilor de analiză funcțională a zonelor umede, a structurii interne și secțiunilor procedurilor FAEWE/PROTOWET.

Secțiunea "Ghidul utilizatorului" este împărțită în patru subsecțiuni.

Prima sub-secțiune se ocupă de întrebarea "*ce funcție trebuie evaluată*". Având în vedere terminologia foarte diversă din domeniu, este propus un tabel de sinonimizare cu denumirile utilizate în aceste proceduri.

A doua sub-secțiune tratează problema *tipului de abordare* avut în vedere. Patru tipuri de abordare sunt posibile în principiu în cadrul procedurilor: evaluarea unei funcții de interes, evaluarea tuturor funcțiilor zonei umede ripariene, evaluarea impactului asupra unei anumite funcții, evaluarea impactului asupra tuturor funcțiilor (primele două tipuri de abordări sunt dezvoltate în forma actuală a ghidului).

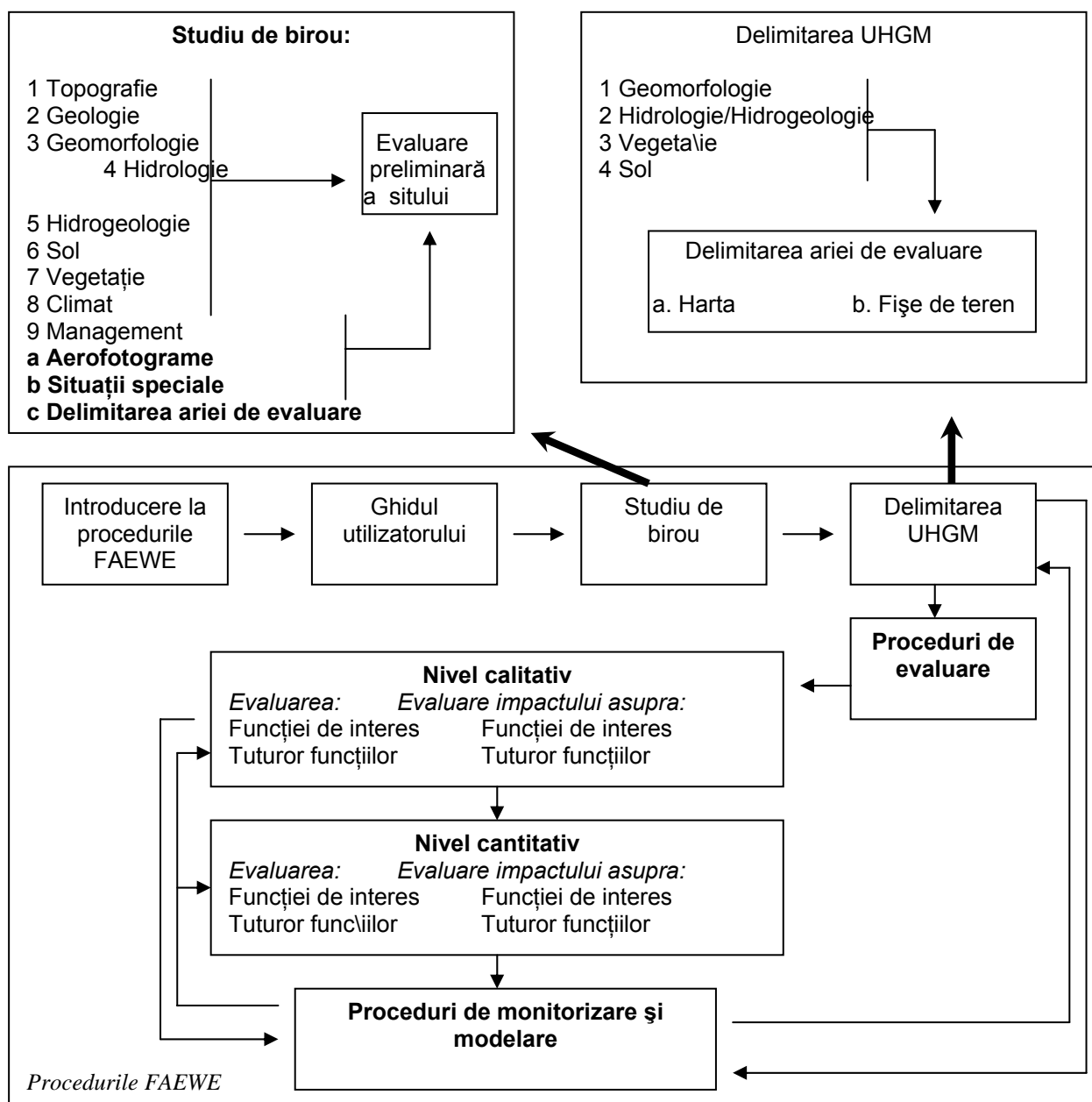
A treia sub-secțiune dă informații cu privire la *nivelul de detaliere a evaluării*. Consultarea potențialilor utilizatori a condus la stabilirea a trei niveluri de evaluare: calitativă, cantitativă, monitorizare detaliată și modelarea funcției, dintre care în forma actuală a ghidului doar primul este complet dezvoltat.

