

INFLUENȚA SCHIMBĂRILOT CLIMATICE ASUPRA MODULUI DE GOSPODĂRIRE AL APELOR METEORICE DE PE VATRA LOCALITĂȚILOR RURALE ȘI URBANE

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat Inginerie Civilă și Instalații

autor ing. COTOARBĂ LILIANA

conducător științific Prof.univ.dr.ing. FLORESCU Constantin

luna: Iunie, anul 2024

Teza de doctorat a fost elaborată pe baza studiilor și cercetărilor efectuate în cadrul Departamentului de Hidrotehnică, Facultatea de Construcții, Universitatea Politehnică Timișoara.

Conținutul tezei este structurat pe 7 capitole dezvoltate pe 212 pagini, cuprinzând 176 figuri și 24 tabele în care sunt prezentate sintetic informații și rezultate originale ale cercetării efectuate, precum și o bibliografie conținând 127 titluri bibliografice reprezentative clasice și actuale.

Tema de cercetare abordată este de foarte mare actualitate, urmărind noile cerințe europene ce prevăd promovarea conceptului de realizare a sistemelor de canalizare de tip separativ, fiind evidențiate următoarele obiective:

- stabilirea unor zone de studiu din mediu rural și urban pentru asigurarea unui sistem centralizat de canalizare pluvială adecvat schimbărilor climatice;
- stabilirea unei relații analitice pentru determinarea intensității ploii de calcul pentru specificul zonelor rurale și urbane din România;
- dimensionarea sistemelor de canalizare pluvială în funcție de frecvențele ploii de calcul recomandate prin SR 1846-2:2007, NP 133/2022 și relația lui F. Reinhold,
- stabilirea unei diagrame pentru determinarea intensității ploii de calcul pentru zona 13, conform STAS 9470-73 cu suprapunerea frecvențelor ploii de calcul $f(1/1)$, $f(1/2)$, $f(1/5)$, $f(1/10)$ și $f(1/30)$ determinate cu relația lui F. Reinhold;
- modelarea sistemelor de canalizare pluvială a zonelor analizate cu programul Mike Urban;
- compararea rezultatelor analitice cu rezultatele obținute în urma modelării;
- suprapunerea situațiilor cu ploi abundente peste sistemele de canalizare pluvială dimensionate conform SR 1846-2:2007 și NP 133/2022,
- identificarea zonelor afectate de schimbările climatice în urma suprapunerii situației excepționale și stabilirea unor soluții tehnice pentru limitarea acestora.

Realizarea obiectivului de bază al programului de cercetare propus s-a efectuat în următoarele etape de lucru:

- documentarea și prezentarea stadiului actual al cercetării privind gestionarea apelor meteorice de pe vatra localităților rurale și urbane;
- dimensionarea sistemelor de canalizare pluvială pentru o zonă rezidențială din mediul rural, o zonă industrială și o parcelă din mediul urban;

- modelarea sistemului de canalizare pluvială pentru zona rezidențială din mediul rural în programul Mike Urban;
- interpretarea rezultatelor în urma calculului analitic și a modelării sistemului de canalizare pluvială pentru zona rezidențială din mediul rural.

În Capitolul 1, **Introducere** se prezintă importanța și oportunitatea temei de cercetare în contextul actual al schimbărilor climatice.

Schimbările climatice sunt fenomene meteorologice naturale, care pot fi lente, derulate pe parcursul unor perioade mari de timp (ere, milenii etc) sau rapide, derulate pe parcursul unor perioade relativ scurte de timp. Aceste fenomene pot influența atât clima cât și vremea planetei.

Sursele de gaze cu efect de seră, provin de la: arderea combustibililor; practicile agricole, emisiile de CH₄ de la digestia animalelor, gestionarea gunoierului de grajd și cultivarea orezului; reducerea suprafețelor împădurite; împrăștierea pe sol a dejectiilor animaliere; incinerarea deșeurilor; apele reziduale neepurate; gazele de ardere de la termocentrale și cele industriale neflorurate.

