

Universitatea "Babeş Bolyai", Cluj-Napoca
Facultatea de Geografie
Departamentul de Geografie Fizică și Tehnică

TEZA DE DOCTORAT

- rezumat -

Studiu geoinformatic privind impactul hidric al avariilor
rețelelor de alimentare cu apă din mediul rural. Aplicație la
Depresiunea Baia Mare

Conducător științific:

Prof. dr. Haidu Ionel

Doctorand:

Marian Radu Alexandru

CUPRINS

Cuvinte cheie: geoinformatică, rețele de alimentare cu apă, avarii, impact hidric, mediu rural, Depresiunea Baia Mare	3
CAPITOLUL I. Introducere. Scopul și obiectivele cercetării	3
CAPITOLUL II. Suprafața de studiu, elemente fizico-geografice cu rol în evaluarea impactului hidric al rețelelor de apă avariate și așezările rurale din depresiunea Baia Mare	3
CAPITOLUL III. Stadiul actual al cercetării	5
CAPITOLUL IV. Baza de date	5
CAPITOLUL V. Rețeaua de alimentare cu apă din depresiunea baia mare și cauze de avarie	5
CAPITOLUL VI. Metodologia evaluării scurgerii hidrice induse de avarii ale rețelelor de alimentare cu apă	6
6.1. Metodologie clasică	6
6.2. Metodologie geoinformațională.....	7
CAPITOLUL VII. Studii de caz și rezultate	10
7.1. Studii de caz și rezultate privind analiza condițiilor hidrologice ale terenului anterior producerii avariei	10
7.2. Studii de caz și rezultate privind analiza susceptibilității la inundații locale	10
7.3. Studii de caz și rezultate privind calculul scurgerii de-a lungul traseului de scurgere de la locul avariei	12
CAPITOLUL VIII. Impactul hidric al rețelelor de apă avariate din mediul rural.....	14
CAPITOLUL IX. Concluzii	17
Bibliografie selectivă.....	18

Cuvinte cheie: geoinformatică, rețele de alimentare cu apă, avarii, impact hidric, mediu rural, Depresiunea Baia Mare.

CAPITOLUL I. INTRODUCERE. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII

Fenomenele hidrice de risc care se produc în zonele rurale constituie o problemă asupra căreia tot mai multe cercetări în domeniu își îndreaptă atenția. Dificultățile de modelare a viiturilor în cazul așezărilor rurale apar în primul rând din cauza scării de lucru mari, care necesită utilizarea unor seturi de date de multe ori inaccesibile. Situația se complică dacă, pe lângă factorii naturali, se adaugă și riscul de avarie a conductelor de alimentare cu apă, problemă pentru rezolvarea căreia încearcă să contribuie și studiul acesta. Desigur, problema nu este rezolvată doar dacă ne imaginăm simpla spargere a conductelor; este necesar să se calculeze cantitatea de apă de care este nevoie pentru saturarea solului și mai apoi pentru manifestarea fenomenului de băltire sau a procesului de scurgere.

Principiul de studiu este unul nou, literatura de specialitate abordând, în general, problema avariilor la rețelele de alimentare cu apă, prin prisma riscului pierderilor de apă cu impact asupra necesarului de apă în sfera industrială sau direct a comunității locale.

Vom încerca așadar dezvoltarea unor modele de analiză, care să permită: simularea scurgerii apei din rețeaua avariata, determinarea zonelor și posibililor clienți afectați de avarie, dezvoltarea unei metodologii de calcul a volumului de apă evacuat, în cazul unei avarii în rețea, harta zonelor inundabile în cazul apariției unei avarii majore, evaluarea impactul hidric al rețelelor de apă avariate.

CAPITOLUL II. SUPRAFAȚA DE STUDIU, ELEMENTE FIZICO-GEOGRAFICE CU ROL ÎN EVALUAREA IMPACTULUI HIDRIC AL REȚELELOR DE APĂ AVARIE ȘI AȘEZĂRILE RURALE DIN DEPRESIUNEA BAIA MARE

Depresiunea Baia Mare se încadrează, din punct de vedere regional, subunității geografice Dealurile Banatului și Crișanei (mai precis Dealurile Silvano-Someșene), ca parte componentă a regiunilor pericarpate vestice.

Din punct de vedere administrativ suprafața Depresiunii Baia Mare se desfășoară pe teritoriul următoarelor unități administrativ-teritoriale: Ulmeni, Mireșu Mare, Șomcuta Mare, Remetea Chioarului, Săcălășeni, Salsig, Satulung, Fărcașa, Ardușat, Recea, Groși, Dumbrăvița, Copalnic-Mănăștur, Baia Sprie, Baia Mare, Cicirlău, Tăuții-Măgherăuș.

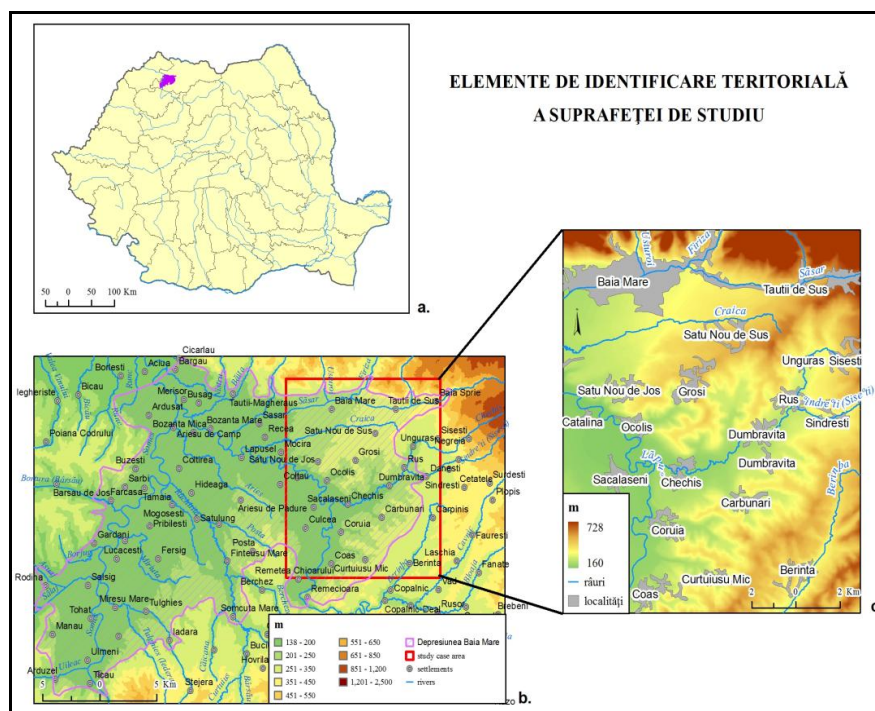


Fig. 1 Elemente de localizare a suprafeței de studiu: localizarea Depresiunii Baia Mare la nivelul României (a); localizarea așezărilor rurale și urbane la nivelul Depresiunii Baia Mare (b); localizarea zonei rurale asupra căreia se vor efectua studiul de caz (c)

Suprafața selectată pentru analiza impactului hidric al rețelelor avariate din Depresiunea Baia Mare (**Fig. 1**) se suprapune localităților rurale situate la sud și sud-est de Baia Mare, localități care au sistemele de alimentare cu apă direct legate de cea a municipiului Baia Mare. Aceste așezări rurale sunt localizate în general de-a lungul a câtorva cursuri hidrografice (Craica, Chechiș, Lăpuș, Berința) cu altitudini joase și pante scăzute, favorabile menținerii unui surplus de umezeală a terenului.

Este vorba, așadar despre următoarele așezări rurale care acoperă zona selectată: Tăuții de Sus, Satu Nou de Sus, Satu Nou de Jos, Unguraș, Sisești, Groși, Rus, Sindrești, Ocoliș, Dumbrăvița, Catalina, Săcălășeni, Chechiș, Culcea, Coruia, Cărbunari, Coaș, Curtuiusu Mic, Berința.