Sub-secțiunea finală, a patra, *detaliază* structura internă a procedurilor și *informează* utilizatorul asupra căilor care pot fi parcurse.

După ce utilizatorul a identificat obiectivul evaluării și etapele de parcurs, urmează etapa studiului de birou. Aceasta furnizează o parte din informația necesară alcătuirii bazei de date în vederea delimitării UHGM și evaluării funcțiilor. Sunt indicate sursele de informații din diferite domenii (hărți topografice, pedologice, date hidrologice, aerofotograme). Datele obținute prin studiul de birou sunt integrate într-o caracterizare preliminară a sitului de evaluat, pe baza căreia se va desfășura activitatea de teren. De asemenea, sunt avute în vedere situațiile speciale (statutul de arie protejată, prezența unor specii periclitare etc.). În anumite cazuri, identificarea lor va încheia activitatea de evaluare.

Obiectivul principal al următoarei etape, studiul de teren, îl constituie *identificarea și delimitarea* unităților hidrogeomorfologice. O componentă importantă a studiului de teren este și determinarea valorilor acelor variabile care nu au putut fi caracterizate pe baza studiului de birou.

Ca rezultat al studiului de birou și de teren utilizatorul are la dispoziție o bază de date cu privire la valorile variabilelor de control ale proceselor de care depind funcțiile de evaluat.



**Figura 2: Structura procedurii FAEWE/PROTOWET**

După încheierea delimitării UHGM din aria de evaluare (zonă umedă sau parte din aceasta) și alcătuirea bazei de date, utilizatorul poate începe o analiză funcțională. Evaluarea este bazată pe identificarea variabilelor care controlează, indică sau prognozează procesele de care depind funcțiile de evaluat, cunoscând relațiile de dependență dintre variabile și procese, relații care, în funcție de nivelul de precizie necesar, sau de limitările bazei de cunoștințe, pot fi cantitative sau calitative. Lista completă a funcțiilor posibile, procesele care stau la baza acestora, variabilele de

control pentru fiecare funcție sau proces, precum și relațiile de dependență dintre variabile și procese au fost extrase în etapa de elaborare a ghidului din baza de cunoștințe (literatură publicată, programe de cercetare științifică). Pentru fiecare funcție se prezintă și explică o listă de variabile de control, permițându-se utilizatorului să înțeleagă procesele care au loc.

În continuare, se utilizează baza de date constituită prin studiu de birou și teren (care include valorile parametrilor de control) pentru a evalua, pe baza relațiilor de dependență, gradul de exercitare a funcțiilor de interes. Utilizatorul nu are în mod direct contact cu componenta științifică a ghidului de evaluare, ci trebuie să completeze un sistem de chestionare cu privire la variabilele de control. Diferitele combinații de răspunsuri la aceste întrebări conduc la o anumită calificare/cuantificare a proceselor de care depinde funcția și, prin agregare, a funcției. Evaluarea este însoțită și de o explicație, făcută prin prisma relațiilor de dependență dintre funcție și variabilele de control, într-un limbaj accesibil utilizatorului.

Figura 2 prezintă structura de principiu a unei proceduri de analiză funcțională completă, care adresează toate nivelurile de evaluare (calitativ, cantitativ și modelare).