Urbanizarea este procesul de transformare teritorială, demografică și funcțională a unor orașe sau a unor localități rurale și urbane, prin extinderea teritorială a acestora. Acest proces determină diminuarea spațiilor verzi, reducerea capacității de infiltrare a apelor meteorice în sol și la creșterea concentrațiilor de noxe în aerul atmosferic.

Schimbările climatice alternative, derulate pe parcursul unor perioade relativ scurte de timp pot declanșa fenomene deosebit de periculoase nu numai pentru ființele umane, ci și pentru mediul înconjurător

Efectele schimbărilor climatice influențează modul de gospodărire al apelor meteorice atât în perioada inundațiilor abundente cât și acelei de secetă prelungită.

Secetele prelungite cât și inundațiile periodice conduc la pagube însemnate în agricultură, industrie, energie, gospodărirea apelor și mai ales asupra populației.

Aceste schimbări climatice au făcut ca unele localități pe perioada ploilor abundente să se confrunte cu zone dispuse la un risc mare de inundabilitate, iar în perioadele de secetă prelungită sistemele de apă și canalizare se vor confrunța cu probleme specifice privind acoperirea cerințelor necesare utilizatorilor de apă.

Capitolul 2, **Sisteme de canalizare** prezintă importanța canalizărilor, în care sunt evidențiate caracteristicile apelor de canalizare, condițiile de evacuare, scheme și sisteme de canalizare.

Tot în acest capitol sunt recomandate modalitățile de proiectare ale sistemelor de canalizare.

Aceste metode au la bază normativul NP 133/2022 – Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare ale localităților și STAS-urile în vigoare.

În contextul actual odată cu apariția schimbărilor climatice, sistemele de canalizare pluvială trebuie să se realizeze în sistem separativ.

Obiectivele cercetării țin cont de modul de dezvoltare al zonelor rurale și urbane, privind amenajarea teritoriului și urbanismul în contextul schimbărilor climatice și chiar a fenomenelor extreme.

Aceste obiective pun în valoare modurile de calcul, soluțiile de colectare și înmagazinare a apelor meteorice, în scopul reducerii semnificative a riscurilor de inundabilitate și de poluare a mediului înconjurător.

La baza cercetării stau studiile de caz pentru dimensionarea și modelarea sistemelor centralizate de canalizare pluvială, rezultatele obținute fiind transpuse în grafice și tabele.

Rezultatele obținute conduc la o serie de concluzii care pun în evidență necesitatea alegerii unor sisteme optime pentru eficiența gospodăririi apelor meteorice din localitățile rurale și urbane odată cu schimbările climatice.

Studiile de caz din cadrul temei de cercetare au fost axate pe gestionarea apelor meteorice din cadrul unor zone, specifice localităților rurale și urbane.

În Capitolul 3, **Stadiul actual al gospodăririi apelor meteorice de pe vatra localităților în contextul schimbărilor climatice** se analizează gestionarea apelor meteorice din localitățile din mediul rural și urban.

De-a lungul anilor, dezvoltarea centrelor populate și industriale a determinat o reducere semnificativă a suprafețelor terenurilor agricole, a suprafețelor zonelor verzi, având loc chiar și devieri ale canalelor de desecare.

Efectele urbanizării, se reflectă asupra modului în care trebuie realizată gospodărirea apelor meteorice de pe aceste zone, mai ales în contextul schimbărilor climatice.

Existența din ce în ce mai mare a suprafețelor betonate față de zonele verzi rezultate din ritmul galopant al construcțiilor a făcut posibilă modificarea coeficientului de scurgere al apelor meteorice din zonele urbane și rurale cu creștere de 60% - 70%.

Gospodărirea corectă și eficientă a apelor meteorice reduce semnificativ riscul producerii unor inundații și protejează în cea mai mare măsură apele subterane și de suprafață de poluare și diminuează efectele negative ale acestora asupra calității lor.

Totodată, apele pluviale colectate în rețelele de canalizare constituie o sursă suplimentară și semnificativă de apă care se poate folosi în activități casnice și agricole pe durata secetelor prelungite.

În contextul actual al schimbărilor climatice se impun măsuri pe termen scurt, mediu și lung pentru gestionarea apelor meteorice pentru localitățile din zonele rurale și urbane.