Depresiunea Baia Mare se caracterizează printr-un grad ridicat de locuire, pe teritoriul acesteia desfășurându-se un număr de peste 50 localități, majoritatea localități rurale. Depresiunea Baia Mare este situată pe teritoriul a 20 de Unități Administrative Teritoriale (UAT). Este vorba despre: Baia Mare, Baia Sprie, Tăuți Măgherăuș, Cicârlău, Pomi, Ardușat, Recea, Groși, Dumbrăvița, Copalnic-Mănăștur, Săcălășeni, Remetea Chioarului, Șomcuta Mare, Satulung, Fărcașa, Ulmeni, Salsig, Ariniș, Asuaju de Sus, Mireșu Mare.

CAPITOLUL III. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII

Am avut în vedere, într-o primă fază, studiile generale elaborate până în prezent asupra modelării hidraulice a rețelor de distribuție și alimentare cu apă, precum și asupra pierderilor de apă și avariilor din sistem (*Blitz E., Trofin P., 1971; Cioc D., 1967, 1983, 2001; Pislarașu I., 1981; Trofin P., 1983*). Mai apoi ne-am centrat atenția asupra cercetărilor care au drept obiect de studiu utilitatea / aplicabilitatea Sistemelor Informatice Geografice (GIS) în modelarea rețelelor de apă, dar și a sistemelor informatice hidraulice.

CAPITOLUL IV. BAZA DE DATE

În ceea ce privește **baza de date cartografică brută** au fost utilizate: Hărți topografice în curbe de nivel 1:25.000, proiecție Gauss-Kruger; Planuri topografice 1:10.000; Hărți pedologice 1:200.000; Planuri cadastrale 1:5.000. **Baza de date GIS primară** are în componență informații spațiale referitoare la: rețeaua de alimentare cu apă din zona de studiu; curbe de nivel; rețeaua hidrografică; utilizarea terenurilor; intravilanele localităților; casele și anexele gospodărești; puncte de brășament puncte de avarie.

Baza de date numerică de natură topografică a fost obținută prin măsurători topografice efectuate în zona de studiu. Aceste măsurători au verificat datele obținute din proiectul de realizare al rețelei de alimentare cu apă. Tot în categoria datelor numerice includem și **datele de precipitații** de la stația meteorologică Baia Mare (1961-2000) sau setul de date de la posturile pluviometrice: Baia Sprie, Buciumi, Căvnic, Copalnic, Firiza, Lăpușel, Răzoare, Salsig, Suciul de Jos, Ulmeni (2006-2011).

CAPITOLUL V. REȚEAUA DE ALIMENTARE CU APĂ DIN DEPRESIUNEA BAIA MARE ȘI CAUZE DE AVARIE

Baza de date vectorială asupra rețelei de alimentare cu apă de care dispunem este localizată în partea estică a Depresiunii Baia Mare, mai precis la sud și sud-est de Municipiul Baia Mare. De rețeaua de alimentare cu apă a municipiului Baia Mare este direct conectată rețeaua de conducte pentru alimentarea cu apă potabilă a localității Groși, iar prin intermediul acesteia se face trecerea și spre celelalte sisteme de alimentare: Chechiș, Săcălășeni, Dumbrăvița, Rus, Unguraș, Sindrești, Cărbunari, Berința (**Fig. 2**).

Rețeaua de alimentare cu apă conține 2230 de tronsoane de conductă, majoritatea desfășurându-se pe teritoriul municipiului Baia Mare.

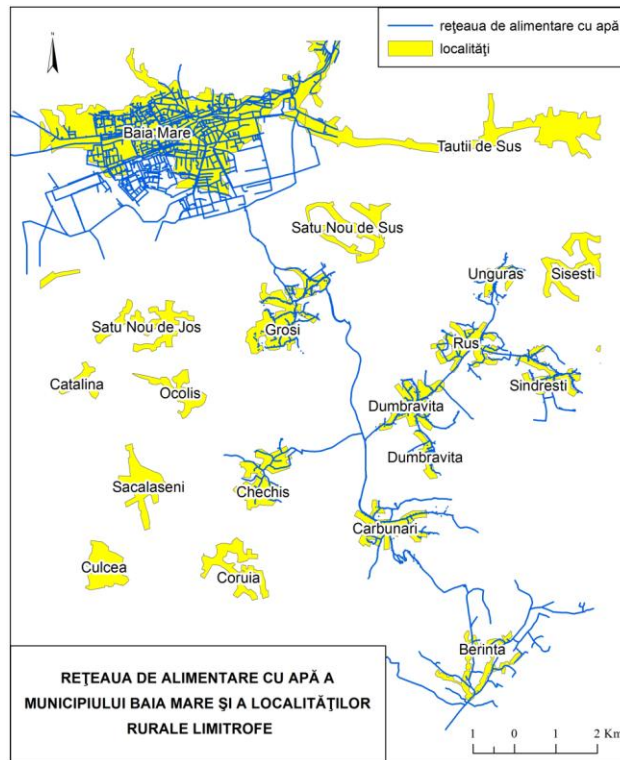


Fig. 2 Configurația rețelei de alimentare cu apă a municipiului Baia Mare și a complexului de localități rurale limitrofe

Dintre principalele localități ale județului, Baia Mare se alimentează din sursă de apă de suprafață, Căvnic din sursă de suprafață și parțial din subteran. Sighetul Marmației, Vișeu de Sus, Tg. Lăpuș, Seini, Baia Sprie și Borsa se alimentează din surse de apă subterane. Acumulările antropice au o suprafață de cca 162,3 ha, prin intermediul acestora efectuându-se alimentarea celei mai mari părți a populației Depresiunii Baia Mare.

În ceea ce privește detecția pierderilor de apă, există în cadrul operatorului de apă S.C. VITAL S.A. Baia Mare un birou pierderi de apă organizat după două ramuri principale: inspecții CC-TV, detecții - depistări pierderi de apă și debitmetrie. Localitățile rurale aflate în sistemul de alimentare cu apă Baia Mare au înregistrat în anul 2011 un număr total de 40 de avarii, cele mai multe având loc în Cărbunari (12 avarii), Dumbrăvița (11 avarii) și Chechiș (9 avarii).

CAPITOLUL VI. METODOLOGIA EVALUĂRII SCURGERII HIDRICE INDUSE DE AVARII ALE REȚELELOR DE ALIMENTARE CU APĂ

6.1. Metodologie clasică

Indiferent ce metodă se folosește pentru determinarea volumului de apă scurs la suprafața terenului în urma unei avarii este necesară cunoașterea în prealabil a debitului apei din conductă. O soluție o reprezintă instalarea de debitmetre care să faciliteze o

monitorizare continuă, având în vedere că debitul apei din conducte variază în timpul unei zile în funcție de solicitările consumatorilor (și ele variabile în diferitele momente ale zilei). La nivelul rețelei de apă din zona Baia Mare s-au efectuat câteva campanii de măsurători cu debitmetre.

O altă etapă în studierea impactului hidric indus de avarii ale rețelelor de apă constă în evaluarea scurgerii la suprafața terenului. În acest capitol au fost prezentate sintetic câteva dintre metodele consacrate de evaluare indirectă a scurgerii, unele dintre ele deja automatizate sub forma unor modele hidrologice computerizate: ecuația lui Horton, metoda rațională, TR 55, metode de estimare a coeficienților de scurgere, TANK, Vidra, TOPMODEL, GEOTOP, STANFORD.

6.2. Metodologie geoinformațională

Sistemele geoinformatică oferă posibilitatea de a introduce, de a întreține și mai ales, de a analiza și interpreta rapid și eficient datele referitoare la rețelele de apă.

Pentru simularea scurgerii apei din conductele avariate am folosit pachetul de funcții al programului EPANET.

Evaluarea condițiilor hidrogeologice are ca suport reprezentarea geoinformatică a trei indicatori hidrologici: indicele API, indicele Frevert și indicele CN (*Haidu I. et al., 2013*). O structură a modelului GIS aplicat pentru analiza spațială a condițiilor hidrologice ale terenului este redată în **fig. 3**.