### 1.3 Studii de caz

#### 1.3.1 Analiza funcțională a Sistemului Dunării Inferioare

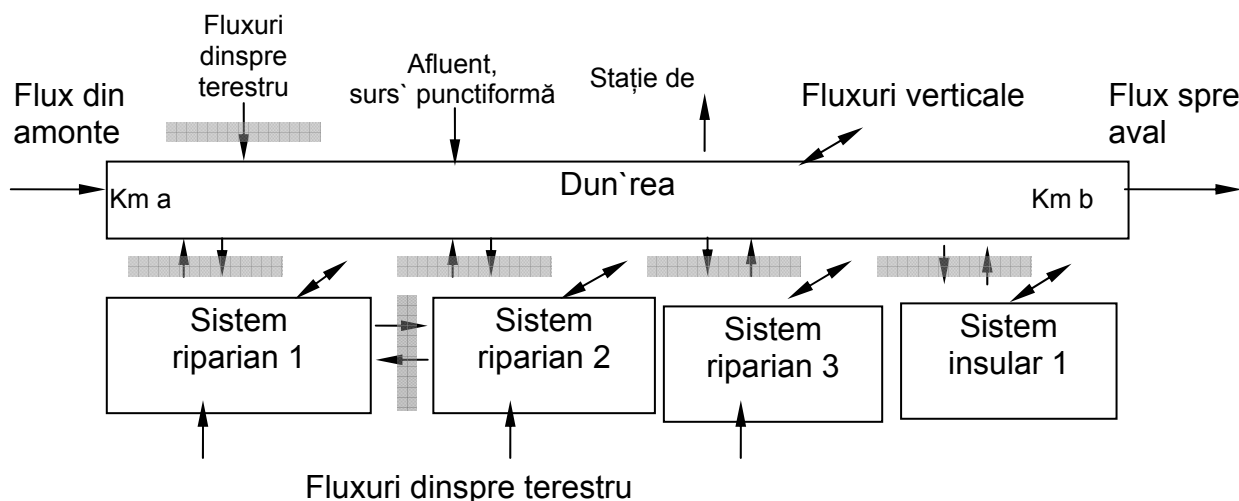
Termenul de '**Sistem al Dunării Inferioare**' (SDI) desemnează complexul de ecosisteme regional constituit din fluviu și luncă pe porțiunea din aval de Porțile de Fier (discontinuitate majoră în dimensiunea longitudinală a sistemului fluvial al Dunării). SDI include Delta Dunării și Sistemul lagunar Razelm - Sinoie.

Figura 3 prezintă structura de principiu a modelului homomorf al SDI, iar Tabelul 4 tipurile de componente din structura acestui model homomorf. Săgețile între compartimente materializează fluxurile hidrologice, de substanță (nutrienți, sedimente, etc.), energie radiantă și de organisme (dispersia), exemplificate în tabel. Fluxul reversibil reprezentat de migrația peștilor a fost neglijat din reprezentarea grafică.

În cadrul SDI pot fi identificate trei tipuri de ecotoni: ecotoni între sistemele terestre și ecosistemul lotic (acolo unde sistemul riparian se reduce doar la o interfață ca urmare a unei morfologii particulare a malului), ecotoni între sisteme ripariene sau insulare și ecosistemul lotic și ecotoni dintre componentele ripariene ale SDI. Primele două categorii menționate sunt desemnate cu termenul de ecotoni riparieni.

Principala modificare structurală antropică suferită de SDI este scoaterea de sub regimul natural de inundare a peste 80% din suprafața inundabilă de 600.000 ha,

prin îndiguire. Scopul îndiguirilor a fost de a asigura suprafețe pentru culturi agricole. Deoarece în calculul economic nu au fost luate în considerare serviciile foarte importante asigurate de SDI (controlul nutrienților, controlul microclimatului, menținerea biodiversității), valoarea sistemului actual, deteriorat, este sub cea a sistemului de referință, în pofida beneficiilor obținute din agricultură. Pentru gestionarea optimă a SDI este necesară cunoașterea particularităților structurale, funcționale și evaluarea ofertei de bunuri și servicii a sistemului în starea actuală, a sistemului înainte de îndiguire (stare de referință) și a stărilor intermediare posibile (Vădineanu și Cristofor, 1994).



**Figura 3: Model homomorf de principiu pentru partea din Sistemul Dunării Inferioare aflată în regim natural de inundare. Benzile gri reprezintă ecotoni de diferite tipuri (detalii în text)**

În acest context, analiza funcțională este instrumentul cu ajutorul caruia urmează să fie efectuată această evaluare, iar aplicarea procedurii este o etapă în cadrul planului mai larg de identificare a soluțiilor manageriale optime cu privire la reproiectarea SDI în vederea aducerii ofertei de servicii la un nivel acceptabil, și între care restaurarea unor zone umede va fi sigur luată în considerare ca o alternativă importantă (Tabelul 5).

