

ROMÂNIA

ACORD DE PRESTĂRI SERVICII DE ASISTENȚĂ TEHNICĂ RAMBURSABILE PRIVIND ASISTENȚA TEHNICĂ PENTRU ELABORAREA PLANURILOR DE MANAGEMENT AL RISCULUI LA INUNDAȚII PENTRU ROMÂNIA (P170989)

Rezultatul Nr. 5

Raport privind asistența oferită MMAP în pregătirea versiunilor preliminare ale HHRI:

Rezultatul Nr. 5.1

Raport privind asistența oferită MMAP la pregătirea versiunilor preliminare ale Hărților de Hazard la Inundații

Rezultatul Nr. 5.2

Raport privind asistența oferită MMAP la pregătirea versiunilor preliminare ale Hărților de Risc la Inundații

Iulie 2022

Declarație de declinare a răspunderii

Acest raport este un produs al personalului Băncii Mondiale. Constatările, interpretările și concluziile exprimate în prezentul document nu reflectă neapărat punctele de vedere ale Directorilor Executivi ai Băncii Mondiale sau ale guvernelor pe care aceștia le reprezintă. Banca Mondială nu garantează pentru precizia datelor incluse în acest document și nici nu își asumă nicio răspundere pentru orice erori, omisiuni sau discrepanțe cu privire la informațiile despre sau responsabilitatea pentru utilizarea sau neutilizarea informațiilor, metodelor, proceselor sau concluziilor formulate. Limitele, culorile, denumirile, precum și alte informații indicate pe orice hartă din prezentul document nu presupun exprimarea niciunui punct de vedere din partea Băncii Mondiale cu privire la situația juridică a oricărui teritoriu sau avizarea ori acceptarea unor asemenea limite.

Prezentul raport nu reprezintă neapărat poziția Uniunii Europene sau a Guvernului României.

Declarație privind drepturile de autor

Materialul din acest document intră sub incidența drepturilor de autor. Copierea și/sau transmiterea unui fragment din acesta, fără permisiune, ar putea reprezenta o încălcare a legilor în vigoare.

În vederea obținerii permisiunii de a copia sau republica orice secțiune a acestui document, vă rugăm să transmiteți o solicitare cu toate informațiile către: (i) Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor, (Calea Plevnei, nr. 46-48, Sector 1, București, România); sau către (ii) Grupul Băncii Mondiale România (Str. Vasile Lascăr, Nr. 31, Et. 6, Sector 2, București, România).

Raportul de față a fost elaborat în cadrul Acordului de Prestări Servicii de Asistență Tehnică Rambursabile pentru Elaborarea Planurilor de Management al Riscului la Inundații pentru România, încheiat între Ministerul Apelor și Pădurilor¹ și Banca Internațională pentru Reconstrucție și Dezvoltare la data de 16 octombrie 2019. Raportul corespunde Rezultatului nr. 5: *Raport privind asistența oferită MMAP în pregătirea versiunilor preliminare ale HHRI:*

Rezultatul Nr. 5.1

Raport privind asistența oferită MMAP la pregătirea versiunilor preliminare ale Hărților de hazard la inundații

Rezultatul Nr. 5.2

Raport privind asistența oferită MMAP la pregătirea versiunilor preliminare ale Hărților de risc la inundații

conform Acordului menționat mai sus.

¹ Și-a modificat denumirea în Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor (MMAP) în luna noiembrie 2019.

Mulțumiri

Echipa dorește să mulțumească Guvernului României, mai ales doamnei Olimpia Simona Negru (Director General al Direcției Generale Ape), domnului Altan Abdulamit (Coordonatorul Unității privind Exploatarea în Siguranță a Construcțiilor Hidraulice) și domnului Sorin Rîndașu (Director al Departamentului Situații de Urgență) și echipei acestuia din cadrul ANAR, precum și echipei INHGA pentru strânsa colaborare și îndrumarea tehnică generală pe întreaga perioadă de elaborare a prezentului raport privind modelarea hazardului și a riscului.

Autorii doresc să mulțumească în mod special lui Winston Yu (Manager de Practică, Practica Globală în Sectorul Apei din Europa și Asia Centrală, Banca Mondială) și Annei Akhalkatsi (Manager Național pentru România, Banca Mondială) pentru sugestii și îndrumare.

Prezentul raport a fost elaborat de către Amparo Samper Hiraldo (Specialist Senior Managementul Resurselor de Apă, Task Team Leader), Chris Fischer (Specialist Senior Managementul Resurselor de Apă, Task Team Leader), Elena Daniela Ghiță (Specialist Managementul Resurselor de Apă), Cosmin Feodorov (Analist Management de Proiect), precum și de către experții Jeronimo Puertas Agudo (Expert coordonator modelare hidraulică), Juan Fernandez Sainz (Expert în sisteme de avertizare timpurie), Cristian Dinu (Expert în Modelare Hidraulică) și Niculina Florescu (Expert în Modelare Hidraulică). Raportul se bazează în mare parte pe contribuțiile aduse de către Jeremy Benn Associates Limited (cu expertul principal Mark Lawless și respectiv experții Gavin Hodson și Cristina Rizea), HKV Ijz in water (cu expertul principal Marco Hartman și respectiv experții Job Udo și Gerbert Pleijter), DHI SW Projects S.R.L. (cu expertul principal Maria Cheveresan) și Aquaproiect SA (cu expertul principal Ioana Drăgan) care au sprijinit elaborarea HHRI. Echipa a beneficiat de asemenea de suportul logistic oferit de către Cristian Popa.

Cuprins

1.	Introducere	9
2.	Modelarea hazardului	11
2.1.	Descrierea metodelor și a modului de implementare a acestora	11
2.1.1.	Modele Fluviale	12
2.1.2.	Modele pluviale	22
2.1.3.	Viituri rapide (Flash Floods)	31
2.1.4.	Modele pentru zona litorală	33
2.1.5.	Breșe la diguri	36
2.2.	Modelele pilot ce definesc procesul	41
2.3.	Hărțile de hazard privind schimbările climatice	42
2.4.	Rezultate, structura datelor și livrare	44
2.5.	Controlul Calității	47
2.6.	Rezumat privind modul de utilizare a WV și feedback-ul furnizat de către părțile interesate	48
3.	Modelarea riscurilor	52
3.1.	Descrierea metodologiei și implementarea acesteia	53
3.1.1.	Introducere	53
3.1.2.	Cartografierea generală a riscurilor la inundații și a pagubelor aferente	55
3.1.3.	Datele de intrare: Hazard, Vulnerabilitate și Expunere	58
3.1.4.	Pagube Directe Tangibile	59
3.1.5.	Pagube indirecte tangibile	62
3.1.6.	Pagube intangibile directe	63
3.1.7.	Pagube indirecte intangibile	65
3.1.8.	Impactul Sectorial	65
3.1.9.	Valori Anuale Preconizate	68
3.1.10.	Modelarea scenariilor de cedare a digurilor - Rezumatul Metodologiei	70
3.1.11.	Instrumentul de calcul	71
3.1.12.	Incertitudinea cu privire la modelarea pagubelor și pierderilor și precizia rezultatelor	73
3.2.	Modelele-pilot ce definesc procesul	74
3.2.1.	Modelul-pilot cu privire la mărimile poligoanelor divizate din (1) Tomești și Steia și (2) Întorsura Buzăului	74
3.2.2.	Modelele-pilot aferente modelării pagubelor din Petroșani și Petrila	76
3.2.3.	Modelele-pilot privind modelarea pierderilor de vieți omenești din Petroșani și Petrila	76

3.2.4.	Rulările modelelor-pilot pentru un număr de 5 APSFR-uri înainte de modelarea la scară largă	78
3.3.	Rezultate, structura și livrarea datelor	78
3.4.	Controlul Calității	79
3.4.1.	Validarea inițială a abordării de calcul generale	79
3.4.2.	Prima verificare – AC-1, AC-2, AC-3	80
3.4.3.	Prima verificare – AC-4.....	80
3.4.4.	Validarea de către părțile interesate	82
3.4.5.	A doua verificare	82
3.5.	Recomandări	82
4.	Următorii pași	84

Lista de tabele

Tabelul 1 – Informații privind APSFR-urile având surse pluviale	23
Tabelul 2 – Principalele valori pentru rugozitatea hidraulică	26
Tabelul 3 – Capacitatea existentă a rețelei de drenaj	26
Tabelul 4 – Selectarea lățimii breșei și a timpului de formare a acesteia	37
Tabelul 5 – Selectarea formei și evoluției breșei	38
Tabelul 6 – Coeficienții privind schimbările climatice și factorii de ponderare	43
Tabelul 7 – PAD-uri per ABA-urile alese pentru calcularea schimbărilor climatice	44
Tabelul 8 – Statistici de utilizare a WV.....	52
Tabelul 9 – Exemple de comentarii, răspunsuri și acțiuni rezultate în urma procesului de revizuire în WV.....	52
Tabelul 10 – Respectarea cerințelor Directivei Inundații.....	57
Tabelul 11 – Rezultatele și sursele de date pentru analizele impactului sectorial	66
Tabelul 12 – Exemple de probabilități rezultate în urma modelării hazardului	69
Tabelul 13 – Probabilitățile aferente scenariilor după cum au fost acestea utilizate la calcularea AED	70
Tabelul 14 – Rezultatele modelelor-pilot pentru mărimile maxime ale poligonului pentru clădiri (partea de sus), agricultură (centru) și drumuri (partea de jos)	75
Tabelul 15 – Rezultatele modelelor-pilot pentru pierderile de vieți omenești	77

Lista de Figuri

Figura 1 Distribuția modelelor pluviale din România evidențiate cu albastru – exemplu de model Pitești	23
Figura 2 Exemplu domeniul modelului - Timișoara	25
Figura 3 Calcularea pragului de inundare al clădirilor	28
Figura 4 Exemplu de structură (inclusiunea structurii în cadrul modelului)	28
Figura 5 Exemplu de structură Tip B	29
Figura 6 Exemplu de introducere a liniilor de schimbare de pantă (break lines) în grid-ul 2D	29
Figura 7 Exemplu de verificări ale istoricului inundațiilor furnizat de către IGSU	30

Figura 8 Exemplu de rezultate post-procesare	31
Figura 9 Exemplu de curbă de fragilitate pentru infiltrații și pentru deversare peste coronament	39
Figura 10 Vizualizare structură date din cel de-al doilea ciclu.....	45
Figura 11 Vizualizare structură date din cel de-al doilea ciclu pentru activitatea de modelare și cartografiere	45
Figura 12 Vizualizare structură date din cel de-al doilea ciclu pentru activitatea de modelare și cartografiere a A031FF-Sâmbăta	46
Figura 13 Procedura de asigurare a calității modelului de hazard efectuată de către BM cu Suport Specializat - (SP)	50
Figura 14 Procedura privind feedback-ul în WV	51
Figura 15 Cadrul general pentru pagube și pierderi provocate de inundații.....	53
Figura 16 Pagube Anuale Preconizate (sursa: Olesen et al. 2017).....	55
Figura 17 Elemente pentru determinarea riscului (sursa: https://understandrisk.org/vizrisk/what-is-risk).....	56
Figura 18 Schema pentru evaluarea pagubelor directe și indirecte tangibile	60
Figura 19 Exemplu de curbă de vulnerabilitate pentru evaluarea pagubelor și conținutului unui activ	61
Figura 20 Corectarea curbelor de vulnerabilitate în funcție de pragul de inundare (de 30cm). În partea de sus abordarea standard, în partea de jos curba corectată.....	62
Figura 21 Schema pentru evaluarea pagubelor intangibile directe.....	63
Figura 22 Formula de calcul detaliată pentru AED	68
Figura 23 Graficul debite – probabilitate anuală de depășire	69
Figura 24 Abordarea privind calcularea pagubelor tangibile directe și indirecte.....	71
Figura 25 Rezultatul intermediar de tip raster fără corecție	72
Figura 26 Poligoanele inițiale pentru agricultură – marginile poligonului sunt situate în apropierea amplasamentului drumului (stânga) și poligoanele divizate pentru agricultură (dreapta).....	75
Figura 27 Procesul de AC	80

Abrevieri

ABA	Administrația Bazinală de Apă
AC	Asigurarea Calității
ADL	Azure Data Lake
AED	Annual Expected Damage - Pagube Anuale Preconizate
AMC	Analiza Multi-Criterială
ANAR	Administrația Națională "Apele Române"
ANCPPI	Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară
ANM	Administrația Națională de Meteorologie
APSFR	Areas of Potential Significant Flood Risk - Zone cu Risc Potențial Semnificativ la Inundații
BM	Banca Mondială
CE	Comisia Europeană
CLC	Corine Land Cover
DB	Breșe la diguri
DEI	Directiva Emisii Industriale
DI	Directiva Inundații
DTM	Digital Terrain Model – Modelul Digital al Terenului
EMDAT	Emergency Events Database (EM-DAT) – Baza de date privind situațiile de urgență
EPRI	Evaluarea Preliminară a Riscului la Inundații
EPRTTR	European Pollutant Release and Transfer Register - Registrul European al Poluanților Emiși și Transferați
GIS	Sisteme Informaționale Geografice
HEC-RAS	Program de modelare hidrodinamică
HHRI	Hartă de Hazard și de Risc la Inundații
IDF	Intensitate-Durată-Frecvență
IGSU	Inspectoratul General pentru Situații de Urgență
INHGA	Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe – Infrastructura pentru Informații Spațiale în Comunitatea Europeană
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control – Prevenirea și Controlul Integrat al Poluării
LiDAR	Laser Imaging Detection and Ranging - Tehnică de teledetecție a topografiei terenului cu precizie ridicată
MIKE	Program de modelare hidrodinamică
MMAP	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor
PAD	Probabilitatea Anuală de Depășire
PM	Programul de Măsuri
PMRI	Planul de Management al Riscului la Inundații
PTSD	Post-traumatic Stress Disorder - Tulburarea de stres post-traumatic
RAS	Reimbursable Advisory Services - Servicii de Asistență Tehnică Rambursabile
SP	Suport Specializat
SWAN	Programul de modelare a valurilor/undelor

TDID	Total Direct Intangible Damages – Pagube Directe Intangibile Totale
TDTD	Total Direct Tangible Damage – Pagube Directe Tangibile Totale
TIID	Total Indirect Intangible Damages - Pagube Indirecte Intangibile Totale
TITD	Total Indirect Tangible Damage – Pagube Indirecte Tangibile Totale
UE	Uniunea Europeană
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Organizația Națiunilor Unite pentru Educație, Știință și Cultură
UNISDR	United Nations International Strategy pentru Disaster Reduction - Biroul Națiunilor Unite pentru Reducerea Riscului de Dezastre
UoM	Units of Management - Unitatea de Management
WDR	Water Depth Raster - Date raster privind adâncimile apelor
WISE	Water Information System pentru Europe (EU) - Sistemul informațional european privind apele (UE)
WV	Web Viewer – Vizualizatorul Web

1. Introducere

Prezentul “Raport privind asistența oferită MMAP la pregătirea versiunilor preliminare ale HHRI” (denumit în continuare “Raportul”) reprezintă Rezultatul nr. 5, după cum este specificat în Acordul de Servicii de Asistență Tehnică Rambursabile (RAS) semnat între Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor (MMAP) și Banca Mondială (BM) la data de 16 octombrie 2019, cu scopul de a oferi “Asistență Tehnică pentru Elaborarea Planurilor de Management al Riscului la Inundații (PMRI) pentru România” (denumit în continuare “Proiectul”). Obiectivul general al acestui Serviciu de Asistență Tehnică Rambursabilă este acela de a sprijini Guvernul României în procesul de consolidare a capacității Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor (MMAP) și a Administrației Naționale “Apele Române” (ANAR) în parcurgerea etapelor a doua și a treia aferente celui de-al doilea ciclu de implementare a Directivei privind Inundațiile 2007/60/CE).

Versiunea finală a Rezultatului nr. 5 încorporează punctul de vedere exprimat de MMAP, ANAR și INHGA în luna septembrie 2022, asupra versiunii preliminare predată în iulie 2022 și, în plus, include 2 Anexe (de exemplu, Rapoartele privind modelarea și cartografierea hazardului și riscului la inundații la nivel de UoM și Raportul privind modelarea breșelor la diguri). Prezentul raport este predat în luna iulie 2023, așa cum a fost agreat cu MMAP, ANAR și INHGA, deoarece a fost prioritară elaborarea Rezultatului nr. 6 și a Rezultatului nr. 7 necesare pentru raportare, înainte de a finaliza Rezultatul nr. 5.

Mai exact, BM a sprijinit România în procesul de elaborare a Hărților de Hazard și de Risc la Inundații (HHRI) și respectiv a Planurilor de Management al Riscului la Inundații (PMRI), contribuind astfel la îmbunătățirea capacităților naționale de management al riscului la inundații.

Componenta 1 a Proiectului, inventarierea, a fost finalizată prin livrarea Rezultatului nr. 1, Raport privind inventarierea și planul de lucru, în luna aprilie 2020. În etapa de inventariere, Banca Mondială, împreună cu MMAP și ANAR, a efectuat o evaluare aprofundată a capacităților României cu privire la managementul riscului la inundații și a analizat modul de implementare a Directivei UE privind Inundațiile (DI) la nivel național. Aceasta a inclus o analiză a Evaluării Preliminare a Riscului la Inundații aferente primului ciclu (raportat către Comisia Europeană (CE) în 2012) și respectiv a celui de-al doilea ciclu de implementare (raportat către CE în 2019), precum și a Hărților de Hazard și de Risc la Inundații din primul ciclu de implementare pentru România (raportat către CE în 2014) și a celor 12 Planuri de Management al Riscului la Inundații, câte unul pentru fiecare dintre cele 11 Administrații Bazinale de Apă și unul pentru fluviul Dunărea (raportate către CE în 2016). Această analiză a inclus și un studiu complex privind disponibilitatea și calitatea datelor necesare în cadrul Proiectului. În baza acestei analize complete, BM a întocmit un plan de lucru detaliat cu scopul de a oferi României asistență tehnică pentru elaborarea HHRI și respectiv a PMRI aferente celui de-al doilea ciclu în cadrul procesului de implementare a RAS, până în decembrie 2022 și extins acum până în septembrie 2023.

Strategia care stă la baza acestui plan de lucru, după cum a fost agreată în etapa de elaborare a Proiectului din 2019, a fost axată pe două activități importante: Asistență acordată în elaborarea unor ghiduri metodologice (Rezultatul nr. 2, Raport privind revizuirea și actualizarea abordărilor metodologice furnizate către MMAP privind următoarele: (i) metodologia pentru evaluarea daunelor; (ii) metodologia pentru evaluarea hazardului și a

riscului la inundații; (iii) revizuirea catalogului de măsuri de management al riscului la inundații; (iv) metodologia pentru evaluarea impactului lucrărilor hidrotehnice asupra ecosistemelor; (v) metodologia pentru analiza cost-beneficiu; (vi) metodologia pentru analiza multi-criterială; și (vii) metodologia pentru prioritizarea măsurilor și a Proiectelor), raport livrat în octombrie 2020 și asistență tehnică pentru constituirea bazelor de cunoștințe (Rezultatul nr. 3, Raport privind datele tehnice colectate), raport livrat în septembrie 2021. Aceste două livrabile reprezintă baza pentru oferirea asistenței tehnice cu privire la restul livrabilelor Proiectului: modelarea hazardului și a riscului la inundații (Rezultatul nr. 4, Raportul privind asistența tehnică oferită MMAP pentru modelarea hazardului și a riscului la inundații), elaborarea HHRI, așa cum este descrisă în prezentul raport (Rezultatul nr. 5, Raport privind asistența oferită MMAP în pregătirea versiunilor preliminare ale HHRI), asistența tehnică în elaborarea versiunilor preliminare ale celor 12 PMRI (Rezultatul nr. 6, Raport privind asistența oferită MMAP pentru pregătirea a 12 versiuni preliminare ale Planurilor de Management al Riscului la Inundații pentru consultarea publică) și a versiunilor finale ale celor 12 PMRI (Rezultatul nr. 7, Raport privind asistența oferită MMAP pentru pregătirea celor douăsprezece (12) versiuni preliminare finale ale Planurilor de Management al Riscului la Inundații), precum și pentru consolidarea capacității administrative în domeniul gospodăririi apelor (Rezultatul nr. 8, Raport privind asistența tehnică furnizată MMAP și ANAR pentru consolidarea capacității administrative a acestora în gospodărirea apelor).

Abordările metodologice, care fac parte din Rezultatul nr. 2 livrat în luna octombrie 2020, au avut la bază activitatea derulată de către România în primul ciclu de implementare a DI, optimizând metodele care au ca suport cele mai bune practici internaționale și, de altfel, cele utilizate de statele membre UE, cu acoperirea deficiențelor și luând în considerare disponibilitatea și calitatea datelor. Noul cadru metodologic constă în următoarele: (i) metodologia pentru Modelarea și Cartografierea Hazardului, (ii) metodologia pentru Evaluarea Pagubelor și Pierderilor Provocate, (iii) metodologia pentru Hărțile de Risc, și (iv) metodologia pentru Elaborarea Programelor de Măsuri. Acest cadru metodologic a fost utilizat în cadrul Proiectului ca bază pentru realizarea modelării în cadrul Rezultatului nr. 4 și respectiv a hărților în cadrul Rezultatului Nr. 5 (prezentul raport) utilizând datele existente și cele colectate recent, după cum au fost acestea raportate în cadrul Rezultatului nr. 3. În plus, metodele respective au fost utilizate acum pentru elaborarea planurilor în cadrul Rezultatelor nr. 6 și respectiv 7 împreună cu datele colectate.

Raportul privind datele tehnice colectate, Rezultatul nr. 3, livrat în septembrie 2021, prezintă succint eforturile depuse, care au stat la baza colectării și generării noilor seturi de date, precum și activitățile derulate pentru colectarea, reorganizarea și evaluarea datelor existente (e.g., datele din cadrul primului ciclu de implementare a DI, precum și din cadrul altor proiecte). Aceste date au fost utilizate pentru realizarea modelării hazardului și a riscului, ca parte din Rezultatul nr. 4, precum și pentru realizarea hărților, ca parte din prezentul raport, și a planurilor aferente Rezultatelor nr. 6 și 7.

Raportul privind asistența tehnică oferită MMAP pentru modelarea hazardului și a riscului la inundații, Rezultatul nr. 4, livrat în decembrie 2021, a prezentat succint eforturile depuse pentru generarea modelării hazardului și a riscului, utilizând noile metodologii pentru elaborarea HHRI și câteva dintre aspectele agreeate de implementare, utilizând datele colectate în cadrul Rezultatului nr. 3. Aria supusă modelării a inclus 321 Zone cu risc potențial semnificativ la inundații (APSFR-uri) și, pentru risc, 526 APSFR-uri și 9 non-APSFR-uri.

Conținutul și structura acestui raport au fost extinse în cadrul acordului încheiat cu MMAP, ANAR și respectiv cu Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor (INHGA) pentru a acoperi modelarea hazardului tuturor surselor de inundații, precum și modelarea riscului, inclusiv modelarea breșelor la diguri. Rezultatul nr. 4, modelele și aspectele agreeate de implementare suplimentare reprezintă baza pentru realizarea raportului de față (Rezultatul nr. 5) și pentru realizarea HHRI. În plus, HHRI au fost esențiale pentru realizarea Rezultatelor 6 și 7, acestea fiind corelate cu programele de măsuri pentru abordarea riscului la inundații.

Prezentul raport cu privire la asistența oferită MMAP în pregătirea versiunilor preliminare ale HHRI descrie procesele derulate pentru generarea hărților de hazard și de risc și modul în care au fost aplicate metodologiile menționate anterior. Prezentul raport evidențiază de asemenea aspectele suplimentare agreeate care au fost avute în vedere în cadrul activității de modelare, evaluarea pagubelor și cartografierea riscurilor pentru toate APSFR-urile care trebuie raportate în cadrul celui de-al doilea ciclu de implementare a Directivei Inundații. În fine, acest raport prezintă abordările tehnice generale utilizate pentru realizarea hărților de hazard și de risc la inundații. Raportul este structurat în două capitole principale, capitolul 2 și capitolul 3 care includ componentele de cartografiere a hazardului și a riscului, respectiv un capitol final 4 ce descrie următorii pași. Capitolul 2 privind hazardul este divizat în 6 sub-capitole care descriu: (1) metodele aplicate pentru fiecare tip de inundații, respectiv cele provenite din surse fluviale, pluviale, viituri rapide (flash floods), breșe la diguri și ale zonei litorale; (2) modelele-pilot ce definesc procesul; (3) hărțile de hazard privind schimbările climatice; (4) rezultatele și structura datelor; (5) controlul calității și (6) utilizarea unui Vizualizator Web - Web Viewer (WV) pentru afișarea rezultatelor și pentru a primi un punct de vedere de la părțile interesate. Capitolul 3 privind riscul este divizat în 5 sub-capitole care descriu: (1) metodele aplicate pentru fiecare tip de inundații, și anume cele provenite din surse fluviale, pluviale, viituri rapide (flash floods), breșe la diguri și ale zonei litorale; (2) modelele-pilot ce definesc procesul; (3) rezultatele și structura datelor; (4) procesul de control al calității și utilizarea unui Vizualizator Web - Web Viewer (WV) pentru afișarea rezultatelor și pentru a primi un punct de vedere de la părțile interesate și (5) recomandări.

Doisprezece rapoarte suplimentare au fost elaborate pentru a descrie detaliile legate de activitățile de modelare și cartografiere derulate pentru hazard și pentru risc. Acestea au fost realizate pentru 11 Administrații Bazinale de Apă (ABA-uri) și pentru fluviul Dunărea. În plus, statisticile și fișele tehnice aferente modelelor cu informații detaliate legate de proces au fost furnizate pentru fiecare dintre APSFR-urile modelate.

Rezultatele modelării și cartografierii hazardului și riscului la inundații au fost raportate de MMAP, ANAR și INHGA către CE în luna septembrie 2022 și hărțile pot fi accesate utilizând vizualizatorul Web Viewer accesând linkul <https://inundatii.ro/portal-harti/>.

2. Modelarea hazardului

2.1. Descrierea metodelor și a modului de implementare a acestora

Acest capitol descrie activitatea de modelare hidraulică derulată. Evidențiază toate aspectele agreeate avute în vedere, ca de exemplu extinderile modelelor, schematizările și parametrii pentru toate sursele de inundații, precum și mecanismul pentru care au fost realizate hărțile

de hazard la inundații. Sursele de inundații, mecanismele și caracteristicile avute în vedere sunt: fluviale, pluviale, viituri rapide (flash floods), breșe la diguri și ale zonei litorale. Pentru modelarea fluvială, au fost luate în calcul mai multe mecanisme de inundații, precum: depășirea capacității de transport a albiei minore, revărsarea apei peste structurile de protecție împotriva inundațiilor și îngustarea secțiunii de curgere la poduri cauzând efectul de remuu (care generează nivelurile crescute ale apei).

Schimbările climatice ar putea influența regimurile de temperatură și precipitații în următorii ani, ceea ce va genera probabil inundații mai frecvente și mai intense. Efectele potențiale ale schimbărilor climatice au fost luate în considerare la implementarea celui de-al doilea ciclu al Directivei Inundații prin ajustarea cantitativă a hidrografelor sintetice pentru probabilitățile anuale de depășire de 1%. Această ajustare s-a bazat pe o regionalizare pe trei clase efectuată de către INHGA, ce include: (1) regiuni cu o creștere minoră a debitelor maxime cu 10%; (2) regiuni cu creșteri moderate ale debitelor maxime cu 15%, și (3) regiuni cu o creștere semnificativă a debitelor maxime cu 20%. Un inventar detaliat al efectelor schimbărilor climatice pentru fiecare APSFR în parte este descris în rapoartele detaliate ale celor 11 ABA-uri și al fluviului Dunărea. Aceste rapoarte constituie parte a acestui document ca Anexa 1.

Pentru a întruni cerințele aferente Directivei Inundații, precum și pentru a asigura disponibilitatea unor informații suficiente în vederea determinării Pagubelor Medii Anuale - Annual Average Damages (AAD) și a Pagubelor Anuale Preconizate - Annual Expected Damages (AED), hărțile de hazard la inundații au fost realizate pentru cinci Probabilități Anuale de Depășire (PAD), plus una reprezentând efectele schimbărilor climatice. PAD-urile avute în vedere au fost: 0,1%, 0,5%, 1%, 1% plus efectele schimbărilor climatice, 10% și 33% pentru toate bazinele hidrografice și fluviul Dunărea, cu excepția unor APSFR-uri aparținând de ABA Jiu și ABA Olt pentru care a fost calculată o PAD de 0,2% în loc de 0,1%. Această excepție este extrasă din primul ciclu de implementare a Directivei Inundații și a fost menținută și în cel de-al doilea ciclu din motive de continuitate.

În capitolele următoare, este descrisă metodologia aplicată pentru fiecare sursă de inundații și fiecare mecanism în parte, respectând aceeași structură de conținut, și anume acoperind: extinderea modelului, datele de intrare, condițiile de margine, nivelul și tipul de model utilizate, schematizarea modelului, procesele de calibrare și validare, analiza incertitudinii, rezultatele, precum și recomandările. În timpul realizării cartografierii hazardului la inundații, mai multe aspecte agregate, care nu sunt detaliate în cadrul metodologiilor, au fost aplicate în procesul de modelare, la solicitarea MMAP, ANAR și respectiv a INHGA pentru a reflecta realitatea în mod fidel (de exemplu, subtraversările/deschiderile în diguri rămân mereu închise în timpul inundațiilor).

2.1.1. Modele Fluviale

Prezentare generală

Prezentul capitol descrie modul de realizare a modelelor fluviale pentru generarea hărților de hazard la inundații din cel de-al doilea al Directivei Inundații. Modelarea fluvială realizată în cadrul acestui proiect se bazează pe principiile hidrodinamice. Efectele hidrologice sunt implementate direct în condițiile de margine ale modelelor. Modelele matematice simulează propagarea viiturii în albia minoră și albia majoră, rezolvând ecuațiile Saint-Venant, și anume

ecuații de continuitate și de conservare a impulsului. Ecuațiile fluxului de apă superficială au fost utilizate pentru modelarea matematică în vederea generării hărților de hazard la inundații. Ecuațiile fluxului de apă superficială sunt obținute prin integrarea ecuațiilor cu impuls orizontal și a ecuațiilor de păstrare a continuității asupra adâncimii pentru două dimensiuni, x și y . Au fost utilizate trei tipuri de modele hidrodinamice pentru generarea hărților de hazard la inundații, inclusiv: modele 2D (pentru majoritatea APSFR-urilor), modele cuplate 1D-2D și respectiv modele 1D. Toate tipurile de modele utilizate pentru cartografierea hazardului la inundații au fost realizate în regim nepermanent de curgere.

Tipul de model care a fost aplicat pentru un APSFR a fost ales în baza topografiei, meandrării râurilor și a lucrărilor de îndiguire existente. Modelele 2D au ținut cont de domeniul modelului care a fost discretizat în elemente de grid rectangular sau elemente flexibile ale grid-ului de calcul. Metoda volumului finit se aplică pentru a transporta viitura de la un element la altul. Pentru modelele cuplate 1D-2D, viitura este transportată din albia minoră în cea majoră și invers prin intermediul unor structuri virtuale de tip prag definite de-a lungul digurilor sau malurilor albiei minore a râurilor, în funcție de nivelul apei. Modelele 1D țin cont de debit dintr-o singură direcție, domeniul fiind discretizat doar de profilele transversale. Tipul de model utilizat pentru fiecare APSFR în parte este descris în rapoartele ABA-urilor și respectiv cel aferent fluviului Dunărea, care au fost elaborate și care constituie parte a acestui document ca Anexa 1.

O descriere a aspectelor agreeate privind extinderea modelului, datele de intrare, definirea condițiilor de margine, nivelul și tipul de model, procesul de calibrare și validare, analiza incertitudinilor, rezultatelor și postprocesarea a acestora poate fi consultată în secțiunile următoare.

Extinderea modelului

Extinderea spațială a modelelor fluviale a fost aleasă pentru a lua în considerare în întregime propagarea viiturii și extinderea inundației la nivelul APSFR-ului. Acolo unde APSFR-ul se varsă într-un râu principal, care ar putea provoca un efect de remuu asupra APSFR-ului, părți ale râului principal au fost de asemenea incluse în domeniul de modelare.