Pentru gospodărirea eficientă a apelor meteorice de pe suprafețele impermeabilizabile și a celor construite sunt necesare măsuri și soluții tehnice adecvate cu privire la modul de colectare și utilizare a acestora.

Aceste soluții și măsuri trebuie să fie prietenoase cu mediul înconjurător implementând conceptul reținerii apei provenite din precipitații la locul de cădere prin metode alternative de control.

Conceptele sustenabile trebuie să se bazeze pe reducerea suprafețelor impermeabile, identificarea și amenajarea traseelor favorabile pentru evacuarea apelor pluviale în cursurile de apă prin aplicarea metodelor de tip ecologic într-un sistem de control secvențial.

Implementarea metodelor alternative cu impact redus asupra mediului de tip infrastructura verde, urmăresc ca obiectiv următoarele:

- folosirea apelor meteorice ca o resursă suplimentară de apă;
- gospodărirea apelor meteorice în apropierea locului căderii acestora;
- managementul apelor de la suprafață cu aplicarea metodelor secvențiale de control al acestora;
- infiltrarea apei pluviale în sol;
- reducerea debitelor prin stocarea apei meteorice în bazine de retenție;
- tratarea apelor meteorice în vederea protecției mediului.

Infiltrarea apelor meteorice în sol reprezintă din punct de vedere ecologic cea mai bună soluție pentru a micșora semnificativ debitele ajunse în stația de epurare și în cursurile de apă.

Soluțiile de infiltrare în sol a apelor provenite din precipitații necesită pentru fiecare caz în parte o decizie individuală care trebuie să țină cont de concentrația substanțelor poluatoare, caracteristicile geotehnice ale solului, nivelul apei subterane precum și procedeul de pretratare a apelor ce urmează a fi infiltrate.

Pentru reducerea debitelor maxime de ape meteorice evacuate în rețeaua de canalizare se propus următoarele măsuri suplimentare:

- reducerea suprafețelor impermeabile;
- realizare de fâșii vegetale umede, uscate, de filtrare;

- acoperișuri verzi;
- pavaje permeabile,
- grădini pentru acumularea apelor meteorice;
- bioretenții;
- iazuri umede și cu retenție extinsă.

Se recomandă ca rețelele de canalizare să fie realizate în sistem separativ.

Gestionarea apelor pluviale de pe domeniul public din cadrul unei localități se asigură de către autoritatea locală în ceea ce privește colectarea, transportul, tratarea, înmagazinarea și evacuarea/folosirea apei convențional curate.

Apele pluviale provenite de pe suprafețele domeniului privat trebuie să fie gestionate în mod independent de către proprietarii parcelelor în funcție de suprafețele și debitele colectate.

Capitolul 4, **Dimensionarea sistemelor de canalizare a apelor meteorice în contextul schimbărilor climatice. Studii de caz**, analizează dezvoltarea a 3 zone prezentate în subcapitolele 4.1, 4.2 și 4.3.

Pentru fiecare zonă studiată, calculul de dimensionare al sistemului de canalizare pluvială a fost efectuat la frecvențele ploii de calcul $f(1/1)$, $f(1/2)$, $f(1/5)$, $f(1/10)$ și $f(1/30)$, conform SR 1846-2:2007, NP 133/2022 și relației lui F. Reinhold.

Frecvența ploii de $f(1/30)$ a fost luată în calcul în urma situației apărute în anul 2010, când precipitațiile au atins o înălțime semnificativă a ploii de $h = 50$ mm pentru o durată a ploii de $t_p = 40$ min.

Diagrama pentru intensitatea ploii din zona 13, prevăzută în STAS-ul 9470-73, aferentă zonelor studiate, nu mai poate oferi valori realiste ale intensităților de calcul în cazul unor situații excepționale.

Pentru determinarea intensității ploii de calcul în situații excepționale, relația lui F. Reinhold, reprezintă o soluție care poate fi adaptată noilor schimbări climatice. Fiecare zonă studiată a fost dimensionată și evaluată din punct de vedere tehnic și economic.

În Capitolul 5, **Modelarea sistemului de canalizare pluvială folosind programul Mike Urban**, se prezintă structura programului Mike Urban și realizarea modelului numeric pentru sistemul de canalizare pluvială descris în subcapitolele 5.1. și 5.2.

