

INTERNATIONAL CONFERENCE



# Sponge Cities

a solution for  
climate resilience



09.06.2026

Bucharest

## Viiturile rapide în mediul urban. Cauze, procese, impact și măsuri de control

Dr. Ing. Cristian Dinu

Urban Arte Studio

Prof.dr.ing. Radu Drobot

Facultatea de Hidroinginerie și Managementul Resurselor de Apă, UTCB

# CONTEXT: SCHIMBĂRILE CLIMATICE



- Intensificarea fenomenelor extreme este asociată schimbărilor climatice
- Urbanizarea accelerată modifică profund regimul hidrologic
- Creșterea suprafețelor impermeabile conduce la amplificarea scurgerii
- Viiturile urbane rapide reprezintă un risc major pentru orașele moderne

# VIITURILE RAPIDE

- Viitură rapidă = creștere bruscă a debitului/volumului de apă în bazine hidrografice. Timp de răspuns de ordinul orelor sau chiar minutelor;
- Viituri rapide: viituri fluviale; viituri rurale; viituri urbane;
- Viitura rapidă urbană (urban flash flood) urbană reprezintă o creștere bruscă a scurgerii în mediul urban:
  - Este generată de precipitații intense pe durate scurte;
  - Timp de răspuns: minute până la câteva ore;
  - Caracter local și dificil de anticipat.

# VIITURILE RAPIDE URBANE

- Generare locală
  - nu depind neapărat de un curs de apă;
- Dominanța scurgerii de suprafață
  - infiltrație redusă;
- Control parțial prin infrastructură
  - rețele pluviale, guri de scurgere;
- Caracter puternic spațial (localizat)
  - afectează cartiere/zone punctuale.

## Indicatori specifici

- Timp de concentrare mic  
< 30 minute (max 1–2 ore )
- coeficient de scurgere mare  
 $C > 0.7$
- hidrograf: creștere foarte abruptă
- rol critic al curbelor **IDF**

# DIFERENȚA FAȚĂ DE ALTE TIPURI DE VIITURI (VIITURI RURALE)

Caracteristică	Urban flash flood	Viitură rurală
Suprafață	puternic urbanizată	naturală / agricolă
Infiltrație	foarte redusă	moderată / ridicată
Coeficient de scurgere	mare (0.7–0.95)	mai mic (0.2–0.5)
Timp de concentrare	foarte mic	mai mare
Control	rețea de canalizare	processe naturale
Rolul solului	minor	esențial

**În mediul rural, solul „amortizează” viitura; în urban, acest rol este practic eliminat.**

# DIFERENȚA FAȚĂ DE ALTE TIPURI DE VIITURI (VIITURI FLUVIALE)

Caracteristică	Urban flash flood	Viitură fluvială
Scara spațială	mică (cartier, oraș)	mare (bazin hidrografic)
Timp de evoluție	minute–ore	ore–zile
Cauză principală	ploi intense locale	precipitații pe scară largă / topire zăpadă
Propagare	foarte rapidă, locală	undă de viitură pe râu
Predicție	dificilă	relativ mai ușor de anticipat
Impact tipic	infrastructură urbană	lunci, diguri, zone extinse

**Viiturile fluviale sunt „evenimente la scara bazinului hidrografic”, în timp ce viiturile urbane rapide sunt „evenimente locale de intensitate mare”.**

# DIFERENȚA CONCEPTUALĂ FAȚĂ DE ALTE TIPURI DE VIITURI

- Viitura rurală → proces hidrologic natural (ploaie–scurgere);
- Viitura fluvială → proces hidraulic de propagare pe un curs de apă;
- Urban flash flood → proces hibrid:
  - hidrologic (ploaie–scurgere rapidă);
  - hidraulic (capacitate rețea, refulare, acumulare).
- **Viitură urbană rapidă** – evidențiată ca fenomen critic;
- **Viitură rurală** – control natural (sol, infiltrație);
- **Viitură fluvială** – proces de propagare la scară mare.

**Viiturile fluviale sunt „evenimente la scara bazinului hidrografic”, în timp ce Viiturile urbane rapide sunt „evenimente locale de intensitate mare”.**

# SCHEMĂ CONCEPTUALĂ – VIITURI RAPIDE ÎN MEDIUL URBAN

Precipitații intense

Scurgere rapidă  
(impermeabilizare ↑)

Rețea de drenaj

Capacitate depășită

Refulare + acumulare

Viitură urbană rapidă

Impact:  
Infrastructură +  
populație

## Factori de amplificare

- Impermeabilizare ridicată (coeficient de scurgere mare);
- Timp de concentrare foarte mic;
- Rețele subdimensionate (IDF depășite);
- Colmatare / întreținere deficitară;
- Microrelief urban nefavorabil.

## Factori de atenuare

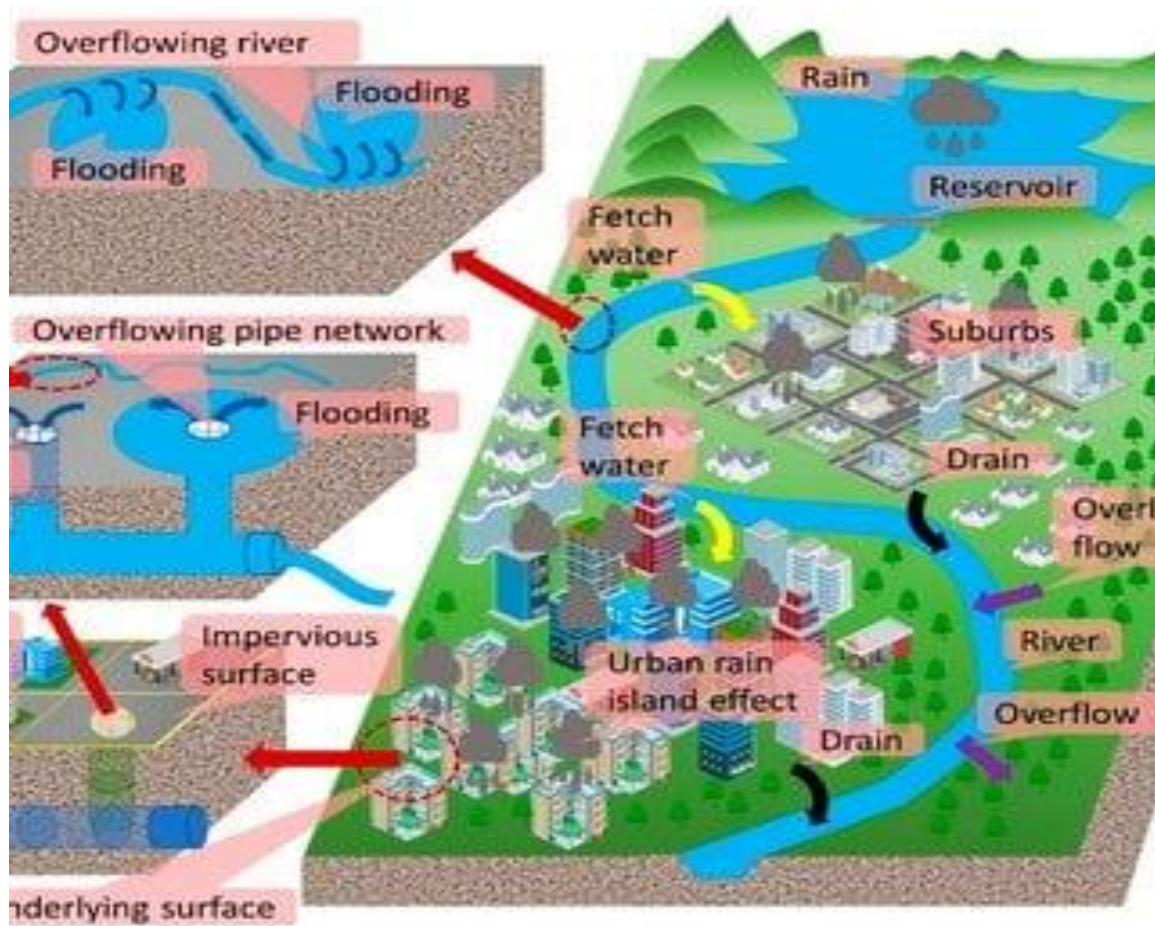
- Infrastructură verde (SUDS);
- Bazine de retenție/detenție;
- Pavaje permeabile;
- Acoperișuri verzi;
- Sisteme de avertizare.