Datele de intrare

Pentru configurarea modelelor hidraulice, au fost utilizate diferite surse și tipuri de date. Aceste date au fost furnizate în principal de către ANAR și ABA-uri (de exemplu, seturile de date vectoriale, informațiile legate de structuri, reguli de exploatare, informațiile de la stațiile hidrometrice), INHGA (de exemplu, hidrografele sintetice de debit). Noi modele digitale de teren, profile transversale, precum și date de expunere din cadrul acestui al doilea ciclu de implementare a Directivei Inundații au fost colectate în cadrul proiectului RAS și transmise pentru a fi utilizate în cadrul activității de modelare și cartografiere a hazardului. Un sumar al datelor utilizate pentru modelarea fluvială poate fi găsit în cele ce urmează:

1. **Date topografice – batimetrice** – O combinație a diferitelor surse pentru Modelul Digital de Teren (DTM) din cadrul primului ciclu de implementare a Directivei Inundații, din cadrul celui de-al doilea ciclu de implementare a Directivei Inundații și respectiv din cadrul proiectului Land Administration Knowledge Improvement II (LAKI), derulat de către Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară (ANCP), a fost utilizată pentru a defini terenul în zonele aferente APSFR-urilor. Rezoluția DTM-ului ce provine

din primul ciclu al Directivei Inundații variază între 0,5m (de exemplu., ABA-urile Prut-Bârlad și Dobrogea-Litoral) și până la un maxim de 5m, cele mai comune valori fiind de la 1 la 2 metri și excepția 5 metri, în timp ce, pentru al doilea ciclu al Directivei Inundații, rezoluția a fost îmbunătățită semnificativ, până la 0,5m pentru toate ABA-urile și de asemenea reflectând cele mai recente modificări din teren (modificări ale cursurilor râurilor, lucrări noi etc.). În cadrul celui de-al doilea ciclu al Directivei Inundații, profilele transversale au fost măsurate la o distanță de 350m - 450m.

2. **Ortofotoplanurile** – Pentru acest proiect au fost furnizate două surse de date, una de către MMAP ce acoperă întreaga țară din 2013 până în 2018 și o alta recent obținută în cadrul proiectului RAS, care acoperă aproximativ 238 de APSFR-uri propuse pentru modelare. Imaginile aeriene ce descriu acoperirea terenului - au fost utilizate pentru a actualiza poligoanele pentru Copernicus 2018 Corine Land Cover² (CLC). Actualizarea a fost efectuată prin intermediul digitizării în GIS a noilor zone identificate în imaginile aeriene cu diferite tipuri de acoperire a terenului (de exemplu, zone forestiere extrem de extinse ce acoperă pășuni au fost corectate prin inserarea unui nou poligon cu atributele corespunzătoare pentru pășune, insule mici în albiile minore, cursul de apă principal al APSFR-ului ce lipsește din CLC a fost de asemenea digitizat)
3. **Setul de date vectoriale** – linii reprezentând traseul APSFR-urilor, corpurilor de apă, cursurilor de apă și digurilor, punctele reprezentând amplasamentul barajelor, stațiilor hidrometrice, aliniamentul digurilor, poligoane din setul de date CLC prezentând utilizarea terenului au fost furnizate de către ANAR și ABA-uri și INHGA.
4. **Informații aferente structurilor** – Datele topografice din primul ciclu și cel de-al doilea ciclu al Directivei Inundații, au fost utilizate pentru definirea structurilor, precum poduri, praguri, conducte, podețe, baraje și lacuri prezente de-a lungul APSFR-urilor modelate.
5. **Hidrologie** – Datele hidrologice furnizate de către INHGA au fost: hidrografe sintetice ale debitelor, hidrografe istorice ale nivelului apei și chei limnimetrice. Au fost furnizate două tipuri de hidrografe sintetice: (1) pentru regimul natural de curgere și (2) pentru regimul modificat de curgere datorat atenuării cu ajutorul acumulărilor. Pentru regimul natural de curgere, se ia în calcul debitul natural, fără influența structurilor hidrotehnice, în timp ce pentru regimul modificat de curgere, se ține cont de prezența digurilor, de regulile de exploatare a barajelor, de canale și de poldere. Hidrografele sintetice de debit au fost furnizate în amonte și în aval de APSFR-uri și în punctele intermediare de-a lungul APSFR-urilor, corespunzând confluențelor cu afluenții sau barajelor din aval. Acolo unde au fost disponibile, pentru calibrare au fost furnizate hidrografe istorice ale nivelului apei și chei limnimetrice la stațiile hidrometrice. În funcție de locație, au fost furnizate cel puțin două evenimente de inundații. Un total de 1000 de hidrografe de inundații au fost colectate pentru mai mult de 250 de stații.
6. **Reguli de exploatare** – Pentru baraje/acumulări/poldere, au fost furnizate de către ANAR regulile de exploatare, acestea fiind incluse în modele pentru definirea efectelor de atenuare. Regulile de exploatare aplicate modelelor hidrodinamice fac referire la nivelurile caracteristice pentru creasta coronamentului și a deversoarelor de ape mari, dimensiunile și manevrele folosite în timpul inundațiilor de către operatorii ANAR.

² CORINE Land Cover (CLC) — Copernicus Land Monitoring Service – Serviciul de Monitorizare Terestră Copernicus

7. **Datele privind stațiile hidrometrice** – cotele zero miră corespunzătoare cotei relative inițiale a cheilor limnimetrice au fost furnizate împreună cu cele mai recente chei limnimetrice măsurate.
8. **Setul de date de expunere** – Colectate în cadrul proiectului RAS – datele au inclus informații precum amprentele clădirilor, liniile vectoriale pentru infrastructura rutieră și feroviară, activitățile sociale și economice.
9. **Alte studii** – Datele obținute în cadrul a diferite proiecte independente relevante pentru APSFR-urile modelate au fost de asemenea furnizate de către MMAP, ANAR și INHGA și utilizate pentru a completa informațiile necesare realizării modelelor fluviale.

Condițiile de margine

Condițiile de margine reprezintă un set de constrângeri pentru curgere în cadrul modelelor hidrodinamice. Condițiile de margine reprezintă locațiile în care apa curge în interiorul și în afara domeniului modelului. De obicei, condițiile de margine sunt aplicate în punctele situate cel mai în amonte și aval ale domeniului modelului și ar putea de asemenea să conțină aporturi intermediare pentru a reprezenta surse suplimentare care influențează variabilele în cadrul domeniului și ca mijloace de verificare a rezultatelor modelului. Pentru obținerea unor rezultate realiste ale modelării la capetele APSFR-ului, condițiile de margine au fost poziționate la distanțe ce variază între 500m și 3 kilometri de limitele fizice ale APSFR-urilor, în funcție de condițiile de curgere. Prin această abordare se evită efectele de margine nerealiste.

Pentru modelarea fluvială, condiția de margine din amonte a fost reprezentată de un hidrograf de debit sintetic, iar condiția de margine din aval a fost definită în multiple moduri (în funcție de programul de modelare), precum cheie limnimetrică explicită (de obicei diferențiate în albia minoră și albia majoră) sau curgerea liberă. Condiția de margine din aval de tip curgere liberă este o condiție specifică a Mike 21 pentru modele 2D, denumită și condiție la limită deschisă și reprezintă o cheie limnimetrică implicită. În timpul simulării, modelul va calcula automat o cheie limnimetrică având la baza DTM-ul.

În cazul în care APSFR-ul este un afluent, există posibilitatea ca, în caz de inundații, extinderea inundațiilor să fie influențată de efectul de remuu al râului principal. Pentru a reprezenta acest aspect, râul principal a fost de asemenea inclus în domeniul de modelare și condițiile de margine au fost definite de asemenea în amonte și în aval. Condiția de margine din amonte pentru râul principal a fost definită de un debit constant ce corespunde unui debit corespunzător nivelului malurilor sau având probabilitatea anuală de depășire de 50% în baza opiniei de specialitate și agreată cu INHGA. Aceste două opinii au fost stabilite după rulări de testare pentru primele două modele pilot fluviale astfel încât efectul de remuu să nu fie prezent pe întreaga lungime a APSFR-ului. Un debit corespunzător nivelului malurilor sau un debit cu PAD de 50% înseamnă că râul principal nu va atenua inundațiile care vin din APSFR în afluent și nici nu va influența în mod semnificativ extinderea inundației asupra APSFR-ului (cu excepția cazului în care debitul râului principal este mult mai mare decât cel din APSFR, (de exemplu, APSFR-uri care se varsă în fluviul Dunărea). Prin utilizarea acestei abordări, se asigură că zona inundată și adâncimea apei în zona de confluență dintre APSFR și râul principal sunt simulate corect. În final, condiția limită amonte utilizată pe râul principal a fost definită printr-un hidrograf cu o valoare constantă a debitului, debit corespunzător nivelului malurilor (debit cu PAD de 50%) iar condiția limită aval pentru râul principal a fost impusă sub formă de cheie limnimetrică sau de tip curgere liberă, similar cu cea impusă APSFR-ului..

Au fost agreeate aspecte cu privire la procesul de compensare între hidrografele din amonte și cele din aval. Au fost definite două abordări (i) una pentru diferențe mai mari de 10% între două noduri consecutive pentru care s-a calculat debitul de compensare și (ii) una pentru diferențe mai mici de 10% între două noduri consecutive, pentru care debitele din amonte au fost înlocuite cu debitele din aval. Aceste două abordări au fost agreeate de către MMAP, ANAR și INHGA și au fost necesare pentru a obține hărți de hazard corecte.

Majoritatea APSFR-urilor se încadrează în prima categorie, deoarece diferența dintre hidrografele de debit din amonte și din aval ce reprezintă debitul lateral era mai mare de 10%. Modele 1D simplificate au fost realizate pentru aceste cazuri cu scopul de a obține debite compensate pentru cazurile în care diferențele sunt mai mari de 10%. Hidrograful de debit care a rezultat a fost divizat în funcție de numărul de surse ale punctelor care corespundeau afluenților sau a fost distribuit în baza topografiei și distanței dintre două noduri hidrologice consecutive.

Pentru diferențe mai mici de 10%, s-a aplicat o modificare a condițiilor de margine, însemnând că hidrograful sintetic din aval a fost impus drept condiție de margine în amonte pentru a reprezenta un proces ce presupune o ușoară atenuare și pentru a obține valorile simulate ale debitului apropiate de valorile debitului specificat de INHGA la nodul hidrologic de control (punctul de reconciliere).

Dat fiind faptul că atenuarea și transformarea datorate efectelor caracteristice modelării hidrodinamice în zone inundabile plane extinse nu au putut fi luate în considerare la definirea hidrografelor sintetice, procesul de compensare descris mai sus s-a axat pe reproducerea în principal a debitului maxim și apoi pe volumul undelor de viitură sintetice. Nu în toate cazurile a fost posibilă realizarea acestuia, datorită unor modele de curgere complicate, cum ar fi de exemplu cazul în care un volum semnificativ al unde de viitură este direcționat pentru a se scurge într-o zonă inundabilă extinsă sau într-un râu principal ocolind punctul de reconciliere.

Tipul de model

Pentru fiecare sursă de inundații, au fost aplicate două tipuri de modele, în funcție de datele disponibile. Categoria de Nivel 1 a fost reprezentată de o modelare mai detaliată, în timp ce categoria de Nivel 2 de una mai puțin detaliată. Nivelul 1 are două sub-diviziuni, 1a și 1b, după cum urmează:

- Nivelul 1a – modele 2D
- Nivelul 1b – modele cuplate 1D-2D
- Nivelul 2 – modele 1D

Au fost utilizate două programe de modelare diferite urmând tradiția ABA-urilor din cadrul primului ciclu de implementare a Directivei Inundații, și anume programul HEC-RAS pentru ABA-urile Argeș-Vedea, Banat, Olt-Siret, Someș și respectiv programul Mike pentru ABA-urile Buzău-Ialomița, Crișuri, Dobrogea-Litoral, Jiu, Mureș, Prut-Bârlad.

Următorul tip de programe de modelare a fost utilizat pentru nivelele fluviale:

- Nivelul 1a – Modelele 2D au fost dezvoltate în ambele programe utilizate, și anume HEC-RAS 2D și Mike 21 FM.

- Nivelul 1b – modele cuplate 1D-2D au fost dezvoltate în ambele programe utilizate, și anume HEC-RAS 1D-2D și Mike Flood ce include atât Mike Hydro River, cât și Mike 21 FM.
- Nivelul 2 – modelele 1D au fost dezvoltate în ambele programe utilizate, și anume, HEC-RAS 1D și Mike Hydro River.

Alegerea nivelului a fost realizată în baza morfologiei râului. Pentru râurile cu multe meandre s-a aplicat Nivelul 1a, iar câteva APSFR-uri abrupte din zonele montane au fost modelate folosind Nivelul 2. Nivelul 1b a fost de obicei aplicat acolo unde erau prezente acumulări și alte lucrări hidrotehnice pe tronsonul APSFR-ului. Pentru modelele respective au fost utilizate două tipuri de cuplare: 1. cuplare laterală, care ține cont de transferul debitului peste malurile râului și diguri și 2. cuplare standard (transversală), care ține cont de cuplarea unui model 1D în amonte cu un model 2D în aval, sau vice versa. Al doilea tip de cuplare (adică cuplaj standard) este un tip de cuplare de model specific Mike Flood. Lista APSFR-urilor cu nivelul corespunzător este prezentată în rapoartele ABA-urilor și respectiv cel pentru fluviul Dunărea, care sunt parte a acestui document ca Anexa 1.

Schematizarea modelului

Schematizarea domeniilor modelelor fluviale a ținut cont de mai multe criterii, precum topografia APSFR-urilor, prezența infrastructurii importante, limitele de inundabilitate pentru hărțile de hazard obținute în cadrul primului ciclu de implementare a Directivei Inundații, locația așezărilor omenești și confluențelor, etc.

Domeniile pentru modelele fluviale 2D au fost discretizate sub formă de rețea de calcul rectangulară (programul HEC-RAS) sau rețea de calcul flexibilă, utilizând elemente triunghiulare și cvadrangulare (programul Mike 21 FM).

Data fiind definiția pentru nivelul modelului, fiecare model a fost schematizat după cum urmează:

- Pentru modelele 2D, a fost construit un grid rectangular/ rețea de calcul flexibilă, impunând necesitatea acordării unei atenții sporite la detalii pentru definirea albiei minore și a malurilor, diguri, drumuri, căi ferate, îndiguiri, precum și localizarea sub-traversărilor sau a rutelor alternative de curgere. Astfel, obiectivul a fost acela de a oferi o mai mare precizie a rezultatelor, și anume a limitei de inundabilitate, precum și a valorilor pentru adâncimea apei și viteza apei în zona inundabilă.

Rezoluțiile rețelelor de calcul (griduri/mesh-uri) din cadrul modelelor realizate în programul Mike 21 sunt cuprinse între aproximativ minim 0,2m x 4m pentru elementele rectangulare și respectiv 10 m² pentru elementele triunghiulare în albiile minore și până la 200 m² pentru zonele situate în afara localităților, fără pagube semnificative. Pentru modelele HEC-RAS, rezoluțiile pentru griduri au fost cuprinse între minim 3m x 3m pentru albia minoră până la 20mx20m pentru zonele din afara localităților, fără pagube semnificative.

- Pentru modelele 1D-2D, în afara construirii gridului / rețelei de calcul flexibilă, profilele transversale măsurate, precum și profile transversale extrase din DTM au fost utilizate pentru definirea curgerii în albia minoră. S-a pus accent pe atenția la detalii pentru a asigura tranziția adecvată între cotele malurilor din modelul 2D și cele privind cotele malurilor din cadrul modelului 1D, astfel încât să nu apară instabilități în zonele de

tranziție de la componentele modelului 1D și 2D. Astfel, a fost obținută acuratețea dorită a limitei de inundabilitate, precum și pentru adâncimile și vitezele de curgere a apei.

Distanțele dintre profilele transversale au fost aproximativ 150 m (distanța fiind mai mică pentru râuri cu o lățime a albiei minore mai mică de 20 m). Rezoluția domeniului 2D a fost similară celei pentru modelele 2D descrise mai sus.

- Modelele 1D au fost schematizate astfel încât să fie descrise toate rutele de curgere. Pentru a realiza acest lucru, au fost concepute modele care conțin ramificații ce descriu modul de propagare și atenuare a viiturii pe râul principal, precum și în albia majoră. A fost acordată o atenție specială detaliilor pentru definirea albiei majore, deoarece aceasta este esențială pentru debitele maxime și respectiv volumele care se propagă spre zonele de interes situate în aval.

Rezoluția modelelor 1D a fost definită identic cu cea descrisă pentru modelele cuplate 1D-2D de mai sus.

Anumite APSFR-uri au fost divizate în sectoare pentru care a fost creat un model individual. Apoi, rezultatele obținute pentru aceste sectoare au fost cuplate pentru a acoperi întregul APSFR. Motivul pentru divizarea unui APSFR în mai multe sectoare a fost legat de lungimea modelului (pentru a optimiza timpul de simulare) și/sau prezența acumulărilor.

A fost acordată o atenție suplimentară reprezentării albiei minore în rețeaua de calcul. Pentru a descrie cu exactitate albia minoră, a fost necesară o discretizare detaliată. Grid-urile rectangulare și grid-urile de calcul flexibile au fost concepute astfel încât să reprezinte minim 3 sau 5 elemente/celule de calcul, ajungând chiar până la 10 sau mai multe elemente/celule de calcul în albia minoră. Liniile de apărare au fost de asemenea schematizate prin intermediul unor elemente mici din grid-urile de calcul ca și caracteristici liniare cu atribute în configurația modelului. Scopul a fost acela de a avea reprezentarea optimă a realității atunci când este vorba despre cotele digurilor, drumurilor și ale căilor ferate.

Numărul de elemente din grid-urile de calcul pentru APSFR-uri individuale variază între câteva sute de mii până la peste 10 milioane pentru modelele extrem de mari. Podurile au fost schematizate ca o combinație între structuri de tip subtraversare și praguri sau direct ca structuri de poduri în configurația modelului. Structuri suplimentare (precum parapeti din beton) au fost schematizate sub forma unor structuri unice sau structuri localizate în partea superioară a digurilor. Modificările semnificative de cotă din albia minoră au fost schematizate sub forma pragurilor (dacă nu au fost disponibile informații privind structurile de beton).

Pentru domeniile modelelor din zonele plane/de șes, toate canalele de derivație a apelor sau de irigații, precum și îndiguirile acestor canale au fost discretizate și incluse în schematizarea modelului. Meandrele vechi și canalele afluenților au fost de asemenea luate în considerare la schematizarea modelului.

Clădirile reprezintă de obicei obstacole pentru propagarea viiturii. Pentru modelarea fluvială, amprentele clădirilor au fost inserate în CLC, utilizând ca bază datele de expunere. Zonele care reprezintă amprentele clădirii au primit un coeficient sporit de rugozitate, corelat cu coeficientul Manning n cu valoarea de 0,3. Astfel, este obținută o limita de inundabilitate continuă care permite o estimare adecvată a riscurilor.

Subtraversări/Deschideri în diguri

Liniile de apărare sunt luate în calcul la definirea modelelor. Scopul a fost acela de a prezenta hărți de hazard care să țină cont de scenariul pesimist, în special în zona de confluență, atunci când discutăm despre regulile de exploatare pentru deschiderile digurilor /subtraversări. Astfel, a fost luată o decizie cu privire la poziția deschiderilor /subtraversărilor în cadrul modelelor hidrodinamice de către MMAP, ANAR și respectiv INHGA, având ca rezultat modelarea deschiderilor în diguri/subtraversărilor închise în timpul inundațiilor. Toate deschiderile în diguri/subtraversări, chiar dacă sunt situate în zonele de confluență sau de-a lungul APSFR-urilor, au fost de asemenea considerate închise la definirea modelelor. Au existat și excepții cu privire la drumuri și căi ferate care nu intră în aria de responsabilitate a ANAR în cazul producerii de inundații. Astfel, în cazul structurilor de subtraversare drumuri și căi ferate, acestea au fost identificate în cadrul DTM sau cu ajutorul imaginilor aeriene, fiind incluse ca deschideri/subtraversări ce asigură transportul viiturii. Acolo unde nu au existat informații disponibile cu privire la deschiderile în diguri/subtraversări în seturile de date furnizate de către ANAR și ABA-uri, și nici nu a fost posibilă identificarea acestora în cadrul DTM-ului și ortofotoplanurilor, s-a ținut cont de un oarecare grad de incertitudine cu privire la hărțile de hazard la inundații.

Calibrare/validare

Calibrarea este procesul de ajustare a parametrilor modelului, de obicei coeficienții de rugozitate pentru a reda nivelurile apelor și debitele măsurate în timpul unei inundații. Diferențele între hidrografele de debit măsurate ar trebui să se situeze în general sub 10% pentru modelarea hidrodinamică. Validarea modelului apare atunci când poate fi reprodus un alt eveniment de inundații de către model, utilizând aceiași parametri obținuți în cadrul procesului de calibrare. Un model calibrat și validat oferă o mai mare încredere asupra rezultatelor obținute pentru orice scenariu simulat.

Pentru APSFR-urile modelate, au fost întâlnite trei situații: (1) nu au fost disponibile date cu privire la stațiile hidrometrice – așadar nu a fost realizată nicio calibrare; (2) au fost disponibile informații la o singură stație hidrometrică – aici calibrarea a fost efectuată în baza cheii limnimetrice măsurate sau (3) au fost date disponibile pentru două sau mai multe stații hidrometrice – în acest caz, s-a încercat calibrarea per eveniment de inundații sau calibrarea per cheie limnometrică pentru toate stațiile hidrometrice.

În general, o singură stație hidrometrică era disponibilă pentru fiecare APSFR, cu extrem de puține excepții, în care au fost disponibile 2 sau 3 stații hidrometrice. Atunci când datele au fost disponibile pentru un singur punct, nu a fost posibilă calibrarea în baza evenimentelor. În schimb, a fost realizată o calibrare a cheilor limnimetrice acolo unde au fost ajustați parametrii modelului (în principal distribuția coeficienților de rugozitate) la nivel local pentru a reda cât mai fidel posibil cheia limnometrică măsurată furnizată de către INHGA.

Pentru APSFR-urile care au avut disponibile cel puțin 2 stații hidrometrice, a fost analizată posibilitatea de a efectua calibrarea evenimentelor, însă, în majoritatea cazurilor, din cauza distanțelor mari între stațiile hidrometrice, a fost observată o atenuare accentuată și o transformare a viiturii, ceea ce a dus la concluzia că nu este posibilă calibrarea evenimentelor. În acest caz, chiar și pentru APSFR-urile cu mai multe stații hidrometrice, calibrarea cheilor limnimetrice a fost realizată pentru fiecare stație hidrometrică în parte.

În timpul procesului de calibrare, s-a descoperit în numeroase situații că o modificare a datului pentru cota zero miră a stației hidrometrice era necesară pentru a reproduce complet cheia limnimetrică modelată, care a fost corelată cu DTM, precum și cu datele aferente profilelor transversale măsurate în cel de-al doilea ciclu al Directivei Inundații.

Acolo unde erau disponibile mai multe chei limnimetrice datorită numeroaselor inundații istorice, a fost efectuată o validare a cheii limnimetrice specificată de către INHGA, utilizând coeficienții de rugozitate calibrați la nivel local. În plus, atunci când se realiza procesul de compensare descris anterior la secțiunea privind Condițiile de margine, o reconciliere adecvată a debitelor din aval calculate de către INHGA și cele simulate obținute prin intermediul modelelor de compensare necesită o ajutare a coeficienților de rugozitate.

Procese de calibrare și validare au fost mereu aplicate dacă au fost disponibile stații hidrometrice, oferind o fiabilitate sporită a rezultatelor modelelor. În majoritatea cazurilor, procesul de calibrare a relevat o potrivire bună între cheia limnimetrică rezultată din model și cea furnizată de către INHGA. Excepțiile s-au datorat problemelor cu cota zero grafic a cheilor limnimetrice și a diferențelor dintre cotele talvegului din profilul transversal măsurat la stația hidrometrică și cel furnizat de către INHGA.

Analiza incertitudinii

Incertitudinea poate apărea în cadrul modelării fluviale din diferite surse, precum condițiile de margine, schematizarea modelului sau calibrarea procesului. Analiza incertitudinii poate fi efectuată prin intermediul unui test de sensibilitate prin varierea parametrilor unui model sau a variabilelor acestuia, după cum urmează:

- Coeficienții de rugozitate Manning: un interval de $\pm 20\%$ este de obicei adecvat pentru verificarea sensibilității rezultatelor modelului față de valorile de rugozitate;
- Condiții de margine inclusiv debitele din amonte și nivelurile din aval. Ca și în cazul altor coeficienți, un interval de $\pm 20\%$ este de obicei adecvat pentru mărirea aporturilor de debit și modificarea condițiilor de margine din aval, precum nivelurile apei;
- Nivelurile inițiale ale apei din zonele de stocare și baraje: de exemplu, sensibilitatea nivelurilor acumulărilor în cadrul intervalului de funcționare al acestora, dacă acest lucru nu a fost deja realizat ca parte din procesul de modelare hidrologică.

Alte teste sensibile specifice locațiilor ar putea fi de asemenea efectuate, cum ar fi blocarea structurilor prin diminuarea capacității de tranzitare a viiturii, utilizarea altor coeficienți pentru structuri sau suprapunerea debitelor maxime.

Analiza incertitudinii care a fost efectuată a avut rolul de a testa capacitatea de răspuns a modelului și de a indica potențialul impact al diferitelor scenarii, precum un aport de debit ridicat/reduc, valoarea coeficienților de rugozitate, valorile coeficientului de pierdere de sarcină datorate contracției/destinderii secțiunii de calcul pentru poduri, etc. Analiza incertitudinii a fost aplicată pentru o PAD de 1%, conform metodologiei de cartografiere a hazardului pentru zonele-pilot. S-a ajuns la concluzia că doar incertitudinea privind coeficienții de rugozitate este relevantă și nu trebuie luat în calcul impactul niciuneia dintre celelalte surse de incertitudine.

Rezultate și postprocesare

Rezultatele aferente modelării fluviale au constat în adâncimile apei, vitezele apei, precum și limitele de inundabilitate pentru fiecare APSFR și PAD în parte. În funcție de nivelul de detaliu al modelului, au fost obținute următoarele tipuri de rezultate:

- modele 2D: limitele de inundabilitate sub forma unor fișiere shapefile de tip poligon, fișiere raster privind adâncimea apei și fișiere raster privind viteza apei pentru toate cele 6 probabilități.
- modele 1D-2D: limitele de inundabilitate sub forma unor fișiere shapefile de tip poligon, fișiere raster privind adâncimea apei și fișiere raster privind viteza apei pentru modelul 2D, precum și tabele cu viteza apei aferente modelului 1D pentru toate cele 6 probabilități.
- modele 1D: limitele de inundabilitate sub forma unor fișiere shapefile de tip poligon, fișiere raster privind adâncimea apei și tabele cu viteza apei pentru toate cele 6 probabilități.

Dacă APSFR-ul a fost divizat în mai mult de un sector în scopuri de modelare, toate fișierele raster rezultate pentru adâncimile și vitezele apei au trebuit comasate din amonte în aval. A fost acordată o atenție specială asigurării continuității hărții de hazard și eliminării unor eventuale goluri între hărțile de hazard deja raportate din primul ciclu și cele rezultate din cel de-al doilea ciclu al Directivei Inundații. În timpul simulărilor, au apărut zone inundabile de mici dimensiuni, discontinue sau limite de inundabilitate zimțate. În aceste situații, a fost realizată o procesare GIS ulterioară pentru a elimina zonele inundabile discontinue și pentru netezirea limitelor de inundabilitate. Toate rezultatele sunt prezentate în același mod coerent și accesibil pentru a înțelege structura și denumirile convenționale.

Recomandări

În cadrul celui de al doilea ciclu de implementare a Directivei Inundații, au fost înregistrate progrese semnificative comparativ cu rezultatele obținute în primul ciclu. Cu toate acestea, există încă loc pentru îmbunătățiri cu privire la viitoarele cicluri și în acest context, sunt propuse pentru cel de-al treilea ciclu al Directivei Inundații următoarele recomandări privind modelarea fluvială:

- o modelare hidrodinamică hidrologică cuplată: se recomandă aplicarea acesteia pentru a evita orice eventuală incertitudine în cadrul procesului de compensare hidrologică ce reprezintă aporturile de debit lateral distribuit între două noduri hidrologice consecutive.
- Calibrarea în baza evenimentelor între două stații hidrometrice: se recomandă menținerea continuității pentru acoperirea domeniului modelului între minim două stații hidrometrice. Aceasta va permite calibrarea evenimentelor în baza comparației nivelurilor simulate cu nivelurile măsurate ale apei. De preferat, ar trebui modelat întregul bazin hidrografic, ceea ce ar permite un proces solid de calibrare și validare bazat pe evenimente.
- Efectele compuse ale inundațiilor pe râul principal și afluenți: se recomandă a se lua în considerare pentru modelarea și cartografierea hazardului râurile principale și afluenții

acestora într-un singur model și efectuarea unei analize statistice pentru identificarea componentelor din amonte în aval, care vor genera o inundație probabilistă aparte (de exemplu, obținerea hidrografelor sintetice cu debit maxim cu probabilitatea anuală de depășire de 1% pentru râul principal și afluenți va duce la realizarea unei hărți de hazard cu o probabilitate mai redusă și va include o limită de inundabilitate mai mare de 1% pe întreaga lungime a râului). Această activitate complexă va necesita efectuarea unor studii suplimentare pentru identificarea corectă a probabilității mixte.

- Actualizarea datelor topografice și batimetrice la nivelul tuturor APSFR-urilor: se recomandă acoperirea tuturor zonelor de interes pentru modelare cu noi date topografice și batimetrice, evitând combinarea datelor existente cu noile surse de date care ar putea genera incertitudine suplimentară cu privire la rezultate. De exemplu, diferențe de cotă semnificative ar putea surveni între diferite surse de date din cauza dinamicii albiei minore de-al lungul timpului. Batimetria și liniile de apărare ar trebui măsurate cu detalii suficiente pentru a le putea integra în mod adecvat în DTM, în cazul în care nu au deja fost incluse. Ar trebui acordată o atenție specială unei cadastrări adecvate a coronamentelor digurilor, care nu este reflectată mereu în mod corespunzător prin LiDAR sau alte cadastrări aeriene.
- Actualizarea tuturor cotelor zero grafic ale stațiilor hidrometrice: se recomandă ca pentru toate stațiile hidrometrice, acolo unde calibrarea a necesitat o modificare a cheii limnimetrice modelate, aceasta să fie corelată cu cheia limnimetrică măsurată pentru actualizarea cotelor zero grafic.

2.1.2. Modele pluviale

Prezentare generală

Au fost realizate nouăsprezece modele pluviale pentru municipii/orașe ca parte din cele 17 APSFR-uri definite în cadrul Evaluării Preliminare a Riscului la Inundații (EPRI) aferentă cel de-al doilea ciclu de implementare a Directivei Inundații (Figura 1, Tabelul 1). A se reține faptul că modelele pluviale țin cont doar de inundațiile care rezultă în urma ploilor directe și nu de inundațiile produse pe râuri sau pe mare.

În cadrul proiectului, toate modelele pluviale au fost dezvoltate în HEC-RAS. Acest tip de program este adecvat pentru obținerea unor rezultate extrem de precise pentru modelarea pluvială. Extinderea spațială a modelelor pluviale s-a bazat pe extinderea urbană / limita administrativă a APSFR-ului și pe limita bazinelor torențiale de recepție. Acest lucru a permis ca modelele să evidențieze toate căile de curgere semnificative care influențează inundațiile pluviale în cadrul fiecărui APSFR.