MIKE URBAN este utilizat pentru modelarea rețelelor de alimentare cu apă și a sistemelor de canalizare pluvială.

Construirea modelului numeric s-a realizat pe baza ridicărilor topografice efectuate în sistem STEREO 70 pentru zona studiată, identificându-se toate elementele geometrice ale amplasamentului studiat.

Prin modelare rețelei de canalizare pluvială s-a determinat limitarea zonei studiate și condiții de margine ce țin cont de trama stradală.

Pentru rețeaua de canalizare pluvială s-au utilizat pentru fiecare tronson de conductă rugozitățile corespunzătoare materialului conductelor.

Pentru modelul de scurgere s-au utilizat coeficienți de scurgere calculați pentru fiecare sector al tramei stradale în funcție de repartitia trotuarelor, zonelor verzi și a carosabilului.

Modelele numerice din cadrul studiului au la bază ridicarea topografică și condițiile hidrogeologice ale amplasamentului.

De asemenea s-a avut în vedere și structura tramei stradale alcătuită din drum, trotuar și spațiu verde.

Prin aceste studii s-au determinat:

1) Limitarea zonei studiate pentru modelarea ape meteorice în rețeaua de canalizare pluvială cât și în afara acesteia în perioadele cu ploi torențiale

2) Condiții de margine pentru mișcarea apei de pe trama stradală pentru modelul de scurgere și mișcarea apei în rețeaua de canalizare pluvială.

Acste condiții sunt:

- condiții privind curba cheie a precipitațiilor în funcție de timp pentru fiecare perimetru aferent tramelor stradale pentru modelul de scurgere

- condiții privind volumul de apă ce poate fi acumulat în bazinul de retenție în diferite scenarii pentru modelul de mișcare;

- încărcarea rețelei de canalizare cu apele pluviale în căminele de vizitare pentru modelul de mișcare pe baza debitelor pluviale variabile în timp din rezultatele modelului de scurgere

3) Caracteristicile hidraulice ale modelelor studiate

Pentru modelul de scurgere s-au utilizat coeficienți de scurgere calculați pentru fiecare sector al tramei stradale în funcție de repartitia trotuarelor, zonelor verzi și a carosabilului.

Pentru rețeaua de canalizare pluvială s-au utilizat pentru fiecare tronson de conductă rugozitățile corespunzătoare materialului conductelor.

Modelarea hidrodinamicii scurgerii precipitațiilor în rețelele de canalizare pluvială în MIKE URBAN - MOUSE necesită definirea unei rețele MOUSE și crearea unui model MOUSE.

Modelul creat constă din următoarele elemente:

- Noduri (cămine de vizitare, bazin de retenție)

- Conducte circulare.

În acest moment rețeaua de canalizare pluvială este creată ca model MOUSE și se trece la definirea suprafețelor de scurgere a precipitațiilor (Catchment) pentru crearea modelului de scurgere.

În MIKE URBAN, utilizatorul poate pregăti rapid o configurație a modelului de precipitații-scurgere cu nivelul dorit de detaliu și poate utiliza scurgerea calculată ca încărcare a rețelei de colectare.

Trebuie remarcat faptul că, calculele scurgerii și utilizarea ulterioară a acestuia ca sarcină de rețea sunt, în principiu, două etape distincte în procesul de modelare.

Pașii implicați în pregătirea unui model de precipitații-scurgere sunt:

- Definirea bazinelor de captare MIKE URBAN

- Conexiuni de captare, adică specificarea punctului de flux de scurgere în rețea. Dacă acest lucru nu se face înainte de a rula simulările de scurgere, rezultatele calculate nu vor putea fi conectate la rețea.

- Specificarea parametrilor modelului hidrologic

- Definirea precipitațiilor, adică definirea stării de limită a precipitațiilor

- Calcule de scurgere

Suprafețele de scurgere sunt esențiale pentru orice model hidrologic. În MIKE URBAN, întinderea geografică a unui bazin hidrografic este determinată de perimetrul poligonului bazinului hidrografic. În acest model, delimităm zona de captare în sub-bazine mai mici pentru a putea alocă scurgerile generate pe suprafețe în nodurile din rețeaua noastră.