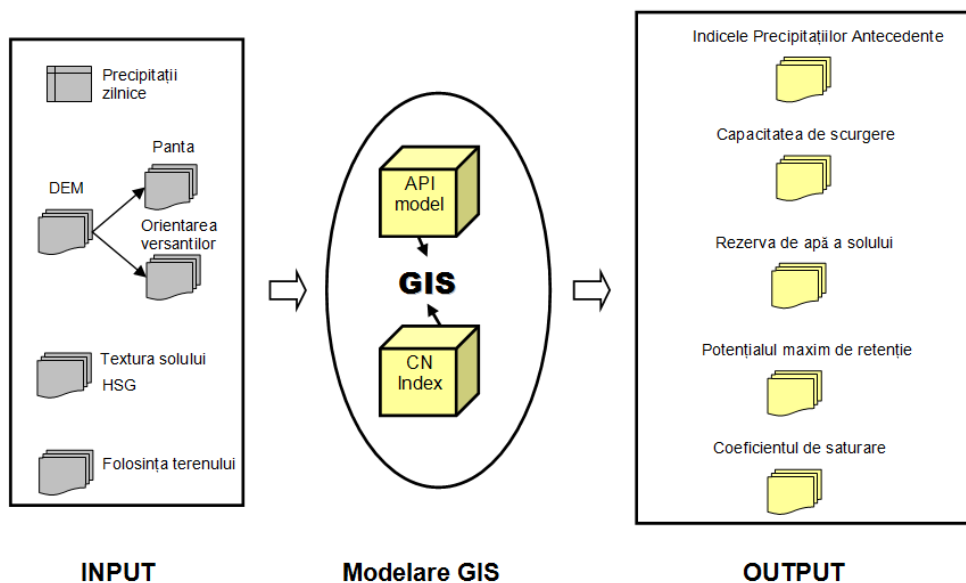


Fig. 3 Datele de intrare și rezultatele care se obțin prin intermediul modelului GIS de analiză a condițiilor hidrologice ale terenului

Pe baza modelelor implementate în GIS se obțin hărți tematice pe structură raster asupra: *indicelui precipitațiilor antecedente, capacității de scurgere, rezervei de apă din sol, potențialului maxim de retenție (S), coeficientului de saturare în apă al terenului, capacității terenului pentru infiltrație.*

Contribuțiile metodologice ale tezei privind **analiza susceptibilității la inundații** locale în caz de avarie constă în dezvoltarea unor proceduri GIS de identificare a zonelor susceptibile la inundații locale în caz de avarie a conductelor de alimentare cu apă, proceduri care se axează pe parcurgerea următoarelor etape de lucru:

1. Constituirea bazei de date GIS vector asupra parametrilor necesari analizei spațiale: rețeaua de alimentare cu apă, nivelment, soluri, utilizarea terenurilor, precipitații (dacă este posibil).

2. Generarea prin metode de analiză spațială a layerelor raster asupra parametrilor fizico-geografici (Model Numeric al Terenului, pantă, orientarea versanților, precipitații) necesari în evaluarea condițiilor hidrologice ale terenului.

3. Generarea layerelor raster asupra coeficienților Frevert, indicelui API, Antecedent Moisture Conditions (AMC), indicelui CN și potențialului maxim de retenție S.

4. Generarea layerelor raster asupra coeficientului de saturare în apă al solului pe baza rezultatelor din etapa anterioară (indicele API și potențialul maxim de retenție S).

5. Extragerea zonelor cu coeficient de saturare ≥ 0.5 și identificarea tronsoanelor de conductă suprapuse zonelor cu coeficient de saturare > 0.5 , > 0.7 și > 0.9 pentru câteva dintre așezările rurale din aria de studiu.

Rezultatul final al analizei îl constituie, într-o primă fază, harta zonelor susceptibile pentru producerea de inundații locale (care se poate obține la scară zilnică), iar pe baza acestui layer a fost generată harta tronsoanelor de conductă susceptibile de a produce inundații în caz de avarie.

Cu privire la **evaluarea scurgerii de suprafață** cauzată de avarii la rețeaua de alimentare cu apă, contribuția tezei constă în punerea în punerea la punct și aplicarea unor proceduri GIS prin intermediul cărora să se poată răspundă la următoarele întrebări:

- *Ce valori are coeficientul de saturare în apă al terenului și care este capacitatea de înmagazinare a solului anterior producerii avariei?*

- *Care este lungimea traseului de scurgere și cantitatea de apă ce va trece prin punctul "1, 2, 3, ... x" ca urmare a avariei produse în punctul "1"?*

Principalele etape de lucru care alcătuiesc metodologia GIS de calcul a scurgerii generate de avariile conductelor sunt:

1. Constituirea bazei de date GIS vector asupra parametrilor necesari analizei spațiale a condițiilor hidrologice ale terenului anterioare: rețeaua de alimentare cu apă, nivelment, soluri, utilizarea terenurilor, precipitații.
2. Generarea prin metode de analiză a layerelor raster asupra parametrilor fizico-geografici necesari în evaluarea condițiilor hidrologice ale terenului.
3. Generarea layerelor raster asupra parametrilor: API, AMC, CN și S.
4. Generarea layerelor raster asupra coeficientului de saturare în apă al solului pe baza rezultatelor privind indicele API și potențialul maxim de retenție S.
5. Generarea layerului raster Flow Direction și definirea traseului de scurgere, având ca punct de origine conducta avariata.
6. Extragerea datelor asupra capacității maxime de retenție și coeficientului de saturare pentru fiecare celulă de-a lungul traseului de scurgere.

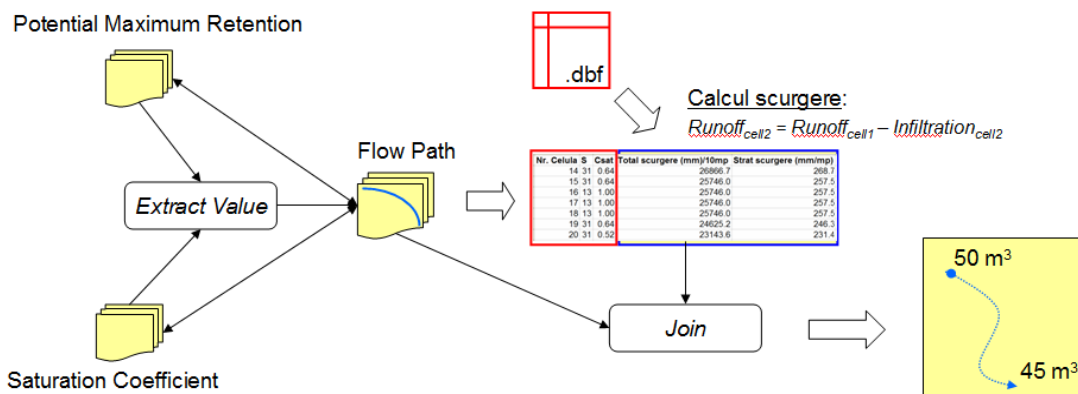


Fig. 4 Algoritm de calcul și layerele GIS necesare estimării scurgerii de-a lungul traseului de scurgere

Calculul scurgerii de-a lungul traseului de scurgere s-a bazat pe următorul principiu: se consideră traseul de scurgere ca un șir de "n" rezervoare care începe din celula corespunzătoare locului avariei și se termină în celula corespunzătoare locului în care apa este preluată de un curs hidrografic. Fiecare dintre celulele care definesc traseul de scurgere reprezintă câte un rezervor care primește apă de la rezervorul corespunzător celulei din amonte și dă mai departe apă (după depășirea capacității de infiltrație prin saturarea solului) rezervorului corespunzător celulei din aval. În figura de mai sus (fig. 4) se face o sinteză a etapelor care compun algoritmul de lucru. De menționat ca algoritmul reprezintă un element de noutate al tezei, abordarea nefiind întâlnită în alte studii din domeniu.

CAPITOLUL VII. STUDII DE CAZ ȘI REZULTATE

Pe lângă contribuțiile metodologice menționate în capitolul anterior, se mai pot pune în evidență în lucrare o serie de contribuții practice aplicative care au constat în: 1. aplicații asupra analizei condițiilor hidrologice ale terenului au vizat fie întreg spațiul depresionar Baia Mare, fie teritoriul așezărilor rurale acoperit de rețeaua de alimentare cu apă; 2. aplicații privind analiza susceptibilității la inundații locale 3. aplicații privind calculul scurgerii cauzate de avarii în rețea care s-au bazat pe ipoteze și scenarii de avarie la nivelul localităților Dumbrăvița și Chechiș.