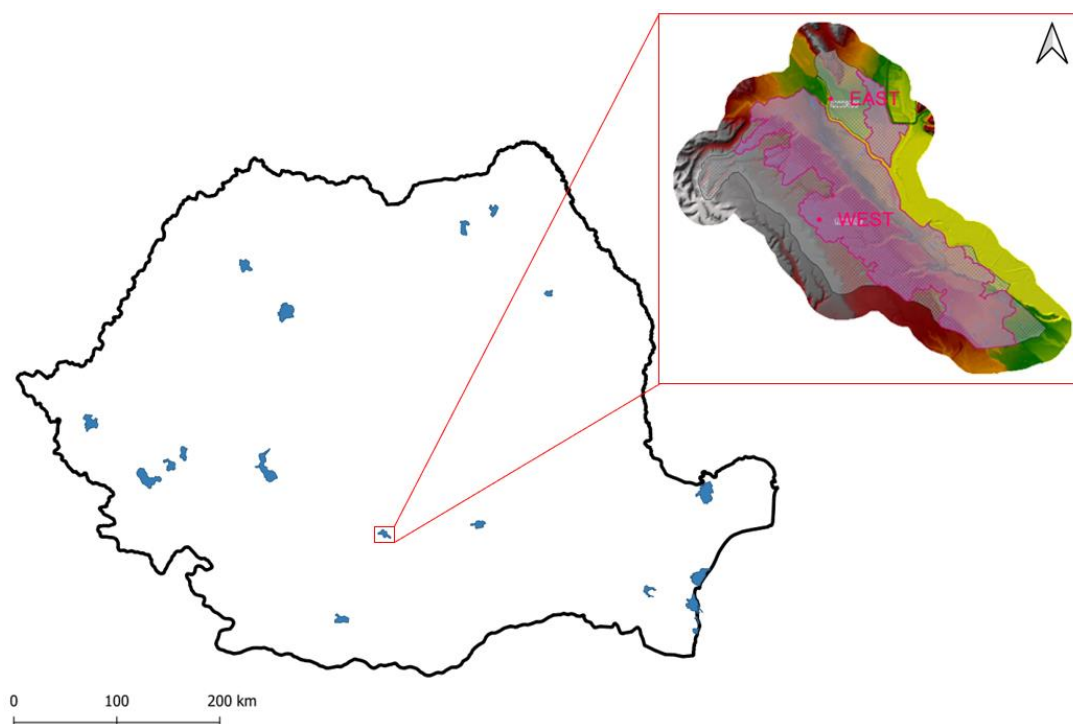


Figura 1 Distribuția modelelor pluviale din România evidențiate cu albastru – exemplu de model Pitești

Tabelul 1 – Informații privind APSFR-urile având surse pluviale

Cod APSFR	Denumire	Mărimea (numărul de locuitori)
09-A047P	Cluj Napoca	324.576
01-A066P	Timișoara	319.279
06-A016P	Constanța	283.872
05-A032P	Ploiești	209.945
04-A039P	Pitești	155.383
10-A076P	Suceava	92.121
01-A063P	Reșița	73.282
06-A015P	Tulcea	73.707
09-A048P	Zalău	56.202
10-A075P	Roman	50.719
02-A029P	Petroșani	37.160
03-A063P	Caracal	30.954
01-A064P	Caransebeș	24.689
06-A013P	Cernavodă	17.022
10-A077P	Gura Humorului	13.667
01-A065P	Oțelu Roșu	10.510
06-A016P	Constanța- Eforie	9.294
06-A014P	Corbu	5.689
06-A016P	Constanța- Continești	2.750

Datele privind modelele

- **Topografie** –DTM-urile aferente utilizate pentru modelarea pluvială au fost create prin combinarea unor date LiDAR cu o rezoluție de 0,5m aferente celui de-al doilea ciclu cu cele din primul ciclu (cu rezoluții cuprinse între 1-5m). Datele aferente primului ciclu au fost reeșantionate la o rezoluție de 0,5m pentru a fi corelate cu datele din cel de-al doilea ciclu. Seturile de date au fost combinate utilizând algoritmul de analiză

numerică în baza unei zone mixte de 10m din perimetrul DTM-urilor aferente celui de-al doilea ciclu.

- **Ploaie/Hietograf** – Forma și durata hietografelor modelului au fost obținute în baza curbelor intensitate-durată-frecvență(IDF) aferente unui set de PAD-uri. Utilizând instrucțiunile privind curbele IDF pentru România, care au fost realizate de către Administrația Națională de Meteorologie (ANM), aceste curbe IDF au fost create pentru fiecare PAD (și anume, 33%, 10%, 1%, 0,5%, 0,1% și 1% cu schimbările climatice) pentru fiecare dintre APSFR-urile cu surse pluviale. Hietografele ploii au fost obținute pentru fiecare APSFR în parte, utilizând metoda blocurilor alternante pentru a asigura includerea tuturor duratelor ploilor importante.
- **Acoperirea terenului și soluri** – Datele privind acoperirea terenului au fost utilizate pentru a obține rugozitatea și respectiv infiltrația. Disponibilitatea datelor a variat în cadrul diferitelor extinderi ale modelelor acoperind cele 19 municipii/orașe. Un set de date privind acoperirea terenului ce acoperă fiecare domeniu al modelului a fost dezvoltat în baza:
 - Atlasului Urban³
 - Datelor Copernicus CLC 2018⁴
 - Datelor de expunere colectate în cadrul proiectului RAS
 - În majoritatea cazurilor, a fost creat un hibrid între cele trei seturi de date pentru a acoperi întregul domeniu al modelului. Acesta a fost apoi verificat prin raportare la ortofotoplanuri pentru a evalua corectitudinea datelor

Tipul de model

Nivelele definite în cadrul metodologiei depind de dimensiunea celulei (grid-ului):

- Nivelul 1: modelul bidimensional (2D) cu o dimensiune a grid-ului între 2x2 și 5x5 m²;
- Nivelul 2a: modelul bidimensional (2D) cu o dimensiune a grid-ului de circa 5x5 m²;
- Nivelul 2b: modelul bidimensional (2D) cu o dimensiune a grid-ului de 5x5 m² pentru zona de clădiri și 20x20 m² pentru spațiile verzi;
- Schimbări climatice: creșterea ploii de calcul maxime cu 20%.

Pentru cele 19 municipii/orașe, s-a aplicat metoda de Nivel 1, utilizând modelul 2D HEC-RAS, cu un grid de 2m și respectiv de 5 m cu excepția grid-ului de 10 m din zonele rurale cu o modificare minoră a cotei terenului.

Schematizarea modelului

Toate modelele au fost dezvoltate utilizând o rezoluție variabilă a grid-ului 2D, folosind programul HEC-RAS. Acesta a permis un nivel sporit de detaliu în zonele principale. Au fost utilizate următoarele rezoluții ale grid-ului în zonele specificate mai jos:

- A fost utilizată o rezoluție de 10m în zonele predominant rurale (și anume, terenuri agricole) și/sau acolo unde a existat o modificare minoră a cotei terenului.
- A fost utilizată o rezoluție de 5m în zonele urbane pentru a reflecta complexitatea topografiei urbane (și anume, bordurile de pe marginea drumurilor și amprentele clădirilor).

³ Atlasul Urban— Copernicus Land Monitoring Service

⁴ CORINE Land Cover (CLC) — Copernicus Land Monitoring Service

- A fost utilizată o rezoluție de 2m corelat cu modificări de grid, precum breaklines (acestea sunt explicate mai jos la secțiunea modificări privind DTM-urile/Gridul), acestea au survenit în general la modificări clare ale cotei.

Modelele pluviale au fost dezvoltate pentru a reprezenta doar inundațiile provenite din precipitații directe. Acolo unde râurile traversau APSFR-urile, acestea au fost eliminate din cadrul modelului, deoarece inundațiile din sursă mixtă nu sunt analizate în acest ciclu. În cadrul modelelor, râurile au acționat ca un canal de drenaj; astfel, viitura ar putea pătrunde în canal, însă nu este vizibilă în cadrul rezultatelor.

În schimb, această divizare a zonei de interes în funcție de râu a permis realizarea modelelor în diferite secțiuni pentru a reduce timpii de rulare.

În exemplul din Figura 2 este indicată o rezoluție a grid-ului de 5m cu roșu și una de 10m cu negru. Dată fiind prezența râului, modelul a fost constituit din patru domenii 2D separate, reducând astfel timpii de rulare.

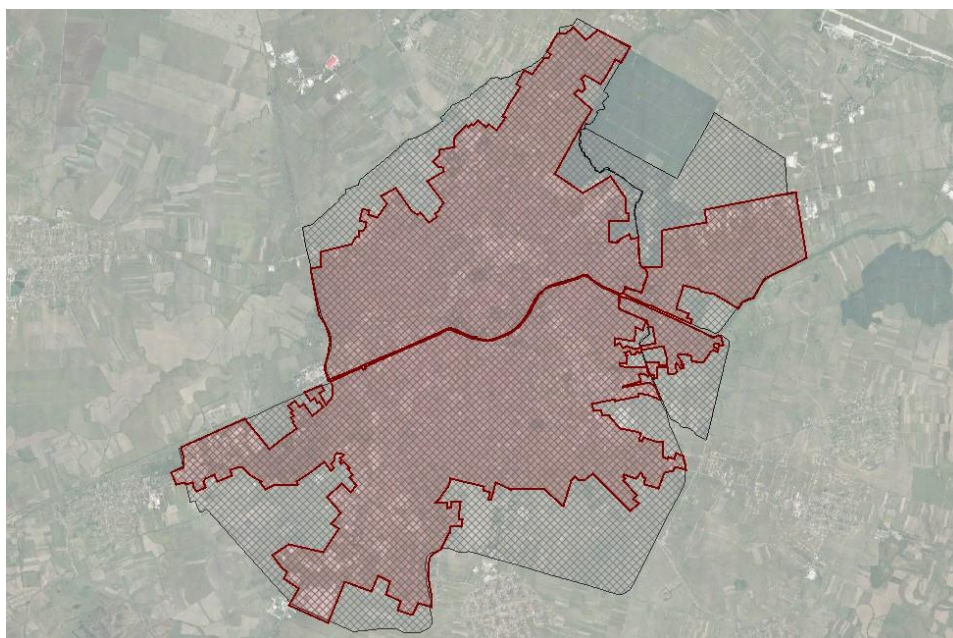


Figura 2 Exemplu domeniul modelului - Timișoara

Coeficienți și pierderi

Coeficienții de scurgere și pierderile din cadrul modelelor pluviale dictează vitezele și volumul precipitațiilor care sunt aplicate domeniului modelului. Toate pierderile (prin rețeaua de canalizare) sunt aplicate, reducându-se ploia de calcul, la începutul simulărilor modelului și nu mai sunt aplicate alte pierderi în timpul unei simulări. Variabilele principale au inclus:

- **Rugozitatea hidraulică**—coeficienții de rugozitate Manning's n au fost atribuiți fiecărui tip de acoperire a terenului în funcție de datele disponibile cu privire la acoperirea terenului. Valorile atribuite fiecărui tip de acoperire a terenului au fost consecvente la nivelul tuturor modelelor. Principalele valori sunt prezentate în Tabelul 2:

Tabelul 2 – Principalele valori pentru rugozitatea hidraulică

Tip acoperire teren	Valoarea N
Clădiri	0,3
Peisajul urban (Drumuri etc.)	0,03-0,04
Agricultură	0,04-0,05
Terenuri împădurite	0,08-0,1

- **Infiltrația** – Au fost configurate grid-urile de infiltrație pentru a acoperi întreaga extindere a modelului. Capacitatea de infiltrație variază în funcție de utilizarea terenului și tipul de sol. The Curve Number (CN) (numărul curbei de scurgere) a fost utilizat pentru a calcula coeficientul de infiltrație aplicată în cadrul fiecărui model. Au fost aplicate următoarele valori pentru toate modelele:
 - O capacitate de înmagazinare (solicitată ca parte din calculul CN) a fost stabilită la 0,05 (intervalul normal 0,05-0,2). O valoare de 0,05 reflectă o abordare conservatoare.
- **Pierderi prin rețea** – În cadrul unui eveniment de precipitații, o anumită cantitate de precipitații se pierde în rețeaua urbană de canalizare. Pentru aplicarea acestor pierderi, a fost adoptată o abordare conservatoare a estimării capacității rețelei de canalizare în baza celor mai noi standarde tehnice (SR 1846/2-2006 (Reglementări de proiectare pentru sistemele de canalizare) și a opiniei de specialitate. Astfel, pentru a calcula capacitatea rețelei de canalizare (mm/oră), au fost analizate curbele IDF. Valorile privind capacitatea rețelei de canalizare pentru fiecare APSFR sunt prezentate în Tabelul 3.

Tabelul 3 – Capacitatea existentă a rețelei de drenaj

APSFR-uri cu surse pluviale	Numărul de locuitori	Evenimentul de calcul propus pentru sistemul de canalizare care să fie analizat în cadrul modelării pluviale (Scenariul conservator) (an)	Durata ploii (oră)	Capacitatea sistemului de canalizare (curba IDF) (mm/oră)
CONTINEȘTI	2750	2	2	12,83
CORBU	5689	2	2	13,83
EFORIE	9294	2	2	14,83
OȚELU ROȘU	10510	2	1	25,02
GURA HUMORULUI	13667	2	1	26,3
CERNAVODĂ	17022	2	2	13,84
CARANSEBEȘ	24689	2	1	25,02
CARACAL	34607	2	2	15,52
PETROȘANI	37160	2	1	20,57
ROMAN	50713	2	1	21,84

APSFR-uri cu surse pluviale	Numărul de locuitori	Evenimentul de calcul propus pentru sistemul de canalizare care să fie analizat în cadrul modelării pluviale (Scenariul conservator) (an)	Durata ploii (oră)	Capacitatea sistemului de canalizare (curba IDF) (mm/oră)
ZALĂU	56202	2	1	11,87
TULCEA	73707	2	2	15,73
REȘIȚA	83985	2	1	25,57
SUCEAVA	105624	3	1	29,79
PITEȘTI	164687	3	2	17,48
PLOIEȘTI	224406	3	2	16,68
CONSTANȚA	297503	3	2	15,65
TIMIȘOARA	306462	3	2	15,24
CLUJ-NAPOCA	324576	3	1	28,43

Condiții de margine

Hietogramele ploii au fost aplicate întregului domeniu 2D al fiecărui model. Ploaia a fost distribuită în mod unitar în fiecare celulă a modelului.

Condițiile de margine din aval au fost adăugate în fiecare model, cu scopul de a înlătura nedoritele și nenaturalele stagnări (băltiri) și creșteri ale nivelului apei la marginea domeniului modelat. Aceasta este o metodă standard de generare a unei condiții de margine în aval, acolo unde există un râu ce afectează nivelul maxim al inundațiilor pluviale urbane la extremitățile unui model. Condiții de margine pentru adâncimi normale cu o valoare de 0,001 au fost adăugate la fișierele pentru curgerea în regim nepermanent, pentru eliminarea acestor inundații nefirești din cadrul simulărilor.

Modificări ale DTM-ului / Grid-ului

- **Reprezentarea clădirilor** – amprente clădirilor au fost integrate în DTM-ul modelului. Ampretele clădirilor s-au bazat pe datele de expunere colectate în cadrul proiectului RAS. Pragurile de inundare pentru clădiri au fost calculate utilizând DTM (a se vedea [Figura 3](#)). O cotă de înălțare de 0,3m a fost aplicată fiecărei clădiri pentru a reprezenta un prag de inundare (de exemplu, nivelele de la parter supraînălțate deasupra nivelului terenului din jur).

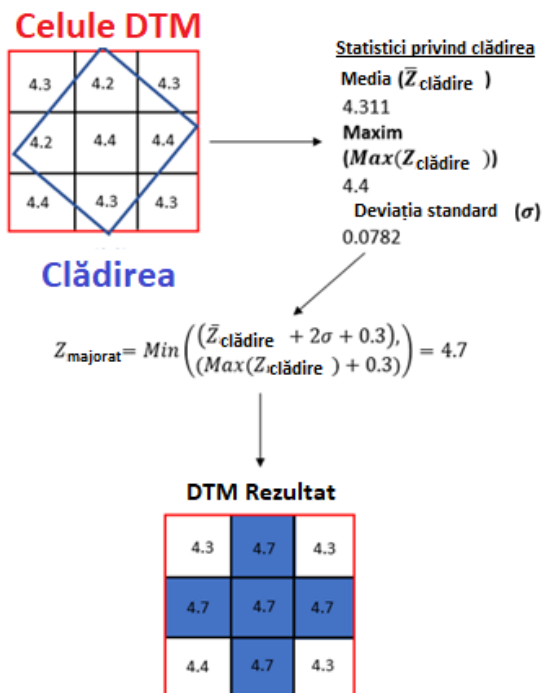


Figura 3 Calcularea pragului de inundare al clădirilor

- **Reprezentarea structurilor** –structurile hidraulice, precum subtraversări, au fost incluse în modele acolo unde structura era încă prezentă în cadrul DTM. Fără reprezentarea acestor structuri, riscul la inundații din amonte de aceste structuri este indicat ca fiind supraestimat și ulterior și riscul la inundații din aval este subestimat (Figura 4).

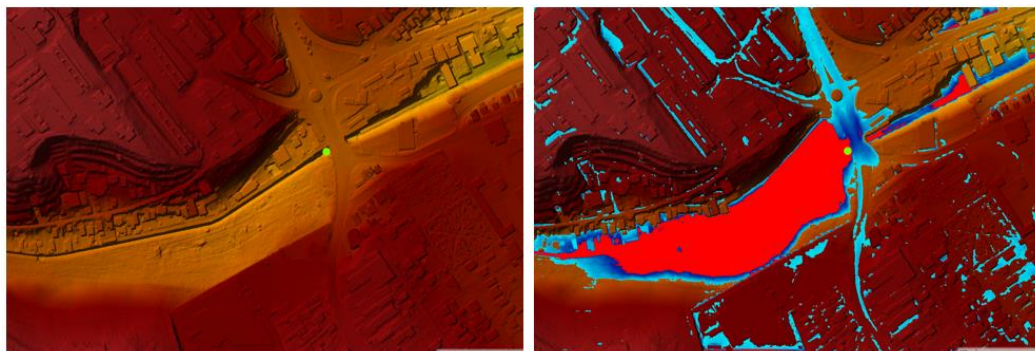


Figura 4 Exemplu de structură (inclusiunea structurii în cadrul modelului)

Au fost utilizate două metode pentru reprezentarea structurilor:

- **Tip A** – Structurile reprezentate utilizând conectorul intern 2D din cadrul programului HEC-RAS. Nu a fost furnizat niciun studiu topografic al structurilor în cadrul modelelor pluviale. Așadar, dimensiunile s-au bazat pe imaginile din Google Street View și pe lățimea albiei minore.
- **Tipul B** – Structurile eliminate din cadrul DTM utilizând instrumentul de modificare a DTM din cadrul HEC-RAS (Figura 5). Structurile de Tip B au fost utilizate în mai multe locații rurale, acolo unde influența acestora este mai puțin importantă.

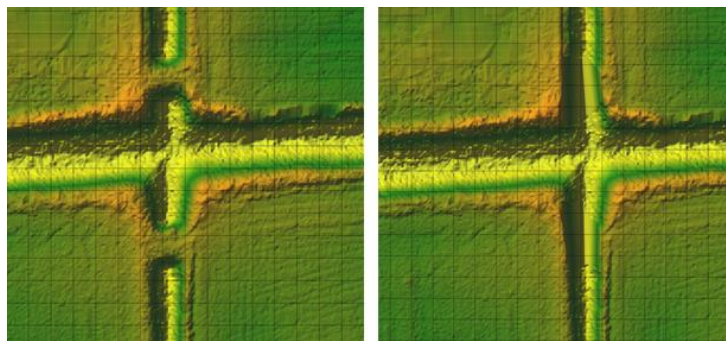


Figura 5 Exemplu de structură Tip B

- **Linii de schimbare de pantă (breaklines)**– Liniile de schimbare de pantă au fost utilizate pentru a procesa gridul de calcul de-a lungul caracteristicilor liniare supraînălțate, precum îndiguiuri și în zonele în care apar modificări bruște ale pantei (de exemplu, de la zona abruptă la zona plană). Liniile de schimbare de pantă orientează fațetele celulelor de-a lungul cotei coronamentului structurilor. Așadar, a fost necesar ca nivelurile apei să depășească nivelul caracteristicii înainte de revărsare.

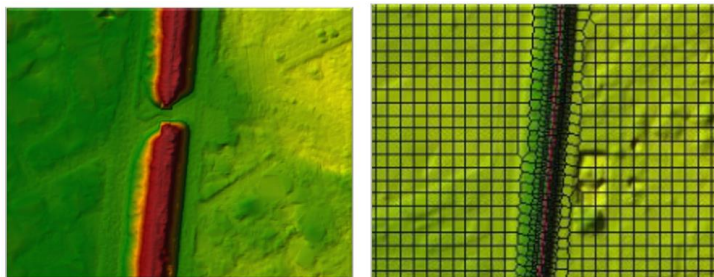


Figura 6 Exemplu de introducere a liniilor de schimbare de pantă (break lines) în grid-ul 2D

Performanțele modelului

- **Calibrare/validare** – informațiile legate de istoricul inundațiilor înregistrate au fost colectate de la punctele de intervenție specificate de către Inspectoratul General pentru Situații de Urgență din România (IGSU). Această acțiune a presupus realizarea unui set de date privind puncte GIS cu detalierea mecanismelor de inundații și a informațiilor privind răspunsul în situații de urgență. Informațiile atribuite fiecărui punct au fost considerate generale, iar o zonă-tampon (buffer) de 20m a fost aplicată fiecărui punct (Figura 7). Datele modelate au fost interogate în cadrul fiecărei zone-tampon și au fost obținute principalele statistici (de exemplu, adâncimile maxime, minime și medii). A existat în general o bună corelare între datele înregistrate și cele modelate. Acolo unde datele înregistrate nu au fost corelate cu cele modelate, a fost efectuată o analiză ulterioară cu privire la configurarea modelelor și acestea au fost modificate dacă s-a considerat necesar.

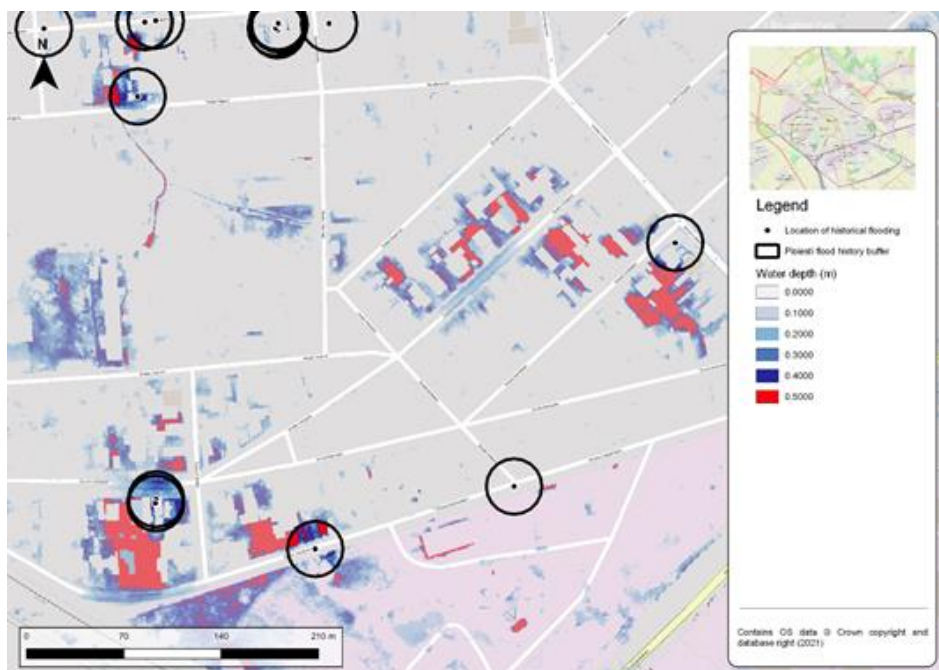


Figura 7 Exemplu de verificări ale istoricului inundațiilor furnizat de către IGSU

- **Stabilitatea modelului** – Ca și rezultat standard, HEC-RAS generează un grid ce detaliază numărul Courant pentru fiecare celulă în parte din cadrul modelului la orice pas de timp dat. Dacă numărul Courant este mai mare decât 1, acesta este un indicator al existenței unor instabilități ale modelului. Rezultatele aferente numărului Courant au fost verificate pentru fiecare model în parte cu scopul de a evalua performanțele acestuia. Acolo unde valorile erau mai mari decât 1, au fost operate modificări la nivelul grid-ului, pasului de timp și rugozității hidraulice sau o combinație a acestor trei elemente.

Rezultate/Postprocesare

Postprocesarea rezultatelor modelului pluvial este necesară pentru definirea principalelor arii expuse riscului la inundații. Pentru obținerea rezultatelor finale, au fost eliminate toate adâncimile mai mici de 0,1m și zonele izolate restrânse cu o suprafață mai mică de 10m². Un poligon cu limita de inundabilitate a fost generat în urma rezultatelor filtrate care a fost utilizat ulterior pentru editarea rezultatelor legate de viteza apei. Toate celelalte rezultate au fost decupate în cadrul limitei de inundabilitate procesate în vederea asigurării consecvenței.

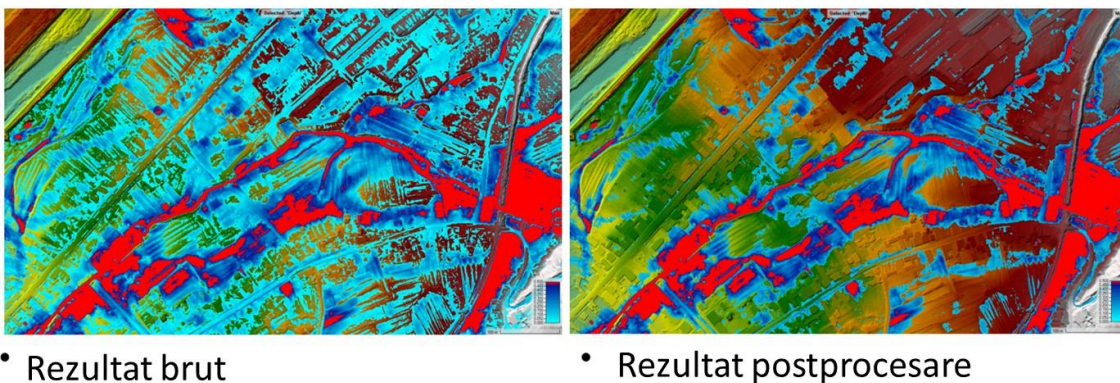


Figura 8 Exemplu de rezultate post-procesare

Recomandări

Pe durata primului ciclu, nu au fost raportate către CE niciun APSFR pluviale în cadrul EPRI, în timp ce în cadrul celui de-al doilea ciclu, au fost raportate 17 APSFR-uri pluviale urbane în 2019. Prin urmare, HHRI sunt realizate pentru prima dată în 19 municipii/orașe ce corespund unui număr de 17 APSFR-uri. Acesta reprezintă un pas important comparativ cu primul ciclu și corelat cu situația din alte state membre. Actualele modele pluviale reprezintă modul optim de utilizare a datelor puse la dispoziție în acest ciclu. Cu toate acestea, încă mai este loc pentru îmbunătățiri cu privire la următoarele cicluri și, în acest context, sunt propuse următoarele recomandări ce ar putea fi aplicate pentru optimizarea ulterioară a actualelor modele pentru cel de-al treilea ciclu:

- 1) **Reprezentarea intrinsecă a rețelei urbane de canalizare în cadrul modelului (modelare duală):** Rețelele urbane de canalizare au fost reprezentate doar sub formă de pierderi în cadrul modelelor. Prin integrarea rețelei de canalizare, inclusiv a caracteristicilor precum conducte, subtraversări și pompe, ar putea fi oferită o prezentare complexă a riscului la inundații din surse pluviale. Ca parte din verificările calității modelelor actuale, zonele care ar putea beneficia de includerea detaliilor legate de rețeaua de canalizare au fost indicate și specificate în cadrul fișelor tehnice ale modelelor
- 2) **Analiza inundațiilor din sursă mixtă:** În realitate, uneori este dificil să distingem între diferitele surse de inundații. Modelele ar putea fi configurate pentru estimarea concomitentă atât a riscului la inundații din surse pluviale, cât și a celui din surse fluviale/zone litorale. Astfel ar putea fi oferită o analiză completă a riscului la inundații pentru orice APSFR.

2.1.3. Viituri rapide (Flash Floods)

Prezentare generală

Activitatea de modelare a viiturilor rapide (flash floods) a respectat aproape aceiași pași ca și modelarea fluvială și a utilizat aceleași date generale (cu câteva excepții care sunt explicate în detaliu în cele ce urmează). Pentru mai multe informații generale cu privire la pașii și datele utilizate pentru viituri rapide (flash floods), consultați capitolul 2.1.1 Modele Fluviale.

Modelarea viiturilor rapide a respectat opțiunea celor două nivele de calcul, după cum urmează:

- Nivelul 1: modelare hidrodinamică 2D utilizând scurgerea datorată precipitațiilor /precipitațiile directe
- Nivelul 2: modelarea hidrodinamică 2D a viiturilor rapide, precum modelarea fluvială

Diferența dintre cele două tipuri de nivele este reprezentată de metoda privind aplicarea sau nu a ploii pe grid-ul de calcul, restul procesului de modelare este același pentru ambele nivele. A fost planificată modelarea a 12 APSFR-uri de Nivel 1 și restul de Nivel 2, conform aceleiași metode ca cea utilizată pentru modelele fluviale.

Principalul tip de model utilizat pentru modelarea viiturilor rapide a fost 2D. O singură excepție a inclus Maleia 02-A007FF, pentru care a fost necesar un model cuplat 1D-2D. Principalul motiv pentru existența acestei excepții se datorează pantelor mari, iar malurile și liniile de apărare nu au fost incluse în DTM sau profilele transversale, astfel încât a fost necesar un model 1D-2D și într-adevăr s-a dovedit a fi o opțiune mai bună decât cea 2D.

Inițial, a fost configurată o abordare de Nivel 1 cu model 2D și aplicarea ploii pe grid-ul de calcul pentru 12 APSFR-uri ce au ca sursă viiturile rapide. Cu toate acestea, după o analiză atentă a hidrografelor sintetice disponibile pentru respectivele APSFR-uri, s-a constatat că doar 4 APSFR-uri (08-A014FF Nimăiești, 05-A029FF Slănicel, 02-A004FF Aninoasa și 02-A007FF Maleia) ar putea fi modelate la Nivelul 1. Pentru aceste 4 APSFR-uri, hidrograful de debit din aval a fost semnificativ superior hidrografelor de debit din amonte, indicând un potențial aport de debit lateral care ar putea avea ca sursă scurgerea datorată precipitațiilor directe aplicată asupra domeniului modelat. Pentru a reprezenta aportul precipitațiilor, au fost create serii temporale de precipitații pornind de la curbele IDF furnizate de către ANM și în baza timpului de concentrare pentru bazinul hidrografic al APSFR-ului. Pentru restul de 8 APSFR-uri cu modele pentru viituri rapide, în cadrul cărora diferențele de debit din amonte către aval erau de numai circa 2% (de exemplu, nu exista niciun aport de debit lateral rezultat în urma scurgerii datorate precipitațiilor care să fie analizat), s-a aplicat metoda fluvială. Acest lucru a fost comunicat și confirmat de către MMAP, ANAR și respectiv INHGA.

În cadrul modelelor 2D, precipitațiile au fost introduse ca fiind variabile în timp și constante în spațiu asupra seriilor temporale ale domeniului, aducând apa din fiecare element în grid-ul de calcul flexibil. Propagarea apei prevenite din sursa de precipitații survine de la un volum finit la altul, dacă un volum este complet inundat, până când ajunge și se propagă prin albia minoră.

În cadrul procesului de modelare, au fost efectuate mai multe teste pentru identificarea aportului de precipitații corect, care ar putea duce la hidrograful de debit simulat în punctul situat cel mai în aval de APSFR. Din nefericire, testele nu au fost realizate cu succes, corelând hidrografele din amonte și aval calculate și simulate cu aportul de debit lateral provenit din aportul precipitațiilor. Așadar, hărțile de hazard datorate viiturilor rapide au fost toate generate utilizând metodologia fluvială, fără aporturi ale precipitațiilor. Această modificare a fost agreată împreună cu MMAP, ANAR și INHGA. Motivul existenței discrepantei respective a fost acela că hidrografele simulate și calculate de către INHGA nu erau corelate ca volum și timp de apariție a debitului maxim, din cauza diferențelor de abordare. Chiar dacă ploaia din cadrul grid-ului nu a fost în cele din urmă aplicată pentru Nivelul 1, modelele privind viiturile rapide au indicat o bună corelare între debitele furnizate de INHGA și cele simulate la nodurile

hidrologice de control (punctul de reconciliere), indicând o calitate corespunzătoare pentru acestea.