Aceste suprafețe reprezintă ampriza stradală aferente căminelor de vizitare în care se scurg prin intermediul gaigărelor. Aceste suprafețe în funcție de dimensiunile geometrice respectiv repartitia trotuarelor, spațiilor verzi și carosabilului au diferite caracteristici geometrice și hidraulice.

Capitalul 6, **Interpretarea rezultatelor obținute** prezintă calculele analitice efectuate pentru cele 3 zone studiate.

În subcapitolul 6.1, sunt analizate comparativ valorile obținute pentru intensitățile ploii de calcul, debite, diametre, volumele de înmagazinare și valorile de investiție pentru cele 3 zone studiate la frecvențele $f(1/1)$, $f(1/2)$, $f(1/5)$, $f(1/10)$ și $f(1/30)$, conform SR 1846-2:2007, NP 133/2022 și relației lui F. Reinhold.

În subcapitolul 6.2, se prezintă rezultatele modelării cu programul Mike Urban pentru zona rezidențială din mediul rural.

Pentru zona rezidențială din mediul rural, frecvența ploii a fost de $f(1/1)$, conform SR 1846-2:2007.

Odată cu intrarea în vigoare a normativului NP 133/2022 s-a adoptat frecvența normală a ploii de calcul de $f(1/5)$ pentru localități cu populație mai mică de 100.000 locuitori.

Majoritatea rețelelor de canalizare pluviale existente, au fost proiectate și executate pentru frecvența ploii de calcul de $f(1/1)$, conform SR 1846-2:2007.

Odată cu schimbările climatice, apărute în ultima perioadă, este necesară compararea rezultatelor analitice aferente frecvențelor ploii pentru $f(1/1)$, conform SR 1846-2:2007 și $f(1/5)$, conform NP 133/2022 cu situațiile excepționale înregistrate până în prezent pentru zona studiată.

În figura 1, se prezintă diagrama de calcul din zona 13 a României, în care sunt figurate frecvențele ploii pentru $f(1/1)$, $f(1/2)$, $f(1/5)$, $f(1/10)$ și frecvența $f(1/30)$ aferentă, determinată pentru situația excepțională apărută în anul 2010 în zona studiată, din relația lui F. Reinhold.