O atenție aparte trebuie acordată cercetării și managementului zonei de tranziție/graniță dintre sisteme ecologice diferite și în special zonei de mal (ecoton riparian), ca entitate structurală și funcțională care, în condițiile unei dezvoltări limitate în spațiu, joacă un rol extrem de important în funcționarea sistemelor ecologice adiacente și contribuie la integritatea funcțională a întregului SDI.

Etapele prezentate în Tabelul 5 se pot suprapune temporal într-o anumită măsură. La ora actuală sunt în curs de desfășurare etapele 1-6, în cadrul unor programe de cercetare specifice (programul **"Rețeaua ecologică a Dunării Inferioare"** dedicat etapelor 1-3 și 5-8, și programul **"Rolul funcțional al biodiversității Sistemului Dunării Inferioare"**, dedicat în special etapei 4).

**Tabelul 4: Componente în structura modelului homomorf al SDI.**

Sistem	Intervine semnificativ în modificarea/interceptarea unor fluxuri (abiotice și biotice, pasive și active)			Exemple de sisteme
	Longitudinale	Transversale	Verticale	
Ecosistem lotic	x	x	x	șenalul principal cu brațele
Ecosistem insular*	x		x	ostrov tânăr
Landscape local insular	x		x	insulă cu cel puțin două tipuri de ecosisteme
Ecoton		x		mal abrupt-pe malul dobrogean, mal al zonei ripariene, mal al sistemelor insulare
Ecosistem riparian*	x	(x) ne semnificative în caz de îndiguire	x	ecosistem între fluviu și terasă (sau dig)
Landscape local riparian	x	(x) ne semnificative în caz de îndiguire	x	complex local între fluviu și terasă (sau dig)
Exemple de fluxuri	Intrări din amonte, migrația peștilor anadromi, dispersia prin coridorul riparian	dinspre terestru (punctiforme și difuze), prin afluenți, stații de pompare	energie radiantă, depuneri umede și uscate, fluxuri de gaze, schimburi cu hiporeicul	

\* termenii de "ecosistem insular" și "ecosistem riparian" desemnează aici acele componente de rang ecosistemic din structura SDI care sunt direct integrate în acesta, fără a face parte din landscape-uri locale (un ecosistem situat pe o insulă alcătuită din mai multe tipuri de ecosisteme, așadar situat într-un landscape local insular, **nu** este desemnat, în acest context cu termenul de "ecosistem insular")

**Tabelul 5: Etape de parcurs în vederea identificării soluțiilor manageriale optime pentru Sistemul Dunării Inferioare**

1. Clasificarea organizatorică a componentelor SDI actual și de referință pe baza analizei pe hartă și a investigațiilor de teren.
2. Stabilirea ponderii de reprezentare a fiecărui tip de sistem. Identificarea celor dominante sau presupuse a juca rol cheie.
3. Elaborarea modelelor homomorfe detaliate ale SDI actual și de referință după schema de principiu din Figura 3.
4. Elaborarea modelelor homomorfe ale fiecărui tip de sistem din structura SDI și înțelegerea particularităților structurale și funcționale ale acestora prin cercetarea intensivă a sistemelor reprezentative, inclusiv a celor scoase din regimul natural de inundare.
5. Extrapolarea modelelor de funcționare ale componentelor cercetate intensiv la sistemele de același tip și integrarea în modelele de funcționare ale SDI actual și de referință.
6. Aplicarea procedurii de analiză funcțională SDI actual și de referință, utilizând baza de cunoștințe și date existentă.
7. Cuantificarea economică a ofertei de bunuri și servicii evaluată la punctul anterior
8. Elaborarea scenariilor de management al SDI actual (restructurare către starea de referință) pentru diferite obiective manageriale, cu indicarea rezultatelor analizei cost/beneficiu pentru fiecare soluție.

Se poate constata că analiza funcțională a SDI se va desfășura la trei nivele ierarhice: ecosistemic, al complexelor locale și al complexului regional. Pe baza informației deja existente, s-au putut aplica procedurile de analiză funcțională la nivelul unui complex local insular, ostrovul Fundu Mare (2000 ha), considerat reprezentativ pentru caracteristicile și complexitatea întregii zone a insulei mici a Brăilei (19800 ha), ultima parte din zona inundabilă a Dunării rămasă în regim liber de inundare.