Pe amprenta poligonului clădirilor pentru viituri rapide, cotele DTM au fost ridicate cu 300mm. De asemenea, coeficienții de rugozitate Manning n pentru amprentele clădirilor au fost considerați ca având valoarea de 0,3 în vederea obținerii unor hărți de hazard îmbunătățite. Acest lucru a fost agreat împreună cu MMAP, ANAR și respectiv INHGA.

Recomandări

Toate APSFR-urile având ca sursă viiturile rapide, cu excepția uneia, din cauza pantelor înclinate, au fost modelate folosind un model hidrodinamic 2D, acesta reprezentând un progres important comparativ cu primul ciclu. În cadrul primului ciclu, numeroase APSFR-uri au fost supuse procesului de modelare simplificată. În ciuda acestor progrese, există încă loc pentru îmbunătățiri pentru următoarele cicluri și pentru cel de-al treilea ciclu de implementare a Directivei Inundații, fiind propuse în acest sens următoarele recomandări:

- Reanalizarea datelor de intrare de tip ploaie-scurgere pentru modelele de viituri rapide prin realizarea unei modelări hidrodinamice hidrologice cuplate în locul unei metode de aplicare a ploii pe rețeaua de calcul, cu condiția utilizării seturilor de date combinate privind precipitațiile și debitele sintetice.
- Un model hidrologic distribuit ar trebui să fie luat în calcul în locul abordării privind aplicarea ploii pe rețeaua de calcul. Pentru viiturile rapide, ar trebui analizate precipitațiile ca date de intrare în cadrul modelelor hidrologice distribuite.

2.1.4. Modele pentru zona litorală

Prezentare generală

Au fost aplicate două nivele pentru modelarea zonei litorale:

- **Nivelul 1** – Metoda de Nivel 1 include un șir de componente: condițiile hidraulice offshore, un model de transformare a valurilor (SWAN 2D), un model de deversare peste coronament și un model hidraulic de inundații 2D (la fel ca cel fluvial). Rezultatele aferente unei componente alcătuiesc aportul necesar pentru următoarea componentă din cadrul șirului.
- **Nivelul 2** – Nivelul 2 include o analiză GIS. Aceasta constă în intersectarea nivelului apei mării cu DTM-ul, astfel încât DTM-ul zonei litorale să reprezinte întreaga schematizare a modelului.

Pentru cele trei APSFR-uri cu sursă marină, au fost aplicate următoarele nivele:

- 12-A002C: Sf. Gheorghe – Sulina (Nivelul 2)
- 06-A011C: Mamaia – Lacul Razelm (Nivelul 1)
- 06-A012C: Costinești – Mangalia (Nivelul 2)

Inițial, APSFR 12-A002C a fost propus pentru abordarea de Nivel 1. Cu toate acestea, în timpul etapei de analiză (screening) privind măsurile și a analizei ulterioare a mecanismelor de inundare, s-a constatat că 12-A002C are un mecanism de inundare complex cu sursă fluvială-freatică cauzat de fluviul Dunărea cu o influență de natură marină, deci nu pur marină. De asemenea, APSFR 06-A011C este mai adecvată pentru abordarea de Nivel 1, deoarece această

secțiune este clar expusă riscului provenit din inundații din sursă pur marină. Așadar, a fost agreată împreună cu MMAP, ANAR și INHGA aplicarea Nivelului 1 pentru 06-A011C și aplicarea Nivelului 2 pentru 12-A002C. Detaliile privind diferitele niveluri sunt descrise în cele ce urmează:

Extinderea modelului

Extinderea spațială a modelelor zonei litorale s-a bazat pe potențialele zone inundabile, acoperirea DTM-urilor existente (atât offshore, cât și onshore) și modelele zonei litorale existente.

Datele privind modelul

- **Modelul SWAN** – SWAN este un model de transformare a undelor/valurilor. Modelul SWAN include grid-uri, batimetrie, precum și condiții de margine. Datele utilizate ca și condiție de margine au fost extrase din modelul SWAN existent (Arcadis 2015)⁵. Batimetria s-a bazat pe datele cadastrale din cel de-al doilea ciclu, colectate în cadrul proiectului RAS, iar grid-urile au fost realizate pentru a obține rezultate corecte. A fost utilizată versiunea 41.20 a modelului undelor/valurilor 2D SWAN.
- **DTM** – A fost utilizat DTM-ul din cadrul celui de-al doilea ciclu, date colectate în cadrul proiectului RAS. Acesta include date LiDAR cu o rezoluție de 0,5m. DTM-ul a fost utilizat pentru cartografierea limitelor de inundabilitate și pentru determinarea înălțimii liniilor costiere de apărare împotriva inundațiilor. De asemenea, noile măsurători batimetrice la nivelul mării au fost utilizate pentru a reprezenta fundul mării în cadrul modelului. Aceste măsurători constau în măsurători ale adâncimii prin sondare cu sonar cu un singur fascicul cu un interval spațial de 10 m. Măsurătorile încep la mal și continuă pe un perimetru de 6 km în largul mării.
- **Condiții hidraulice offshore** – SWAN necesită un set de niveluri ale apei și înălțimi ale valurilor ca și condiții de margine. Aceste condiții de margine trebuie specificate în cadrul modelului la limita acestuia din largul mării. Condițiile din largul mării ale valurilor au fost obținute din condițiile extreme ale valurilor utilizate în cadrul studiului Arcadis (2015). În studiul respectiv, condiții extreme cu PAD-uri de până la 1% au fost obținute în baza seriilor temporale de câte 33 de ani cu date offshore pe oră legate de vânt – și valuri (1/1/1979 00:00 - 12/31/2011 23:00) obținute în cadrul modelului de date istorice Ocean weather Global Reanalysis of Ocean Waves Fine Black Sea (GROW-FINE Black Sea)⁶. Pentru a obține condițiile necesare acestui studiu, o funcție privind probabilitatea Weibull a fost corelată cu PAD-urile din Arcadis. În baza acestei funcții, a fost apoi posibilă estimarea setului complet de PAD-uri necesare (și anume, 33%, 10%, 1%, 0,5%, 0,1% și 1% cu schimbările climatice).
- **Deversarea peste coronament/hidrograful** – În baza configurației costiere (panta plajei, înălțimea digului, lungimea dunei de nisip etc.) și a nivelurilor valurilor și ale apei, sunt calculate ratele de deversare peste coronament. Debitul maxim de deversare peste coronament este calculat în baza formulelor de deversare peste

⁵ Arcadis consulting dezvoltă un model ca parte din studiul "Asistență Tehnică pentru pregătirea de proiecte Axa Prioritară 5 - Reducerea eroziunii costiere Faza II (2014 - 2020) 2015 - Romair Consulting"

⁶ <https://www.oceanweather.com/metocean/blacksea/index.html>

coronament din EurOtop (2018)⁷. Această rată maximă de deversare peste coronament este convertită în hidrograful de deversare peste coronament în timpul unei furtuni, având forma și durata hidrografului de deversare peste coronament specificat de către Rueda et al (2015)⁸. Durata utilizată pentru furtună este de 36 de ore. Utilizând această metodă, hidrografele de deversare peste coronament au fost obținute pentru fiecare locație și fiecare dintre PAD-uri (33%, 10%, 1%, 0,5%, 0,1% și 1% cu schimbările climatice) de-a lungul țărmului.

Condiții de margine

Pentru modelele de Nivel 1, nivelurile apei, informațiile despre valuri și vânt au fost obținute pentru fiecare direcție a vântului (clasele de 30°). Modelele de Nivel 2 utilizează doar nivelul maxim al apei din toate direcțiile vântului per PAD. Pentru modelele de Nivel 1, nivelurile apei, valurilor și vântului au fost aplicate pentru fiecare simulare SWAN pentru diferitele PAD-uri (33%, 10%, 1%, 0,5%, 0,1% și 1% cu schimbările climatice). Nivelurile apei și al vântului sunt aplicate întregului domeniu 2D aferent modelului SWAN și valurile (undele) sunt aplicate limitelor din offshore.

Toate nivelurile apei (și toate celelalte înălțimi) sunt exprimate în metri la nivelul Mării Negre din 1975 (m+MN75).

Hidrografele de deversare peste coronament (realizate utilizând rezultatele modelului SWAN 2D) au fost aplicate în cadrul modelului hidraulic de modelare a inundațiilor 2D (identic cu cel fluvial) în cadrul metodei de Nivel 1.

Schematizarea modelului

Schematizarea modelului SWAN pentru modelele de Nivel 1 a constat în batimetria DTM și un set de 4 grid-uri rectangulare. Grid-urile rectangulare au o rezoluție cuprinsă între 500m și 20m. În cadrul modelului nu sunt prezente structuri hidraulice, precum poduri, podețe, diguri ori alte tipuri de structuri (altele decât structurile de diguri incluse în DTM).

Modelele de Nivel 2 se bazează pe o intersectare a nivelului apei mării pentru fiecare PAD cu DTM, astfel încât DTM-ul zonei litorale să reprezinte întreaga schematizare a modelului.

Calibrare/validare

Nu au fost disponibile date detaliate privind calibrarea și validarea modelelor hidrologice. Pentru asigurarea calității rezultatelor, rezultatele inițiale au fost verificate împreună cu experții locali din cadrul ABA Dobrogea-Litoral. În urma acestei verificări, modelele și hărțile au fost îmbunătățite prin adăugarea digurilor și a unor cheiuri în cadrul analizei de Nivel 2 care nu au fost bine reprezentate în DTM.

⁷ [EurOtop: Manual on wave overtopping of sea defences and related structures](#)

⁸ A. Rueda, B. Gouldby, F.J. Méndez, A. Tomás, I.J. Losada, J.L. Lara and P. Díaz-Simal, 2015, *The use of wave propagation and reduced complexity inundation models and metamodels for coastal flood risk assessment*, Journal of Flood Risk Management, DOI: 10.1111/jfr3.12204

Postprocesare și rezultate

Rezultatul modelării zonei litorale include adâncimile și vitezele apelor, precum și limitele de inundabilitate pentru fiecare APSFR și PAD în parte. În funcție de nivelul modelului, au fost obținute următoarele tipuri de rezultate:

- APSFR-uri de Nivel 1: limitele de inundabilitate ca fișiere shapefile sub formă de poligon, fișiere raster privind adâncimea apei și fișiere raster privind viteza apei pentru toate PAD-urile.
- APSFR-uri de Nivel 2: limitele de inundabilitate ca fișiere shapefile sub formă de poligon și fișiere raster privind adâncimea apei pentru toate PAD-urile.

Recomandări

Aceasta este prima dată când APSFR-urile cu sursă marină au fost raportate către CE în cadrul EPRI în 2019. Prin urmare, HHRI sunt elaborate pentru APSFR-uri cu sursă marină, acesta reprezentând un important progres comparativ cu primul ciclu. Cu toate acestea, există încă loc pentru îmbunătățiri în cadrul viitoarelor cicluri. În acest context, pentru cel de-al treilea ciclu de implementare a Directivei Inundații, au fost făcute următoarele recomandări:

- Se recomandă modelarea APSFR 12-A002C sub forma unui model integrat de inundații ce include integral Delta Dunării cu brațele acesteia și marea pentru a reprezenta în mod adecvat mecanismul de inundații complex existent. Acest lucru este important, deoarece canalele din această zonă sunt toate interconectate. Acest lucru se va aplica și redefinirii extinderii APSFR-urilor și sursei de inundații a acestora în EPRI din cadrul celui de-al treilea ciclu.
- Continuarea realizării măsurătorilor privind nivelul valurilor și al apei pe platforma(ele) din offshore. Aceste măsurători permit actualizarea și validarea hidrologiei pentru modelele zonei litorale.

2.1.5. Breșe la diguri

Prezentare generală

Modelele privind breșele la diguri sunt concepute și simulate pentru a:

- Oferi o perspectivă asupra caracteristicilor inundațiilor atunci când apare o breșă la diguri. Aceasta poate fi utilizată ca aport pentru planurile de urgență și răspuns în situații de urgență din România.
- Hărțile de referință privind hazardul la inundații, hărți de hazard privind breșele la diguri și curbele de fragilitate sunt combinate pentru a calcula în mod realist pagubele și riscurile, în situațiile în care curbele de fragilitate descriu probabilitatea de apariție a unei breșe la diguri.

În acest capitol, se face o descriere privind modelarea hidraulică și cartografierea breșelor, precum și privind modul de obținere a curbilor de fragilitate. Raportul privind modelarea breșelor la diguri este parte a acestui document ca Anexa 2 și explică în detaliu metoda folosită, implementarea acesteia și rezultatele obținute după finalizarea acestei activități.

Modelele privind breșele la diguri au fost realizate prin aplicarea unei metode de Nivel 1 în cadrul căreia au fost realizate curbele de fragilitate specifice fiecărei locații.

Pentru realizarea modelelor și hărților privind breșele la diguri au fost parcurse următoarele etape:

- Au fost re-evaluate și selectate *locațiile* pentru simularea breșelor la diguri de Nivel 1;
- A fost stabilită *schematizarea modelului* (selectarea mecanismelor dominante pentru cedarea digurilor, programul de modelare și parametrii legați de evoluția breșelor);
- Au fost identificate *scenariile* și condițiile privind apariția breșelor. Acestea au fost utilizate pentru simularea breșelor la diguri;
- În paralel, au fost realizate *curbele de fragilitate* pentru Nivelul 1 de detaliu;
- *Rezultatele* simulărilor privind breșele la diguri au fost procesate în mod corespunzător.

Acești pași sunt descriși în detaliu în secțiunile următoare.

Selectarea locațiilor

Autoritățile Române au specificat un număr de 209 de locații pentru simularea breșelor la diguri. Aceste locații au fost revizuite de către echipa BM și Consultant, având ca rezultat, în anumite cazuri, schimbarea locației respective cu o locație mai adecvată pentru simularea breșelor la diguri sau eliminarea unor locații. Majoritatea schimbărilor au fost efectuate deoarece locația respectivă nu se afla pe un dig sau deoarece alte locații expuse cedării digurilor au fost identificate în apropiere, în baza cunoștințelor locale. În final au rezultat 204 locații de breșă la diguri. Acestea au fost aprobate de către MMAP, ANAR și INHGA. Toate cele 204 de locații au fost analizate folosind Nivelul 1 de detaliu.

Schematizarea modelării

Toate breșele au fost modelate prin intermediul platformelor de modelare 2D HEC-RAS sau Mike, care coincid cu programele utilizate pentru modelarea scenariilor de bază. Deoarece cedarea digului cauzată de deversarea peste coronament și cea provocată de infiltrații sunt considerate mecanismele dominante pentru simularea breșelor la diguri din România, acestea au fost selectate cu scopul de a realiza simularea pentru fiecare locație a breșelor la diguri. Programul de modelare utilizat include simularea standard a unei breșe rezultate în urma deversării peste coronament și a unei breșe produse de infiltrații.

Parametrii de formare a breșelor au fost aleși în baza tabelului de mai jos, care sunt derivați din informațiile cu privire la breșele istorice din România. A fost aplicată o relație statistică între caracteristicile digurilor și respectiv ale râurilor și lățimea breșei. Împreună cu experții români, MMAP, ANAR și INHGA au decis în final tipul de parametri care trebuie aplicați.

Tabelul 4 – Selectarea lățimii breșei și a timpului de formare a acesteia

SELECTAREA LĂȚIMII BREȘEI ȘI A TIMPULUI DE FORMARE A ACESTEIA				
Materialul din care este realizată lucrarea de apărare	Tipul de râuri	Mărimea bazinului la locația de simulare a breșei [km ²]	Lățimea breșei [m]	Timpul de formare
Diguri din pământ	Râuri interioare	≤ 200	50	1h
		200 - 500	100	1,5h
		500 - 2000	200	2h

SELECTAREA LĂȚIMII BREȘEI ȘI A TIMPULUI DE FORMARE A ACESTEIA				
		>2000	300	3h
Diguri din pământ	Dunărea	-	200-400	6-8h
Structură de beton (parapet)	Râuri interioare	-	20	10 min

Tabelul 5 – Selectarea formei și evoluției breșei

SELECTAREA FORMEI ȘI EVOLUȚIEI BREȘEI				
Mecanism breșă	Forma	Înclinații	Tempul inițial	Evoluție
Deversarea peste coronament	Trapezoidală	45°	0,5h după deversarea peste coronament cu o înălțime de 10 cm	Liniară
Infiltrații	Trapezoidală	45°	2h înainte de valoare maximă a hidrografului (hidrograful extras cu privire la râul modelat din locația de simulare a breșei la diguri)	Liniară
Eroziunea malului și cedarea digului	Trapezoidală	45°	2h înainte de valoare maximă a hidrografului (hidrograful extras cu privire la râul modelat din locația de simulare a breșei la diguri)	Liniară
Dislocare rotațională	Dreptunghiulară	90°	-	Liniară

Scenariile de referință (modelele existente) în care sunt localizate breșele au fost utilizate pentru modelarea hidraulică a breșelor. Breșa a fost modelată direct în cadrul modelului de bază sau, în cazul în care modelele sunt prea mari, a fost extrasă partea relevantă din modelul de bază în cadrul căreia este modelată breșa.

Selectarea scenariilor

Au fost selectate și simulate următoarele 2 scenarii de breșe la diguri:

- Cazul 1a: Dacă evenimentul cu o PAD de 1% nu generează deversarea peste coronamentul digului, atunci evenimentul cu o PAD de 1% a fost utilizat pentru un scenariu de simulare a breșelor provocat de infiltrații. Următorul eveniment mai mare care generează deversarea peste coronamentul digului a fost utilizat pentru scenariul privind deversarea peste coronament (pot fi selectate evenimente cu o PAD de 0,2% sau de 0,1%).
- Cazul 1b: Dacă evenimentul cu o PAD de 1% provoacă deversarea peste coronamentul digului, atunci evenimentul cu o PAD de 1% a fost utilizat pentru scenariul de simulare a unor breșe provocate de deversarea peste coronament. Următorul eveniment mai mic a fost utilizat pentru scenariul de simulare a unor breșe provocate de infiltrații (cu

o PAD de 10%). În general, evenimentul cu o PAD de 10% ar trebui să fie controlat între liniile de apărare.

- Cazul 2: Pot surveni excepții suplimentare de la Cazurile 1a și 1b. Dacă scenariul de bază indică faptul că structurile de apărare împotriva inundațiilor nu sunt deversate pentru niciunul dintre evenimente de inundații, atunci au fost rulate 2 scenarii privind infiltrațiile pentru evenimentul cu o PAD de 1% și respectiv cel cu o PAD de 0,1%.

Astfel s-a încercat, pe cât posibil, simularea a două evenimente per locație: una generată de deversarea peste coronament și una de infiltrații.

Curbele de fragilitate

Curbele de fragilitate au fost realizate pentru locațiile de Nivel 1 pentru mecanismele de cedare dominante, respectiv infiltrațiile și deversarea peste coronament. O curbă de fragilitate redă în general o probabilitate de cedare raportată la nivelurile apei (a se vedea Figura 9). Curbele de fragilitate au fost obținute în baza unor opinii de specialitate. Curbele au fost inspirate din baza de date existentă în Marea Britanie [Environment Agency – Agenția de Mediu, 2007] și a informațiilor istorice din România. Experiențele din România au fost adoptate utilizând baza de date REDIG și realizând o "verificare utilă" în baza evenimentelor istorice.

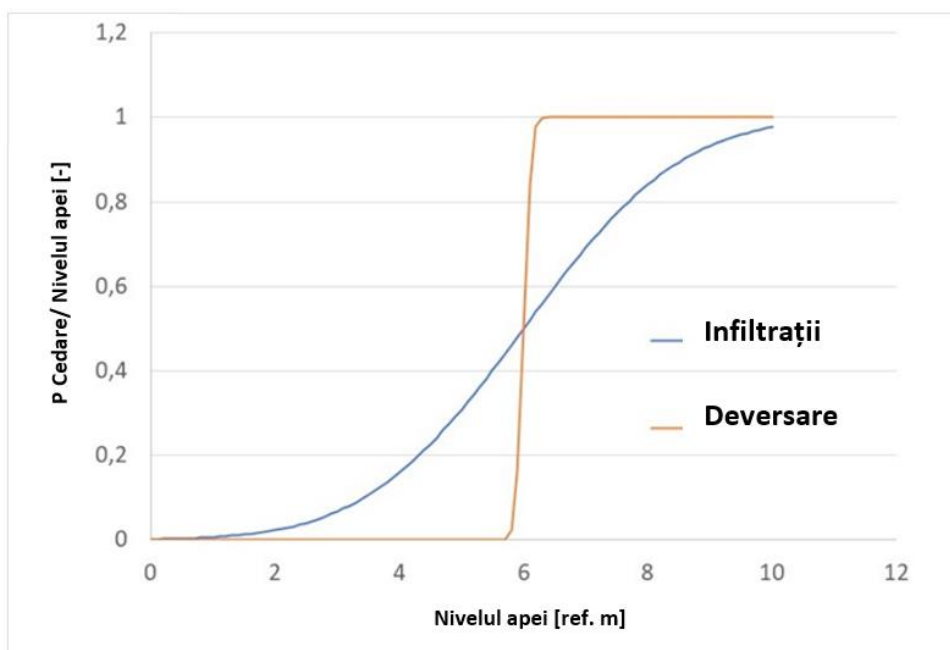


Figura 9 Exemplu de curbă de fragilitate pentru infiltrații și pentru deversare peste coronament

Rezultate și postprocesare

Hărțile de hazard cu breșe ale digurilor de Nivel 1 prezintă rezultatele obținute prin combinarea probabilității de cedare cu probabilitatea evenimentului hidrologic. În plus, rezultatele includ limitele de inundabilitate ca fișiere shapefile sub formă de poligon, fișiere raster ale adâncimii apei și fișiere raster ale vitezei apei pentru ambele scenarii de simulare a breșelor la diguri.

Recomandări

Este pentru prima dată când se realizează modelarea și cartografierea breșelor la diguri în același timp cu implementarea Directivei Inundații, chiar dacă rezultatele nu au fost raportate către CE. Acesta reprezintă un pas important pentru România, iar rezultatele ar putea fi utilizate pentru răspunsul la situații de urgență și pentru pregătire. În acest context, pentru cel de-al treilea ciclu de implementare a Directivei Inundații, sunt formulate următoarele recomandări în vederea îmbunătățirii rezultatelor:

- Principala limitare pentru scenariile de breșe și curbele de fragilitate este reprezentată de datele necesare determinării unei curbe de fragilitate. A fost transmisă autorităților române o listă cu cerințele legate de date pentru determinarea curbelor de fragilitate. După mai multe discuții purtate cu ANAR și ABA-uri, a fost clar faptul că doar un set limitat de date este disponibil pentru determinarea curbelor de fragilitate și că nu pot fi întrunite toate cerințele legate de date. Așadar, opinia de specialitate a jucat un rol important în determinarea curbelor de fragilitate pentru cel de-al doilea ciclu. Se recomandă inițierea procesului de colectare a datelor necesare pentru toate locațiile identificate utilizate pentru simulările de breșe care vor putea să ducă la generarea unor curbe de fragilitate mai reprezentative la momentul implementării celui de-al treilea ciclu de implementare a Directivei Inundații.
- Pentru cel de-al doilea ciclu, au fost utilizate două scenarii hidraulice (hidrografe sintetice) cu scopul de a simula breșele la diguri. Chiar dacă se impune o corecție la nivelul profilului pagubelor provocate de inundații ce generează un risc la inundații mai realist, se recomandă aplicarea simulărilor de breșe la diguri pentru o gamă mai largă de scenarii.
- În acest ciclu, breșele la diguri nu sunt raportate către CE și nu sunt utilizate pentru programul de măsuri. Pentru viitoarele cicluri și în special pentru următorul, ar trebui utilizate breșele la diguri pentru elaborarea planurilor de management al riscului la inundații. Cedarea digurilor și curbele de fragilitate aferente ar trebui aplicate în cadrul tuturor APSFR-urilor unde există structuri de apărare relevante.
- O curbă de fragilitate mai reprezentativă ar trebui dezvoltată utilizând date și informații suplimentare corelate cu rezultatele aferente locațiilor de simulare a breșelor, generând o estimare mai exactă a impactului breșelor. Atunci când sunt aplicate simulări de breșe ale digurilor tuturor APSFR-urilor și este simulată o gamă mai largă de scenarii hidraulice per locație a breșelor, poate fi obținută o abordare probabilistă mai reprezentativă și completă privind riscul la inundații.

2.2. Modelele pilot ce definesc procesul

Înainte de demararea activității generale de modelare, au fost concepute o serie de modele-pilot pentru testarea abordărilor metodologice. Scopul acestora a fost acela de a defini o serie de proceduri atât cu privire la activitatea de modelare, precum și ca pași ulteriori obținerii rezultatelor aferente, precum activitățile de postprocesare, structurarea unitară a datelor (după cum a fost aceasta descrisă în capitolul 2.3), transferul datelor, verificarea setului de modele, afișarea în WV și validarea finală a rezultatelor, după cum au fost acestea descrise în capitolele 2.4 și 2.5.

Inițial, au fost alese două APSFR-uri pilot pentru modelarea fluvială, dintre care unul a fost utilizat pentru testarea metodologiei de simulare a breșelor la diguri, și respectiv un APSFR pilot pentru modelarea pluvială. Lista cu APSFR-urile selectate ca modele-pilot este următoarea:

1. 05-A018F – Sărata (ABA Buzău-Ialomița) – pentru modelare fluvială
2. 03-A007F – Râul Negru (ABA Olt) – pentru modelarea fluvială și simularea de breșe la diguri
3. 04-A039P – municipiul Pitești (ABA Argeș Vedea) – pentru modelarea pluvială

Acest capitol prezintă testele și corelările realizate în cadrul etapei de testare a modelelor-pilot:

Modelul Sărata 05-A018F a fost realizat la Nivelul 1a utilizând Mike 21 FM. Au fost efectuate mai multe teste, în baza a două tehnici de soluții diferite denumite tehnici "low order" și "high order". Schema de "lower order" este mai rapidă, însă mai puțin precisă, în timp ce schema "high order" este mai precisă, însă simularea necesită ceva mai mult timp. Pentru a obține cele mai fiabile rezultate cu putință, a fost aleasă schema "high order" pentru rulările modelului.

Pentru modelul Sărata 05-A018F, principalele rezultate au inclus efectul de atenuare din albia majoră care generează diferite hidrografe de debit calculate în punctul cel mai din aval al APSFR-ului comparativ cu cele calculate de către INHGA. Această constatare a evidențiat de asemenea necesitatea procedurii de compensare a debitelor, prin care a fost realizat un model simplu 1D pentru APSFR cu scopul de a determina aportul de debit lateral care trebuie adăugat pentru a obține o reconciliere a debitelor în punctul situat cel mai în aval de APSFR.

Procesul de compensare, explicat în cadrul metodei fluviale, a fost realizat în baza unui model 1D pentru a avea un timp mai redus al simulării, dat fiind faptul că identificarea debitului compensat este rezultatul unui proces iterativ ce necesită multiple rulări ale configurației modelului. A fost imposibilă reproducerea acestui proces în cadrul modelelor 2D, care aveau timpi de rulare mari (de exemplu, 70 de ore sau mai mult per scenariu) din cauza constrângerilor temporale. Aportul de debit lateral calculat în cadrul modelului 1D a avut un comportament diferit în cadrul modelului 2D, reducând corespondența între hidrografele simulate și cele sintetice. Acest lucru s-a datorat procesului de propagare diferită în cadrul modelului bidimensional, acolo unde atenuarea era sporită și mai aproape de realitate decât în cadrul modelelor 1D.

Râul Negru 03-A007F a fost modelat la Nivelul 1a utilizând HEC-RAS 2D. În contrast cu Sărata 05-A018F APSFR, nu a fost prezent efectul de atenuare de pe Râul Negru 03-A007F, deoarece topografia acestui APSFR era mult mai abruptă. Principalele rezultate aferente testării-pilot a

03-A007F au fost legate de discretizarea gridului în HEC-RAS. O abordare a unui grid rectangular este utilizată prin intermediul programului care permite o discretizare diferită, comparativ cu grid-ul de calcul flexibil din Mike 21. De asemenea, rezultatele au fost influențate de această abordare, generând mici discontinuități sau insule izolate cu privire la datele raster privind limita de inundabilitate și cele privind adâncimile apei. A fost identificată o activitate GIS de tip postprocesare ca fiind necesară pentru a elimina discontinuitățile și pentru a îmbunătăți hărțile de hazard la inundații.

De asemenea, în cadrul testării pilot pentru modelarea fluvială, a fost identificat faptul că numeroase elemente ar putea fi incluse în cadrul schematizării domeniului modelului (de exemplu, canale, drumuri, căi ferate, etc.), dar nu toate influențează propagarea viiturii. Așadar, a fost luată o decizie de a include doar potențialele linii de apărare care au o cotă a coronamentului mai mare de 0.5m peste cotele terenului din imediata apropiere.

O listă predefinită de coeficienți Manning pentru diferite tipuri de acoperire a terenului a fost definită conform lui Chow (1959). Pentru fiecare categorie de acoperire a terenului, a fost definită o valoare minimă și respectiv maximă a coeficientului de rugozitate. Astfel, toate modelele hidrodinamice realizate în cadrul celui de-al doilea ciclu de implementare a Directivei Inundații au un mod unitar de descriere a rugozității.

Modelul pilot pluvial Pitești 04-A039P a identificat următoarele aspecte, ce au fost aplicate tuturor modelelor ulterioare:

- Un singur model HEC-RAS 2D este limitat la 2 milioane de celule. Acest aspect a fost transpus în toate modelele și domeniile defalcate în limite adecvate pentru a crea modele mai ușor de gestionat din perspectiva performanțelor de editare și a timpului de calcul.
- În cazul unei zone abrupte / zonă urbană, prin modificarea pașilor de timp se obține o guvernanta sporită a rezultatelor modelului decât prin modificarea dimensiunii celulei de calcul. Așadar, a fost aleasă o rezoluție de 5m pentru aceste zone, cu un pas de timp redus.
- A fost necesară modificarea grid-ului de calcul acolo unde au apărut schimbări evidente ale pantei terenului (de la zona abruptă la zona plană) pentru optimizarea rezultatelor modelului.

Modelul fluvial pentru APSFR 03-A007F Râul Negru a fost utilizat ca model-pilot pentru simularea breșelor la diguri. Principalele rezultate pot fi consultate în capitolul 2.1.5 unde sunt inventariați parametrii de cedare stabiliți: lățimea breșei, timpul de formare, panta, forma breșei, timpul de inițiere și evoluția pentru patru mecanisme diferite de breșe, precum deversarea peste coronament, infiltrații, eroziunea malului și cedarea digului și dislocarea rotațională.

2.3. Hărțile de hazard privind schimbările climatice

În cadrul celui de-al doilea ciclu de implementare a Directivei UE privind Inundațiile, nu toate APSFR-urile au fost propuse pentru modelare. Anumite APSFR-uri utilizează rezultatele existente din cadrul primului ciclu. În plus, în cadrul primului ciclu, hărțile de hazard au fost realizate pentru România fără includerea scenariilor privind schimbările climatice. Unul dintre

obiectivele acestui ciclu este reprezentat de integrarea schimbărilor climatice în toate APSFR-urile care trebuie raportate, conform cerințelor, către CE. Așadar, pentru a îndeplini această cerință specificată în Directiva Inundații, au fost de asemenea realizate hărți care integrează efectul schimbărilor climatice pentru primul ciclu al Directivei Inundații. Pentru cel de-al doilea ciclu al Directivei Inundații, schimbările climatice au fost incorporate deja în hidrologie prin intermediul condițiilor de margine din cadrul modelelor realizate pentru generarea hărților de hazard ce integrează schimbările climatice.