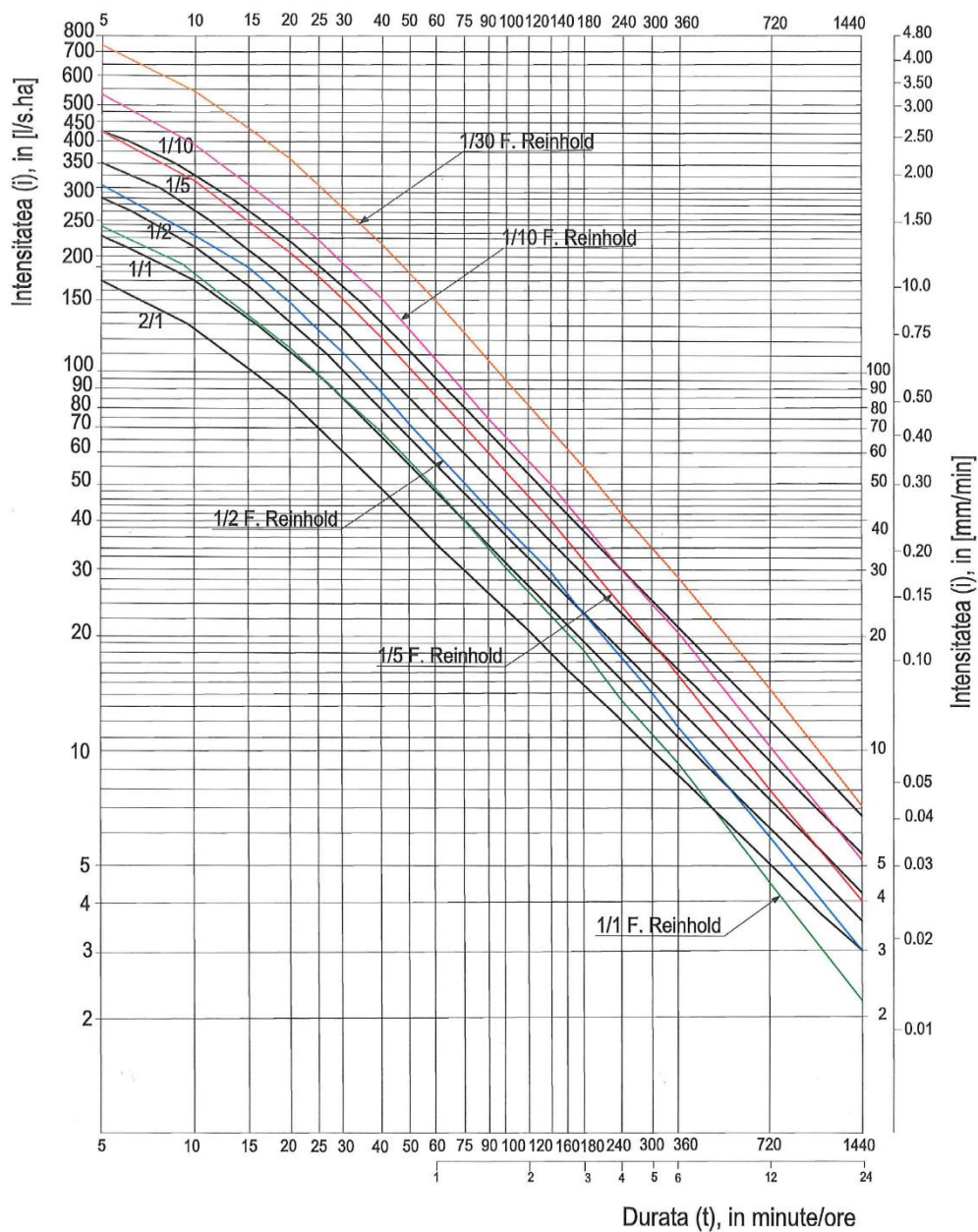


Fig. 1 Diagrama intensității ploii de calcul pentru zona studiată

Relația de calcul a lui F. Reinhold asigură determinarea expeditivă a intensității ploii de calcul, care sunt mai apropiate de situațiile reale apărute în contextul schimbărilor climatice.

În urma modelării sistemului de canalizare pluvială pentru frecvențele $f(1/1)$, $f(1/5)$ și $f(1/30)$, conform SR 1846-2:2007, NP 133/2022 și relației lui F. Reinhold au rezultat unele corecții în ceea ce privește dimensionarea diametrelor.

Compararea rezultatelor calculelor analitice ale sistemului de canalizare pluvială din zona rurală se realizează pentru intensități ale ploii de calcul, debite de calcul, diametre, volumele de înmagazinare, valori ale investiției pentru frecvențele de calcul $f(1/1)$, $f(1/5)$ și $f(1/30)$, conform SR 1846-2:2007, NP 133/2022 și relației lui F. Reinhold.

Tot în acest capitol se analizează suprapunerea unei situații excepționale aferente unei frecvențe a ploii de calcul $f(1/30)$, peste un sistem de canalizare pluvială modelat la frecvența ploii de calcul $f(1/5)$, conform NP 133/2022 și relației lui F. Reinhold.

În Capitolul 7, **Concluzii sunt stabilite concluziile finale** pentru modul de gospodărire al apelor meteorice din localitățile rurale și urbane sub influența schimbărilor climatice.

Contribuțiile personale aduse în cadrul tezei de doctorat: Influența schimbărilor climatice asupra modului de gospodărire al apelor meteorice de pe vatra localităților rurale și urbane constau din:

- analiza modului în care legislația în vigoare pentru canalizarea apelor pluviale din centrele populate se poate aplica în contextul schimbărilor climatice;
- introducerea unei formule de calcul pentru determinarea intensității ploii, adaptată zonei studiate, care se poate aplica cu bune rezultate la toate zonele rurale și urbane din țara noastră, în condițiile noilor schimbări climatice;
- completarea diagramei intensității ploii de calcul pentru zona 13, cu frecvența ploii de $f(1/30)$ aferentă unei situații cu precipitații excepționale apărute în anul 2010 caracteristice schimbărilor climatice;
- studierea modului de gospodărire a apelor pluviale în contextul schimbărilor climatice pentru 3 zone: zona urbană, zona rurală și pentru o parcelă de locuit;
- dimensionarea analitică a sistemelor de canalizare pluvială aferente zonelor studiate pentru frecvențe recomandate în proiectare cu $f(1/1)$ și $f(1/2)$, conform SR 1846-2:2007 și cu $f(1/5)$, $f(1/10)$, conform NP 133/2022;
- modelarea cu ajutorul programului Mike Urban a sistemului de canalizare pluvială din zona rurală studiată;
- analiza comparativă a rezultatelor obținute în urma calculelor analitice și a celor obținute prin modelarea realizată cu programul Mike Urban;
- sinteza rezultatelor comparative obținute din calculele analitice și a celor din modelare, cu efectuarea corecțiilor necesare în urma modelării;
- suprapunerea unei situații excepționale aferente unei frecvențe a ploii de calcul $f(1/30)$, peste un sistem de canalizare pluvială modelat la frecvența ploii de calcul $f(1/5)$, conform NP 133/2022 și relației lui F. Reinhold;
- soluții pentru o bună funcționare a sistemului de canalizare pluvială existentă în cazul situațiilor cu ploi abundente, prin adaptarea unor lucrări de construcții și instalații speciale. În cazul zonei studiate pentru limitarea zonelor inundabile din cadrul sistemelor de canalizare pluvială trebuie prevăzute bazine suplimentare de înmagazinare a apelor, stații de pompare echipate cu un număr suplimentar de pompe care vor funcționa doar în cazuri excepționale.

De asemenea, sunt prezentate contribuțiile personale și perspectivele viitoare de cercetare:

- utilizare modelului prin programul Mike Urban, pentru sistemele de canalizare pluvială existente, în vederea simulării unor situații cu ploi abundente pentru diferite zone de studiu;
- cercetări privind soluțiile adoptate pentru funcționarea acestor sisteme existente de canalizare sub influența schimbărilor climatice,
- adaptarea relației lui F. Reinhold pentru determinarea intensității ploii de calcul pentru toate zonele din România;
- utilizarea studiilor efectuate pentru revizuirea normativelor, și a STAS-urilor existente care în momentul de față se află în dezbatere, pentru a fi adaptate cerințelor actuale impuse de schimbările climatice;
- analiza/expertizarea funcționării sistemelor pluviale de canalizare existente, expuse unor situații excepționale de ploi torențiale, în vederea stabilirii de soluții pentru limitarea zonelor inundabile;
- dezvoltarea în perspectivă, prin studii de caz, a zonelor cu terenuri permeabile;
- valorificarea apelor meteorice pentru îmbogățirea resurselor de apă potabilă, care în contextul schimbărilor climatice/secetelor prelungite vor fi tot mai limitate.

În partea finală a tezei de doctorat este prezentată bibliografia, care cuprinde 127 titluri bibliografice din țară și străinătate, dintre care amintim 24 de titluri de referință semnificative :

[1] Bastian H. W., (2009), Captarea și folosirea în gospodărire a apei din precipitații, M.A.S.T., Editura FEDPRINT, București;

[2] Bica I., (2000), Hidraulică urbană și hidrologie, Editura Matrix Rom, București;

[3] Cotoarbă L., Florescu C., Stăniloiu C., Crețan A., (2018), Assessments regarding the need for collecting, storing and using the meteoric waters from household scans in populated centers, Vol.18, Issue: 3.1, p 109-114, 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconferencence SGEM Scientific Bulletin, Albena, Bulgaria;

[4] Cotoarbă L., Florescu C., Stăniloiu C., Pișleagă M., (2018), Considerations on meteorological water management in localities under the influence of climate change, Vol. 18, Issue: 3.1, p. 137-142, 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconferencence SGEM Scientific Bulletin, Albena , Bulgaria;

[5] Cotoarbă L., Florescu C., Stăniloiu C., (2017), The effect and the influence of climate change on the meteoric water Management in residential and industrial zones, Scientific Bulletin of The Polytechnic University of Timisoara, Transitions on Hydrotechnics, Romania, Volume 62(76), Issue 2, p.10-14;