Evaluarea s-a făcut la nivel calitativ pentru majoritatea funcțiilor și la nivel cantitativ pentru o parte din ele (Vădineanu, 1997, Vădineanu și colab., 1997). Pentru evaluarea calitativă a fost aplicată procedura FAEWE/PROTOWET. Rezultatele



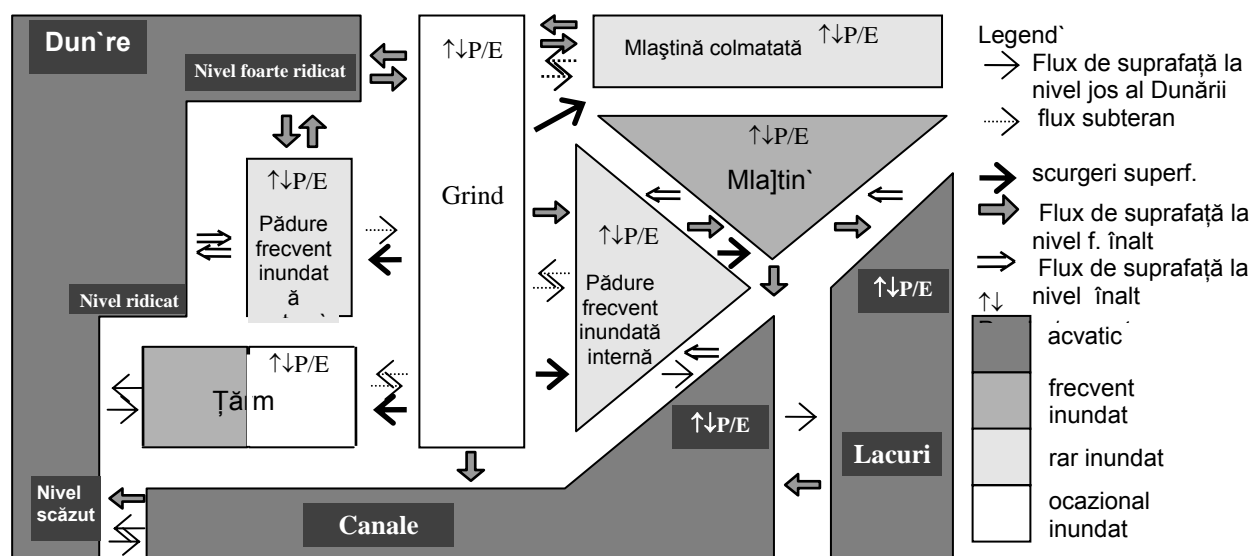
obținute sunt prezentate în tabelul 6.

**Tabelul 6: Stadiul de evaluare a principalelor funcții îndeplinite de landscape-ul local insular Fundu Mare (Insula Mică a Brăilei) în 1996 (x = funcția nu are loc, xx = funcția are loc într- o măsură mică, xxx = funcția are loc)**

Funcție	Calificare	Cuantificare	Modelare
Controlul apei de inundație	xxx	2.6 m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup>	în curs
Retenția apei de inundație	xxx	-	-
Retenția nutrienților	xxx	340/1160kg P/N ha <sup>-1</sup>	
Exportul nutrienților (denitrificare)	xxx	46 kg ha <sup>-1</sup> an în curs	-
Retenția sedimentului	xxx	42 kg m <sup>-2</sup>	-
Acumularea de materie organică	x	-	-
Asigurarea diversității habitatelor	xxx	-	
Microsituri pentru animale	xxx	-	-
Menținerea diversității la scară regională și europeană	xxx	-	-
Producția de biomasă	xxx	1.2 kg m <sup>-2</sup>	-
Importul/exportul de biomasă prin procese fizice	xx	-	-
Exportul de biomasă prin recoltare	xxx	-	-

În ce privește evaluarea la nivel de modelare, efortul a fost direcționat către modelarea funcției hidrologice, pornind de la premiza că regimul hidrologic este principala variabilă de comandă a acestui tip de sistem ecologic (Iordache și colab., 1997)

În Figura 4 este prezentat modelul homomorf simplificat al ostrovului Fundu Mare cu indicarea fluxurilor hidrologice luate în considerare pentru elaborarea modelului. O rafinare suplimentară a modelului homomorf se poate face luând în considerare impactul antropic asupra tipurilor de sisteme ecologice identificate.