# CAUZE ȘI FACTORI FAVORIZANȚI

## Cauze naturale

- Ploi convective de mare intensitate (averse);
- Durate reduse (5-60 minute);
- Intensități mari (curbe IDF);
- Distribuție spațială neuniformă;
- Posibile efecte de tip Hurst (tendențe ale extremelor);
- Depășirea cotei malurilor (viituri riverane provenite din amonte).

# CAUZE ȘI FACTORI FAVORIZANȚI



## Cauze antropice

- Perturbarea ciclului hidrologic natural prin impermeabilizare excesivă (beton, asfalt, acoperișuri):
  - Reducerea infiltrației;
  - Creșterea coeficientului de scurgere;
  - Modificarea bilanțului hidrologic;
- Subdimensionarea rețelei de canalizare și depășirea capacității la ploi torențiale;
- Extinderea zonelor urbane și înglobarea localităților limitrofe;
- Schimbări climatice.

# EXEMPLU: PLOAIE–SCURGERE ÎN MEDIUL URBAN

- Suprafața bazinului: **A = 12 ha**
- Intensitatea ploii: **i = 90 mm/h**
- Durata: **t = 15 min**
- Utilizare teren:
  - 50% suprafețe impermeabile
  - 30% acoperișuri
  - 20% spații verzi

## Coeficient mediu de scurgere

$$C = 0.50 \cdot 0.90 + 0.30 \cdot 0.95 + 0.20 \cdot 0.25 = 0.79$$

## Debit maxim (metoda rațională)

$$Q_{max} = 0.00278 \cdot C \cdot i \cdot A$$
$$Q_{max} = 0.00278 \cdot 0.79 \cdot 90 \cdot 12 \approx \mathbf{2.36 \text{ m}^3/\text{s}}$$

## Volum de scurgere

$$h_p = 22.5 \text{ mm}; h_s = 0.79 \cdot 22.5 = 17.7 \text{ mm}$$
$$V \approx \mathbf{2120 \text{ m}^3}$$

## Concluzii

- Răspuns hidrologic **foarte rapid**;
- Debit semnificativ pentru o suprafață mica;
- Rol critic al **impermeabilizării**.

# REȚEA DE CANALIZARE NEADAPTATĂ LA CONDIȚIILE ACTUALE

- Rețea de canalizare dimensionată la alte cerințe (1:1 - 1:3);
- Subdimensionare ca urmare a utilizării unor curbe IDF neactualizate (STAS 9470-73);
- Colmatarea gurilor de scurgere, întreținere deficitară;
- Funcționare limitată în regim de ploi intense;
- Sistem mixt (apă uzată + pluvială).

# MORFOLOGIA URBANĂ

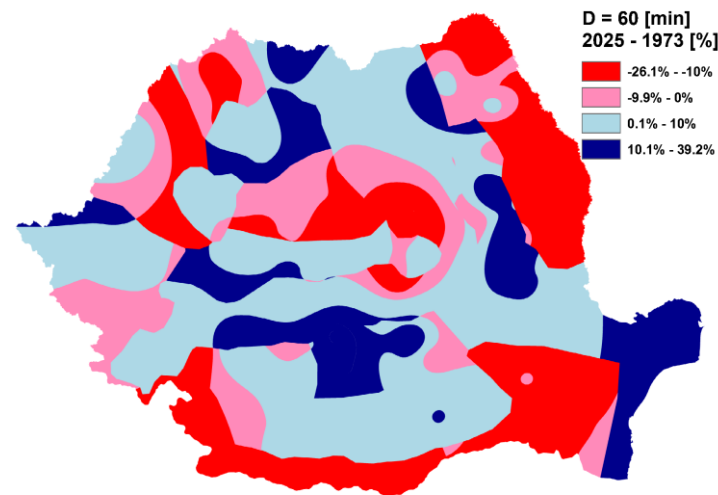
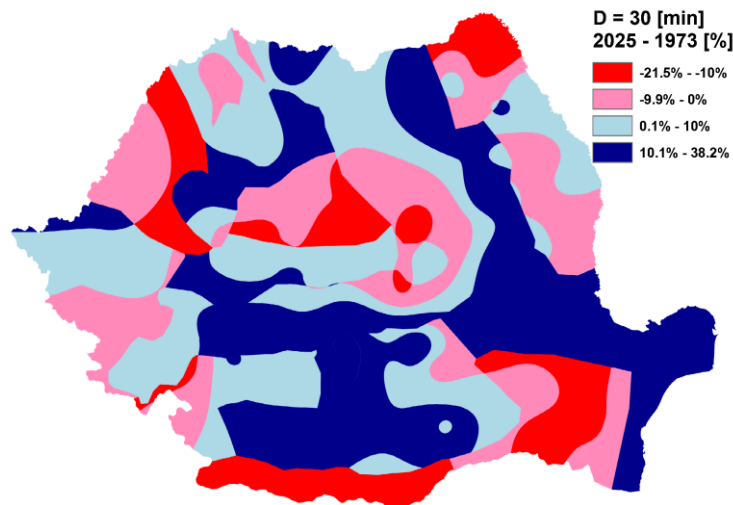
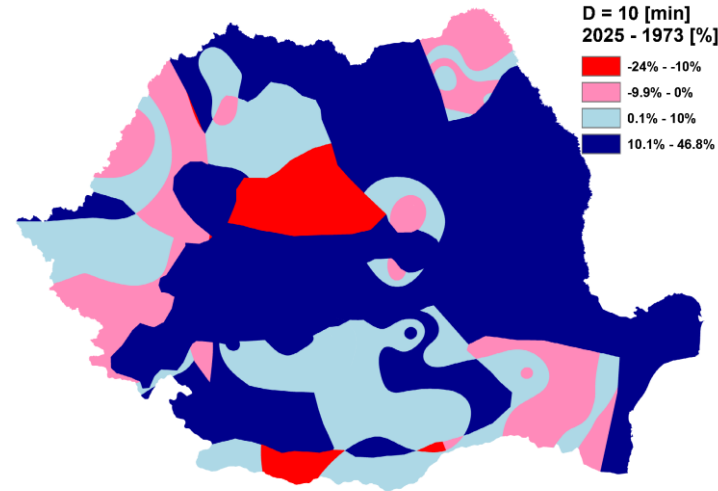
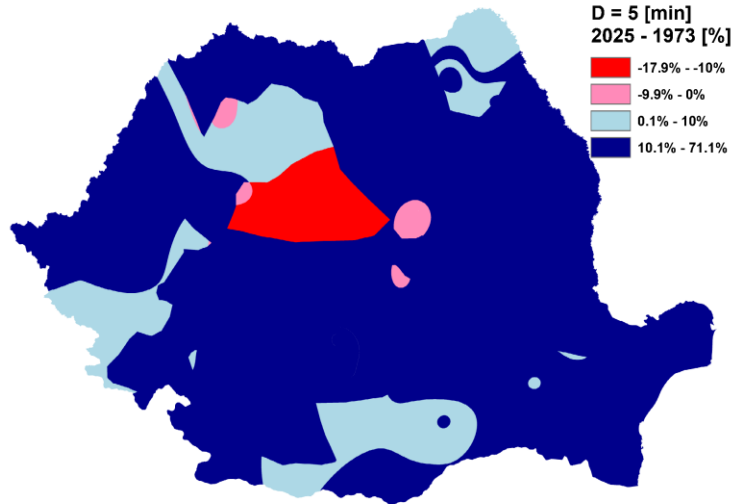


- Zone joase în care linia piezometrică depășește cota terenului;
- Depresiuni locale (Microrelief urban);
- Efect de „canalizare” artificială pe străzi (străzile reprezintă rețea de canalizare majoră);
- Lipsa zonelor de retenție naturală.