7.1. Studii de caz și rezultate privind analiza condițiilor hidrologice ale terenului anterior producerii avariei

Una dintre aplicații a vizat prima jumătate a lunii mai. Sumele zilnice de precipitații în acest interval au depășit în patru dintre zile 10 mm/m², iar în ziua de 16 mai 2010 valorile înregistrate au depășit, pe cea mai mare parte din suprafața depresiunii, 50 mm/m².

Pe baza hărților de precipitații și a celorlalte layere a elementelor fizico geografice ale teritoriului au fost elaborate hărțile privitoare la condițiile hidrologice ale terenului la nivelul a două așezări rurale: Dumbrăvița și Chechiș.

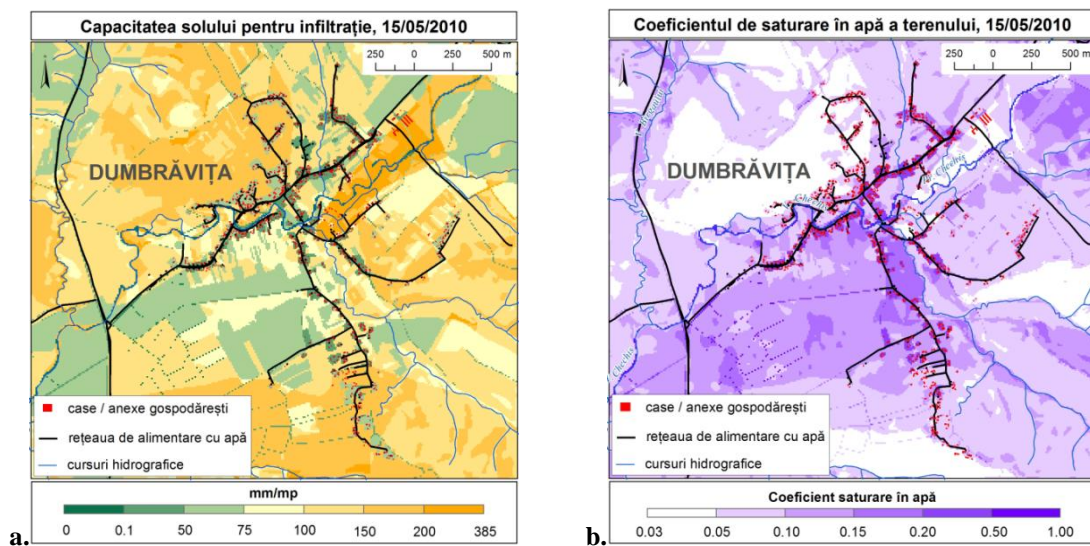


Fig. 5 Condițiile hidrologice ale terenului analizate prin intermediul capacității solului pentru infiltrație (a) și a coeficientului de saturare în apă (b). Studiu de caz: loc. Dumbrăvița, 15.05.2010

7.2. Studii de caz și rezultate privind analiza susceptibilității la inundații locale

Rezultatul final al analizei susceptibilității la inundații locale îl constituie, într-o primă fază, harta zonelor susceptibile pentru producerea de inundații locale (care se poate obține la scară zilnică). În **fig. 6a** și **6b** se prezintă un exemplu de astfel de rezultat obținut

prin extragerea zonelor cu coeficient de saturare în apă al solului $\geq 0,5$. În funcție de acest layer a fost generată harta tronsoanelor de conductă susceptibile de a produce inundații în caz de avarie. În fig. 6c se prezintă aceste tronsoane de conductă cu diferite grade de susceptibilitate, în relație cu coeficientul de saturare în apă, pentru localitățile Chechiș, Dumbrăvița și Cărbunari.

Susceptibilitatea cea mai ridicată la inundații în caz de avarie în rețea o prezintă localitățile pe teritoriul cărora au fost calculați coeficienți de saturare în apă a solului $\geq 0,9$; este vorba despre următoarele localități: Ulmeni, Salsig, Mireșu Mare, Lucacești, Gărdani, Pribilești, Tamaia, Chechiș, Dumbrăvița, Cărbunari, Coaș, Tăuții de Sus.

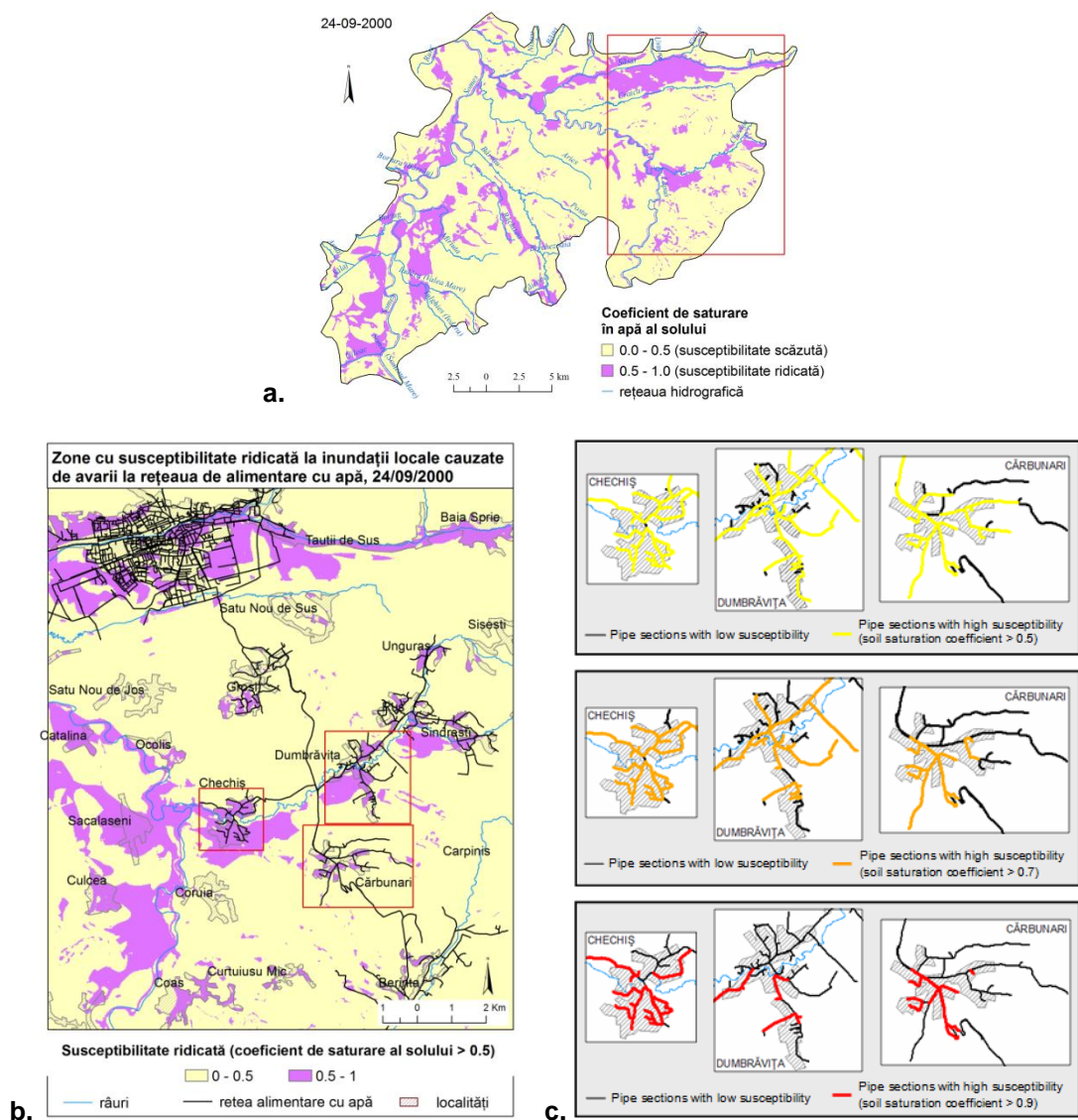


Fig. 6 Hărți ale susceptibilității la inundații locale cauzate de avarii în rețeaua de alimentare cu apă (Haidu et al., 2013) : **a.** zone susceptibile în Depresiunea Baia Mare, **b.** zone susceptibile în arealul acoperit de rețeaua de alimentare cu apă, **c.** tronsoane de conductă susceptibile de a produce inundații în caz de avarie la nivelul localităților Chechiș, Dumbrăvița și Cărbunari

Desigur, pentru completarea analizei susceptibilității la fenomenele hidrice de risc induse de avarii în rețea ar fi necesară și luarea în calcul a deteriorării conductelor de distribuție și alimentare (gradul de uzură).