**Figura 4: Modelul homomorf al ostrovului Fundu Mare (complex local din structura SDI) și tipurile de fluxuri hidrologice considerate în modelarea funcției hidrologice.**

### **1.3.2 Analiza funcțională a unui bazin agricol**

Ca un caz complementar celui prezentat mai sus, prezentăm situația unui bazin agricol: bazinul râului Glavacioc. Bazinul râului Glavacioc este localizat în partea de sud a României, și face parte din bazinul râului Argeș, afluent al Dunării. Suprafața bazinului este de 922 km<sup>2</sup>, din care 81,6% este utilizată în scopuri agricole.

Problema abordată în acest caz o constituie controlul poluării sistemului acvatic de suprafață cu azot (în forma azotaților) provenit din sistemele agricole ca rezultat al aplicării fertilizatorilor. Analiza funcțională este focalizată pe o funcție (tamponarea fluxurilor de azot), iar concentrarea efortului se estimează că va permite evaluarea acestei funcții la nivel de modelare.

Principalul rol în controlul fluxurilor de azot este presupus a fi exercitat de sistemele ripariene, care interfațează sistemele agricole și de râu, precum și de posibile zone tampon neripariene, dispersate la scara bazinului hidrografic al râului.

Pentru modelarea funcției de tamponare a azotului, se efectuează o cercetare intensivă a principalelor mecanisme și fenomene care susțin această funcție. Activitatea de cercetare se desfășoară în cadrul programului internațional NICOLAS ("*Nitrogen Control by Landscape Structures in Agricultural Environment*" - controlul fluxurilor de azot prin planificarea structurii complexelor de ecosisteme din zone agricole).

Modelul utilizat poartă numele REMM ("*Riparian ecosystem management model*" - model de management al ecosistemelor ripariene) și a fost dezvoltat într-o etapă anterioară programului actual (Altier, 1996), pentru un alt bazin agricol, urmând a fi aplicat/adaptat la bazinele investigate de către partenerii programului de cercetare, în particular la bazinul râului Glavacioc, în cazul partenerului român.

Rezultatele aplicării REMM vor fi:

1. evaluarea funcției de tamponare a azotului la scară ecosistemică, a sistemelor cercetate intensiv, inclusiv a capacității lor de tamponare.
2. evaluarea funcției de tamponare a azotului la scara complexului local (bazinul), prin extrapolarea rezultatelor de la punctul 1 pentru diferite scenarii de management a zonelor ripariene.

Cunoașterea capacității de tamponare va permite în mod suplimentar

3. stabilirea unei structuri optime a sistemelor agricole din bazin, de așa manieră încât intrările de azot către sistemele ripariene să nu depășească capacitatea de tamponare a acestora.

Deoarece REMM, care permite analiză funcțională la nivel de modelare pentru funcția de retenție a azotului, este dezvoltat exclusiv pentru sisteme ripariene, evaluarea capacității de tamponare a sistemelor neripariene se va face la nivel cantitativ prin aplicarea unei proceduri mai generale de evaluare, procedura