# SCHIMBĂRI CLIMATICE

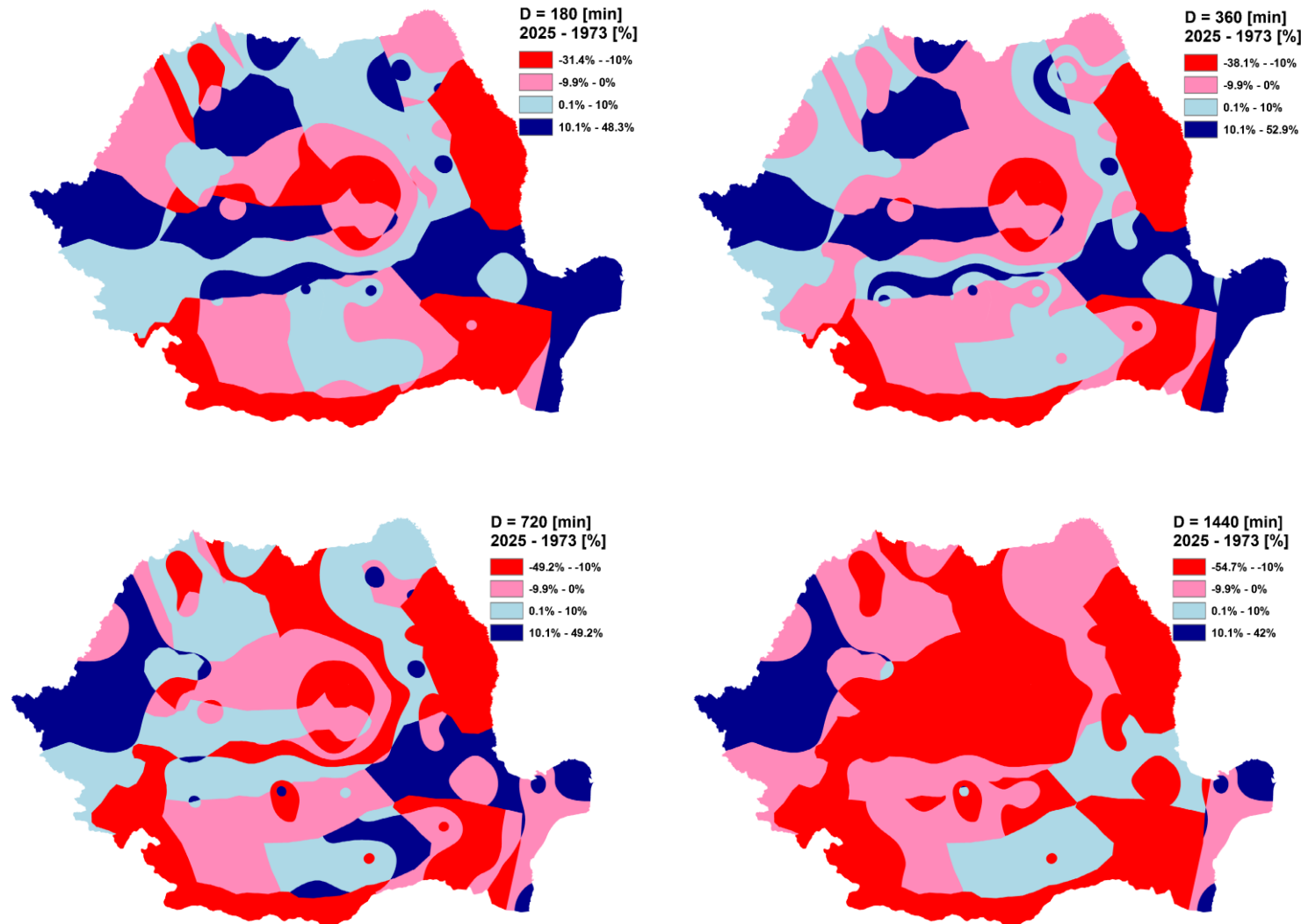
- Creșterea frecvenței ploilor extreme;
- Intensificarea evenimentelor intense de scurtă durată;
- Incertitudine în estimarea extremelor;
- Necesitatea actualizării datelor hidrologice;
- Pentru a evalua influența schimbărilor climatice asupra regimurilor de precipitații, seturi de date raster corespunzătoare regionalizărilor din 2025 și 1973 au fost analizate comparativ pe mai multe durate de precipitații (Sîrbu et al, 2025);
- Diferențele procentuale calculate indică o intensificare pronunțată a evenimentelor de precipitații de scurtă durată, în special în intervalul de 5 până la 10 minute.

# SCHIMBĂRI CLIMATICE



- Pentru o durată a ploii de 5 minute, au rezultat creșteri între 10% și 71%, în timp ce pentru durată de 10 minute creșterile sunt cuprinse între 10% și 46,8%.
- Pentru durate de 30-60 de minute, distribuțiile spațiale ale modificărilor sunt mai eterogene, cu proporții relativ echilibrate între zonele care prezintă creșteri și cele cu scăderi ale precipitațiilor.

# SCHIMBĂRI CLIMATICE

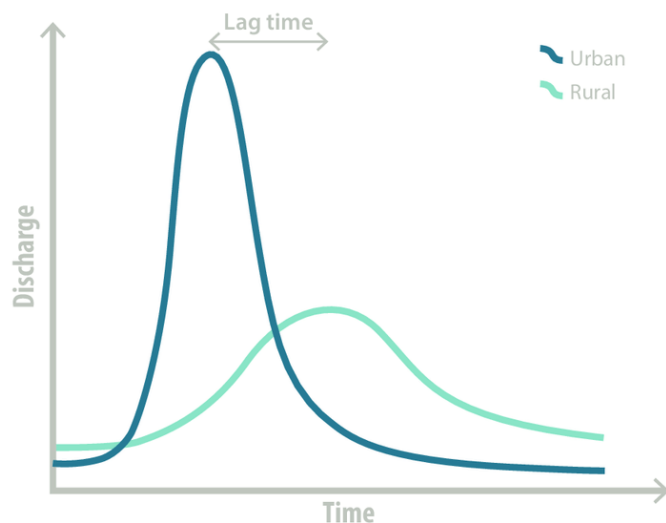


- Pentru durate mai lungi, de 180–360 de minute, predomină modificările procentuale negative, ceea ce indică trecerea către o valoare mai redusă a stratului precipitat total.
- Pentru durate de 720 și 1440 de minute tendințele de scădere sunt dominante, indicând o scădere generală a volumului total de precipitații pentru evenimente de amploare zilnică sau aproape zilnică.

# PROCESE HIDROLOGICE SPECIFICE

- Pierderi reduse prin infiltrație;
- Intercepție nesemnificativă;
- Conversie rapidă în scurgere de suprafață - Răspuns aproape instantaneu - Timp de concentrare foarte mic - Creștere rapidă a debitului - Durată scurtă a viiturii;
- Hidrograf „ascuțit” (peak ridicat) - Comportament „flashy”.

# HIDROGRAFUL URBAN



- **Timpul de concentrare** - definit ca timpul necesar pentru ca apa să ajungă în secțiunea de control:

- În mediul urban: valori foarte mici;
- Influențează alegerea intensității ploii.