7.3. Studii de caz și rezultate privind calculul scurgerii de-a lungul traseului de scurgere de la locul avariei

Aplicațiile au constat în simularea avariilor și evaluarea scurgerii de-a lungul traseului de scurgere la trei dintre conductele de apă, situate în localitatea Dumbrăvița și alte două conducte de pe teritoriul localității Chechiș.

Neavând informații despre cazuri reale, au fost luate în considerare câteva ipoteze:

Ipoteza 1: avaria determină pierderi de apă de 50 % din volumul mediu de apă tranzitat de conductă.

Ipoteza 2: avaria este totală (ex. explozia conductei) determinând pierderi de apă de 100% din volumul mediu de apă tranzitat de conductă.

Pentru fiecare dintre cele două ipoteze calculele au fost efectuate urmărind trei scenarii:

1) durata avariei 2 h; 2) durata avariei 5 h; 3) durata avariei 10 h

Debitul mediu al pierderii de apă (**24 m³/h** în cazul unei avarii de 100%; **12 m³/h** în cazul unei avarii de 50%) a avut la bază măsurători cu debitmetrul efectuate la stația de pompare Mihai Eminescu în intervalul 27.02.2012 ora 10:37 – 29.02.2012 ora 05:27, rezoluția temporală a datelor obținute fiind de 10 min.

Două dintre cazurile de avarii (*Avarie 1* și *Avarie 2*) luate în considerare pe teritoriul localității Dumbrăvița, ale căror rezultate sunt prezentate în **fig. 7** au fost studiate analizând și luând în considerare situația hidrologică a terenului anterioară zilei de 15.05.2010.

Analizând rezultatele celei mai pesimiste ipoteze corespunzătoare distrugerii totale a conductei în punctul respectiv, (avarie determină 100% pierderi de apă) se poate observa pentru cazul Avarie 1 că traseul de-a lungul căruia se manifestă scurgerea apei are o lungime de peste 50 m, dacă avaria persistă 2h; aprox. 100 m, dacă avaria persistă 5h; > 230 m, dacă avaria persistă 10h.

O altă aplicație a vizat teritoriul localității Chechiș. Și în acest caz au fost localizate două posibile puncte de avarie la rețeaua de conducte, iar pe baza metodologiei GIS prezentate în subcapitolele anterioare a fost evaluată scurgerea de suprafață a apei provenite din conducta avariata.

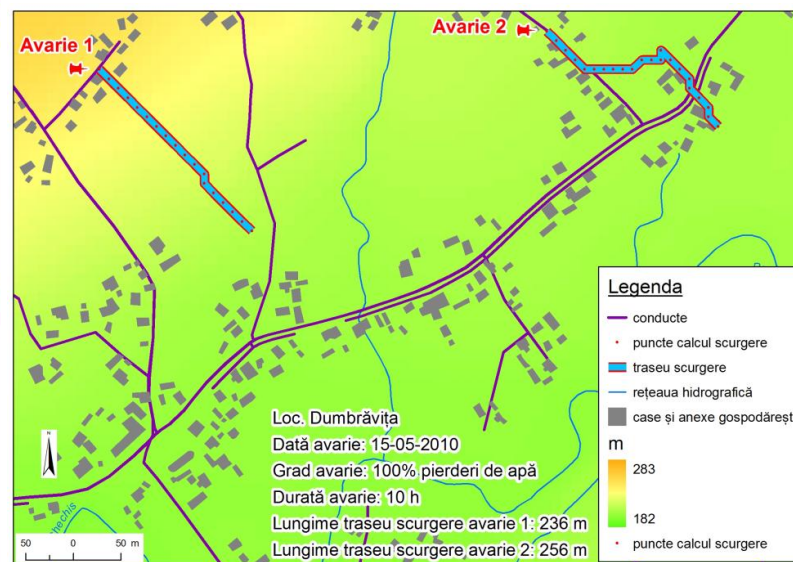
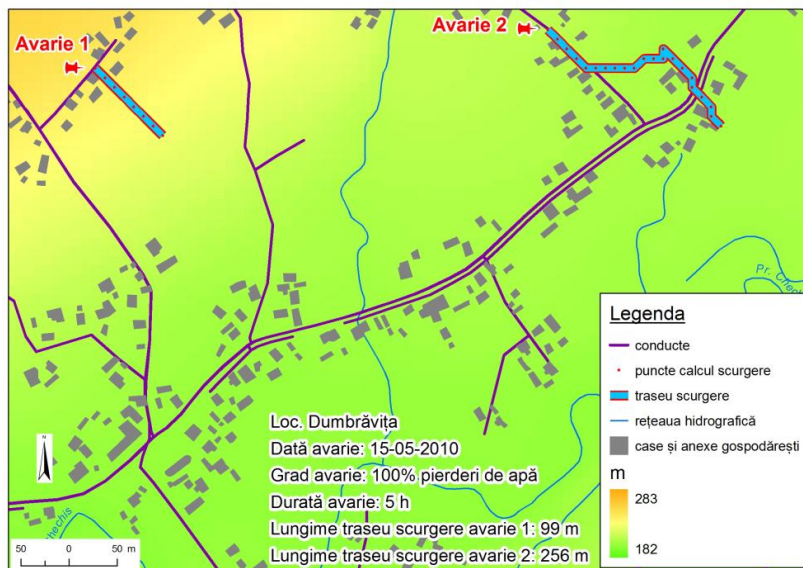
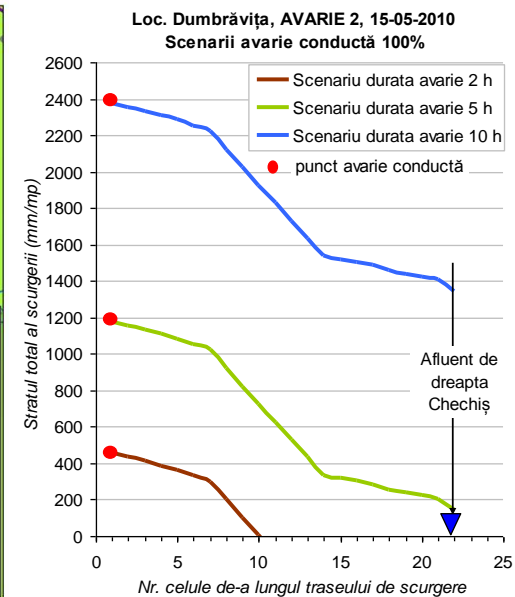
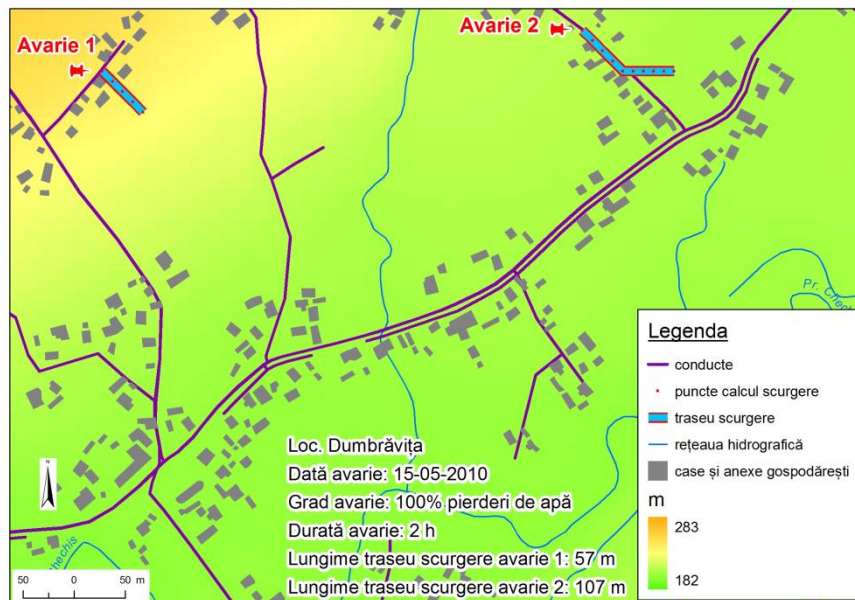
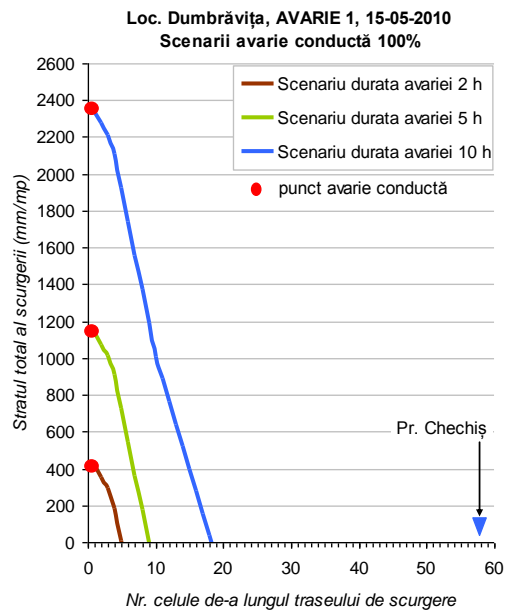