Procesul de generare a hărților privind schimbările climatice pentru APSFR-urile modelate în cadrul primului ciclu este diferit, comparativ cu APSFR-urile modelate în cadrul celui de-al doilea ciclu, în principal datorită faptului că modelarea existentă nu a putut fi refăcută integral pentru toate râurile. A fost utilizat un instrument GIS realizat integral de către echipa Băncii Mondiale pentru a genera hărțile privind schimbările climatice pentru primul ciclu al Directivei Inundații. Acest aspect este explicat în detaliu în cadrul Rezultatului nr. 4.

Instrumentul respectiv generează date raster privind adâncimea apei (WDR) pentru un eveniment de inundații asociat unui PAD de 1%, luând în considerare efectele schimbărilor climatice (SC). Harta de hazard (PAD de 1%+CC) rezultată este exprimată sub forma unei interpolări între harta de hazard existentă cu PAD-ul de 1% și cea generată pentru o probabilitate mai redusă, de exemplu o PAD de 0,5%. Pentru interpolare, se iau în calcul factorii de ponderare obținuți în urma procesării statistice a datelor hidrologice din cadrul celui de-al doilea ciclu al Directivei Inundații, după cum se poate observa în tabelele de mai jos:

Tabelul 6 – Coeficienții privind schimbările climatice și factorii de ponderare

Coeficient Schimbări climatice	Perioada medie de depășire pentru următoarea PAD de 0,1%	Perioada medie de depășire pentru următoarea PAD de 1%	Factorul de ponderare
1.1	595	73	0,9489
1.15	485	66	0,9186
1.2	397	58	0,8770

Coeficient Schimbări climatice	Perioada medie de depășire pentru următoarea PAD de 0,5%	Perioada medie de depășire pentru următoarea PAD de 1%	Factorul de ponderare
1.1	138	73	0,5862
1.15	120	66	0,3657
1.2	104	58	0,0835

Hărțile privind schimbările climatice din cadrul primului ciclu au fost generate pentru 11 ABA-uri și pentru fluviul Dunărea, rezultând astfel 54 de APSFR-uri pentru ABA Banat, 14 APSFR-uri pentru ABA Jiu, 28 de APSFR-uri pentru ABA Olt, 36 de APSFR-uri pentru ABA Argeș-Vedea, 16 APSFR-uri pentru ABA Buzău-Ialomița, 9 APSFR-uri pentru ABA Dobrogea-Litoral, 5 APSFR-uri pentru ABA Mureș, 4 APSFR-uri pentru ABA Crișuri, 46 de APSFR-uri pentru ABA Someș-Tisa, 70 de APSFR-uri pentru ABA Siret, 29 de APSFR-uri pentru ABA Prut-Bârlad și 1 APSFR pentru fluviul Dunărea.

În funcție de datele disponibile și de probabilitățile simulate în cadrul primului ciclu pentru fiecare ABA, a fost utilizată o combinație de PAD de 1% și PAD de 0,1% sau PAD de 1% și PAD 0,5% ca date raster de intrare, iar selecția pentru fiecare ABA este prezentată în tabelul următor:

Tabelul 7 – PAD-uri per ABA-urile alese pentru calcularea schimbărilor climatice

ABA	PAD de 1%	PAD de 0,5%	PAD de 0,1%
01-Banat	✓		✓
02-Jiu	✓	✓	
03-Olt	✓	✓	
04-Argeș-Vedea	✓	✓	✓
05-Buzău-Ialomița	✓		✓
06-Dobrogea-Litoral	✓		✓
07-Mureș	✓		✓
08 – Crișuri	✓		✓
09-Someș-Tisa	✓		✓
10-Siret	✓		✓
11-Prut-Bârlad	✓		✓
12-Dunăre	✓		✓

Pentru ABA Argeș Vedea, apar 3 excepții acolo unde au fost utilizate PAD de 1% și respectiv PAD de 0,1%. Pentru *04-A015F-Bascov* și *04-A020F-Budeasa*, au fost utilizate PAD de 1% și PAD de 0,1%, deoarece nu erau disponibile rezultatele aferente unei PAD de 0,5%. Pentru *04-A034F-r. Dâmbovița - av. loc. Dragoslavele am. loc. Brezoale*, au fost utilizate PAD de 1% și respectiv PAD de 0,1% deoarece rezultatele pentru PAD de 0,5% erau inconsecvente și nu de calitate adecvată pentru a putea fi utilizate.

Pentru ABA-uri Buzău-Ialomița, Crișuri și Mureș, deși erau disponibile datele privind PAD de 0,5% și respectiv PAD de 0,2%, au fost utilizate hărți de hazard cu PAD de 1% și respectiv PAD de 0,1% pentru hărțile privind schimbările climatice, dat fiind faptul că cele anterioare se suprapuneau, posibil din cauza instabilității modelului și ar putea genera rezultate eronate.

2.4. Rezultate, structura datelor și livrare

În capitolele anterioare ale prezentului document, au fost descrise tipurile de rezultate care au fost obținute în funcție de sursa și de mecanismele de inundare și Nivelul de detaliere și de tipul modelului. În cadrul acestui capitol, va fi explicată modalitatea în care sunt furnizate rezultatele aferente modelării și cartografierii într-o structură coerentă și standard, conform politicii de structurare a datelor și denumirii convenționale incluse în Rezultatul anterior, nr. 4. Procesul de implementare a Directivei Inundații contribuie la generarea unui număr mare de fișiere, date fiind toate activitățile care trebuie implementate pentru realizarea HHRI și respectiv a PMRI. Așadar, este importantă structurarea și denumirea tuturor

documentelor/rezultatelor generate în cadrul celui de-al doilea ciclu conform politicii existente pentru a facilita reutilizarea acestora în cadrul următoarelor cicluri.

Principalele unități de structurare a datelor sunt reprezentate de primul și respectiv al doilea ciclu, de tipul de date/activitate, Unitatea de Management (UoM) și APSFR-ul, în cadrul căreia rezultatele sunt structurate pentru a fi raportate în mod organizat către CE. A se vedea Figura 10 cu exemplul de structură de folder pentru cel de-al doilea ciclu pentru date/activități. Dacă se are în vedere activitatea de modelare și cartografiere din cadrul celui de-al doilea ciclu, există câte un folder principal pentru fiecare Unitate de Management (UoM) cu un total de 12 foldere (1 pentru fiecare ABA și 1 pentru Fluviul Dunărea). A se vedea în acest sens Figura 11. În cadrul fiecărui folder al UoM, există sub-foldere pentru fiecare APSFR, și denumirile lor includ informații de bază pentru un APSFR. De exemplu, sub-folderul "RO-C2-MM-01-A063P-Resița", include coduri pentru România (RO), cel de-al doilea ciclu de implementare a Directivei Inundații (C2), activitatea de modelare și cartografiere (MM), codul ABA (01-Banat), precum și codul unic al APSFR-ului (A063P, P vine de la APSFR pluvial) și la final se regăsește denumirea scurtă a APSFR-ului (Resița). Aceasta politică de structurare a datelor și denumire convențională este extrem de intuitivă și se bazează pe experiențele dobândite în timpul reutilizării și reorganizării datelor din cadrul primului ciclu.

Name	Access Tier	Access Tier Last Modified	Last Modified
01-RO-C2-GD			16-Apr-21 1:14 PM
02-RO-C2-SYW			16-Apr-21 1:14 PM
03-RO-C2-EXP			16-Apr-21 1:14 PM
04-RO-C2-MM			20-Aug-21 11:36 AM
05-RO-C2-PoM			16-Apr-21 1:14 PM
06-RO-C2-ESA			16-Apr-21 1:14 PM
07-RO-C2-SHE			16-Apr-21 1:14 PM
08-RO-C2-TR			16-Apr-21 1:15 PM
09-RO-C2-PM			16-Apr-21 1:15 PM

Figura 10 Vizualizare structură date din cel de-al doilea ciclu

Name	Access Tier	Access Tier Last Modified	Last Modified	Blob Type
RO-C2-MM-01-Banat			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-02-Jiu			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-03-Olt			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-04-Arges-Vedea			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-05-Buzau-Ialomita			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-06-Dobrogea-Litoral			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-07-Mures			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-08-Crisuri			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-09-Somes-Tisa			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-10-Siret			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-1000-Dunarea			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-11-Prut-Barlad			20-Aug-21 11:35 AM	
RO-C2-MM-GIS			13-Aug-21 2:52 AM	
RO-C2-MM-HMC			13-Aug-21 2:53 AM	

Figura 11 Vizualizare structură date din cel de-al doilea ciclu pentru activitatea de modelare și cartografiere

Pentru toate cele 525 de APSFR-uri, este specificat un folder similar precum A063P-Reșița, facilitând navigarea și localizarea informațiilor necesare. Structura internă a folderelor este mereu aceeași, deși există o oarecare variație. De exemplu, în cazul APSFR-urilor unde nu a fost efectuată modelarea în cel de-al doilea ciclu, nu sunt incluse informații despre model. În cazul APSFR-urilor în care este efectuată modelarea breșelor la diguri, este inclus un folder suplimentar cu aceste rezultate.

În general, structura internă a unui folder corespunzător unui APSFR pentru activitatea de modelare și cartografiere a hazardului include trei foldere principale: INPUT- datele de intrare utilizate pentru obținerea rezultatelor, SIM- simulări ale modelului și HZ-hărți de hazard. A se vedea Figura 12 pentru prezentarea unui astfel de exemplu. În plus, fiecare folder conține fișierul "Factsheet" (Fișa tehnică), care reprezintă raportul privind modelul, unde pot fi găsite toate datele relevante cu privire la modul de realizare a modelării. În APSFR-ul luat drept exemplu, acest fișier este denumit "RO-C2-MM-01-A063P-Factsheet", astfel încât să poată fi identificat, fără echivoc, raportul este inclus în fișierul respectiv.

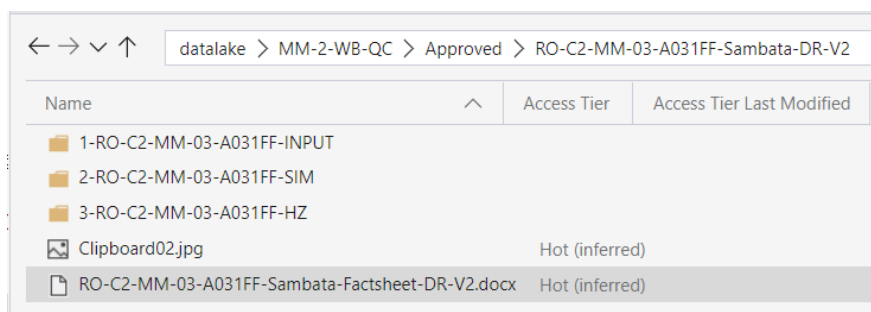


Figura 12 Vizualizare structură date din cel de-al doilea ciclu pentru activitatea de modelare și cartografiere a A031FF-Sâmbăta

Folderul INPUT (RO-C2-MM-01-A063P-INPUT) include informațiile generale utilizate pentru modelare. În general, este inclus DTM-ul, în cazul APSFR-urilor fluviale, de asemenea profile transversale și informații legate de poduri sau alte lucrări hidraulice.

Folderul SIM (RO-C2-MM-01-A063P-SIM) include toate fișierele necesare pentru rularea modelelor. Modelele sunt activate printr-un dublu clic. Tipul de fișier este diferit în funcție de tipul de program, MIKE sau HEC-RAS, utilizat la realizarea modelelor. În cazul utilizat ca exemplu, modelul este realizat cu HEC-RAS, iar fișierul care va fi rulat include extensia (.prj). Acest tip de fișier este detectat automat de HEC-RAS după accesarea folderului SIM.

Folderul HZ (RO-C2-MM-01-A063P-HZ) include rezultatele, în general în format GIS. Trei tipuri de rezultate GIS sunt incluse: limita de inundabilitate (FEXT), în format vectorial (.shp), date raster privind adâncimile apei (.TIF), având pixeli de 2x2 m, și date raster privind viteza apei (.TIF), cu pixeli de 2x2 m. Există o corelare completă între extinderea geografică a datelor raster cu fișierele în format shapefile. Marginile poligoanelor din fișierele în format shapefile au fost netezite în mod rezonabil pentru a corela forma acestora cu rasterul. În cazul modelelor 1D, nu există hărți privind viteza apei, ci tabele.

În fiecare dintre fișiere, este clar indicat scenariul, cu un număr care specifică perioada medie de depășire (inversă PAD). De exemplu, fișierul "RO-C2-MM-01-A063P-HZ-GIS-WD-BS-T100" presupune date raster privind adâncimile apei (WD), corespunzând scenariului de bază (fără

breșe la diguri) (BS), cu o perioadă medie de depășire de 100 ani (PAD de 1%) (T100). În cazul modelelor care includ efectul schimbărilor climatice, este inclus codul "CC": T100CC.

În plus, pot fi identificate și sub-foldere cu rezultate ale modelării simulărilor privind breșele la diguri (DB), în cazul în care acestea au fost realizate în APSFR-ul respectiv. Rezultatele corespunzătoare hărților de risc au de asemenea o notație specifică.

HHRI și toate informațiile și datele utilizate pentru realizarea acestora au fost livrate pe hard discuri externe în două tranșe de livrare a datelor. Prima tranșă include toate modelele de hazard și rezultatele aferente, precum și datele de intrare corespunzătoare. A doua tranșă include toate modelele de risc și rezultatele aferente, precum și o mare parte din datele necesare MMAP, ANAR, ABA-uri și INHGA pentru o analiză ulterioară și pentru implementarea următoarelor cicluri..

2.5. Controlul Calității

Toate livrabilele aferente HHRI și PMRI din cadrul proiectului RAS sunt supuse procedurilor de asigurare a calității. Aceste proceduri există pentru a asigura livrabile consecvente de calitate corespunzătoare. Procesul de Control al Calității aferent tuturor livrabilelor de modelare și cartografiere este indicat în Figura 13 de mai jos (preluat din planul de asigurare a calității proiectului pentru HHRI și PMRI).

Figura 13 indică faptul că primul tip de Suport Specializat (SP) asigură un set de APSFR-uri verificate la nivel intern (model, rezultate, precum și fișa tehnică) pentru echipa de experți a BM. BM revizuieste acest set și oferă feedback sistematic până la aprobarea setului respectiv. Acest lucru se poate realiza într-un singur ciclu sau în mai multe. Ulterior aprobării de către BM, rezultatele modelului sunt comunicate părților interesate de la nivel local prin intermediul instrumentului WV. După o perioadă de două săptămâni pentru transmiterea de feedback-uri, SP le colectează și le procesează. Modelul actualizat este din nou revizuit de către experții SP și respectiv BM înainte de finalizarea setului respectiv.

Figura 13 descrie asigurarea calității pe mai multe niveluri care există pentru activitatea de modelare și cartografiere. Aceste niveluri de asigurare a calității sunt furnizate de trei grupuri diferite: SP, BM și părțile interesate. Fiecare dintre aceste grupuri realizează diferite etape ale procesului de asigurare a calității:

1. Verificarea de către SP

- 1.1. Evaluarea inter pares la nivel intern: Evaluarea inter pares la nivel intern este o evaluare și verificare efectuată de către experții în modelare pentru a vedea dacă respectivul model este corect, aceasta include descrierea detaliată a structurilor, rezultatelor, precum și a performanțelor generale ale modelului. Această etapă este realizată în strânsă colaborare cu modelatorul principal în modelarea APSFR-ului.
- 1.2. Verificarea de specialitate a fișelor tehnice: Experții SP în modelare revizuiesc fișa tehnică furnizată. Experții asigură consecvența între diferitele fișe tehnice și dacă rezultatele din fișa tehnică sunt corecte și descrise în mod adecvat.
- 1.3. Verificarea consecvenței pachetului de date: Verificarea consecvenței este o verificare automată a rezultatelor (date raster și date în format shapefile) cu privire la conținut, denumirea convențională și sistemul de coordonate.

- Răspunsuri în WV: După aprobarea de către BM a setului de APSFR-uri, SP încarcă hărțile în WV și notifică părțile interesate de la nivel local pentru inițierea procesului de verificare. În plus, SP colectează toate comentariile și propune răspunsuri și optimizări ale modelelor. După aprobarea BM, aceste răspunsuri și optimizări sunt implementate și respectiv încărcate în WV.
2. Verificarea de către Banca Mondială
- 2.1. Verificarea versiunii preliminare a modelului: BM utilizează o listă de verificare pentru a efectua o verificare atentă a versiunii preliminare a pachetului de APSFR-uri. BM verifică dacă toate aspectele modelării sunt corecte conform metodologiei agreeate.
- 2.2. Aspectele agreeate privind răspunsurile în WV: Echipa BM verifică dacă răspunsurile propuse în cadrul WV vin în întâmpinarea sau rezolvă problema ridicată de către părțile interesate de la nivel local. În plus, se verifică de asemenea dacă acțiunile propuse pentru optimizarea modelelor sunt coerente și acoperă solicitările părților interesate, ținând cont de planul de lucru.
- Aprobarea modelului final: BM aprobă versiunea finală optimizată a modelelor. Această verificare a calității constă într-o verificare pentru a vedea dacă optimizarea propusă este implementată în mod corespunzător și se verifică dacă modelul funcționează corect. Modelele care nu necesită optimizări au fost trecute automat de la versiunea intermediară la cea finală.
3. Validarea de către părțile interesate de la nivel local
- Părțile interesate de la nivel local asigură cunoștințele locale în cadrul proceselor de asigurare a calității. În cadrul WV, părțile interesate de la nivel local pot vizualiza rezultatele modelării și oferi feedback în baza expertizei locale, concentrându-se asupra probabilităților ridicate și considerând că acestea reprezintă inundațiile sintetice.

Dat fiind acest proces de verificare pe mai multe niveluri, toate aspectele modelării sunt revizuite atent. Toate etapele aferente procesului de asigurare a calității pot genera respingerea modelului. Dacă un model este respins într-un anumit stadiu, modelul este supus din nou unui proces de asigurare a calității. Acest lucru înseamnă că modelul trebuie optimizat, iar asigurarea calității modelului optimizat trebuie realizată din nou. Acesta este un mecanism solid de asigurare a unor livrabile de calitate superioară privind modelarea și cartografierea.

2.6. Rezumat privind modul de utilizare a WV și feedback-ul furnizat de către părțile interesate

Instrumentul WV permite părților interesate de la nivel local vizualizarea versiunilor preliminare ale livrabilelor aferente activității de modelare și cartografiere și oferirea de feedback în baza cunoștințelor locale. Părțile interesate de la nivel local, în baza cunoștințelor locale deținute, sunt cele mai în măsură să verifice dacă livrabilele sunt valabile și realiste. Pentru a utiliza această expertiză, o platforma WV pentru hărțile de hazard și risc a fost utilizată în cadrul proiectului. După ce hărțile au fost prezentate în WV, utilizatorii au avut la dispoziție o perioadă de două săptămâni pentru a oferi feedback. După această perioadă, procedura din Figura 14 a fost utilizată pentru a stabili modul de tratare a comentariilor respective:

- Procedura verifică inițial dacă există comentarii.

- Dacă există comentarii, BM și SP se pun de acord cu privire la răspuns.
- Dacă este necesară o acțiune pentru modificarea modelului, SP optimizează modelul, iar BM îl revizuieste. Dacă nu este necesară nicio acțiune, răspunsul este oferit în WV. Dacă este necesar, are loc o ședință sau o convorbire telefonică cu persoana responsabilă cu verificarea, pentru clarificarea comentariilor.
- După soluționarea tuturor comentariilor în cadrul procedurii de mai jos, hărțile devin finale.

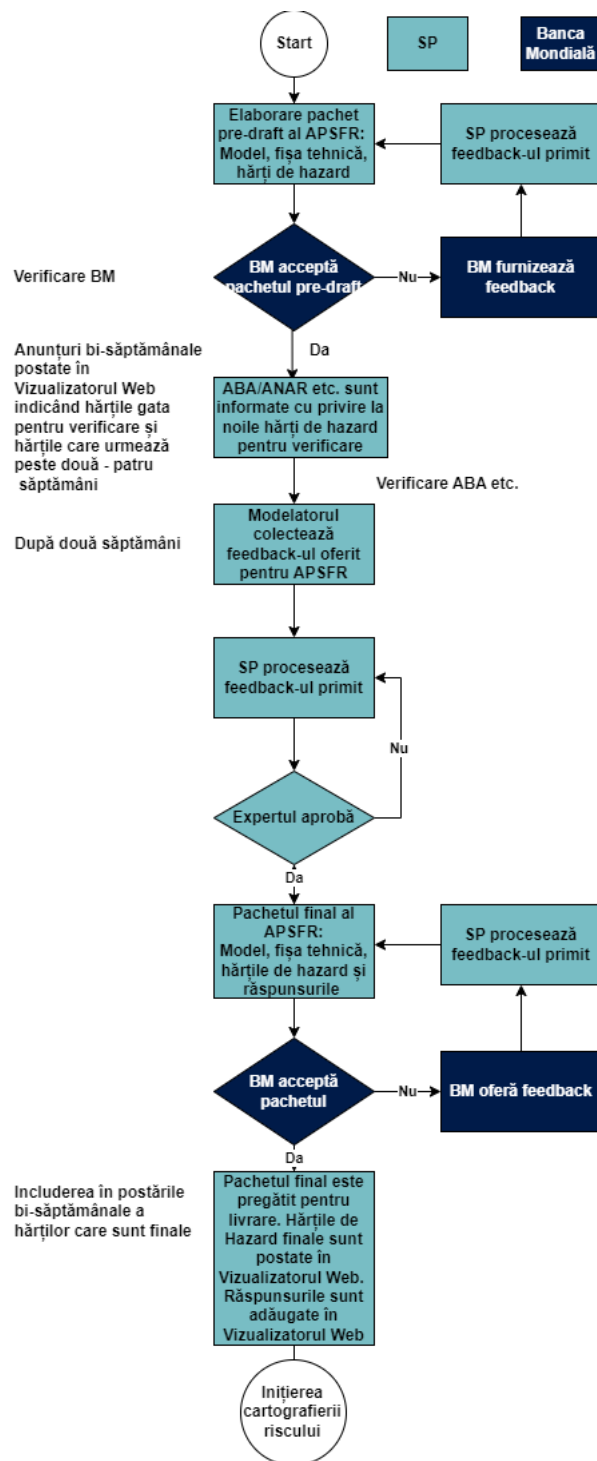


Figura 13 Procedura de asigurare a calității modelului de hazard efectuată de către BM cu Suport Specializat - (SP)

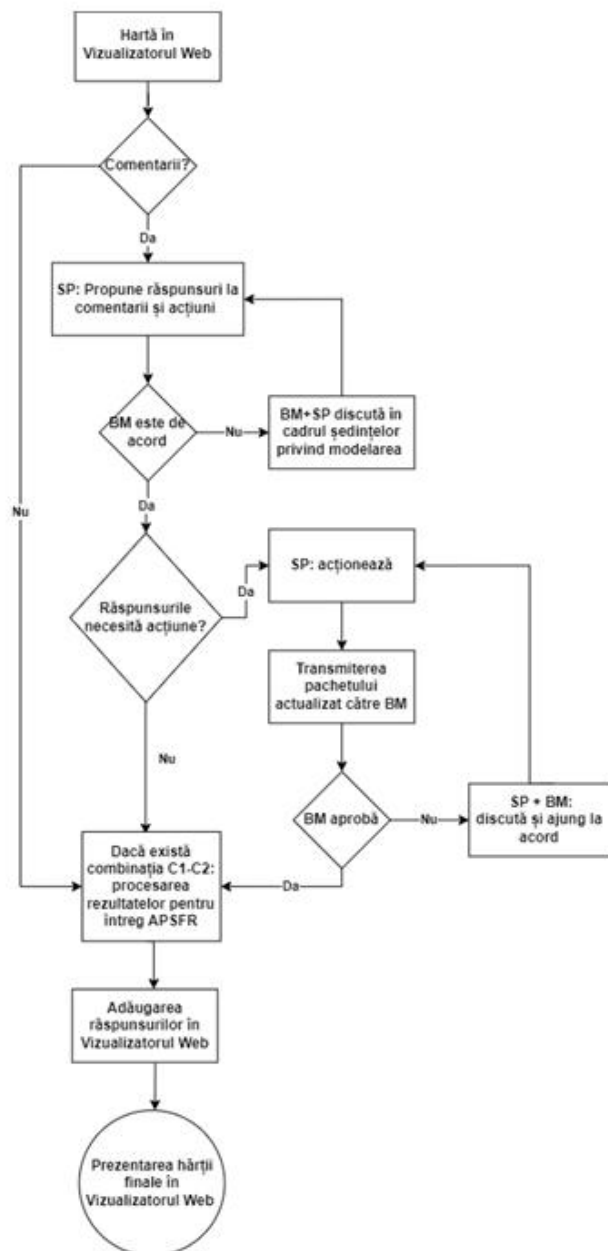


Figura 14 Procedura privind feedback-ul în WV

Instrumentul WV a fost utilizat la scară largă în cadrul proiectului. De exemplu, în Tabelul 8 sunt prezentate statisticile de utilizare a WV până la data de 1 iulie 2022 pentru hărțile de hazard. Situația detaliată la nivel de UoM se regăsește în Anexa 1, atât pentru hazard cat si pentru risc. Tabelul 9 prezintă exemple de comentarii, răspunsuri și acțiuni ce rezultă din procesul de oferire a punctelor de vedere în WV.

Tabelul 8 – Statistici de utilizare a WV

Subiect	Valoarea	Subiect	Valoarea
Numărul de organizații	20	Note create 2022-7	-
Numărul de utilizatori	688	Note create 2022-6	3
Numărul de comentarii	113	Note create 2022-5	37
Numărul de răspunsuri	113	Note create 2022-4	12
Numărul de comentarii care au dus la modificări ale modelului	5	Note create 2022-3	12
Numărul de hărți revizuite	~1800	Note create 2022-2	47
Total autentificări utilizator unic	350	Note create 2022-1	2

Tabelul 9 – Exemple de comentarii, răspunsuri și acțiuni rezultate în urma procesului de verificare în WV

Comentariul	Răspuns	Acțiuni
Pentru malul drept al râului Bistra, nu există nicio zonă inundabilă datorată mecanismului pluvial?	Modelul nu acoperă zonele de pe malul drept al Râului Bistra.	Nicio acțiune
Albia minoră nu este conectată la cursul de apă (baltă). Nu poate fi inundată. (F200 F100CC)	Datele raster privind adâncimile apelor nu sunt decupate cu limitele finale de inundabilitate după eliminarea zonelor deconectate. Acestea au fost corectate.	Datele raster privind adâncimile apelor sunt decupate cu limita de inundabilitate eliminând zonele deconectate
Modelul de hazard acoperă zona cu evenimente semnificative aferente APSFR-ului din cel de-al doilea ciclu (iulie 2014)	Vă mulțumim pentru feedback-ul pozitiv oferit!	Nicio acțiune
b. Deversare la Q 10% dig la Beclean, în amonte de confluența cu Meles – zona parapet din beton: - Din informațiile deținute la st hm diferența între Q33% și Q10% este de cca 70-80 cm. Să presupunem că nivelul în zona respectivului dig este chiar cu 100 cm mai mare la Q 10% față de Q33%	Vă mulțumim pentru comentariu! Digul a fost afectat/modificat în timpul procesării LiDAR. Modelul va fi rulat din nou, inclusiv partea respectivă a digului. Noile hărți de hazard vor fi disponibile pentru sectorul Beclean.	Un nou dig a fost inclus în model, iar modelul a fost rulat din nou. Sunt disponibile rezultate noi.

3. Modelarea riscurilor

Acest capitol descrie modelarea riscului la inundații realizată în cadrul celui de-al doilea ciclu de implementare a Directivei EU privind Inundațiile. Modelarea riscului are două obiective principale:

1. Elaborarea Hărților de Risc la Inundații și respectarea Directivei UE privind Inundațiile.
2. Informarea cu privire la Programul de Măsuri aferent Planurilor de Management al Riscului la Inundații.

În următoarele capitole este prezentată metodologia pentru cartografierea riscurilor (capitolul 3.1), modelarea-pilot realizată (capitolul 3.2), rezultatele (capitolul 3.3), procedura de Asigurare a Calității (AC) aplicată și feedback de la ABA-uri cu privire la rezultate (capitolul 3.4) și recomandări (capitolul 3.5).

3.1. Descrierea metodologiei și implementarea acesteia

3.1.1. Introducere

Hazardul la inundații afectează populația, planeta și profitul. Impactul inundațiilor este clasificat în pagube directe, cauzate de contactul direct cu apa, și pagube indirecte. În plus, este realizată o distincție între pagubele tangibile (pagube ce pot fi cuantificate monetar, precum pagube provocate obiectivelor economice) și pagubele intangibile (pagubele ce nu se pot cuantifica direct sub aspect monetar, precum problemele de sănătate). O prezentare generală, combinată cu exemple ale diferitelor clase de pagube, este realizată în Figura 15.

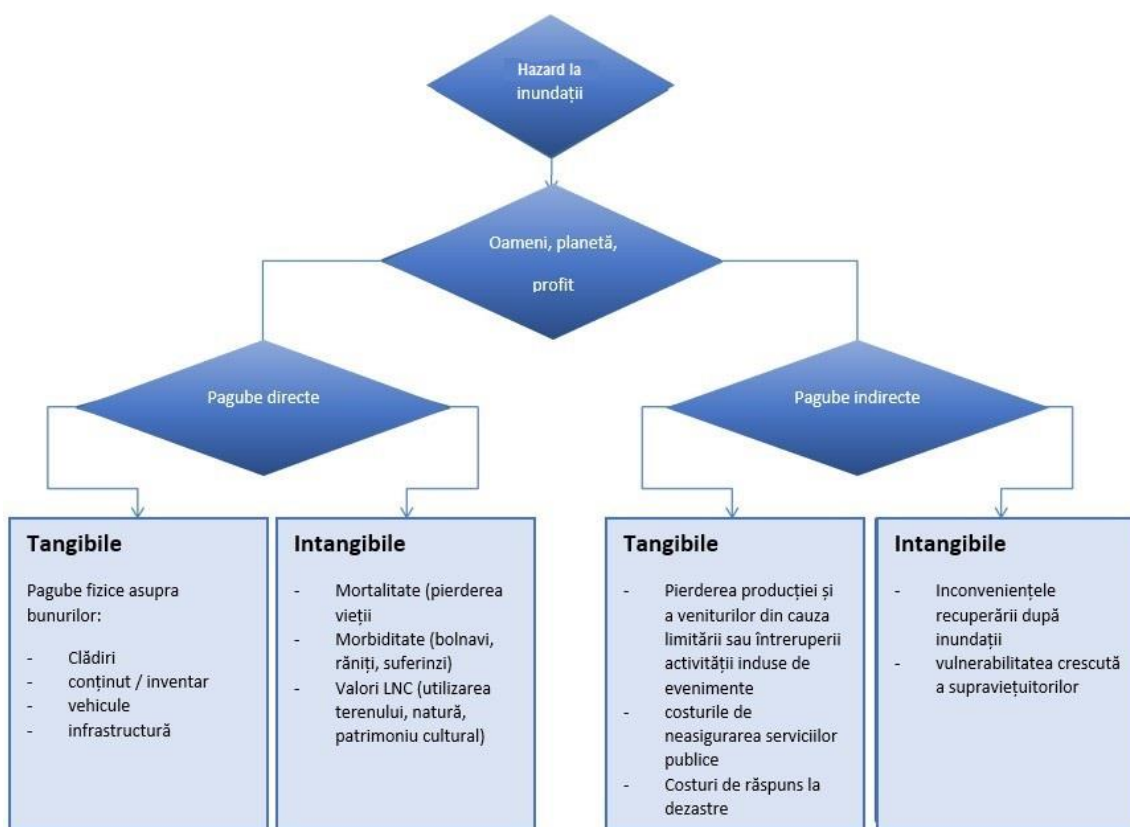


Figura 15 Cadrul general pentru pagube și pierderi provocate de inundații

Pagubele directe

Pagubele directe tangibile reprezintă clasa de impact al inundațiilor cel mai frecvent studiată și cel mai bine înțeleasă. Conform definiției UNISDR⁹, pagubele provocate de inundații reprezintă o combinație între expunerea și vulnerabilitatea inundațiilor și respectiv rezultatele obținute în urma producerii unui anumit hazard.