Author	Equation
Williams (1922)	$T_c = 0.272 \cdot \frac{L_c A^{0.4}}{(D \cdot S_c^{0.2})}$
Kirpich (1940)	$T_c = 0.066 \cdot \left( \frac{L_c}{\sqrt{S_c}} \right)^{0.77}$
Chow (1962)	$T_c = 0.000003035 \cdot \left( \frac{L_c}{\sqrt{S_c}} \right)^{0.64}$
Kennedy and Watt (1967)	$T_c = 0.397 \cdot \left( \frac{L_c}{\sqrt{S_c}} \right)^{0.75} ST^{1.3}$
Watt and Chow (1985)	$T_c = 0.0014 \cdot \left( \frac{L_c}{\sqrt{S_c}} \right)^{0.79}$
NRCS Velocity Method (1986)	$T_c = T_{sheet} + T_{shallow} + T_{channel} ; T_{sheet} = \frac{0.0018 L_{sheet}^{0.6} \cdot n^{0.6}}{i^{0.4} \cdot S_w^{0.3}} ; T_{shallow} = \frac{L_{shallow}}{3.6C\sqrt{S_w}} ; T_{channel} = \frac{0.44 \cdot L_c \cdot n^{0.75}}{i^{0.25} A^{0.125} \cdot S_c^{0.375}}$
Haktanir and Sezen (1990)	$T_c = 0.734 \cdot L_c^{0.841}$
Arizona DOT (1993)	$T_c = 0.00031 \cdot A^{0.1} L^{0.25} L_{ca}^{0.25} S_w^{-0.2}$
Sharifi and Razaz (2014)	$T_c = 0.39\sqrt{A} + DD^2$

# ROLUL CURBELOR IDF

- Element esențial în proiectarea rețelei de canalizare;
- Stabilesc legătura dintre Intensitate-Durată-Frecvență;
- Riscuri dacă se utilizează date istorice (STAS 9470/73);
- Importanța curbelor IDF actualizate;
- Necesitatea actualizării periodice;
- Sensibilitate ridicată la schimbările climatice.

# PROCESE PLOAIE–SCURGERE ÎN ZONELE URBANE

- Pierderi reduse datorită impermeabilizării excesive;
- Debite maxime mari;
- Transferul scurgerii către rețeaua de canalizare;
- Rețeaua de canalizare (rețeaua minoră);
- Capacitate limitată;
- Interacțiune rețea stradală–rețea de canalizare;
- Scurgere pe rețeaua stradală (rețeaua majoră);
- Efect de refulare (backwater);
- Apariția acumulărilor locale.

# EFECTE ȘI IMPACT

## Impact asupra infrastructurii

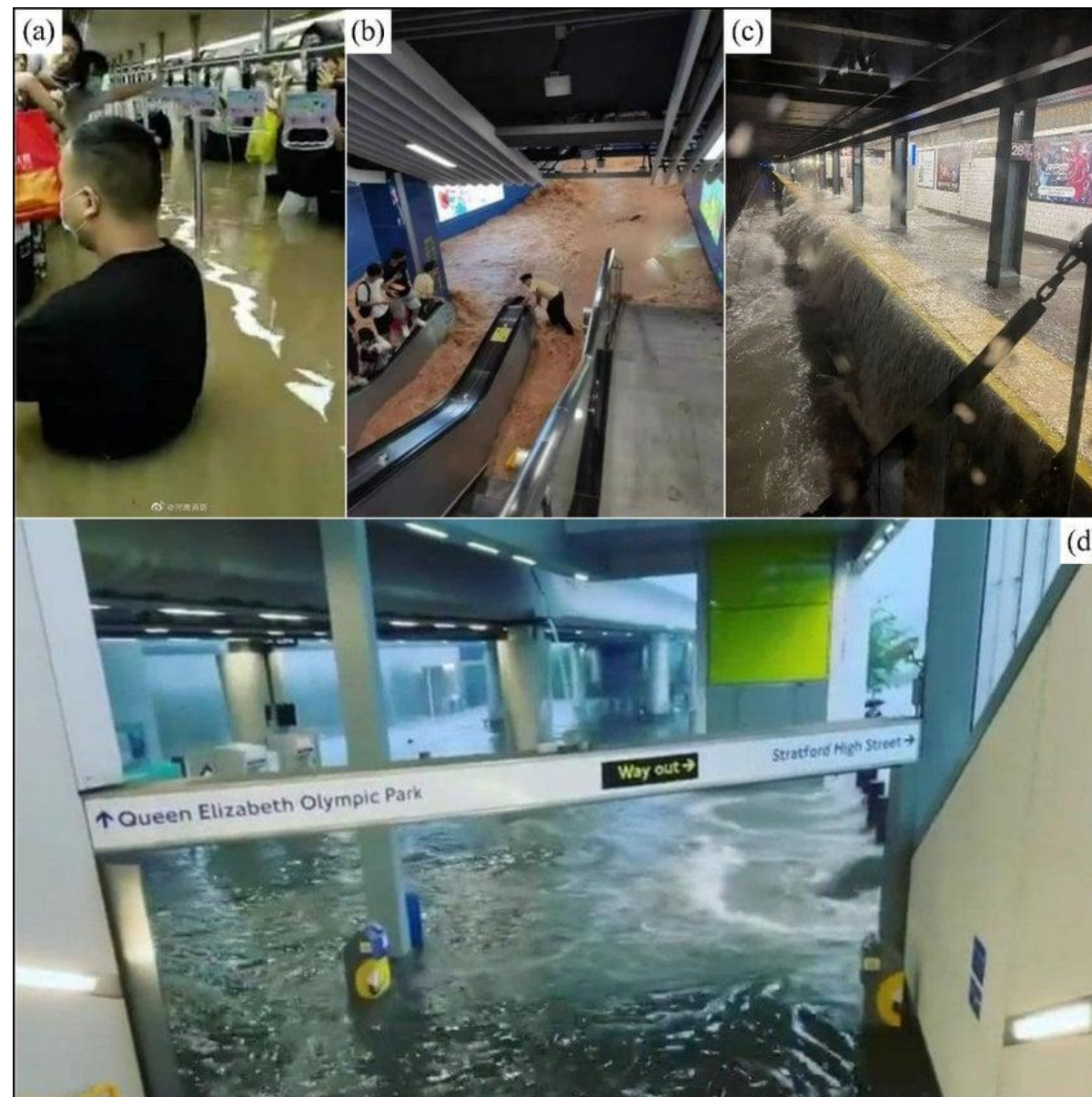
- Inundarea străzilor;
- Drumuri, subsoluri, rețele edilitare;
- Perturbarea traficului;
- Deteriorarea rețelelor edilitare.



# EFECTE ȘI IMPACT

## Riscuri pentru populație

- Viteze mari ale apei;
- Instabilitate pentru pietoni (Viteză mare + adâncime redusă → pericol);
- Concept de hazard:  $h \times v$ ;
- Risc pentru vehicule;
- Pericol în spații subterane.



# EFECTE ȘI IMPACT

## Impact economic

- Costuri directe (pagube materiale);
- Costuri indirecte (întreruperi de activitate);
- Necesitatea investițiilor suplimentare;
- Creșterea vulnerabilității urbane;

## Impact asupra mediului

- Transport de poluanți;
- Poluare (rețele mixte);
- Suprasarcină a sistemelor de epurare;
- Contaminarea apelor de suprafață;
- Degradarea mediului urban.

# METODE DE ANALIZĂ ȘI MODELARE

## Modele hidrologice

- Modele conceptuale;
- Modele distribuite;
- Scop: simularea procesului ploaie-scurgere;
- Parametri specifici mediului urban;
- Calibrare, validare.

## Modele hidraulice

- Modele 1D și 2D;
- Simularea scurgerii în rețele;
- Simularea inundării suprafețelor;
- Ecuațiile Saint-Venant;
- Calibrare, validare.

## DATE NECESARE

- Precipitații (curbe IDF);
- Topografie (LiDAR);
- Caracteristici ale bazinului;
- Rețele de canalizare.

## INDICATORI DE PERFORMANȚĂ

- Coeficientul Nash–Sutcliffe;
- Coeficientul de determinare  $R^2$ ;
- Analiza erorilor;
- Validarea modelelor.

# MĂSURI DE CONTROL ȘI ADAPTARE

# CONTROL LA SURSĂ

## Măsuri clasice

- Extinderea rețelelor de canalizare;
- Bazine de retenție;
- Bazine de detenție;
- Regularizarea scurgerii.