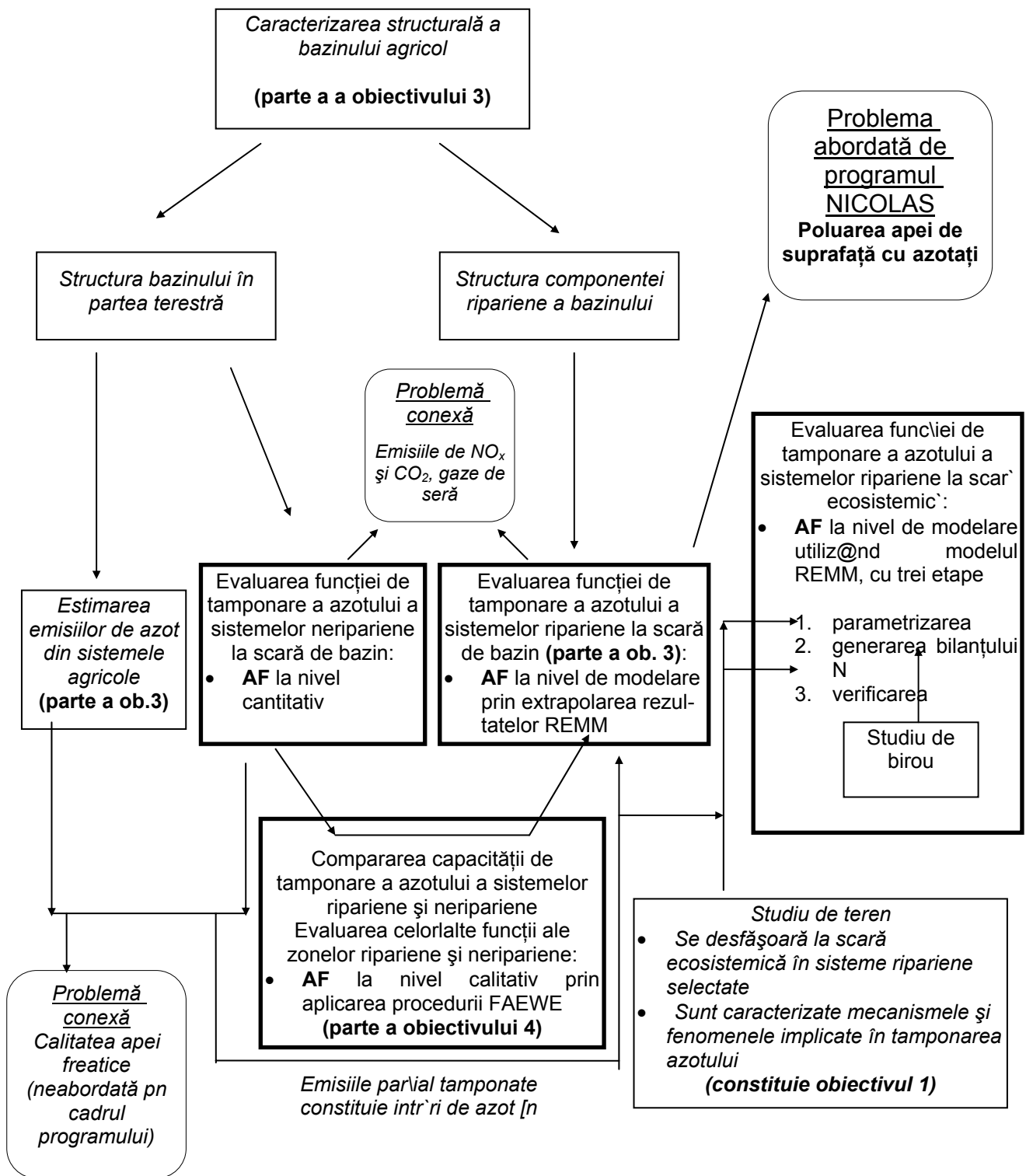
FAEWE/PROTOWET (vezi subcapitolul 1.2.2). În afara funcției de retenție a azotului se va face și o evaluare calitativă a celorlalte funcții adresate de procedura FAEWE/PROTOWET, în special menținerea biodiversității, atât în zonele umede ripariene, cât și în cele neripariene. Această evaluare suplimentară este necesară pentru a reduce gradul de risc pe care eludarea interdependențelor funcționale l-ar implica. De asemenea, sunt determinate și ratele de desfășurare a unor fenomene asociate tamponării azotului, dar care constituie căi de deteriorare (emisia de gaze de seră, în primul rând protoxidul de azot).

După cum se poate remarca, deși programul NICOLAS este axat pe rezolvarea unei probleme acute și pune accentul pe evaluarea unei singure funcții, totuși este conștientizat faptul că decizia cu privire la modalitatea de management a sistemelor tampon ripariene și neripariene nu poate fi luată exclusiv pe această bază.

Nu există rezultate concrete în această etapă, programul NICOLAS fiind în prima sa fază de desfășurare. Figura 5 prezintă cadrul său conceptual și obiectivele operaționale.

#### **1.4 Concluzii, perspective/priorități**

- Analiza funcțională este, în sens larg, metoda prin care se evaluează oferta de bunuri și servicii a capitalului natural.
- În sens restrâns, termenul desemnează metode de evaluare a funcțiilor (serviciilor) unor categorii de sisteme ecologice. Sistemele ecologice pentru care există la ora actuală proceduri de analiză funcțională bine puse la punct sunt zonele umede.
- Dintre nivelurile de evaluare posibile (calitativ, cantitativ și prin modelare), majoritatea procedurilor abordează nivelul calitativ. În cazul anumitor funcții, asociate unor probleme acute, sunt dezvoltate metode specializate pentru evaluarea la nivel de modelare, fără abordarea însă și a celorlalte funcții ale sistemelor ecologice respective.