- Curbele de vulnerabilitate, sau curbele de pagube, descriu relația dintre hazardul la inundații și procentajul estimat al pagubelor.
- Expunerea este legată de utilizarea terenului și valoarea (sau pagubele maxime) obiectivelor economice sau de peisajul urban.

Exemplele de pagube directe tangibile sunt reprezentate de pagubele fizice privind:

- Locuințele, structura și stocurile
- Infrastructură și utilități publice
- Agricultură.

Exemplele de pagube directe intangibile (astfel greu de cuantificat monetar, deoarece sunt abstracte și greu de măsurat) se referă la:

- Pierderile de vieți omenești / Mortalitate
- Accident / Morbiditate
- Pagube provocate mediului înconjurător sau patrimoniului cultural (care nu sunt pagube directe ale acestor obiective economice, ci pierderi aferente acestora pentru societate).

Pagubele indirecte

Pagubele indirecte pot de asemenea să fie clasificate în pagube tangibile și intangibile. Pagubele tangibile indirecte sunt pagubele provocate de întreruperea legăturilor fizice și economice de la nivelul economiei și costurile suplimentare pentru situații de urgență și alte acțiuni întreprinse pentru a preveni pagubele la inundații și alte pierderi. Acestea includ, de exemplu, pierderi înregistrate la nivelul producției companiilor afectate de inundații, pierderi de producție induse ale furnizorilor și clienților, costuri aferente întreruperilor de trafic sau costurile aferente serviciilor de urgență. Exemplele de pagube indirecte intangibile la inundații reprezintă o traumă mentală din cauza inundațiilor sau perturbări sociale.

Risc – Pagubele Anuale Preconizate (AED)

AED reprezintă costul care ar putea surveni în orice an dat, dacă pagubele monetare aferente tuturor probabilităților de hazard și a magnitudinilor acestora au fost defalcate în mod egal în timp (a se vedea zona albastră din Figura 16).

⁹ https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf

$$EAD = \int_p D(p) dp$$

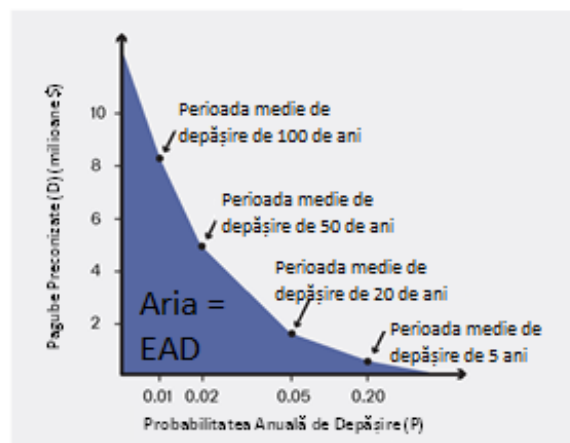


Figura 16 Pagube Anuale Preconizate (sursa: Olesen et al. 2017)

3.1.2. Cartografierea generală a riscurilor la inundații și a pagubelor aferente

Pagubele provocate de inundații și riscul aferent sunt definite utilizând următoarele componente.

- **Hazard:** Un fenomen, o substanță, activitate umană sau situație periculoasă care poate provoca pierderi de vieți omenești, vătămări sau alte probleme de sănătate, pagube asupra proprietății, pierderi ale mijloacelor de subsistență și servicii, întreruperea activității sociale și economice sau pagube produse mediului înconjurător.
- **Expunere:** Populația, proprietatea, sistemele ori alte elemente prezente în zonele de hazard care sunt astfel supuse unor potențiale pierderi. Măsurile de expunere pot include numărul de persoane și tipul de obiective economice dintr-o anumită zonă.
- **Vulnerabilitate:** Caracteristicile și circumstanțele unei comunități, sistemul sau activul care îl face vulnerabil la efectele negative ale unui hazard. Există numeroase aspecte ale vulnerabilității, care derivă din diferiți factori fizici, sociali, economici și de mediu. În uzanța normală, termenul de “vulnerabilitate” include atât expunerea cât și susceptibilitatea. În plus, vulnerabilitatea este adesea corelată cu aspecte legate de risc sau cu riscul în sine. În scopul cartografierii inundațiilor, este necesară realizarea unei distincții între cele trei.
- **Pagube:** Consecințele adverse ale inundațiilor, ca urmare a combinației între hazard, expunere și vulnerabilitate. Pagubele rezultate ca urmare a inundațiilor sunt exprimate sub forma de pagube directe și indirecte și pagube tangibile și intangibile (a se vedea mai jos).
- **Risc:** Rezultatul probabilității producerii unui eveniment și consecințele negative ale acestuia. Acesta este exprimat sub forma unor Pagube Anuale Preconizate.

Riscul este rezultatul combinației a trei elemente – vulnerabilitate, expunere și hazard. Pierderile estimate rezultate în urma inundațiilor sunt exprimate în termeni economici sau pierderi de vieți omenești (sau ambele). Informațiile utilizate pentru stabilirea riscului,

vulnerabilitate și expunere sunt evidențiate în Figura 17. Riscul poate fi clasificat în clase calitative (ridicat, mediu și scăzut) după procesare.

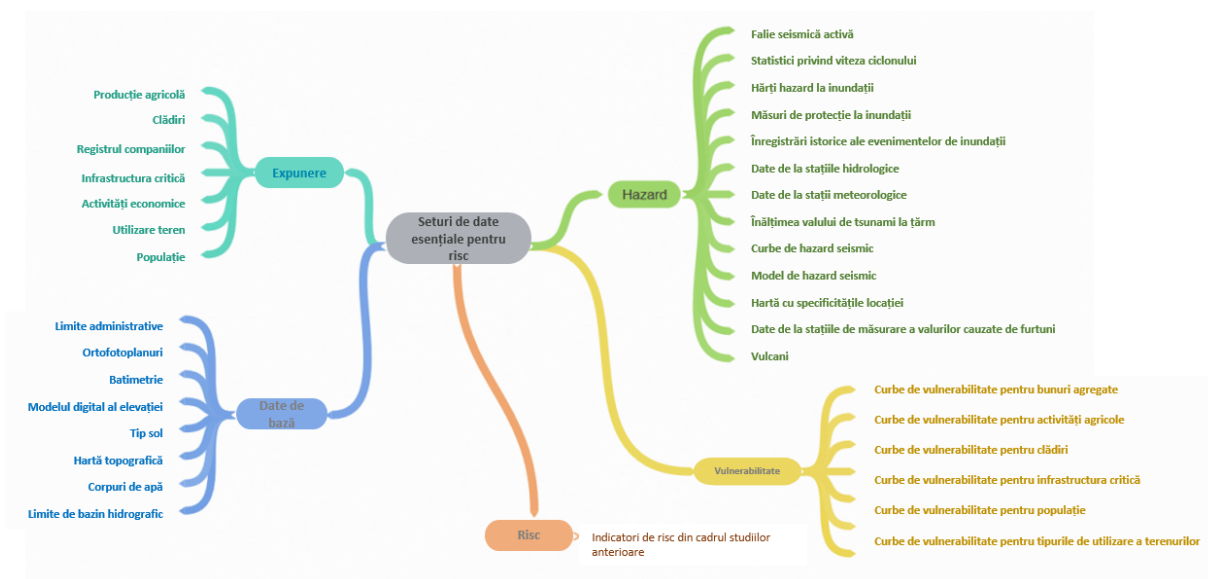


Figura 17 Elemente pentru determinarea riscului (sursa: <https://understandrisk.org/vizrisk/what-is-risk>)

În cadrul acestui ciclu de implementare a Directivei Inundații, sunt cartografiate cinci tipuri de consecințe pentru 4 până la 6 PAD-uri, în funcție de numărul de PAD-uri modelate în cadrul primului ciclu (a se vedea Anexa 1 la Rezultatul nr. 4) și pentru sursele, mecanismele și caracteristicile inundațiilor menționate în capitolul 2.1:

- Pagube directe tangibile (sau pagube economice). Această metodologie este evidențiată în capitolul 3.1.4.
- Pagube indirecte tangibile (întreruperea activității, întreruperea traficului și costuri pentru situații de urgență). Această metodologie este evidențiată în capitolul 3.1.5.
- Pagube directe intangibile (costul monetizat al pierderilor de vieți omenești și accidente). Această metodologie este evidențiată în capitolul 3.1.6.
- Pagube indirecte intangibile (impactul monetizat al tulburării de stres post-traumatic - Post-Traumatic Stress Disorder /PTSD). Această metodologie este evidențiată în capitolul 3.1.7.
- Impactul sectorial. Impactul inundațiilor din perspectiva activelor afectate asupra principalelor sectoare: (1) populația și proprietățile cu destinație domestică, (2) infrastructura societății, (3) infrastructură recreațională, (4) proprietăți industriale și comerciale, (5) infrastructura de utilități, (6) sursele de poluare, (7) infrastructura culturală, (8) agricultură, (9) infrastructura de transport și (10) biodiversitate și natură. Această metodologie este evidențiată în capitolul 3.1.8.
- Costurile de mediu sunt excluse și nu sunt luate în considerare în cadrul evaluării pagubelor și riscurilor, deoarece (1) nu există informații disponibile cu privire la calitatea apei provenite din inundații care afectează ariile protejate – impactul inundațiilor asupra ariilor protejate din perspectiva protecției mediului înconjurător este așadar necunoscut și (2) evaluarea pagubelor produse mediului înconjurător este extrem de incertă și specifică fiecărui loc în parte.

Respectarea cerințelor Directivei Inundații

Tabelul 10 prezintă secțiunile din cadrul documentului în care poate fi urmărită respectarea cerințelor Directivei UE privind Inundațiile. În coloana din stânga sunt prezentate cerințele. În cea din dreapta sunt indicate respectivele capitole din acest document în care este descris modul în care este realizată respectarea acestor cerințe.

Tabelul 10 – Respectarea cerințelor Directivei Inundații

Cerințele Directivei Inundații	Capitolul (ele)
Indicarea PAD-urilor luate în considerare în cadrul evaluării riscului pentru fiecare sursă de inundații	3.1.2, 2.1
Indicarea surselor, caracteristicilor și mecanismelor inundațiilor luate în considerare în cadrul evaluării riscului (pluvial, fluvial, marin, viituri rapide, breșe la diguri)	3.1.2, 2.1
Probabilitatea și modalitatea de luare în considerare a clădirilor și infrastructurii existente	3.1.4, 2.1
Metodele (inclusiv criteriile) utilizate pentru determinarea fiecărui scenariu de inundații ca având risc scăzut, mediu și ridicat. Abordarea cantitativă este detaliată în capitolele privind daunele (3.1.4 - 3.1.7) și poate fi vizualizată din perspectiva calitativă după procesare.	3.1.4; 3.1.5; 3.1.6; 3.1.7
Metodele (inclusiv criteriile) utilizate pentru determinarea pagubelor și pierderilor aferente fiecărui scenariu de inundații	3.1.4; 3.1.5; 3.1.6; 3.1.7
Metodele (inclusiv criteriile) utilizate cu scopul determinării pentru fiecare scenariu de inundații a numărului orientativ de locuitori afectați, mediu/minim și maxim (art. 6.5.a).	3.1.5; 3.1.7
Metodele (inclusiv criteriile) utilizate pentru determinarea fiecărui tip de scenariu de inundații aferent activității economice afectate (art. 6.5.b).	3.1.8
Metodele (inclusiv criteriile) utilizate pentru determinarea fiecărui scenariu de inundații a locației instalației IPPC/EPRT/IED (art. 6.5.c).	3.1.8
Metodele (inclusiv criteriile) utilizate pentru determinarea fiecărui scenariu de inundații a locației zonelor protejate potențial afectate, nr. și suprafață. Justificarea pentru neevaluarea potențialelor consecințe adverse asupra Ariilor Protejate DCA (art. 6.5.c).	3.1.8, 3.1.2
Metodele (inclusiv criteriile) utilizate pentru determinarea fiecărui tip de scenariu de inundații aferent obiectivelor afectate aferente patrimoniului cultural.	3.1.8
Metodele (inclusiv criteriile) utilizate pentru determinarea fiecărui tip de scenariu de inundații aferent altor obiective afectate.	3.1.8
Cum a fost luată în considerare incertitudinea (ce abordare a fost utilizată pentru a încerca cuantificarea incertitudinii în cadrul activității de cartografiere a riscului la inundații)	3.1.12, 3.2
Abordarea schimbărilor climatice în evaluarea riscului la inundații	3.1.4, 3.1.5, 3.1.6,

Cerințele Directivei Inundații	Capitolul (ele)
	3.1.7, 3.1.8, 3.1.9
Descrierea următoarelor aspecte privind evaluarea riscului la inundații pentru fiecare tip de surse de inundații: • Tipurile de modele utilizate; • Rezoluția modelelor utilizate; • Principalele seturi de date din cadrul procesului de modelare;	3.1.11
	3.1.4
	3.1.3, 3.1.4, 3.1.5, 3.1.6, 3.1.7, 3.1.8, 3.1.9

3.1.3. Datele de intrare: Hazard, Vulnerabilitate și Expunere

Datele privind hazardul, expunerea și vulnerabilitatea sunt datele de intrare principale necesare cartografierii riscului la inundații:

- **Hazardul:** Informațiile cu privire la hazardul la inundații sunt descrise în capitolul 2 din acest raport. În toate cazurile, limita de inundabilitate și adâncimea apei sunt disponibile sub formă de rezultate. În funcție de configurația modelului, viteza viiturii este de asemenea disponibilă. Toate datele de intrare privind hazardul au fost supuse unui proces de AC înainte de modelarea riscurilor și pagubelor (a se vedea capitolul 2).
- **Vulnerabilitatea:** În cadrul metodologiei *pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor*¹⁰, sunt disponibile în total 86 de tipologii de vulnerabilitate. În funcție de tipologia vulnerabilității, sunt disponibile o valoare maximă expusă și o curbă de vulnerabilitate – pentru majoritatea tipologiilor, acestea sunt disponibile atât pentru structură, cât și pentru conținut.
- **Expunerea:** Datele de expunere pentru cartografierea riscului la inundații sunt disponibile la un nivel bazat pe obiecte. O scurtă prezentare generală și descrierea datelor de expunere sunt realizate mai jos. Mai multe informații sunt descrise în Rezultatul nr. 3: *Raportul privind datele tehnice colectate*. Toate datele de intrare expuse au fost supuse unui proces de AC înainte de modelarea riscurilor și pagubelor.
 1. Clădiri. Pentru clădirile din zona inundabilă preconizată, există disponibile informații detaliate (inclusiv destinația și populația conținută). Pentru clădirile din afara perimetrelor zonelor cu inundații, doar poligoanele aferente amprentelor la sol ale clădirilor sunt disponibile.
 2. Infrastructură. Datele despre drumuri, căi ferate, poduri, aeroporturi, heliporturi, podețe, stații de autobuz, porturi și gări sunt disponibile în cadrul setului de date. Datele despre drumuri, căi ferate, poduri și podețe sunt de asemenea disponibile atât sub formă de poligoane, cât și de elemente liniare.
 3. Agricultură. Poligonul ce indică domeniul agricol.

¹⁰ Această metodă este inclusă în Rezultatul nr. 2 Raport privind revizuirea și actualizarea abordărilor metodologice furnizate de către MMAP privind următoarele: (i) metodologie pentru evaluarea daunelor; (ii) metodologie pentru evaluarea hazardului și riscului la inundații; (iii) revizuirea catalogului de măsuri de management al riscului la inundații; (iv) metodologie pentru evaluarea impactului lucrărilor hidrotehnice asupra ecosistemelor; (v) metodologie pentru analiza cost-beneficiu; (vi) metodologie pentru analiza multicriterială; și (vii) metodologie pentru prioritizarea măsurilor și a proiectelor.

4. Infrastructura de utilități. Setul de date conține turnuri de comunicații, rețele de electricitate (atât stații, posturi trafo cât și linii electrice), rețeaua de gaze, electrocentrale, stații de pompare, rețeaua de canalizare, rețeaua de conducte de apă și unitățile de tratare a apei.
5. Infrastructura socială ce include primărie, unitate de pompieri, spital, grădiniță, bibliotecă, unitate de poliție, școală, liceu și universitate.
6. Activitatea economică ce include clădirile cu destinație agricolă, locațiile EPRT, instalațiile IPPC, puncte industriale, unități economice secundare.
7. Infrastructura culturală ce conține patrimoniul cultural general și site-uri UNESCO.

3.1.4. Pagube Directe Tangibile

Metodologia *pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor* reprezintă baza de calcul a pagubelor directe tangibile în cadrul acestui ciclu de implementare a Directivei Inundații. Aceasta se calculează prin combinarea hazardului, expunerii și vulnerabilității (a se vedea Figura 18), după cum urmează:

- Datele de expunere și hărțile de hazard, după cum sunt acestea descrise în capitolul 3.1.3, sunt utilizate pentru calcularea pagubelor tangibile directe. Din datele de expunere, sunt utilizate doar setul de date legat de clădiri, setul de date agricole și cel pentru infrastructură (poligoane ce descriu drumuri, căi ferate, subtraversări, poduri, heliporturi și aeroporturi). Celelalte elemente din cadrul setului de date de expunere (și anume, elementele de tip punct ce descriu infrastructura socială sau elementele liniare ce descriu drumurile) nu sunt utilizate în cadrul calculelor, deoarece acestea sunt deja acoperite de poligoane în straturile de date menționate anterior.
- Pentru obținerea unei precizii sporite, poligoanele de diferite mărimi aferente datelor de expunere sunt divizate pentru a crea poligoane cu o dimensiune maximă de 50 m² pentru transport, 100 m² pentru clădiri și 2500 m² pentru agricultură.
- Din datele de expunere, sunt disponibile o listă cu 1397 de tipologii de clădiri și sub-tipologii aferente, 6 tipologii agricole și respectiv 46 tipologii de transport. Aceste tipologii sunt corelate cu 86 de tipologii de vulnerabilitate menționate la capitolul 3.1.3. Corelarea acestor tipologii cu cele de vulnerabilitate sunt descrise în Anexa 5 la Rezultatul nr. 4.

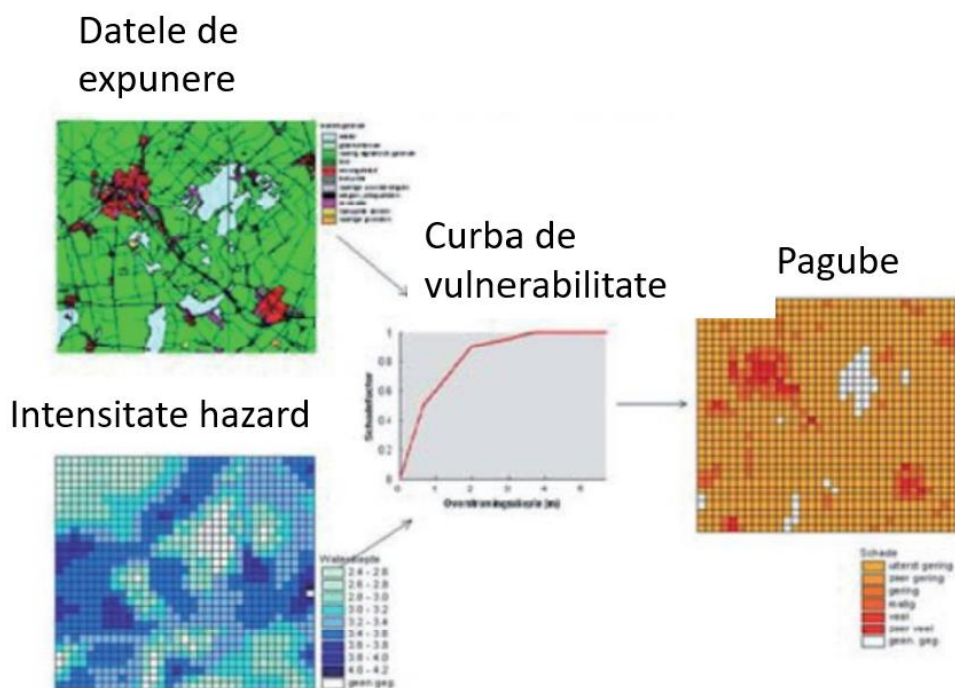


Figura 18 Schema pentru evaluarea pagubelor directe și indirecte tangibile

- În baza corelării expunerii cu vulnerabilitatea, o curbă de vulnerabilitate este atribuită fiecărui element expus. În plus, o valoare maximă expusă (exprimată în euro per m²) este atribuită tuturor elementelor expuse.
- Pagubele sunt ulterior calculate prin combinarea hazardului, expunerii și vulnerabilității. Acestea duc la o hartă de pagube pentru toate hărțile de hazard disponibile.
- Metodologia pentru evaluarea pagubelor directe tangibile cu privire la scenariile aferente schimbărilor climatice este aceeași ca cea pentru scenariile actuale. La calcularea riscului (Pagubele Anuale Preconizate - Annual Expected Damage – a se vedea capitolul 3.1.9), este luată în considerare diferența dintre schimbările climatice și scenariile actuale.
- Riscul poate fi clasificat în clase calitative (ridicat, mediu și redus) după procesare.

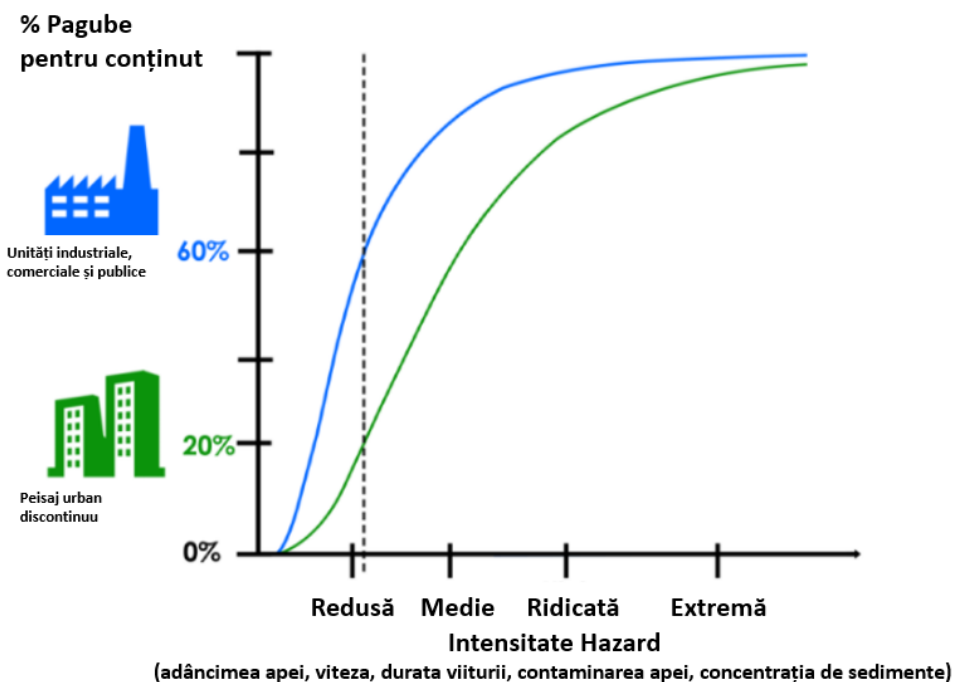


Figura 19 Exemplet de curbă de vulnerabilitate pentru evaluarea pagubelor și conținutului unui activ

Metodologia descrisă în cadrul *metodologiei pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor* a fost adaptată în două feluri:

- În cadrul metodologiei, s-a presupus că pragul/soclul clădirilor este inclus în DTM-ul utilizat în cadrul modelării hazardului. Așadar, curbele de vulnerabilitate au fost ajustate.
 - a) Hărțile de hazard fluvial și a zonelor litorale nu au fost corectate pentru praguri/socuri. Pentru a supraestima pagubele, au fost ajustate curbele de vulnerabilitate pentru proprietățile cu destinație rezidențială. Curbele de vulnerabilitate pentru inundațiile fluviale și a zonelor litorale aferente clădirilor cu destinație rezidențială sunt așadar modificate cu pragul/soclul mediu de 30 cm (a se vedea Figura 20).
 - b) Pentru inundațiile pluviale și viituri rapide, hărțile de hazard au pragurile/socurile incluse în DTM, așadar nu este necesară nicio ajustare.
- *Metodologia pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor* a fost adaptată în cadrul acestui ciclu de implementare a Directivei Inundații pentru pagubele potențiale la poduri, ținând cont de disponibilitatea datelor din cadrul cartografierii hazardului aferentă primului ciclu, precum și de standardele pentru proiectarea unor astfel de structuri ingineresti:
 - Pentru PAD-uri egale cu sau mai mari decât 1%, pagubele au fost calculate pentru toate podurile.
 - Pentru PAD de 10%, pagubele nu au fost calculate pentru autostrăzi și drumuri naționale.
 - Pentru PAD egal cu sau mai mare decât 33%, nu au fost calculate pagube pentru poduri, deoarece acestea sunt PAD-uri cu valoare ridicată, iar secțiunea de pod ar trebui să permită tranzitarea unei asemenea viituri.

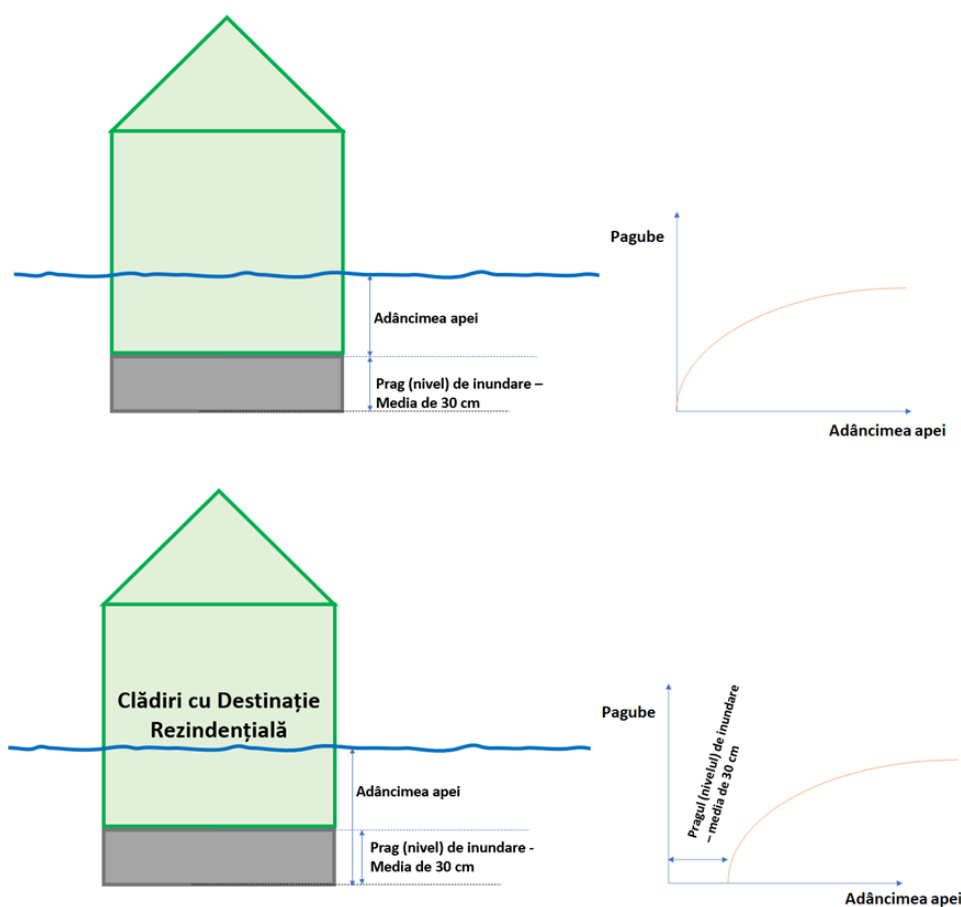


Figura 20 Corectarea curbelor de vulnerabilitate în funcție de pragul de inundare (de 30cm). În partea de sus abordarea standard, în partea de jos curba corectată

3.1.5. Pagube indirecte tangibile

Metodologia de calcul pentru pagubele indirecte tangibile se bazează de asemenea pe metodologia *pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor*. Pagubele indirecte tangibile constau în trei aspecte, și anume costuri pentru situații de urgență, costuri pentru întreruperea traficului și respectiv costuri pentru întreruperea activității.

- Conform metodologiei *pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor*, costurile pentru situații de urgență sunt egale cu 10% din cuantumul pagubelor directe tangibile. Acestea sunt calculate într-o etapă de postprocesare. Costul aferent întreruperii activității este calculat utilizând aceeași abordare ca și cea pentru pagube directe tangibile (utilizând o curbă de vulnerabilitate și o valoare expusă).
- Metodologia pentru pagubele indirecte tangibile urmează același flux de activități ca cel descris în capitolul 3.1.4 pentru pagube directe tangibile.
- Metoda a fost adaptată într-o anumită privință. În cadrul metodologiei, întreruperea traficului a fost inclusă în categoria autostrăzi / drumuri expres. În acest ciclu de

implementare a Directivei Inundații, costurile pentru întreruperea traficului au fost alocate categoriei drumuri naționale, deoarece în România, infrastructura de autostrăzi nu este foarte dezvoltată, iar drumurile naționale/europene au o importanță majoră pentru asigurarea accesului și transportului de mărfuri.

- Metodologia pentru evaluarea pagubelor indirecte tangibile aferente scenariilor pentru schimbările climatice este aceeași ca cea pentru scenariile actuale. La calcularea riscului (Daunele Anuale Preconizate - Annual Expected Damage – a se vedea capitolul 3.1.9), este luată în considerare diferența dintre scenariile pentru schimbările climatice și scenariile actuale.
- Riscul, după postprocesare, poate fi clasificat în clase calitative (ridicat, mediu și redus).

3.1.6. Pagube intangibile directe

Metoda de calcul pentru pagubele intangibile directe este conformă cu *Metodologia pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor*.

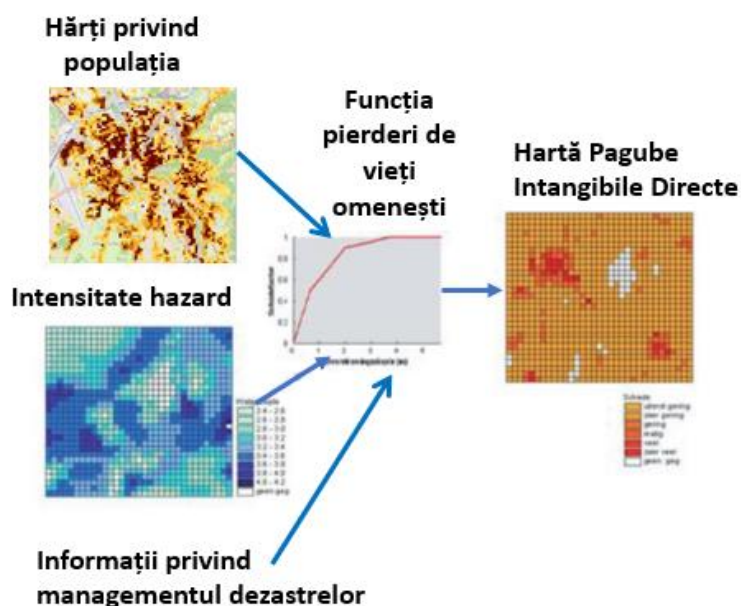


Figura 21 Schema pentru evaluarea pagubelor intangibile directe

Acestea sunt calculate prin combinarea hazardului, expunerii și vulnerabilității (a se vedea Figura 21), după cum urmează:

- Datele de expunere și hărțile de hazard, după cum au fost descrise în capitolul 3.1.3, sunt utilizate pentru calcularea pagubelor indirecte tangibile. La calcularea pagubelor indirecte tangibile, datele de ieșire privind expunerea sunt datele privind populația care sunt stocate în setul de date privind clădirile (după cum au fost acestea descrise în capitolul 3.1.3). Pentru toate clădirile, este specificat numărul de persoane care locuiesc în clădire.