- Reducerea scurgerii inițiale / volumului inițial;
- Creșterea infiltrației;
- Reținerea apei la nivel local;
- Management descentralizat.

# MĂSURI DE CONTROL ȘI ADAPTARE

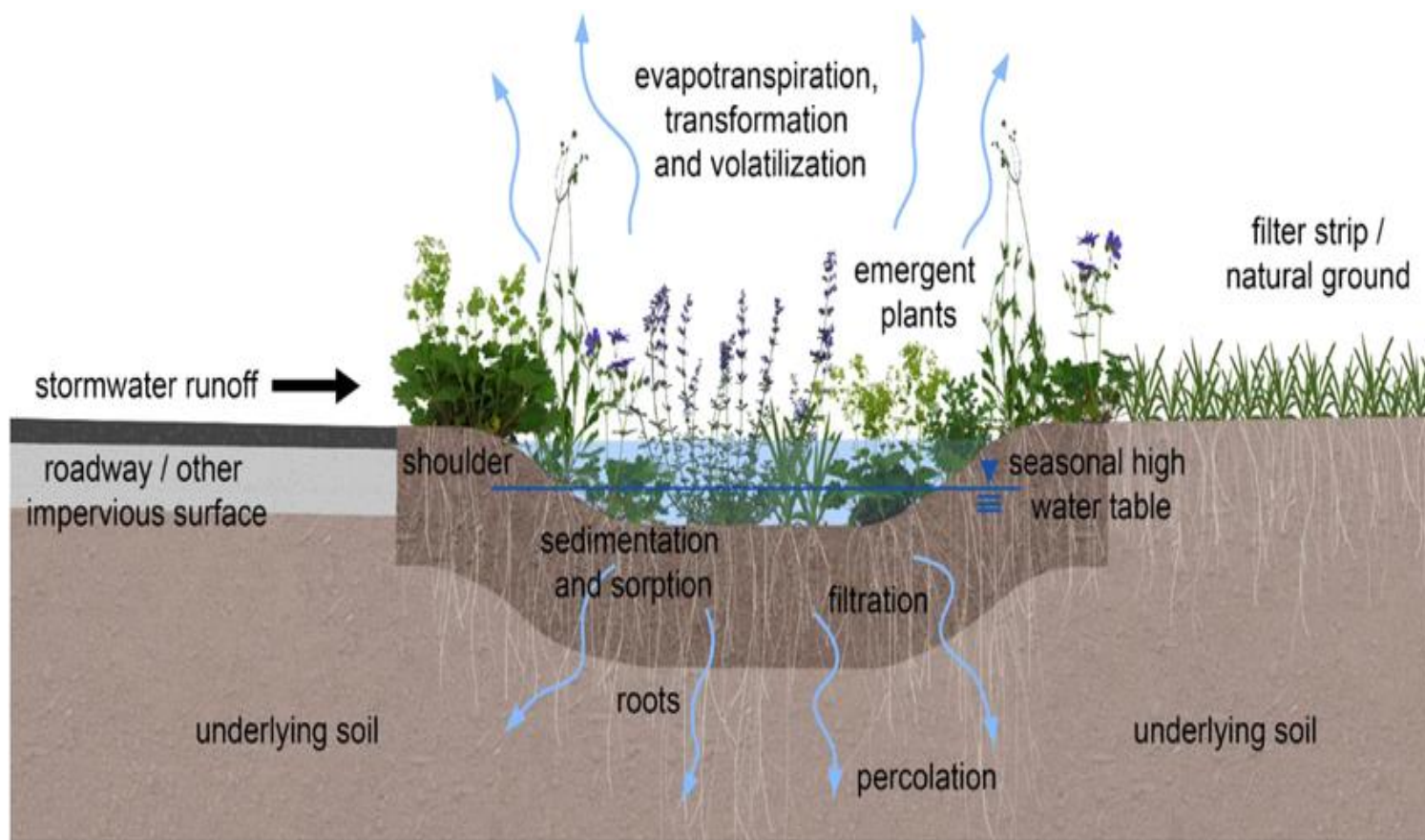
## Soluții verzi



- Acoperișuri verzi;
- Zone de infiltrație.

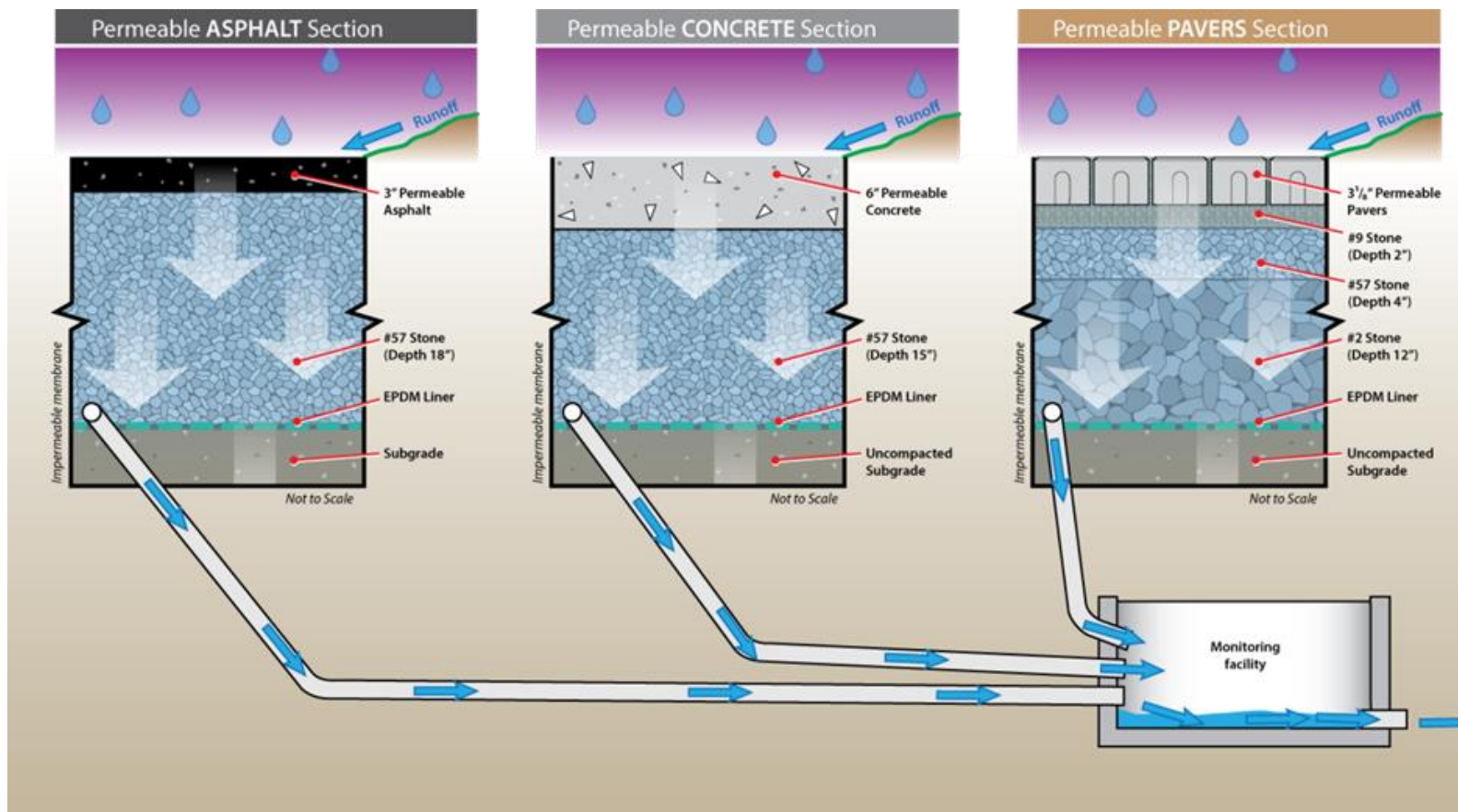
# MĂSURI DE CONTROL ȘI ADAPTARE

## Rigole cu vegetație



# MĂSURI DE CONTROL ȘI ADAPTARE

## Trotuare permeabile



## MANAGEMENT INTEGRAT

- Concept „Sponge City”;
- Integrarea infrastructurii verzi;
- Planificare urbană adaptată;
- Abordare multidisciplinară;

## SISTEME DE AVERTIZARE

- Avertizare timpurie;
- Monitorizare în timp real;
- Prognoză pe termen scurt;
- Sisteme de alarmare;
- Management operațional.