**Figura 5: Cadrul conceptual, obiectivele programului NICOLAS și locul analizei funcționale (AF) în raport cu celelalte activități.**

Din punct de vedere al nivelului ierarhic al sistemelor evaluate, procedurile existente abordează în principal nivelul ecosistemic, ceea ce limitează potențialul metodelor actuale în asistarea actului de decizie la scară mare.

- Limitarea la nivelul calitativ de evaluare și la sistemele ecologice de rang ecosistemic este datorată în primul rând limitelor bazei de cunoștințe, precum și deficiențelor conceptuale de abordare.
- Pe termen lung, principala direcție de dezvoltare a analizei funcționale este dezvoltarea unor proceduri care să permită evaluarea la nivelul complexelor de ecosisteme (locale sau regionale), ceea ce implică depășirea abordării fragmentare, limitate la anumite aspecte și la categorii de sisteme ecologice.
- Dacă dezvoltarea de noi proceduri este un deziderat important, la fel de importantă este și asistarea deciziilor care trebuie luate în prezent. În acest context, operaționalizarea tehnicilor disponibile în vederea utilizării lor pentru rezolvarea problemelor concrete, constituie, de asemenea, o direcție de dezvoltare a procedurilor de analiză funcțională.

### **BIBLIOGRAFIE**

ALTIER, L.S. (ED) (1996), *Riparian Ecosystem Management Model Documentation*, California: School of Agriculture, California State University, Chico.

BAKER, C. (1998), Lecture notes to "*Structural and functional overview of wetlands*". În *Functional Analysis of Wetlands Advanced Study Course organized in the frame of Environment and Climate Programme*, European Commission, at the University of Gent, Belgium.

BRINSON, M. M. (1993), *A hydrogeomorphic classification for wetlands*, Technical Report WRP-DE-4, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

CLAIRAIN, E. J. JR. (1994), *Methods for evaluating wetland functions*, WRP Technical Note WG-EV-2.2, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

GROOT, DE, R. (1998), Lecture notes to "*Socio-economic functions*". În *Functional Analysis of Wetlands Advanced Study Course organized in the frame of Environment and Climate Programme*, European Commission, at the University of Gent, Belgium.

HAYCOCK, N., T. BURT, K. GOULDING, G. PINAY (EDS) (1996), *Buffer zones - their processes and potential in water protection*. The Proceedings of the International Conference on Buffer Zones, Hertfordshire: Published by Quest Environmental, PO Box 45, Harpenden, AL5 5LJ, UK.

IORDACHE, V., M. ADAMESCU, F. BODESCU, S. CRISTOFOR, A. VĂDINEANU (1997),

“Hydrological modelling of Fundu Mare Island” (Danube floodplain). În *Analele științifice ale ICPDD*, pp. 551-562.

MALTBY, E., D.V. HOGAN and R. J. MCINNES (EDS) (1996), *Functional analysis of European wetland ecosystems Phase1 (FAEWE/PROTOWET)*, final report EC DG XII STEP-CT90-0084, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

MALTBY, E. (ED) (1998), *FAEWE/PROTOWET procedures* (version 1) - formă în lucru, Wetland Ecosystems Research Group, Royal Holloway Institute for Environmental Research, Royal Holloway, University of London.

SMITH, R. D., A. AMMANN, C. BARTOLDUS and M. M. BRINSON (1995), *An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and functional indices*, Technical Report WRP-DE-9, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

VĂDINEANU, A. (1998), *Dezvoltarea Durabilă- teorie și practică*, Vol.1, București: Editura Universității.

VĂDINEANU, A. (ED) (1997), *Analiza Funcțională a Zonelor Umede Europene*, Raport final la proiectul adițional românesc, contract ERB CIP DCT940108 la ERB EV5 VCT940559 cu EC DG XII, Departamentul de Ecologie Sistemică și Managementul Durabil al Capitalului Natural, Universitatea din București.

VĂDINEANU, A.; CRISTOFOR, S. (1994), “Basic requirements for the assessment and management of large river systems: Danube River/Black Sea”. În *Monitoring Tailormade Proceedings of the International Workshop*, Beekbergen, Netherlands, pp. 71-82.

VĂDINEANU, A., CRISTOFOR, IGNAT, G., IORDACHE, V., Anca SÂRBU, CIUBUC, C., ROMANCA, G., Irina TEODORESCU, Carmen POSTOLACHE, ADAMESCU, C. M.; FLORESCU, C. (1997), *Functional assessment of the wetlands ecosystems in the Lower Danube river system*, Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Conference of IAD, Wien, pp. 463-467.