Fig. 7 Rezultate privind scurgerea de suprafață de-a lungul traseului de scurgere conform *ipotezei 2* (avaria este totală determinând pierderi de apă de 100% din volumul mediu de apă tranzitat de conductă) pentru diferite scenarii referitoare la durată avariei

CAPITOLUL VIII. IMPACTUL HIDRIC AL REȚELELOR DE APĂ AVARIATE DIN MEDIUL RURAL

În acest subcapitol ne vom ocupa într-o primă fază de identificarea cartografică a terenurilor susceptibile la inundații sau exces de umiditate, pentru scenariile de avarie de la nivelul localităților Dumbrăvița și Chechiș, iar mai apoi vom încerca o evaluare cantitativă a impactului hidric al avariilor asupra obiectivelor din cadrul comunității rurale și asupra terenurilor cu diferite categorii de folosință: *impactul asupra gospodăriilor, impactul asupra căilor de comunicații, impactul asupra culturilor agricole.*

Principalele fenomene hidrice de risc induse de avarii ale conductelor de alimentare cu apă sunt: inundarea diferitelor areale ale așezării rurale analizate și excesul de umiditate.

Producerea unor avarii majore la nivelul rețelei de alimentare cu apă poate avea un impact deosebit asupra următoarelor componente: așezările și infrastructura acestora, populația, activitățile economice. Așezările rurale pe teritoriu cărora au loc avarii în rețea, generatoare de inundații sau exces de umiditate au de suferit, în funcție de locul de producere a avariei, (și deci gradul de expunere la fenomenul hidric de risc) dar și în funcție de sensibilitatea arealului afectat, sub următoarele aspecte:

1. Afectarea vetrei așezării prin deteriorarea locuințelor, anexelor gospodărești.
2. Punerea în pericol a siguranței populației care locuiește sau care își desfășoară activitatea în raza de acțiune a avariei.
3. Afectarea elementelor de infrastructură din cadrul vetrei sau din zonele în care populația își desfășoară activitatea ("țarina", "moșia"). Este vorba despre: afectarea rețelei de linii electrice și de telefonie în cazul avarierii stâlpilor de susținere (ca urmare a scurgerii de suprafață și a infiltrațiilor); afectarea rețelei de conducte de transport gaze; afectarea rețelei de conducte pentru alimentarea cu apă (ca urmare a scurgerii de suprafață și infiltrațiilor), creându-se astfel condiții pentru deteriorarea conductelor și producerea altor avarii în rețea.
4. Efecte ecologice: degradarea solurilor (prin eroziune ca urmare a scurgerii de suprafață), afectarea vegetației naturale și chiar distrugerea acesteia în special în imediata apropiere a locului de avarie (ca urmare a acțiunii mecanice a scurgerii de suprafață sau a acțiunii termice atunci când conducta avariată transportă apă caldă).

Desigur, în situația suprapunerii scurgerii generate de avarii în rețea cu o viitură torențială naturală, impactul hidrologic este și mai mare, putându-se vorbi chiar despre un potențial distructiv al fenomenului, inclusiv cu pierderi de vieți omenești. Se înțelege faptul

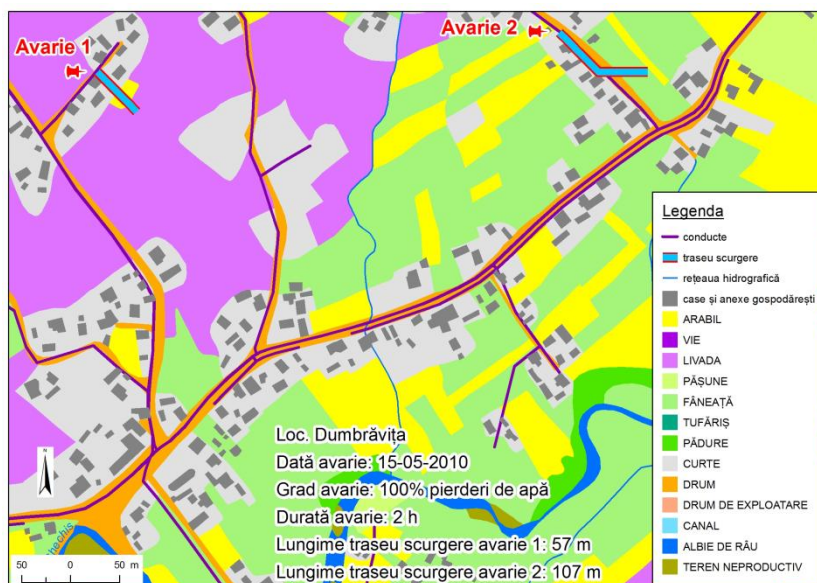
că, manifestarea unei viituri torențiale naturale oferă suficiente condiții pentru ca apa evacuată de conducta avariata să își urmeze în mod nestânjenit cursul, în funcție de configurația topografică a terenului practic impermeabil.

Analizând harta zonelor cu susceptibilitate ridicată la inundații locale cauzate de avarii la rețeaua de alimentare cu apă, în funcție permeabilitatea/impermeabilitatea terenului, din Depresiunea Baia Mare sau zona așezărilor rurale situate la sud municipiul Baia Mare se poate observa următorul grup de așezări rurale cu expunerea cea mai mare: Chechiș, Dumbrăvița, Cărbunari, Coaș, Tăuții de Sus, Ulmeni, Salsig, Mireșu Mare, Lucacești, Gârdani, Pribilești, Tamaia. Municipiul Baia Mare prezintă un grad ridicat de vulnerabilitate al fenomene hidrice de risc în cazul avariilor în rețea pe unele areale îndeosebi din cartierele de la marginea orașului: cartierul Vlad Țepeș, cartierul Vasile Alecsandri, Zona Industrială (partea de vest), extremitatea sud-estică și estică (ieșirea spre Tăuții de Sus).