# SOLUȚII DE CONTROL ȘI REDUCERE A RISCULUI

- Soluțiile clasice de tip Sponge City, bazate pe infiltrarea și stocarea apei la nivel local, sunt dificil de implementat în orașele cu relief în pantă și timp scurt de concentrare a apelor pluviale.
- O strategie mai eficientă constă în utilizarea rezervoarelor urbane subterane de mare capacitate în părțile joase ale orașului pentru a gestiona volumele mari de apă rezultate din ploi extreme.
- Este esențială monitorizarea regulată a situațiilor de precipitații și dezvoltarea de sisteme de avertizare și prognoză timpurie, coroborată cu investiții în infrastructura de canalizare urbană.
- Pe lângă măsurile structurale, adoptarea unor politici de infrastructură verde reprezintă o completare importantă în strategia de control.

# STUDII DE CAZ

- Rupere de nori la **Copenhaga** (2011) -  
**Schimbare de paradigmă:** de la rețea de canalizare dimensionată statistic la **planificare urbană adaptativă, multi-strat** (subteran + suprafață).
- **Londra;**
- **Paris;**
- **București** – Inundații rapide.

# COPENHAGA CLOUDBURST (2 IULIE 2011)



Cel mai citat exemplu european de integrare a conceptului de „**sponge city**” / oraș rezilient la ploi extreme.

## Context meteorologic

- Eveniment convectiv extrem, de tip cloudburst, caracterizat prin intensități foarte mari pe durate scurte.
- Aproximativ 135–150 mm în ~2 ore, cu intensități orare ce depășesc frecvent 50–60 mm/h.
- Frecvență estimată 1:100 ani (în unele analize chiar 1:500 (1:1000))
- Sistem convectiv staționar, alimentat de aer cald și umed, blocat de configurația sinoptică regională.

# COPENHAGA CLOUDBURST (2 IULIE 2011)

## Mecanism hidrologic

- Depășirea rapidă a capacității sistemului de canalizare (dimensionat pentru frecvența 1:5 – 1:10 ani).
- Intrare sub presiune (flow surcharge) → refulare prin guri de scurgere și cămine.
- Transformare rapidă a străzilor în canale de scurgere preferențiale (overland flow routing).
- Infiltrația urbană limitată (grad mare de impermeabilizare).
- Apariția unor micro-bazine urbane cu acumulări rapide în zone joase (depresiuni topografice urbane).

# COPENHAGA CLOUDBURST (2 IULIE 2011)

## Impact

- Pagube totale estimate: ~ 800 milioane – 1 miliard € (unul dintre cele mai costisitoare evenimente din istoria Danemarcei).
- Inundarea a zeci de mii de subsoluri.
- Blocarea transportului (drumuri, metrou, infrastructură critică).
- Afectarea severă a rețelelor electrice și IT (servere, centre de date inundate).
- Impact semnificativ asupra serviciilor urbane esențiale

# COPENHAGA CLOUDBURST (2 IULIE 2011)

## Aspecte tehnice relevante

- Sistemele clasice de canalizare (separate sau unitare) sunt insuficiente pentru evenimente extreme convective.
- Lipsa unor căi dedicate de scurgere la suprafață (blue-green corridors) a amplificat hazardul.
- Vulnerabilitatea ridicată a subsolurilor (intrări de apă prin refulare și infiltrații laterale).
- Interdependența critică între canalizarea urbană și infrastructura energetică/digitală.
- Necesitatea abordării integrate: 1D (rețea) + 2D (scurgere de suprafață)

# COPENHAGA CLOUDBURST (2 IULIE 2011)

## Lecții tehnice învățate

- Introducerea conceptului de Cloudburst Management Plan în Copenhaga: reconfigurarea spațiului urban pentru a permite dirijarea controlată a scurgerii la suprafață; străzi proiectate cu rol de canale temporare de evacuare a apei (dual use infrastructure).
- Dezvoltarea masivă a soluțiilor SUDS / LID / NbS: bazine de retenție urbane, parcuri inundabile, acoperișuri verzi, suprafețe permeabile
- Proiectare pe baza unor scenarii extreme (1:100 – 1:200 ani), nu doar pentru ploi frecvente.
- Integrarea modelării hidrodinamice cuplate (1D–2D) în planificare.
- Trecerea de la paradigma „evacuare rapidă” la „gestionare controlată a apei în oraș”

# LONDRA – VIITURĂ URBANĂ RAPIDĂ (IULIE 2021)



## Context meteorologic

- Eveniment: 25 iulie 2021;
- Precipitații: ~40–50 mm în <2 ore;
- Tip: ploaie convectivă intensă;

## Lecții învățate

- Necesitatea extinderii capacității;
- Importanța soluțiilor verzi;
- Necesitatea adaptării la noile curbe IDF.

## Mecanism hidrologic

- Supraîncărcarea rețelei de canalizare (sistem mixt);
- Refulări din canalizare → inundare de suprafață;
- Scurgere rapidă pe străzi → acumulări locale;

## Impact

- Inundarea a peste 1000 locuințe;
- Stații de metrou (ex. Victoria, Sloane Square) inundate;
- Trafic blocat, vehicule avariate;
- Evacuări de urgență;

## Aspecte tehnice relevante

- Sistem combinat → vulnerabil la ploi intense;
- Subdimensionare pentru evenimente extreme actuale;
- Lipsa retenției locale.

# PARIS – VIITURI URBANE PLUVIALE (2016, 2018)



## Context meteorologic

- Evenimente repetate (2016, 2018);
- Precipitații intense pe durate scurte;
- Suprapunere cu niveluri ridicate ale Senei (în unele cazuri);

## Lecții învățate

- Modernizarea rețelei de canalizare;
- Integrarea soluțiilor SUDS;
- Management integrat pluvial–fluvial.

## Mecanism hidrologic

- Rețea de canalizare mixtă → supraîncărcare;
- Refulare și acumulare în zone joase;
- Interacțiuni pluvial–fluvial (în anumite episoade);

## Impact

- Inundarea străzilor și subsolurilor;
- Afectarea rețelei de metrou;
- Întreruperi în transportul urban;
- Pagube economice semnificative;

## Aspecte tehnice relevante

- Sistem vechi, parțial depășit;
- Sensibilitate ridicată la evenimente de scurtă durată;
- Conectivitate ridicată între rețele.

# BUCUREȘTI – VIITURI URBANE RAPIDE FRECVENTE



## Context meteorologic

- Evenimente frecvente (ex. 2019, 2020, 2023);
- Ploi convective intense (20–50 mm în mai puțin de 1 oră);

## Lecții învățate

- Actualizarea curbelor IDF (INS 2025);
- Introducerea soluțiilor de retenție locală;
- Îmbunătățirea mentenanței rețelei;

## Mecanism hidrologic

- Depășirea capacității rețelei pluviale;
- Colmatarea gurilor de scurgere;
- Scurgere concentrată pe artere majore;

## Impact

- Inundarea intersecțiilor;
- Blocaje în traffic;
- Avarii la vehicule;
- Inundarea subsolurilor și parcărilor;

## Aspecte tehnice relevante

- Rețea dimensionată pe baza unor standarde vechi;
- Întreținere variabilă;
- Lipsa infrastructurii verzi.