- Pentru calcularea pierderilor de vieți omenești, nu este luată în considerare toată populația afectată deoarece anumiți locatari locuiesc în clădiri unde este posibilă adăpostirea (populația care nu este expusă riscului la inundații, în general, locuiește în clădiri înalte). Doar “populația mai expusă riscului” (populația care locuiește la primele 2 etaje/niveluri ale unei clădiri), care este predispusă unor consecințe adverse ale inundațiilor, este luată în considerare la calcularea pierderilor de vieți omenești. Toate persoanele care locuiesc în clădiri cu mai mult de 2 etaje sunt considerate ca nefiind expuse pierderilor de vieți omenești. În capitolul 3.2.3, sunt prezentate detalii suplimentare cu privire la soluția implementată.
- Curbele de vulnerabilitate pentru pagubele intangibile sunt reprezentate de funcțiile legate de pierderile de vieți omenești. Conform metodologiei *pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor*, metoda Jonkman este utilizată pentru inundațiile fluviale și ale zonei litorale și abordarea SUFRI este utilizată pentru calcularea pagubelor indirecte tangibile în cazul inundațiilor pluviale sau a viiturilor rapide. După cum sunt descrise în metodologie, ratele de creștere (viteza verticală a apei) nu sunt disponibile pentru modelarea hazardului, așadar, doar funcția privind pierderile de vieți omenești pentru ‘restul zonei’ este utilizată pentru calcularea pierderilor de vieți omenești.
- Abordarea SUFRI¹¹ utilizează hărțile privind adâncimea și viteza apei ca date de intrare pentru funcțiile legate de pierderile de vieți omenești (sau curbele de vulnerabilitate). Adâncimea și viteza apei sunt disponibile, fiind rezultate în urma modelării hazardului (a se vedea capitolul 3.1.3). În plus, sunt necesare hărți cu coeficienți de rezistență și mișcare, care nu sunt disponibile, așadar, acestea sunt calculate în baza datelor existente cu privire la hărțile pentru adâncimea și viteza apei (coeficientul de rezistență este egal cu viteza înmulțită cu adâncimea apei, coeficientul de mișcare este egal cu adâncimea apei înmulțită cu viteza la pătrat).
- Abordarea Jonkman¹² utilizează doar adâncimea apei, astfel încât nu sunt necesare calcule suplimentare.
- Pierderile de vieți omenești sunt ulterior calculate prin combinarea hazardului, expunerii și vulnerabilității (Figura 21) și are ca urmare numărul de decese per scenariu de inundații.
- Pagubele directe intangibile sunt calculate în baza numărului de decese conform metodologiei *pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor*:
 - (1) Numărul total de accidente este calculat în baza numărului total de decese— este aplicat un raport fix între decese și accidente. Acest raport depinde de sursa de inundații, $N = 3$ pentru viituri rapide, $N = 2$ pentru celelalte surse de inundații: $\text{Accidente} = \text{Decese} * N$.
 - (2) Este monetizat numărul de decese și accidente, ținând cont de suma de 4,04 milioane euro per deces și de 75.000 euro per persoană vătămată.

¹¹ Ignacio Escuder Bueno, Adrian Morales Torres, Jesica Tamara Castillo Rodriguez and Sara Perales, *SUFRI method for pluvial and river flooding risk assessment in urban areas to inform decision making*. Momparler. Final report, July 2011.

¹² SN Jonkman, JK Vrijling. *Loss of life due to floods*. Journal of Flood Risk Management 1 (1), 43-56. 2008
SN Jonkman. *Loss of life estimation in flood risk assessment; theory and applications*. PhD thesis Delft University. 2007

- Metodologia pentru evaluarea pagube intangibile directe pentru scenariile aferente schimbărilor climatice este aceeași ca și pentru scenariile actuale. La calcularea riscului (Pagube Anuale Preconizate – a se vedea capitolul 3.1.9), este luată în considerare diferența între scenariile pentru schimbările climatice și scenariile actuale.
- Riscul poate fi clasificat in clase calitative (ridicat, mediu si redus) după postprocesare.

3.1.7. Pagube indirecte intangibile

Metodologia de calcul a pagubelor indirecte intangibile se bazează pe metodologia *pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor*. Este aplicată o metodă ce include trei etape:

- (1) Populația afectată de inundații este calculată utilizând ca date de intrare privind expunerea, datele privind populația din stratul de date clădiri menționat în capitolul 3.1.3 (precum calculul privind pagubele directe intangibile). Nu sunt efectuate ajustări cum era cazul pentru calcularea pierderilor de vieți omenești.
- (2) Numărul total de persoane care sunt afectate de consecințele pagubelor indirecte intangibile (precum Post Traumatic Stress Disorder - Tulburarea de stres post-traumatic) sunt egale cu 25% din populația afectată din etapa (1).
- (3) Numărul total de persoane afectate de consecințele pagubelor indirecte intangibile este monetizat pentru a determina pagubele indirecte intangibile. Este aplicată o valoare de 350 euro per persoană.
- Metodologia pentru evaluarea pagube indirecte intangibile pentru scenariile aferente schimbărilor climatice este aceeași cu cea pentru scenariile actuale. La calcularea riscului (Pagubele Anuale Preconizate – a se vedea capitolul 3.1.9), este luată în considerare diferența între scenariile privind schimbările climatice și scenariile actuale.
- Riscul poate fi clasificat in clase calitative (ridicat, mediu si redus) după postprocesare.

3.1.8. Impactul Sectorial

‘Impactul sectorial’ descrie consecințele adverse ale inundațiilor în termeni nemonetari și impactul asupra sectoarelor primare ale societății. Se disting următoarele 10 sectoare: (1) populația și proprietățile cu destinație domestică, (2) infrastructura societății, (3) infrastructura recreațională, (4) proprietăți industriale și comerciale, (5) infrastructura de utilități, (6) sursele de poluare, (7) infrastructura culturală, (8) agricultură, (9) infrastructura de transport (10) biodiversitate și natură.

Impactul sectorial este cuantificat prin cartografierea numărului/lungimii/suprafeței aferente obiectivelor potențial afectate de inundații pentru fiecare PAD. Exemplele sunt următoarele: (1) numărul de spitale afectate de inundații, (2) lungimea totală a sectorului de drum afectat de inundații sau (3) zona agricolă afectată de inundații. Tabelul 11 descrie toate rezultatele analizelor impactului sectorial, inclusiv sursele de date utilizate. În general, rezultatele sunt calculate prin intersectarea limitei de inundabilitate cu datele după cum este menționat în Tabelul 11.

Tabelul 11 – Rezultatele și sursele de date pentru analizele impactului sectorial

Tipul de potențial impact	Explicația și sursa de date
Suprafața afectată de inundații [km²]	Suprafața totală afectată. Aceasta este determinată în baza valorii aferente zonei inundabile obținute ca rezultat al modelării hazardului la inundații.
Proprietățile cu destinație domestică afectate [nr. de proprietăți]	Numărul de proprietăți cu destinație domestică afectate. Valoarea este determinată prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul toate clădirile cu destinația rezidențială (cu excepția elementelor clasificate ca anexe la clădirile cu destinația rezidențială) din stratul clădiri din baza de date de expunere.
Populația afectată [nr. de persoane]	Numărul de locuitori potențial afectați de inundații. Acest număr este obținut ca sumă a valorilor populației care locuiește în clădirile respective afectate de inundații.
Populația cea mai vulnerabilă [nr. de persoane]	Estimarea populației celei mai vulnerabile, afectate de inundații. Valoarea este determinată ca procent (egal cu cel menționat pentru populația vulnerabilă din cadrul Atlasului privind grupurile vulnerabile al Băncii Mondiale) al populației afectate.
Indicatori Sociali [nr. de proprietăți]: - Primărie - Unitate de pompieri - Spital - Grădiniță - Bibliotecă - Unitate de Poliție - Școală sau liceu - Universitate	Numărul de indicatori sociali afectate de inundații. Valoarea este determinată prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul infrastructura socială (ca elemente de tip punct), din baza de date de expunere. Elementele clasificate ca Primărie, Unitate de Pompieri, Spital, Grădiniță, Bibliotecă, Unitate de Poliție, Școală, Liceu, Universitate au fost considerate drept Indicatori Sociali.
Infrastructura Recreațională [nr. de proprietăți]	Întreaga infrastructură recreațională afectată de inundații. Valoarea este determinată prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul infrastructura socială (ca elemente de tip punct) din baza de date de expunere. Elementele clasificate drept Unitate Sportivă, Centru Recreativ, Loc pentru Camping etc. au fost considerate drept Infrastructură Recreațională.
Proprietățile cu destinație alta decât cea domestică [nr. de proprietăți]: - Comerciale - Industriale - cu destinație mixtă	Proprietățile comerciale afectate. Valoarea este determinată prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul toate proprietățile comerciale din stratul clădiri din baza de date de expunere.
	Proprietățile industriale afectate. Valoarea este determinată prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul toate proprietățile industriale din stratul clădiri din baza de date de expunere.
	Proprietățile cu destinație mixtă afectate. Valoarea este determinată prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul toate proprietățile cu destinație mixtă din stratul clădiri din baza de date de expunere.
Infrastructura de utilități: - centrale (electrice, de pompare, post trafo, stație de tratare a apei) [nr. de proprietăți]	Numărul de centrale este determinat prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu toate caracteristicile clasificate drept electrocentrală, stație de pompare, post trafo și Stație de tratare a apei din stratul utilități din baza de date de expunere.

Tipul de potențial impact	Explicația și sursa de date
- Lungimea rețelei de utilități [km]	Lungimea infrastructurii de utilități este determinată prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul utilități (ca elemente liniare), din baza de date de expunere. Stratul utilități include rețele de distribuție a energiei electrice, linii de transport a energiei electrice, rețeaua de transport de gaze, rețeaua de canalizare și rețeaua de alimentare cu apă.
Poluare [nr. de proprietăți]	Site-urile IPPC și EPRTD afectate. Numărul de site-uri IPPC și EPRTD este determinat prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul activitatea economică din baza de date de expunere. Au fost luate în considerare doar caracteristicile clasificate drept IPPC sau EPRTD.
Infrastructura culturală [nr. de proprietăți]: - Patrimoniul cultural - site-uri UNESCO	Activele culturale afectate. Numărul de obiective culturale este determinat prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul patrimoniul cultural din baza de date de expunere. Au fost luate în considerare caracteristici precum biserici, mănăstiri, monumente, muzee.
Agricultură [km ²]	Suprafața totală de teren agricol afectată de inundații. Suprafața de teren agricol este determinată prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul agricultură din baza de date de expunere.
Infrastructura de Transport: - Aeroporturi [nr. de proprietăți] - Stații de autobuz [nr. de proprietăți] - Porturi [nr. de proprietăți] - Gări [nr. de proprietăți] - Lungimea rețelei de cale ferată [km] - Lungimea tronsonului de drumuri [km]	Infrastructura de transport afectată. Numărul de caracteristici aferente infrastructurii de transport este determinat prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul transport (ca elemente de tip punct) din baza de date de expunere.
	Lungimea infrastructurii de transport este determinată prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul transport (ca elemente liniare) din baza de date de expunere.
Biodiversitate și Natură [km²]	Ariile protejate afectate. Suprafața aferentă ariilor protejate este determinată prin intersectarea stratului extinderea inundațiilor cu stratul arii protejate (sursa: http://www.mmediu.ro/articol/date-gis/434).

Metodologia pentru evaluarea impactului sectorial pentru scenarii aferente schimbărilor climatice este aceeași cu cea pentru scenariile actuale. La calcularea riscului (Pagube Anuale Preconizate – a se vedea capitolul 3.1.9), este luată în considerare diferența dintre scenariile aferente schimbărilor climatice și scenariile actuale.

3.1.9. Valori Anuale Preconizate

Valoarea anuală preconizată reprezintă parametrul principal ce exprimă riscul la inundații. Riscul și valoarea anuală preconizată sunt definite de probabilitatea apariției unui eveniment înmulțit cu consecințele aferente. Acestea se calculează pentru toate tipurile de rezultate (a se vedea capitolul 3.1.4– 3.1.8).

Valoarea anuală preconizată este calculată conform formulei de mai jos. Aceasta este prezentată vizual în Figura 22 (formula de mai jos prezintă o formă discretă de calcul al AED și formula din Figura 16 descrie forma continuă de calcul al AED). Aceasta este calculată ca integrală a graficului pagubă-probabilitate (a se vedea și Figura 22). Forma discretă este aplicată în acest ciclu de implementare a Directivei Inundații (formula de mai jos și Figura 16), respectiv diferența cu privire la probabilitate dintre două scenarii (ΔP_i) înmulțită cu consecințele medii ale celor două scenarii (D_i). Aceasta este ulterior însumat în cadrul diferitelor scenarii. Detaliile pentru acest calcul sunt prezentate în metodologia *pentru evaluarea pagubelor și pierderilor și cartografierea riscurilor*.

$$AED = \sum_{i=1}^N \Delta P_i \cdot D_i$$

Unde:

ΔP_i = Creșterea probabilității anuale de depășire

D_i = Paguba medie a două evenimente cu probabilități anuale de depășire P_i și P_{i+1}

$$AED = \sum_{i=1}^n D(RP_i) = \frac{1}{RP_n} \cdot D(RP_n) + \dots + \left(\frac{1}{RP_1} - \frac{1}{RP_2} \right) \cdot \frac{D(RP_1) + D(RP_2)}{2}$$

Figura 22 Formula de calcul detaliată pentru AED

În cadrul acestei formule:

AED = Pagubele Anuale Preconizate

$RP_1; n$ = Perioada medie de depășire 1 (cea mai mică – cea mai frecventă) la n (cea mai mare – cea mai puțin frecventă)

D = pagube pentru evenimentul de inundații cu perioada medie de depășire RP

AED sunt calculate atât pentru situația actuală, cât și pentru situația ce include schimbările climatice. Acest lucru este reflectat de perioada medie de depășire diferită aferentă scenariilor; acestea cresc în cazul schimbărilor climatice.

- Pentru calculul AED, sunt disponibile 4 până la 6 scenarii. Modelarea hazardului este disponibilă pentru la 3 până la 5 scenarii normale și 1 scenariu modelat privind schimbările climatice (Anexa 1 la Rezultatul nr. 4). AED pentru data actuală sunt calculate utilizând probabilitatea actuală a scenariilor de hazard și AED ce include schimbările climatice sunt calculate în baza viitoarei probabilități aferente scenariilor.

- Probabilitățile actuală și viitoare sunt parțial cunoscute în urma modelării hazardului. Probabilitățile actuale pentru scenariile normale sunt cunoscute, la fel și probabilitatea viitoare aferentă scenariului privind schimbările climatice.
- Probabilitățile viitoare ale scenariilor normale se bazează pe informațiile legate de debit. Probabilitatea actuală a debitului inclusiv schimbările climatice este evaluată în baza unui grafic debit-probabilitate. Linia galbenă din Figura 23 indică debitul-probabilitatea, punctul portocaliu reprezintă debitul inclusiv schimbările climatice. Debitul actual poate fi citit pe axa x.
- În mod similar, sunt calculate probabilitățile viitoare ale scenariilor normale. Viitorul grafic debit-probabilitate este calculat înmulțind debitele din graficul actual cu factorul pentru schimbări climatice care este disponibil per APSFR. Acesta este indicat în Figura 23 prin săgeata verde. Rezultatul este un grafic debit - probabilitate pentru situația privind schimbările climatice (linia verde). Probabilitățile pot fi determinate utilizând linia respectivă. A se vedea Figura 23.
- Graficele cu probabilitatea nu sunt disponibile pentru toate APSFR-urile. Probabilitățile actuale și viitoare sunt așadar calculate pentru toate APSFR-urile disponibile și apoi făcută o medie a acestora. Mediile naționale sunt utilizate la calcularea AED.

Tabelul 12 – Exemple de probabilități rezultate în urma modelării hazardului

Scenariul	Probabilitatea actuală	Probabilitatea viitoare - 50 de ani
T3	33%	-
T10	10%	-
T100	1%	-
T100-CC	-	1%
T500	0,2%	-
T1000	0,1%	-

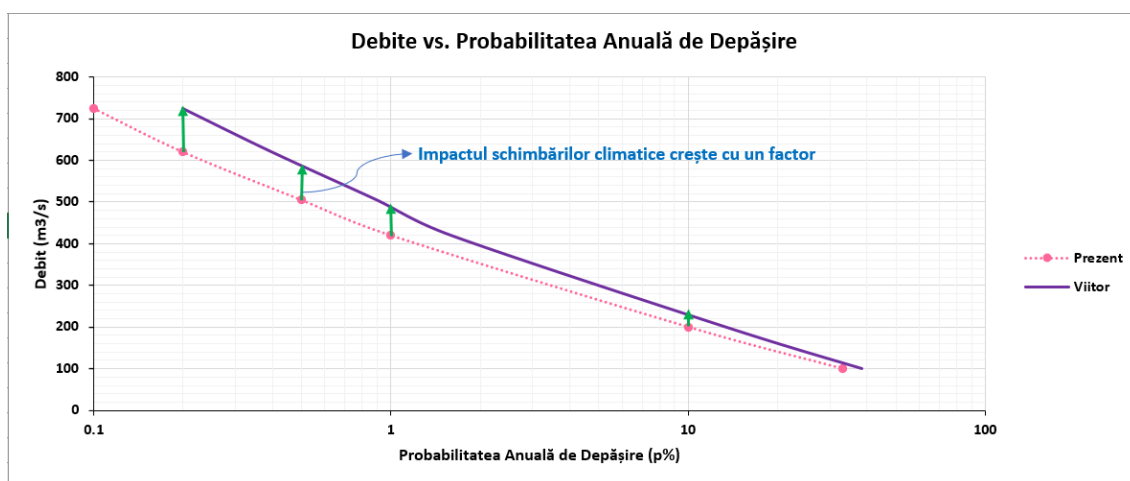


Figura 23 Graficul debite – probabilitate anuală de depășire

Tabelul 13 – Probabilitățile aferente scenariilor după cum au fost acestea utilizate la calcularea AED

Scenariul	Probabilitatea actuală	Probabilitatea viitoare - 50 de ani
T100CC	0,6%	1,0%
T1000	0,1%	0,2%
T500	0,2%	0,4%
T200	0,5%	0,9%
T100	1,0%	1,6%
T50	2,0%	3,1%
T20	5,0%	7,1%
T10	10,0%	13,4%
T5	20,0%	24,4%
T3	33,3%	38,5%
T1.25	80,0%	82,0%

3.1.10. Modelarea scenariilor de cedare a digurilor - Rezumatul Metodologiei

Rezultatele modelării scenariilor de cedare a digurilor au fost de asemenea procesate pentru a evalua impacturile social și financiar, directe și indirecte, ale inundațiilor asociate. Metodologia pentru această activitate este descrisă mai detaliat în Anexa 2 - *Raport privind modelarea scenariului de cedare a digurilor*. Toate datele extrase din analiza de risc sunt disponibile atât în format GIS, cât și în format Excel.

Evaluarea riscului în cazul scenariului de cedare a digurilor presupune mai mulți pași:

Pasul 1: Calculul impactului

Impacturile direct și indirect ale inundațiilor sunt calculate pentru fiecare probabilitate anuală de depășire și pentru scenariul de cedare a digurilor. Elementele de expunere, cum ar fi proprietățile, spitalele și infrastructura, sunt evaluate în cazul inundațiilor prin compararea amplasamentului lor cu datele privind hazardul. În acest fel se determină adâncimea de inundare și se utilizează o funcție de pagube – adâncimea apei pentru a calcula impacturile direct și indirect. Pentru fiecare probabilitate anuală de depășire sunt generate valori precum Pagube Totale Directe, Pagube Totale Indirecte (pierderi de vieți) și impactul sectorial. Acest lucru este în conformitate cu metodologia utilizată în evaluarea riscului pentru scenariul de referință.

Pasul 2: Calculul Valorii Pagubelor Anuale Preconizate (AED)

Valoarea AED este calculată pentru fiecare scenariu de cedare a digurilor prin înmulțirea pagubelor cu probabilitatea condiționată de cedare, reprezentată de o curbă de fragilitate. Probabilitatea condiționată de cedare a digurilor este utilizată pentru a pondera pagubele. AED este calculată pe baza pagubele ponderate folosind o metodologie similară cu cea pentru scenariul de referință, dar cu două probabilități anuale de depășire în loc de mai multe. Dacă probabilitatea de cedare este zero pentru un scenariu de hazard specific, valoarea AED va fi zero.

Pasul 3: Combinarea Valorilor Pagubelor Anuale Preconizate (AED)

Valorile AED pentru fiecare scenariu de cedare a digurilor sunt adunate cu AED pentru scenariul de referință. Valorile combinate sunt determinate prin însumare, unde Combinat = Valoarea pentru scenariul de referință + Valoarea AED pentru scenariul 1 de cedare a digurilor etc.

3.1.11. Instrumentul de calcul

Calcululele aferente pagubelor directe și indirecte au fost realizate utilizând instrumentul de calcul (

Figura 24). Instrumentul combină informații legate de expunere, hazard și vulnerabilitate pentru calcularea pagubelor (conform fluxului de activități prezentat în Figura 18).

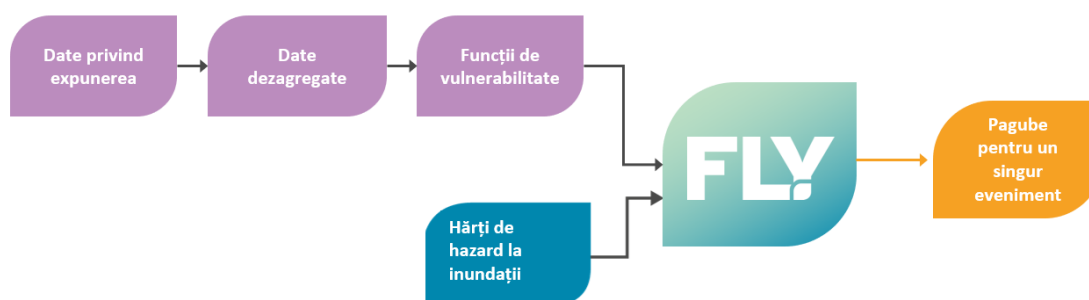


Figura 24 Abordarea privind calcularea pagubelor tangibile directe și indirecte

- Poligoanele setului de date aferente elementelor expuse sunt divizate în poligoane mai mici. Aria maximă a poligoanelor divizate este 50 m² pentru transport, 100 m² pentru clădiri și 2500 m² pentru agricultură. Capitolul 3.2 descrie analiza sensibilității pentru a determina aria maximă a poligoanelor.
- Valorile de expunere pentru toate elementele din cadrul setului de date de expunere sunt definite într-o etapă de postprocesare. În această etapă este utilizată legătura dintre tipologiile de elemente expuse și tipologiile de vulnerabilitate (a se vedea de asemenea capitolele 3.1.4 și 3.1.5). Valoarea expusă per element este calculată prin înmulțirea valorii maxime expuse per tipologie (exprimată în euro/m²) cu aria fiecăruia dintre elementele expuse.
- Pentru fiecare dintre elementele expuse, se atribuie o curbă de vulnerabilitate. Aceasta se bazează din nou pe legătura dintre tipologiile de elemente expuse și tipologiile de vulnerabilitate.
- Adâncimea apei pentru fiecare dintre elementele expuse este calculată în baza centroidului poligonului. În cadrul instrumentului de calcul FLY¹³, o zonă tampon de formă circulară este creată în jurul centroidului poligonului, adâncimea apei utilizată la

¹³ FLY este instrumentul de calcul comercial (<https://www.jbarisk.com/flood-services/catastrophe-models/flood-models/global-flood-modeling/>)

calcul este egală cu adâncimea medie a apei din această zonă tampon de formă circulară. Raza zonei tampon depinde de aria poligonului. O rază de 5 m este utilizată pentru clădiri, 25 m pentru agricultură și 3,5 m pentru poligoanele din stratul transport.

- Adâncimea apei este combinată cu acea curbă de vulnerabilitate și respectiv valoarea expusă pentru calcularea pagubelor. Rezultatul este reprezentat de pagubele per element expus. Acest lucru este efectuat atât pentru pagubele directe, cât și indirecte și pentru toate elementele expuse. Pagubele pentru întreaga limită de inundabilitate sunt egale cu suma pagubelor aferente diferitelor elemente.
- Rezultatele aferente datelor raster pentru pagubele directe tangibile sunt exprimate în euro/m². Pagubele per element expus sunt împărțite la aria elementului. Poligonul cu pagube per m² este ulterior rasterizat utilizând tehnicile uzuale GIS.
- Poligoanele situate în afara limitei de inundabilitate sunt umplute sau tăiate pentru a asigura extindere hărților de pagube și a corela extinderea hărților de hazard. Această operațiune este prezentată în Figura 25. Poligoanele din pătratele roșii sunt situate la capăt, iar adâncimea medie a apei din zona tampon este mai mare decât 0, un rezultat complet fiind atribuit poligonului. Pagubele sunt așadar indicate în afara limitei de inundabilitate (reprezentată de zona roz) – aceste zone roz sunt eliminate într-o etapă de postprocesare (Figura 25). În pătratele galbene, există poligoane unde adâncimea medie a apei este zero. Nu este calculat niciun rezultat. Pentru a avea o limită corelată între hazardul la inundații și pagube, valorile zero sunt completate în aceste locații (Figura 25).

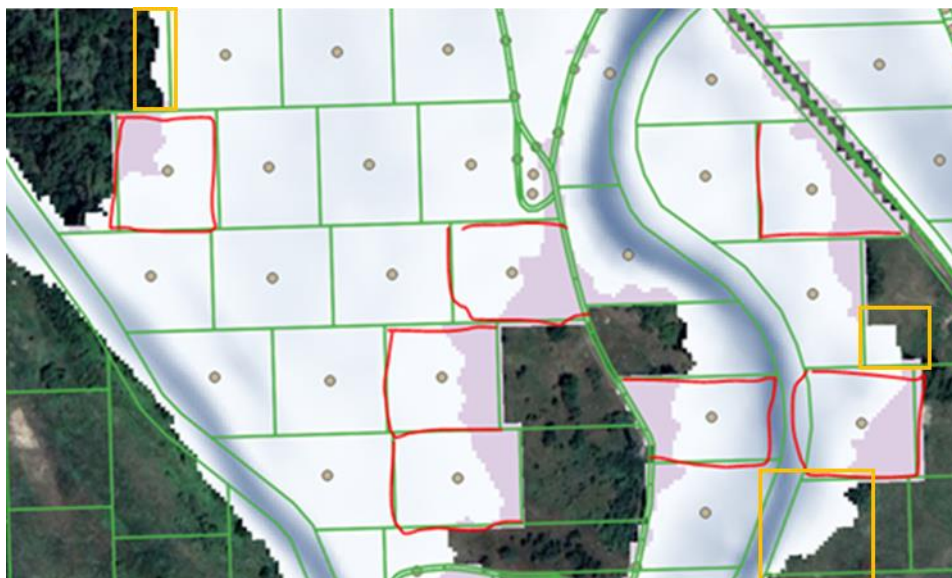


Figura 25 Rezultatul intermediar de tip raster fără corecție

Pagubele intangibile (atât directe, cât și indirecte) și rezultatele sectoriale sunt calculate utilizând tehnicile uzuale GIS. Pentru a minimiza probabilitatea producerii unor erori umane, aceste sunt implementate prin intermediul limbajului de programare Python:

- Calcularea pierderilor de vieți omenești este realizată prin intermediul procesării datelor raster aferente hărților de hazard. Sunt calculate hărțile de mortalitate (cu probabilitatea pierderii de vieți omenești, dată fiind adâncimea apei). Mortalitatea (bazată pe ponderea medie a mortalității din cadrul unui poligon aferent clădirilor)

este ulterior înmulțită cu populația, având în vedere numărul de etaje ale unei clădiri, după cum este explicat în capitolul 3.1.6. Astfel se face suma pentru toate clădirile afectate pentru a determina numărul de decese per scenariu de inundații.

- Metoda punctelor de eșantionare este utilizată pentru a realiza analize sectoriale și a determina populația afectată (pentru determinarea pagubelor indirecte intangibile). Metoda punctelor de eșantionare reprezintă tehnici GIS standard și acestea sunt disponibile în cadrul tuturor pachetelor de programe GIS.

3.1.12. Incertitudinea cu privire la modelarea pagubelor și pierderilor și precizia rezultatelor

Atât premisele explicite, cât și implicite cu privire la modelarea pagubelor și pierderilor generează incertitudini semnificative. Studiile științifice raportează incertitudini în ordinea magnitudinii unui factor de 2 până la 5 pentru evaluarea pagubelor directe. Apar incertitudini cu privire la modelarea pagubelor (curbele de expunere, pagubelor sau pierderilor de vieți omenești, valorile maxime ale pagubelor și modelarea hazardului la inundații).

Deoarece datele de intrare pentru modelarea riscului sunt incerte și rezultatele sunt incerte. Incertitudinile sunt corelate în general cu incertitudinile generale cu privire la hazard, expunere și vulnerabilitate. Exemplul de surse sau incertitudine include:

- Hazard: sursele de incertitudine sunt DTM, situația vegetației și rugozitatea, hidrografele, efectul clădirilor și alte elemente de infrastructură fizică ale modelelor de curgere și adâncimile apei.
- Expunere: valoarea clădirilor, variabilitatea generală a valorilor și structurilor clădirilor.
- Vulnerabilitate: variabilitatea construcțiilor de clădiri sau a altor obiective, vulnerabilitatea asociată materialelor de construcții, variabilitatea bunurilor din cadrul clădirilor. Pentru modelarea cu privire la pierderile de vieți omenești, principalele surse de incertitudine: (1) comportamentul uman, răspuns și caracterul adecvat (2) impactul general al accidentelor și alte circumstanțe nefericite și (3) strategii de Reducere a Riscului la Dezastre și capacitatea de avertizare timpurie.
- Variabilitatea naturală în cadrul acțiunii de răspuns pentru clădiri/obiective sau a populației la evenimentele de inundații.

Incertitudinile sunt diminuate prin fundamentarea valorii maxime a pagubelor și curbele de pagubă aferente adâncimilor. Principiile teoriei limitei centrale contribuie la diminuarea incertitudinilor deoarece incertitudinile privind cursul exact al funcției aferente pagubelor descresc atunci când pagubele sunt agravate pe întreaga limită de inundabilitate. Rezultatele evaluării pagubelor și pierderilor ar trebui analizate în mod corespunzător la nivele spațiale superioare, precum limita de inundabilitate.

Incertitudinile privind modelarea pierderilor de vieți omenești sunt asemănătoare celor aferente modelării pagubelor (și eventual mai însemnate deoarece este vorba despre comportamentul uman). Incertitudinile cu privire la evaluarea pagubelor indirecte sunt chiar mult mai pregnante decât cele legate de pagubele directe cauzate, de exemplu, de poziția unei companii în cadrul lanțurilor de aprovizionare.

Rezultatele modelării pagubelor și pierderilor ar trebui analizate la nivelul spațial al limitei de inundabilitate (sau comparabile). Este evidențiat faptul că hărțile de pagube distribuite spațial

[per celulă a grid-ului] nu oferă o predicție pentru pagubele aferente unei anumite locații sau proprietăți, sau (locație pentru) pierderea vieții unei anumite persoane. Cel mai mult, acestea pot indica zonele problematice (hot spots) pentru pagube sau locuri cu o probabilitate sporită a pierderilor de vieți omenești sau accidente. În cadrul analizei, rezultatele sunt adesea examinate la nivele spațiale inferioare zonei inundabile. Incertitudinile aferente rezultatelor sporesc semnificativ atunci când rezultatele sunt analizate la nivele spațiale inferioare. Este recomandată luarea în calcul a acestui aspect la interpretarea rezultatelor și eficacitatea potențialelor măsuri de protecție și reducere a inundațiilor.

3.2. Modelele-pilot ce definesc procesul

Au fost executate mai multe rulări ale modelului-pilot pentru calibrarea și validarea rezultatelor. Acestea sunt modele:

- Pilot cu privire la mărimile poligoanelor descompuse din (1) Tomești și Steia și (2) Întorsura Buzăului;
- Pilot cu privire la modelarea pagubelor din Petroșani și Petrila;
- Pilot privind modelarea aferentă pierderilor de vieți omenești din Petroșani și Petrila;
- Pilot rulate aferente unui număr de 5 APSFR-uri înainte de modelarea la scară largă.