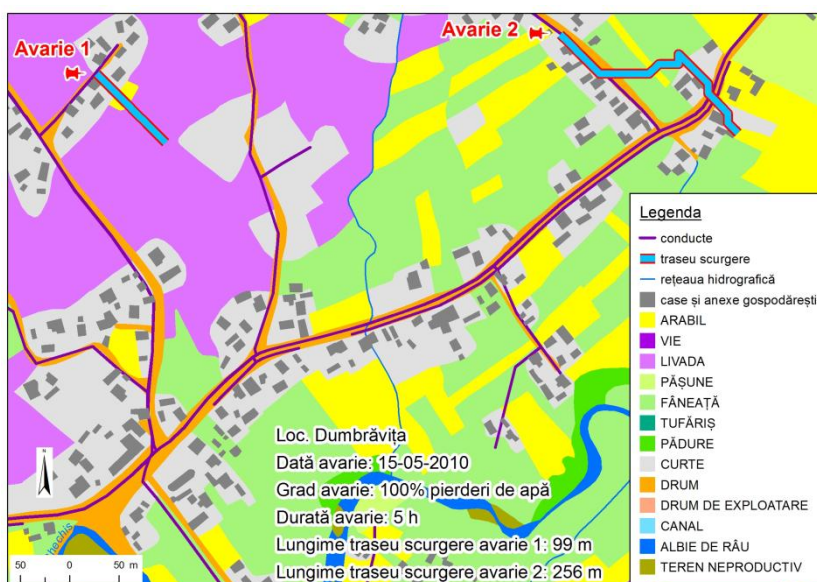
În ceea ce privește impactul hidric al avariilor la conductele de alimentare cu apă asupra căilor de comunicații rutiere, de menționat următoarele drumuri ce traversează sau conectează localitățile susceptibile la inundații în caz de avarie:

- DJ128B (pe teritoriul localității Săcălășeni; pe un sector de aproximativ 2 km între intersecția cu DJ184A și intersecția cu DJ182C; pe teritoriul localității Catalina).
- DJ184A (la nord de localitatea Coruia; pe teritoriul localității Chechiș; pe unele sectoare de pe teritoriul localităților Dumbrăvița, Rus, Sândrești).
- DJ182C (pe teritoriul localității Coaș).
- DN18 (pe teritoriul localităților Baia Sprie și Tăuții de Sus, precum și pe un sector de 1-2 km la intrare în Baia Mare).
- DN18B (pe unele sectoare de pe teritoriul localităților Berința și Cărbunari).
- DC79 (pe teritoriul localității Chechiș; pe unele sectoare de pe teritoriul localității Ocoliș).
- DC107 (pe unele sectoare de pe teritoriul localității Cărbunari)
- DC26 (pe unele sectoare de pe teritoriul localităților Rus și Unguraș)

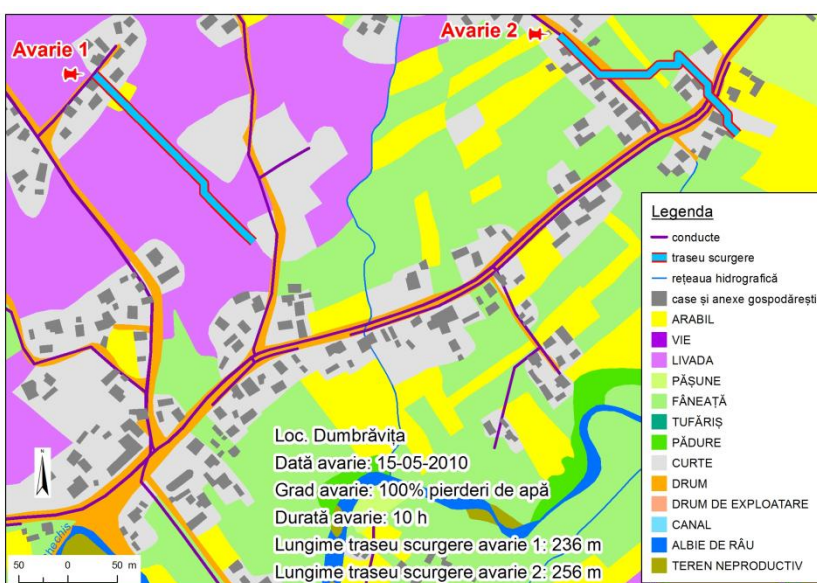
În **fig. 8** se pot observa categoriile de terenuri susceptibile a fi afectate de inundații sau exces de umiditate pentru unul dintre scenariile de avarie de la nivelul localității Dumbrăvița.



Durata avariei 2h



Durata avariei 5h



Durata avariei 10h

Fig. 8 Categoriile de terenuri susceptibile la inundații sau exces de umiditate în cazul avariei de 100%.
 Studiu de caz: localitatea Dumbrăvița

Ca și în cazul gospodăriilor, s-a efectuat o sinteză referitoare la numărul drumuri afectate de scurgeri în caz de avarie în cele două așezări rurale analizate (**tabelul 8.3 și 8.4** din teză).

Pierderile de apă provocate de avarii ale conductelor de alimentare pot afecta și categoriile de terenuri agricole, în primul rând din cauza excesului de umezeală.

În **tabelele 8.5 și 8.6** din teză se prezintă o sinteză referitoare la numărul de parcele cultivate agricol și categoria de folosință a acestora, afectate de scurgeri în caz de avarie în cele două puncte selectate.

CAPITOLUL IX. CONCLUZII

Rezultatele asupra scurgerii de suprafață, în zona conductelor avariate, obținute prin procedurile GIS amintite în partea metodologică a tezei scot în evidență o dependență a valorilor scurgerii în raport cu gradul de saturare în apă al terenului.

Harta coeficientului de saturare în apă al solului evidențiază o creștere a valorilor de la arealele împădurite, situate pe versanți însoriți și cu înclinare mare, către arealele construite din mediul urban sau rural, situate pe versanți umbriți și cu înclinare mai slabă. Coeficienți de saturare ridicați se remarcă, totodată, și în zona albiilor principalelor cursuri hidrografice care drenează suprafața de studiu (Craica, Chechiș, Berința, Săsar, Lăpuș).

Analizând harta zonelor cu susceptibilitate ridicată la inundații locale, cauzate de avarii la rețeaua de alimentare cu apă, în funcție permeabilitatea/impermeabilitatea terenului se pune în evidență în Depresiunea Baia Mare următorul grup de așezări rurale cu expunerea cea mai mare: Chechiș, Dumbrăvița, Cărbunari, Coaș, Tăuții de Sus, Ulmeni, Salsig, Mireșu Mare, Lucacești, Gărdani, Pribilești, Tamaia.

În **tabelul 1** prezentăm o sinteză privind scurgerea generată de avarii și terenurile afectate din localitatea Dumbrăvița pentru diferite durate ale avariei în aceleași condiții pluviometrice (15.05.2010).

În ceea ce privește elementele de utilitate ale sistemelor geoinformaticice în acest domeniu menționăm: constituirea și gestionarea bazei de date spațiale necesare; modelarea spațială a condițiilor hidrologice ale terenului anterior producerii avariei; modelarea hidraulică a rețelei de alimentare cu apă, prin simularea fluxului de apă prin conductele avariate; modelarea spațială a scurgerii de suprafață cauzată de pierderile de apă din rețea ca urmare a unor avarii.

Tabelul 1. Sintează privind scurgerea generată de avarii și terenurile afectate pentru diferite durate ale avariei în aceleași condiții pluviometrice (15.05.2010) în caz de explozie a conductei.
Studiu de caz: Localitatea Dumbrăvița

Avarie	Scenariu durată avarie	Lungimea scurgerii	Stratul total al scurgerii (mm/m ²) la distanța "x" de locul avariei				
			20 m	40 m	60 m	80 m	100 m
Avarie 1	2h	57 m	354	187	0	0	0
	Teren afectat		gospodării, curți	gospodării, curți, arabil	arabil, livadă	-	-
	5h	99 m	1074	907	541	175	0
	Teren afectat		gospodării, curți	gospodării, curți, arabil	arabil, livadă	livadă	livadă
	10h	236 m	2274	2107	1741	1375	1010
	Teren afectat		gospodării, curți	gospodării, curți, arabil	arabil, livadă	gospodării, curți, arabil	arabil, livadă
Avarie 2	2h	107 m	434	389	333	203	6
	Teren afectat		gospodării, curți, drum	gospodării, curți, drum	gospodării, curți, drum	drum, fâneată	fâneată, arabil
	5h	256 m	1154	1109	1053	923	726
	Teren afectat		gospodării, curți, drum	gospodării, curți, drum	gospodării, curți, drum	drum, fâneată	fâneată, arabil
	10h	256 m	2377	2331	2286	2221	2024
	Teren afectat		gospodării, curți, drum	gospodării, curți, drum	gospodării, curți, drum	drum, fâneată	fâneată, arabil

Prin analize mai complexe cercetarea se poate aprofunda, prin definirea zonelor inundabile în cazul producerii unor avarii în rețea, precum și prin studierea riscului hidric indus de astfel de avarii, cu evaluarea pagubelor materiale și omenești, provocate de fenomenele hidrice de risc, asociate acestor avarii.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Aburawe M. S., Mahmud R. A., (2011), *Water loss control and real-time leakage detection using GIS technology*, Proceeding of Geomatics Technologies in the City, Jeddah, Arabia Saudită.
2. Amaguchi H., Kawamura A., Olsson J., Takasaki T., (2012), *Development ant testing of a distributed urban storm runoff event model with a vector-based catchment delineation*, Journal of Hydrology 420-421, pag. 505-215.
3. Andreou, S., Marks, D.H. and Clark, R.M. (1987a). *A New Methodology for modelling Break failure Patterns in Deteriorating Water Distribution Systems: Theory*. Journal of Advanced Water Resources, **10**, March, pp. 2-10.