# TULCEA – STUDIU DE CAZ

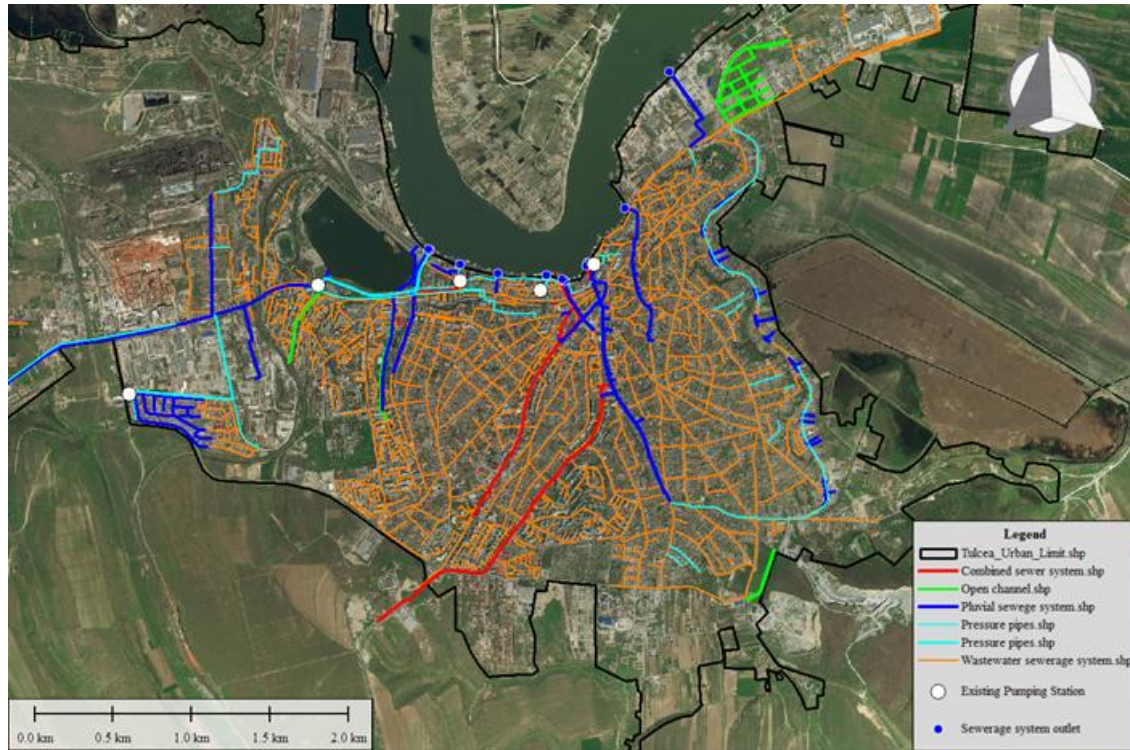
13 septembrie 2013 – ploaie torențială caracterizată printr-o durată de 1h25' și o precipitație totală de 67,8 mm.



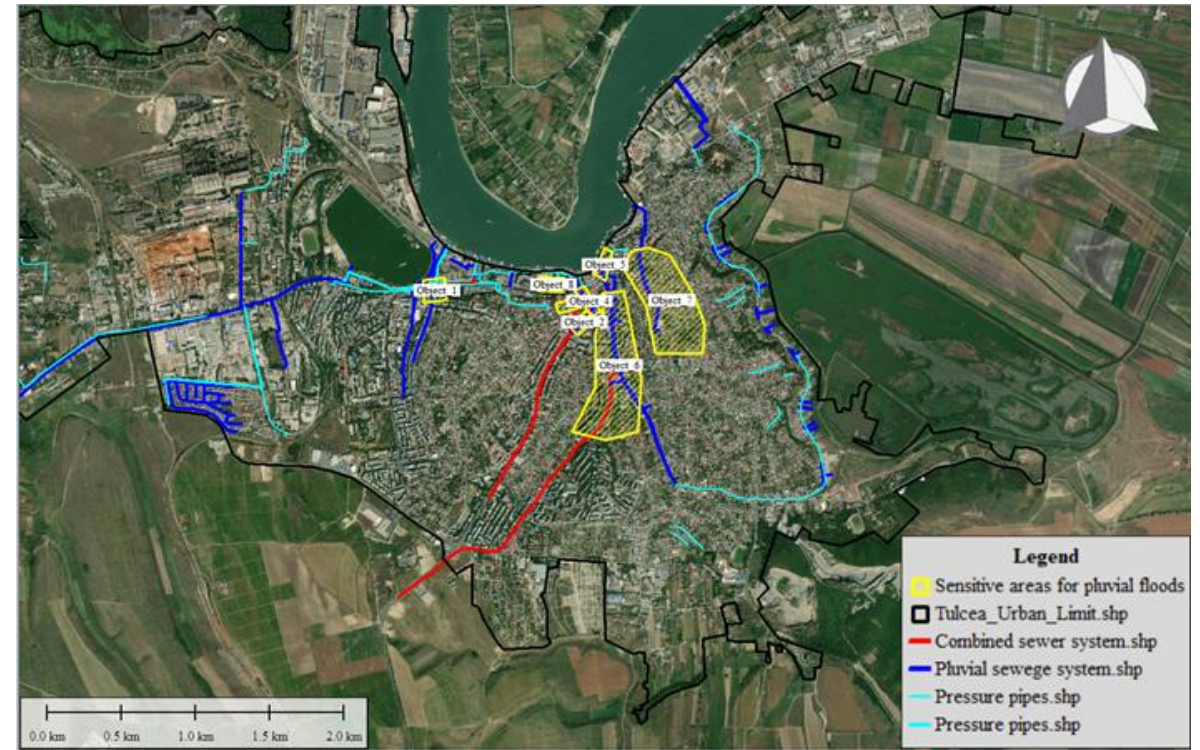
# TULCEA – STUDIU DE CAZ

- Rețeaua de canalizare a municipiului Tulcea este parțial în sistem mixt, parțial în sistem separativ.
- Depășirea capacității sistemului de canalizare este cauzată de: excesul de precipitații, schimbarea pantei (trecerea de la o pantă cu gradient mare la o pantă cu gradient mic), precum și schimbări bruște ale direcției colectoarelor principale.
- Ruperile de pantă generează o funcționare nesatisfăcătoare a sistemului de canalizare.
- Precipitațiile torențiale produse pe acest relief accidentat conduc la erodarea versanților și la transportul solid în aval, reducând suprafața activă a gurilor de scurgere și capacitatea de transport a rețelei de canalizare.