3.2.1. Modelul-pilot cu privire la mărimile poligoanelor divizate din (1) Tomești și Steia și (2) Întorsura Buzăului

Calcularea pagubelor directe și indirecte este realizată utilizând centroidele poligoanelor aferente datelor de expunere. Pentru sporirea preciziei rezultatelor, poligoane sunt divizate în secțiuni mai mici (a se vedea Figura 26 pentru un exemplu). În acest spațiu, este mai bine redată variabilitatea spațială a nivelului apei din cadrul unui poligon.

- Pagubele provocate clădirilor au fost calculate utilizând mărimile maxime ale poligoanelor de 10 m², 50 m², 100m² și mărimea inițială a poligoanelor. Pagubele rezultate au fost comparate și evaluate. Rezultatele modelului-pilot indică diferențe mici în general (max 2% - Tabelul 4). A fost selectată o mărime maximă de 100 m².
- Au fost calculate pagubele provocate în agricultură utilizând mărimi maxime ale poligoanelor de 25 m² și 2500 m². Pagubele rezultate au fost comparate și evaluate. Rezultatele modelelor-pilot indică diferențe mici în general (max. 1,65% - Tabelul 14). A fost selectată o mărime maximă de 2500 m².
- Pagubele provocate drumurilor au fost calculate utilizând mărimile maxime ale poligoanelor de 10 m², 50 m² și 100 m². Pagubele rezultate au fost comparate și evaluate. Rezultatele modelelor-pilot indică diferențe mici în general (maxim 0,4% - Tabelul 14). A fost selectată o mărime maximă de 50 m². Date fiind elementele liniare ale sectorului de drum, a fost selectată o valoare inferioară comparativ cu cea a clădirilor.

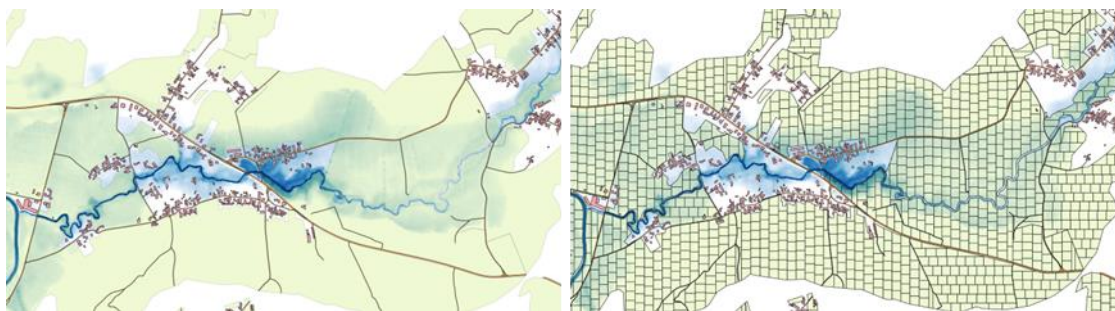


Figura 26 Poligoanele inițiale pentru agricultură – marginile poligonului sunt situate în apropierea amplasamentului drumului (stânga) și poligoanele divizate pentru agricultură (dreapta)

Tabelul 14 – Rezultatele modelelor-pilot pentru mărimile maxime ale poligonului pentru clădiri (partea de sus), agricultură (centru) și drumuri (partea de jos)

<i>Pagube</i>	<i>Probabilitatea anuală de depășire p0,1% (Perioada medie de depășire de T = 1.000 de ani)</i>	<i>Probabilitatea anuală de depășire p10% (Perioada medie de depășire de T = 10 de ani)</i>
Rezultate pentru 10 m ²	€ 106.189.024	€ 12.387.763
Rezultate pentru 50 m ²	€ 106.170.064	€ 12.396.114
Rezultate pentru 100 m ²	€ 106.143.720	€ 12.357.319
Rezultate pentru Original	€ 105.544.416	€ 12.177.483
Diferența între rezultatele pentru 10 m ² și 50 m ²	€ -18.960	€ 8.351
Diferența între rezultatele pentru 10 m ² și 100 m ²	€ -45.304	€ -30.444
Diferența între rezultatele pentru 10 m ² și Original	€ -644.608	€ -210.280
% Diferența între rezultatele pentru 10 m ² și 50 m ²	-0,02%	0,07%
% Diferența între rezultatele pentru 10 m ² și 100 m ²	-0,04%	-0,25%
% Diferența între rezultatele pentru 10 m ² și Original	-0,61%	-1,73%

<i>Pagube</i>	<i>Probabilitatea anuală de depășire p0,1% (Perioada medie de depășire de T = 1.000 de ani)</i>	<i>Probabilitatea anuală de depășire p10% (Perioada medie de depășire de T = 10 de ani)</i>
Rezultate pentru 10 m ²	€ 3.076.074	€ 575.170
Rezultate pentru 50 m ²	€ 3.067.811	€ 572.799
Rezultate pentru 100 m ²	€ 3.072.310	€ 574.184
Diferența între rezultatele pentru 10 m ² și 50 m ²	€ -8.263	€ -2.371
Diferența între rezultatele pentru 10 m ² și 100 m ²	€ -3.764	€ -986
% Diferența între rezultatele pentru 10 m ² și 50 m ²	-0,27%	-0,41%
% Diferența între rezultatele pentru 10 m ² și 100 m ²	-0,12%	-0,17%
<i>Diferența totală între rezultatele pentru 10 m² și 50 m² (incluzând și clădirile)</i>	-0,01%	-0,02%
<i>Diferența totală între rezultatele pentru 10 m² și 100 m² (incluzând și clădirile)</i>	0,00%	-0,01%

<i>Pagube</i>	<i>Probabilitatea anuală de depășire p0,1% (Perioada medie de depășire de T = 1.000 de ani)</i>	<i>Probabilitatea anuală de depășire p10% (Perioada medie de depășire de T = 10 de ani)</i>
Rezultate pentru 25 m ²	€ 856.321	€ 399.476
Rezultate pentru 2500 m ²	€ 859.993	€ 392.991
<i>Diferența între rezultatele pentru 25 m² și 2500 m²</i>	€ 3.672	€ -6.485
<i>% Diferența între rezultatele pentru 25 m² și 2500 m²</i>	0,4%	-1,65%
<i>Diferența totală între rezultatele pentru 25 m² și 2500 m² (incluzând și clădirile)</i>	0,03%	-0,11%

3.2.2. Modelele-pilot aferente modelării pagubelor din Petroșani și Petrila

Au fost calculate pagubele directe și indirecte pentru Petroșani și Petrila. Pagubele au fost considerate a fi semnificative. Au fost identificate următoarele cauze:

- Metodologia privind evaluarea pagubelor se bazează pe costurile de reconstrucție în locul valorilor depreciate. Aplicarea valorilor depreciate ar genera pagube nesemnificative cu un factor de aproximativ 2 până la 3.
- Petroșani include centre industriale abandonate. În cadrul datelor de expunere, nu sunt ignorate proprietățile abandonate. Acestea generează valori crescute pentru pagubele directe și indirecte.
- Există blocuri cu subsoluri. Datele de expunere au cartografiat subsolurile de la locațiile care nu au destinație de locuit, ci unde se află instalațiile aferente clădirilor. Pentru calculul curbilor de vulnerabilitate și a valorii expuse, se ia în calcul un subsol în mărime naturală (de exemplu ca cel dintr-un mall – în general, valoarea subsolului ar trebui să fie comparabilă valorii primului nivel al unei clădiri). Aceasta duce la supraestimarea pagubelor.
- Nu se ia în considerare nicio diferență regională a pagubelor (și costurilor).
- Corecțiile pentru inundațiile frecvente nu sunt luate în considerare.

Abordarea a fost evaluată și nu au fost efectuate modificări. Acestea au fost luate în considerare la evaluarea rezultatelor.

3.2.3. Modelele-pilot privind modelarea pierderilor de vieți omenești din Petroșani și Petrila

Au fost evaluate rezultatele modelării pierderilor de vieți omenești din Petroșani și Petrila. În baza rezultatelor, a fost determinată corecția populației totale pentru a calcula populația expusă riscului. În special populația din clădirile înalte nu este expusă inundațiilor, corecția este așadar bazată pe nivelul etajelor clădirilor.

Tabelul 15 indică scenariile evaluate și decesele calculate. Rezultatele au fost comparate cu baza de date EMDAT¹⁴ privind inundațiile istorice și evidențele istorice IGSU și ANAR ale inundațiilor. Aceasta a indicat corecția care este necesară pentru a asigura corelarea rezultatelor modelării cu evenimentele istorice. Scenariul "2 etaje sau mai puțin, toate / începând cu 3 etaje sau mai mult, niciunul", a fost selectat pentru a fi implementat în cadrul modelării. Aceasta înseamnă că întreaga populație a clădirilor cu două etaje sau mai puțin este considerată ca fiind supusă riscului. Pentru clădirile cu 3 etaje sau mai mult, populația care locuiește la etajul 3 sau la un etaj superior nu este considerată ca fiind supusă riscului (și nu sunt calculate pierderile de vieți omenești). Scenariul este ales deoarece (1) inundațiile afectează în general primele două etaje ale clădirilor, așadar presupunând că populația din clădirile respective este afectată și acest lucru corespunde realității și (2) decesele observate corespund informațiilor din baza de date EMDAT (mortalitatea medie EMDAT din România este de 0,08%).

Tabelul 15 – Rezultatele modelelor-pilot pentru pierderile de vieți omenești

Criterii	Victime [nr.]	Mortalitatea (în baza ponderii necorectate a populației)
Întreaga populație	21,7	0,27%
3 etaje sau mai puțin, toate 4 etaje sau mai mult, niciunul	5,9	0,07%
3 etaje sau mai puțin, toate 4 etaje sau mai mult, 10% din toate	7,5	0,09%
3 etaje sau mai puțin, toate 4 etaje sau mai mult, 5% din toate	6,7	0,08%
3 etaje sau mai puțin, toate 4 etaje sau mai mult, 25% din toate	9,9	0,12%
1 etaj toate 2 etaje excepție 80% 3 etaje 50% din toate 4 și mai multe etaje, niciunul	5,8	0,07%
1 etaj toate 2 etaje excepție 80% 3 etaje 50% din tot 4 și mai multe etaje, 10%	7,3	0,09%
2 etaje sau mai puțin, toate 3 etaje sau mai mult, niciunul	5,8	0,07%
2 etaje sau mai puțin, toate 3 etaje sau mai mult, 10% din toate	7,4	0,09%

Baza de date EMDAT indică de asemenea pierderile de vieți omenești medii anuale din România de aproximativ 15 decese (calculată ca medie pentru ultimii 75 de ani, excluzând un eveniment unic de 1000 de decese în 1926). Datele au indicat de asemenea faptul că, în ultimii ani, decesele rezultate în urma inundațiilor scad în mod semnificativ. Aceste observații au fost utilizate pentru validarea rezultatelor finale aferente tuturor APSFR-urilor din cadrul celui de-al

¹⁴ Emergency Events Database (EM-DAT) – Baza de date privind evenimentele de urgență - <https://public.emdat.be/>

doilea ciclu. Datele furnizate de IGSU/ANAR au fost de asemenea utilizate pentru validarea rezultatelor și pentru analiza personalizată.

3.2.4. Rulările modelelor-pilot pentru un număr de 5 APSFR-uri înainte de modelarea la scară largă

Înainte de modelarea la scară largă, au fost rulate două modele pilot pentru optimizarea rezultatelor aferente modelării riscurilor și pagubelor. În cadrul fiecărui model-pilot, au fost selectate 5 regiuni-pilot și au fost evaluate rezultatele. Rezultatele modelului-pilot au fost implementate în cadrul metodologiei, după cum este prezentat în capitolul 2.1 (Abordarea pentru aplicarea întreruperii activității pentru drumurile naționale [a se vedea capitolul 3.1.5], abordarea pentru evaluarea pagubelor pentru poduri [capitolul 3.1.4], abordarea pentru asigurarea aceleiași limite pentru hărțile de hazard la inundații [capitolul 3.1.10]).

3.3. Rezultate, structura și livrarea datelor

În cadrul secțiunilor anterioare ale acestui capitol, a fost descris tipul diferit de rezultate care a fost generat în cadrul activității de modelare și cartografiere a riscului. Formatul acestor rezultate a fost descris în capitolul 5 din cadrul Rezultatului nr. 4: *Raport privind suportul tehnic acordat MMAP pentru modelarea hazardului și riscului la inundații*. După cum a fost menționat în capitolul 2.3 din cadrul acestui document, a fost realizat un număr mare de fișiere, iar structura și denumirea convențională adoptată în ianuarie 2021 au fost utilizate pentru organizarea informațiilor.

Structura folderelor este similară celei pentru modelarea hazardului până la nivelul APSFR-urilor, după cum a fost aceasta descrisă în capitolul 2.3 din cadrul acestui document. Fiecare cod din cadrul denumirii unui fișier reprezintă de asemenea folderul în care poate fi găsit acesta. De exemplu, structura folderului pentru rezultatele aferente riscului direct tangibil este următoarea:

Folderul 1	RO-C2
Folderul 2	(în cadrul folderului 1) RO-C2-MM
Folderul 3	(în cadrul folderului 2) RO-C2-MM-01-Banat
Folderul 4	(în cadrul folderului 3) RO-C2-MM-01-A001F-Bega
Folderul 5	(în cadrul folderului 4) RO-C2-MM-01-A001F-DLC
Folderul 6	(în cadrul folderului 5) RO-C2-MM-01-A001F-DLC-GIS
Folderul 7	(în cadrul folderului 6) RO-C2-MM-01-A001F-DLC-GIS-TDTD
Fișierul	(în cadrul folderului 7) RO-C2-MM-01-A001F-DLC-GIS-TDTD-BS-T10-FI-V1.tif RO-C2-MM-01-A001F-DLC-GIS-TDTD-BS-T100-FI-V1.tif etc.

Folderul 5 denumit "RO-C2-MM-01-A001F-DLC" conține date aferente modelării și cartografierii riscului (DLC – Damage and Loss Calculation – Calcularea Pagubelor și Pierderilor). În cadrul acestui folder, sunt create alte foldere de nivel 6: "GIS" aferente datelor spațiale, "TAB" la datele în format tabelar. În cadrul folderelor de nivel 6, folderele de nivel 7 vor oferi acces la diferite tipuri de date privind pagubele: "TDTD" –Pagube Totale Directe Tangibile, "TITD" – Pagube totale indirecte tangibile, "TDID" – Pagube Totale directe intangibile, "TIID" –Pagube Totale intangibile indirecte. În cadrul folderelor de nivel 7, fișierul va conține indicații pentru: "BS" – Baseline – de bază, "Tn" – perioada medie de depășire, "FI" și "Vn" – starea sau versiunea fișierului.

După cum este specificat în capitolul 2.3, informațiile legate de hazardul și riscul la inundații și datele utilizate pentru realizarea hărților au fost transmise pe hard-uri externe în două tranșe de livrare a datelor, una care a inclus toate modelele de hazard și rezultatele, precum și datele de intrare corespunzătoare hazardului. O a doua tranșă de livrare a datelor a inclus toate modelele de risc și rezultatele aferente și o mare parte din datele necesare pentru MMAP, ANAR, ABA-uri și INHGA pentru o analiză ulterioară și pentru implementarea următoarelor cicluri.

3.4. Controlul Calității

Controlul Calității rezultatelor cartografierii riscurilor este realizat în patru etape.

- (1) Validarea inițială a abordării de calcul generale;
- (2) Prima verificare;
- (3) Validarea de către părțile interesate;
- (4) A doua verificare.

Capitolele 3.4.1 - 3.4.4 descriu activitățile de AC pentru aceste etape. Prima etapă de AC este realizată înainte de modelarea riscurilor și pagubelor. Cea de-a doua până la cea de-a patra etapă sunt derulate după modelarea riscurilor și pagubelor și sunt incluse ca perioadă între prima versiune intermediară și rezultatele finale.

3.4.1. Validarea inițială a abordării de calcul generale

A fost validată manual abordarea de calcul. Următoarele activități au fost realizate pentru validarea privind implementarea corectă a abordării de calcul:

- Recalcularea manuală integrală și replicarea rezultatelor. Toate cele patru tipuri de pagube au fost evaluate (pagube directe și indirecte, pagube tangibile și intangibile).
- Recalcularea detaliată a pagubelor directe și pagube indirecte tangibile (inclusiv rezultatele intermediare) a unui obiect selectat aleatoriu în cadrul unui APSFR.
- Recalcularea manuală integrală și validarea vizuală a rezultatelor privind impactul sectorial.
- Construirea unui set de elemente expuse fictive în care sunt prezente toate elementele expuse posibile. Ulterior, pagubele directe și pagubele indirecte tangibile au fost calculate pentru validarea în mod special a corelării dintre elementele expuse și curbele de vulnerabilitate.

- Inspectarea și validarea conceptuală a codului / scriptului de calcul prin validarea comenzilor din script de către alți membrii ai echipei (Alt membru al echipei, diferit de cel care a dezvoltat și a scris codul).
- Inspecția manuală integrală și verificarea utilă a rezultatelor.

Cu acțiunile specificate mai sus, a fost minimizată probabilitatea de apariție a erorilor în cadrul abordării de calcul.

3.4.2. Prima verificare – AC-1, AC-2, AC-3

Au fost finalizate patru sesiuni de AC înainte ca rezultatele preliminare să fie transmise ABA-urilor. AC-1, AC-2 și AC-3 sunt prezentate în acest capitol, iar AC-4 este descrisă în capitolul 3.4.3.

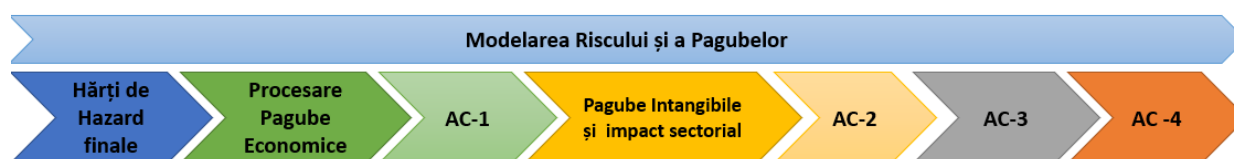


Figura 27 Procesul de AC

- AC-1 se concentrează asupra pagubelor tangibile (directe și indirecte). Este analizată creșterea ponderii pagubelor concomitent cu reducerea probabilităților, precum și dacă pagubele provocate de schimbările climatice depășesc pagubele de bază și este realizată verificarea utilă a celor patru componente ale pagubelor (inclusiv sub-componentelor). Rezultatele sunt introduse într-un fișier Excel.
- AC-2 se concentrează asupra rezultatelor pagubelor intangibile (directe și indirecte) și asupra impactului sectorial. Aceasta verifică din nou dacă rezultatele sporesc odată cu reducerea probabilității aferente rezultatelor. În plus, rezultatele sunt supuse unei verificări utile prin validarea acestora de către opinia de specialitate. Valorile ridicate cu privire la pierderile de vieți omenești (valorile AED de peste 1 deces) sunt de asemenea verificate. Rezultatele sunt introduse într-un fișier Excel.
- AC-3 se concentrează asupra unei verificări utile generale a rezultatelor prin raportare la condițiile locale. Zonele problematice (hotspots) aferente pagubelor și riscurilor sunt sensibile, date fiind condițiile locale? Zonele problematice (hotspots) aferente pagubelor și riscului se modifică din cauza schimbărilor climatice și este acest lucru sensibil? Există locații cu pagube ridicate extreme (peste 1000 euro/m²)? Rezultatele AC sunt raportate în fișele de date aferente modelării riscurilor și pagubelor.

3.4.3. Prima verificare – AC-4

După cele trei etape ale procesului de verificare a calității specificate mai sus, o a patra verificare suplimentară a calității a fost efectuată de către o echipă diferită din cadrul BM. Această verificare a calității a fost efectuată după finalizarea și evaluarea în detaliu a celor cinci rezultate inițiale din cadrul APSFR-urilor pilot, și deci această evaluare a calității s-a concentrat asupra asigurării calității rezultatelor în mod eficient și rapid, pentru a permite punerea la dispoziție a rezultatelor pentru etapele ulterioare ale proiectului.

Această a patra verificare a calității a fost una semi-automată. Acest lucru se datorează numărului mare de fișiere și rezultate care au fost disponibile în scurt timp. Verificarea automată a fost efectuată per APSFR pentru a asigura faptul că toate fișierele necesare au fost generate în formatul corect, având de asemenea și denumirea corectă. Verificarea automată a examinat de asemenea rezultatele principale, asigurând faptul că, de exemplu, pagubele și numărul de elemente afectate cresc proporțional cu gravitatea evenimentelor. Acoperirea cartografierii, precum și proiecția rezultatelor GIS au fost de asemenea evaluate. În cazul în care au fost suspectate rezultate false, a fost efectuată o verificare mai atentă, utilizând metode alternative (față de cele utilizate în cadrul procedurii principale) pentru a calcula pagubele și impactul.

Pentru a monitoriza toate APSFR-urilor și pentru a evalua stadiul procedurii, a fost creat un dashboard. În plus, a fost concepută o listă de verificare pentru Controlul Calității, iar aceasta a fost completată cu diferite aspecte în fiecare APSFR. Acest Control suplimentar al Calității a durat circa 30 de minute per APSFR, cu condiția să nu fie identificate probleme majore. În cazul în care sunt identificate probleme, procedura de Control al Calității a fost mai complexă, însă nu a durat mai mult de 6 ore. Procedura detaliată de control al calității este următoarea:

- După primirea datelor privind un anumit APSFR, au fost efectuate verificări automate pentru a confirma că:
 - Toate câmpurile necesare au fost generate cu numerotarea corectă;
 - Rezultatele privind riscul și hazardul au aceeași extindere;
 - Rezultatele AMC sunt senzitive iar impactul crește proporțional cu severitatea PAD-urilor;
 - Rezultatele DLC sunt senzitive și se încadrează în intervalul preconizat;
 - Nu au fost generate fișiere corupte.
- A fost efectuată o evaluare manuală ulterioară pentru a evalua aspecte care nu pot fi realizate automat.
- Dacă nu au fost identificate rezultate suspicioase, iar validarea este aprobată, rezultatele privind riscurile aferente APSFR-urilor au fost validate și aceste informații au fost incluse în dashboard-ul menționat mai sus.
- Dacă au fost identificate date suspecte, a fost efectuat un calcul alternativ. Acest calcul a fost realizat extrăgând nivelurile apei din centroide și utilizând o foaie de calcul dedicată pentru a calcula rezultatele suspecte folosind o altă metodă. De asemenea, verificările au fost efectuate atât în vizualizatorul web (web-viewer), cât și în GIS.
- Dacă rezultatele suspecte sunt replicate prin intermediul acestei metode alternative, au fost evaluate datele de intrare privind expunerea și/sau hazardul pentru a identifica sursa acestor rezultate suspecte.
- Cu toate acestea, în cadrul acestei faze, dacă motivul pentru apariția datelor suspecte este legat de rezultatele privind expunerea sau hazardul, nu a fost întreprinsă nicio acțiune suplimentară în cadrul AC privind riscurile, deși acestea au fost raportate și comunicate echipelor de modelare.
- Dacă există probleme legate de rezultatele privind riscul, calculul a fost reluat pentru a elimina orice discrepanțe.

Dat fiind faptul că au fost validate rezultatele privind hazardul și date de expunere, precum și că a fost de asemenea validată implementarea completă a rezultatelor privind riscurile, nu este

preconizată identificarea unor probleme majore în cadrul celei de a patra proceduri privind Controlul Calității.

3.4.4. Validarea de către părțile interesate

Rezultatele aferente modelării riscului au fost disponibile în cadrul vizualizatorului web (web-viewer) pentru a fi verificate de către ABA-uri și respectiv părțile interesate relevante de la nivel local. Au fost disponibile următoarele rezultate:

- Pagube Directe Tangibile Totale pentru toate PAD-urile disponibile per APSFR;
- AED pentru scenariul actual și pentru cel privind schimbările climatice.

ABA-urile și părțile interesate relevante, ca și pentru rezultatele aferente cartografierii hazardului, au putut formula comentarii privind rezultatele, evidențiind posibile probleme și aspecte care ar necesita o atenție specială.

3.4.5. A doua verificare

Comentariile au fost revizuite de la caz la caz și au fost întreprinse acțiuni, dacă s-a impus acest lucru. Echipa BM a verificat dacă au fost implementate acțiunile necesare în cadrul rezultatelor finale.

În cazul în care rezultatele au fost supuse celei de a cincea procedură de Controlul Calității și au fost aprobate de către ABA-uri, s-a considerat că rezultatele sunt aprobate integral și deci au fost considerate ca fiind finale.

3.5. Recomandări

1. **Hazard vs. Risc.** Validarea hărților de hazard: ar fi recomandat ca procesele de calcul al hazardului și riscului să fie mai integrate și mai interconectate. Acest lucru se datorează faptului că, în timpul evaluării riscului, au fost găsite unele inconsecvențe în rezultate. Cel mai critic a fost faptul că rezultatele riscului nu creșteau odată cu severitatea evenimentului. În cele mai multe cazuri, acest lucru a fost legat de rezultatele hazardului. Deși a fost întreprins un control intensiv al calității pentru rezultatele și modelele de hazard, evaluarea riscului a amplificat orice problemă. De exemplu, dacă din cauza instabilității unui model de hazard, există o celulă care este inundată, acea celulă poate fi într-un sit de patrimoniu cultural, iar acest lucru poate determina ca rezultatele să nu crească cu severitatea. Trebuie remarcat faptul că activitatea de controlul calității a fost întreprinsă pentru toate categoriile și, prin urmare, problemele au fost identificate des; și că majoritatea problemelor au fost identificate cu rezultatele din ciclul 1. O abordare mai integrată hazard-risc ar facilita identificarea și corectarea problemelor.
2. **Datele privind expunerea.** Se recomandă ca pagubele pentru spațiilor deschise (cum ar fi cimitirele) și a zonelor industriale să fie investigate pe deplin. Categoria spațiilor deschise nu a fost cuprinsă pe deplin de colectarea datelor privind expunerea, dar ar fi recomandată dacă vor fi luate în considerare în implementările viitoare. Acesta este mai ales cazul în care se preconizează pagube semnificative în aceste spații deschise. În ceea ce privește zonele

industriale, starea unora dintre ele este incertă, iar unele pot fi abandonate, și, din cauza contribuției lor mari la pagubele totale în unele APSFR-uri, se recomandă realizarea unui inventar cu informații despre starea acestor zone pentru îmbunătățirea viitoare a modelării pagubelor. De asemenea, ar fi recomandat ca datele privind expunerea să fie complet menținute și actualizate pentru implementări viitoare, cât și în alte scopuri.

3. **Pagubele pentru poduri.** Abordarea generală în evaluarea riscului și a pagubelor este mai puțin adecvată pentru a evalua pagubele asupra podurilor. Se recomandă elaborarea și implementarea unei metodologii de evaluare a pagubelor asupra podurilor în implementările viitoare. Cu toate acestea, o evaluare fiabilă a pagubelor pentru poduri poate fi realizată numai printr-o evaluare personalizată, utilizând specificitățile podurilor și ale râurilor.
4. **Evaluarea pagubelor.** Există mai multe recomandări de luat în considerare în cadrul categoriei de evaluare a pagubelor:
 - a. Pragurile: după cum s-a menționat, în timpul evaluării riscului au fost aplicate unele praguri pentru clădiri, pentru a ține cont de nivelul fundației. De asemenea, un set diferit de praguri a fost aplicat modelelor pluviale datorită naturii modelării. Ar fi recomandat ca pragurile utilizate să fie validate în continuare.
 - b. Curbele de pagubă: ar fi recomandat ca aceste curbe de adâncime-pagube să fie menținute sau actualizate și, de asemenea, ținut cont că pot fi definite noi curbe pentru tipuri suplimentare de clădiri sau de utilizare a terenului.
 - c. Validarea ipotezei pentru clădirile afectate (modelare pluvială): în timpul implementării a fost evident că pagubele în unele modele pluviale au fost extrem de mari și în afara intervalelor așteptate. S-a constatat că acest lucru este cauzat de faptul că deteriorarea unei clădiri a fost luată în considerare pe deplin atunci când doar o porțiune a clădirii a fost atinsă. Pentru a rezolva acest lucru, a fost implementată o nouă abordare mai realistă care să țină seama de faptul că acea clădire este luată în considerare dacă mai mult de 30% din celulele clădirii erau inundate. Această valoare a fost definită printr-o procedură de calibrare. Ar fi recomandat să se efectueze o analiză mai atentă pentru a determina acest prag.
5. **Pierderea de vieți omenești.** Impactul avertizării timpurii a inundațiilor, al evacuării și al planificării riscului la inundații asupra pierderilor de vieți omenești nu a fost evaluat din cauza lipsei de date. Ar fi recomandat ca acest lucru să fie analizat pe deplin și luat în considerare în implementările viitoare. Acest lucru ar putea rezulta într-un număr mai scăzut al deceselor, în special în zonele din aval pentru inundații fluviale.
6. **Risc și Valoarea AED.** Utilizarea a cinci probabilități anuale de depășire ca bază pentru AED oferă o bază solidă pentru analize. În cazul în care sunt luate în considerare probabilități anuale de depășire suplimentare pentru modelarea viitoare, ar fi recomandat să fie adăugate probabilități de depășire mai mari decât p1% (adică T = 33%, 5%, 3% sau 2%), pentru a oferi mai multe informații despre partea inferioară a curbei pagube – probabilitate anuală de depășire.
7. **Modelarea cedării digurilor.** Se recomandă colectarea mai multor date pentru calculele de risc pentru modelarea cedării digurilor. Aceste informații ar viza în principal caracteristicile generale și caracteristicile pentru a sprijini (1) derivarea curbelor de fragilitate și (2) pentru a susține o selecție bazată pe risc a locațiilor breșelor. Acest lucru va permite o evaluare îmbunătățită a riscului, luând în considerare efectele cedării digurilor.

4. Următorii pași

Așa cum a fost menționat, autoritățile române au raportat Hărțile de Hazard și de Risc la Inundații către CE în septembrie 2022 și în prezent, hărțile sunt disponibile pe web-siteul <https://inundatii.ro/portal-harti/> utilizând aplicația Web Viewer pentru public.

Hărțile de Hazard și de Risc la Inundații au fost utilizate pentru elaborarea programelor de măsuri ale PMRI care fac parte din ciclul 2 de implementare a DI (de exemplu, măsuri de prevenire, de protecție, de pregătire, de răspuns și de refacere) și care trebuie raportate de autoritățile române către CE.

HHRI reprezintă un instrument ce poate fi utilizat de către autoritățile române cu rol în managementul riscului la inundații, pentru creșterea gradului de conștientizare a riscului la inundații, pentru dezvoltarea strategiilor integrate de reducere a dezastrelor la diferite niveluri teritoriale, pentru exercițiile de pregătire, răspuns și refacere în caz de inundații etc.

Cunoscând locația, zonele și extinderea afectată de un nivel ridicat al hazardului și riscului, definite și evidențiate în rezultatele produse în cadrul acestui proiect (de exemplu, hărți, rapoarte, fișe descriptive etc.), autoritățile române au putut și vor putea lua decizii fundamentate pentru prioritizarea măsurilor de abordare a riscului la inundații ca parte a PMRI și pentru asigurarea unui management integrat al riscului la inundații.

În plus, noile hărți pot fi utilizate și pentru alte activități cum ar fi pentru actualizarea *Planurilor de Apărare împotriva inundațiilor, ghețurilor, secetei hidrologice, accidentelor la construcții hidrotehnice și poluărilor accidentale* (la nivel bazinal, județean, local).

Noile Hărți de Hazard și de Risc la Inundații vor contribui la îmbunătățirea integrării Managementului Riscului la Inundații în Amenajarea Teritoriului și Urbanism, fiind unul dintre principiile unui Management Integrat al Riscului la Inundații.

În final, Evaluarea Preliminară a Riscului la Inundații (EPRI) din ciclul 3 al DI ar trebui realizată ținând cont de rezultatele obținute în cadrul modelării și cartografierii hazardului și riscului la inundații, iar metodologia de desemnare a APSFR-urilor poate fi, de asemenea, îmbunătățită ținând cont de aceste rezultate.