[6] Cotoarbă L., Florescu C., Bădăluță C., Vișescu M., (2020), Storm – water Management in Industrial Areas in Built-Up Area and Non-Built-Up Areas, 5th Word Multidisciplinary Civil Engineering – Architecture – Urban Planning Symposium, Vol. 960, WMCAUS, 1-5 septembrie, Prague;

[7] Cotoarbă L., Florescu C., Bădăluță M. C., Vișescu M., (2020), Modelling of Storm –water Drainage Systems in Residential Areas, 5th Word Multidisciplinary Civil Engineering – Architecture – Urban Planning Symposium, Vol. 960, WMCAUS, 1-5 septembrie, Prague;

[8] Florescu C., Stăniloiu C., Podoleanu C. E., Mirel I., (2012), Reducing the risk of flooding in areas with high vulnerability with in Timisoara city, Scientific Bulletin of The Politehnica University of Timișoara, Transations on Hidrotechnics, Romania, Tom 57(71), Fascicola 2, p.9-16;

[9] Giurma I., Crăciun I., Giurma C-R., (2009), Hidrologie, Editura Politehniium Iași;

[10] Giurma I., (2004), Hidrologie specială, Editura Politehniium Iași;

[11] Giurconiu M., Jura C., Popa Gh., Mirel I., (1964), Studiul hidraulic și economic al sistemului funcțional format din rețea, bazin de retenție și pompe în canalizarea apelor

meteorice. Institutul Politehnic Timișoara. Comunicările conferinței de Mașini Hidraulice, partea III;

[12] Giurconiu M., Mirel I., Păcurariu M., Popa G., (1977), Diagrame, nomograme și tabele pentru calculul lucrărilor hidroedilitare, Editura Facla;

[13] Haque M. M.I, Rahman A., Samali B., (2016), Evaluation of climate change impacts on rainwater harvesting. Journal of Cleaner Production, Volume 137, November 2016, p. 60-69;

[14] Kainz H., Kauch E. P., Renner H., (2005), Siedlungswasserbau und Abfallwirtschaft, Manz Verlag Schulbuch, Wien;

[15] Kauch E.P., Renner H., Schlachter H., (2000), Siedlungswasserbau 1 – Wasserwensor - gung.7. Aufl., Manz Verlag Schulbuch, Wien;

[16] Mirel I., Achim C., Gârbaciu A., (2007), Considerații cu privire la evacuarea apelor meteorice în zonele cvartalelor de locuințe fără emisari. Lucrările conferinței „Instalații pentru construcții și confort ambiental, Timișoara, p.291-297;

[17] Mirel I., Carabeț A., Virag I., Oncia S., Fazakas P., (1998), Watershed use for meteoric water captation on the area of populous cesntres in the plain regiois, Conferința Internațională Novi Sad, Yugoslavia;

[18] Stăniloiu C., Florescu C., (2012), Possibilities of rain water in households, Scientific Bulletin of The Politehnica University of Timișoara, Transations on Hidrotechnics, Romania, Tom. 57(71), Fascicola 2, p.29-32;

[19] Stăniloiu C., Florescu C., Cotoarbă L., (2020), About the history of sewerage and treatment plants, Scientific Bulletin of The Politehnica University of Timișoara, Transations on Hidrotechnics, Romania, Volume 65(79), Issue 1, p.45-48.

[20] Terêncio D. P. S., Fernandes S. L. F., R. Cortes M. V., Moura J. P., Pacheco F.A. L., (2018), Rainwater harvesting in catchments for agro-forestry uses: A study focused on the balance between sustainability values and storage capacity. Science of The Total Environment, Volumes 613–614, 1 February 2, p.1079-1092;

[21] *** NP 133-2022, Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare a localităților Vol. 2;

[22] *** SR 1846-2:2007, Canalizări exterioare. Prescripții de proiectare. Partea 2: Determinarea debitelor de ape meteorice;

[23] *** SR 8591-1997, Rețele edilitare subterane. Condiții de amplasare;

[24] *** STAS 9470/73. Ploi maxime. Intensități, durate, frecvente;