# TULCEA – STUDIU DE CAZ

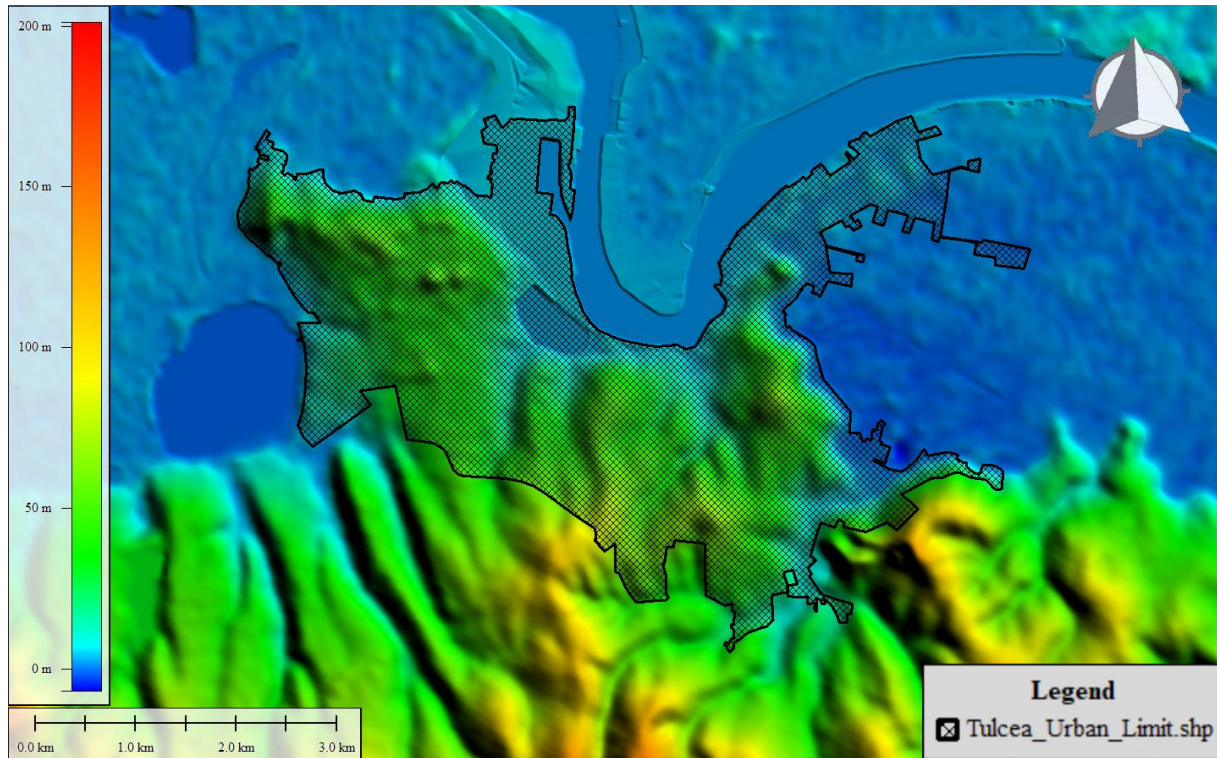


Ape uzate - portocaliu, ape pluviale - albastru și verde și sistem mixt - roșu)



Zone sensibile la inundații urbane - galben

# TULCEA – STUDIU DE CAZ



- Zona inferioară a orașului este inundată frecvent (în medie de 3-4 ori pe an) de ploile torențiale.
- Pantele dealurilor din jur sunt caracterizate de coeficienți de scurgere ridicați, care în timpul ploilor torențiale generează debite care depășesc capacitatea a sistemului de canalizare.
- Excesul de apă se acumulează în fosta lunca Dunării, acum zonă urbană.
- În centrul orașului, cel mai ridicat nivel al apei a fost de 1,5 m deasupra solului, inundând zone comerciale, hoteluri și locuințe.

# TULCEA – STUDIU DE CAZ

## Modelul matematic

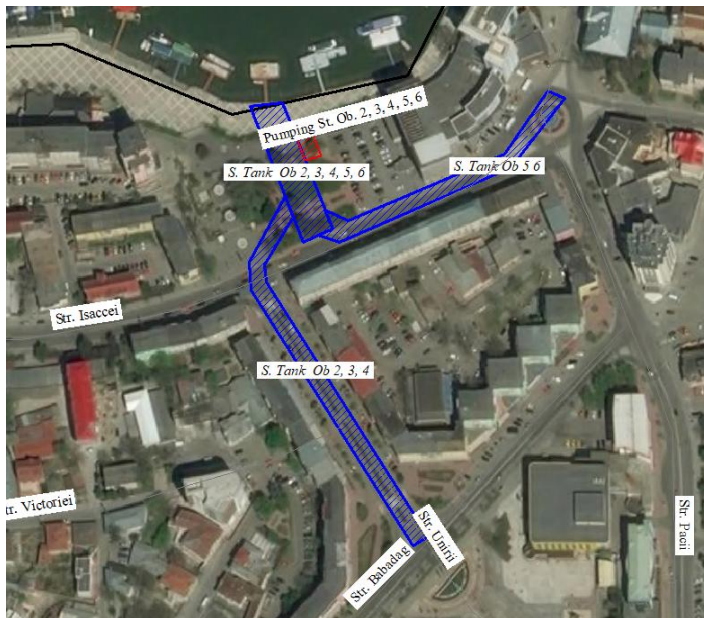
- Modelele hidrologice au fost construite folosind pachetul software MIKE - DHI.
- S-a utilizat modulul hidrologic UHM-MIKE11.
- Pentru determinarea precipitațiilor nete, s-a folosit modelul SCS Loss (Metoda SCS). Pentru funcția de transfer a fost preferat modelul hidrografului adimensional SCS.
- Pentru a estima Numărul Curbei (CN), pentru acoperirea terenului s-a utilizat modelul Corine Land Cover (CLC).



# TULCEA – STUDIU DE CAZ

## Soluții

- Rezultatele obținute cu precipitațiile de proiectare IDF 1:5 au fost utilizate ca bază pentru propunerea unor soluții de descărcare sau retenție temporară.
- În partea inferioară a municipiului, unde capacitatea rețelei este depășită, sunt necesare rezervoare de retenție de mare capacitate, amplasate sub străzi
- Rezervoarele sunt dotate cu pompe puternice pentru deversarea apei pluviale direct în Dunăre.



**Soluția 1**



**Soluția 2**

# TULCEA – STUDIU DE CAZ

## Soluții

- Capacitate limitată de drenaj a gurilor de scurgere (11 l/s). Pe bazinul de recepție în amonte de hotelul Delta, la un debit maxim de 16,2 m<sup>3</sup>/s, ar fi necesare între 1500 – 2300 de guri de scurgere.
- Utilizarea rigolelor rutiere, cu grătare metalice amplasate transversal pe toată lățimea străzii reprezintă o soluție necesară pentru direcționarea unui volum mai mare de apă către sistemul de canalizare. Colmatarea în scurt timp constituie o problemă, fiind necesară o întreținere permanentă.
- Introducerea colectoarelor de interceptare transversale la mijlocul pantei pentru reducerea debitului care ajunge la baza versantului. Trebuie proiectate astfel încât să poată prelua complet sau în cea mai mare parte debitul din amonte.
- Implementarea unor soluții verzi complementare de tipul rigole cu vegetație (în momentul de față există un canal betonat în bazinul hidrografic urban adiacent vestic) împreună cu zone de creștere a infiltrațiilor (trotuare permeabile) și acoperișuri verzi.
- Refacerea legăturilor între albia majoră (fosta luncă) și fluviul Dunărea în zona hotel Delta – Strada Isacței prin intermediul unor rigole de direcționare împreună cu elemente de subtraversare a digului existent și echipate cu clapete de sens.

# CONCLUZII

- **Urbanizarea amplifică riscul**
- **Schimbările climatice cresc incertitudinea**
- **Viiturile urbane rapide reprezintă un risc major în mediul urban**
- **Soluțiile viitoare trebuie să combine infrastructura clasică și soluțiile verzi**
- **Actualizare curbe IDF**

# REFERINȚE BIBLIOGRAFICE SELECTATE

- 1. USDA NRCS (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds (TR-55).
- 2. Bedient, P.B., Huber, W.C., Vieux, B.E. (2013). Hydrology and Floodplain Analysis
- 3. Butler, D., Davies, J.W. (2011). Urban Drainage.
- 4. Collier, C.G. (2007). Flash Floods.
- 5. Doswell, C.A. et al. (1996). Flash flood forecasting.
- 6. Gaume, E. et al. (2009). European flash floods.
- 7. Rosenzweig, C. et al. (2018). Pluvial flooding in urban areas.
- 8. Zhou, Q. (2014). Urban pluvial flooding.
- 9. Willems, P. et al. (2012). Climate change and urban flooding.
- 10. Hunter, N.M. et al. (2008). 2D urban flood modelling.
- 11. EPA SWMM (model).
- 12. CIRIA (2015). SUDS Manual.
- 13. Fletcher, T.D. et al. (2015). Green infrastructure.
- 14. Kabisch, N. et al. (2017). Nature-based solutions.
- 15. European Environment Agency (EEA). Reports.



# MULȚUMESC!

Dr. Ing. Cristian Dinu  
Prof.dr.ing. Radu Drobot

Email: [radu.drobot@utcb.ro](mailto:radu.drobot@utcb.ro)