4. Baba H., Mano A., (2007), Inundation analysis on road-oriented mesh with digital city and sewerage maps, *Advances in Geosciences*, vol. 11: Hydrological Science, World Scientific Publishing Company, pp. 299-312.
5. Bhave P., (1991), *Analysis of flow in water distribution networks*, Technomic Publishing, Lancaster, PA, 641 pag.
6. Bilașco, St., Haidu, I., (2006), *The valuation of maximum runoff on interbasinal areas, assisted by G.I.S.*, „Geographia Technica, no.2, ISSN 1842-5135, p.1-7, Cluj-Napoca.
7. Blažević M., Samardžić I., Kolumnić Z., (2005), *Leak detection in underground pipelines of municipal water distribution*, 4th DAAAM International Conference on Advanced Technologies for Developing Countries, Slavonski Brod, Croatia.
8. Butler D., (2009), *Leakage detection and management. A comprehensive guide to technology and practice in the water supply industry*, Edit. Palmer Environmental, ISBN 0-9538014-0-3.
9. Chevallier Pierre, (1983), *L'indice des precipitations anterieures. Evaluation de l'humectation des sols des bassins versants representatifs*, Cah. ORSTOM, vol. XX.
10. Chow te Ven, (1964), *Handbook of applied hydrology. A compendium of water-resources technology*, McGRAW-HILL Book Company, New York, ISBN 07-010774-2.
11. Covas D., Ramos H., Graham N., Maksimovic C., (2004), *Application of hydraulic transients for leak detection in water supply systems*, *Water Science and Technology: Water Supply*, vol. 4, no. 5-6, pp. 365-374.
12. Crăciun A. I., (2009), *G.I.S algorithm for spatial representation of areas vulnerable to high flood depending on soil water reserve. Application: Hydrographic Basin of Posaga*, *Geografia în contextual dezvoltării contemporane. Strategii de dezvoltare teritorială*, p. 224 -231, Edit. Presa Universitară Clujeană, ISSN: 1843-2158.
13. Dong X., Shinozuka M., (2004), *GIS-based seismic damage localization for water supply systems*, 13th World Conference of Earthquake Engineering, Vancouver, Canada.
14. Gebremeskel S., Yong Bo Liu, De Smedt F., Pfister L., (2002), *GIS based distributed modeling for flood estimation*, *Proceedings of the Twenty-Second Annual American Geophysical Union Hydrology*.
15. Grise S., Idolyantes E., Brinton E., Booth B., Zeiler M., (2001), *Water utilities. ArcGIS data models*, ESRI SUA, 126 pag.

16. Haidu, I., Bilașco, Șt., (2007), *Serious „flash flood” risks in rural area, Rural Space and Local Development*, Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
17. Haidu I., Crăciun I. A., Marian R. A., (2013), *Mapping the pipe sections located in areas of high susceptibility to flooding*. Water Science and Technology: Water Supply (depusă pentru publicare).
18. Haidu, I., Imbroane, A., M., (1994), *The indirect computing of maximum runoff of small rivers*, Studia Universității „Babeș-Bolyai”, Seria Geographya, Cluj-Napoca.
19. Haidu, I., Lazăr, I., Lenart, C., Imbroane, Al., (1990), *Modeling of Natural Hydroenergetical Organization of the Small Basins*, 1-st World Renewable Energy Congress, Reading-UK, in Energy and the Environment, Pergamon.
20. Haidu, I., Sorocovschi, V., Imecs Z., (2003), *Utilizarea SIG pentru estimarea riscului de producere a evenimentelor extreme: excesul de umiditate si seceta din Campia Transilvaniei*, vol. „Riscuri si catastrofe” (pag. 287-303), Edit. „Casa Cartii de Stiinta”, Cluj-Napoca.
21. Halfawy M. R., Hunaidi O., (2008), *GIS-based water balance system for integrated sustainability management of water distribution assets*, NRCC-50807, 60th Annual Western Canada Water and Wastewater Association Conference, Regina, Saskatchewan, pp. 1-16.
22. Henry J. B., (2004), *Systemes d’Informations Spatiaux pour la gestion du risque d’inondation du plaine*, Thèse présentée pour obtenir le grade de Docteur, Université Louis Pasteur, Strasbourg.
23. Hickey E. H., (2008), *Water supply systems and evaluation methods. Volume II: Water supply methods*, U.S. Fire Administration, FEMA, 187 pag.
24. Keller E. I., Bilașco Ș., Haidu I., Văduva B., (2009), *Using GIS to determine the flooded areas and risk assessment in the water supply system*, RevCAD – Journal of Geodesy and Cadastre, Alba Iulia.
25. Keller E., (2008), *Evaluarea și simularea fluxului de apă în situații de risc cu ajutorul S.I.G. : aplicație la municipiul Baia Mare*, teza de doctorat, UBB Cluj.
26. Keller I. E., Bilașco Ș., Haidu I., Văduva B., (2010), *Using GIS to determine the flooded areas and risk assessment in the water supply system*, RevCAD – Journal of Geodesy and Cadastre, Alba Iulia nr. 10, pp. 239-248.
27. Li W., Ling W., Liu S., Zhao J., Liu R., (2011), *Development of systems for detection, early warning, and control of pipeline leakage in drinking water distribution: A case study*, Journal of Environmental Sciences, 23(11), pp. 1816-1822.

28. Magyari-Saska Zs., (2008), *Dezvoltarea algoritmilor S.I.G pentru calculul riscurilor geografice naturale: aplicație la Bazinul Superior al Mureșului*, Teză de doctorat, UBB, Cluj-Napoca.
29. Marian R. A., Haidu I., Văduva B., (2008), *Realizarea rețelei de sprijin pentru masuratori GPS RTK - Aplicație la depresiunea Baia Mare*, Simpozion International de Geografie Tehnica, Cluj-Napoca.
30. Marian R. A., Haidu I., Văduva B., (2008), *Proiectare bazei de date, definirea unui protocol de numerotare al nodurilor rețelelor de apa, SIG in evaluarea potentialului ecologic, managementul teritoriului si al resurselor umane – Confernce, Iasi*
31. Marian R. A., Haidu I., Crăciun A. I., Văduva B., (2012), *GIS utility for hydrological impact evaluation caused by damages of water supply network in rural areas. Applications in Baia Mare Depression*, Geographia Napocensis, anul VI, nr. 2, pp. 103 – 109.
32. Marian R. A., Haidu I., Crăciun A. I., Văduva B., (2012), *Quantitative Study Of The Parameters Required To Identify The Zones With Susceptibility To Local Flood Caused By Damages Of Water Supply Network*. Water resources and wetlands-Conference, Tulcea
33. Marian R. A., Haidu I., Crăciun A. I. (2012), *GIS Techniques for Hydrological Flow Assessment Caused by Damages of Water Supply Network in Rural Environmental Application in Baia Mare Depression*, Air and Water components of the environment – Conference, Cluj-Napoca.
34. Marian R. A., Haidu I., Crăciun A. I., Văduva B., (2012), *Development of GIS portal for management in rural and urban space of Romania*, Rural Space and Local Development – Conference, Sighetul Marmatiei
35. Olsen B. R. N., (2007), *Numerical modeling and hydraulics*, Department of Hydraulic and Environmental Engineerin, The Norvegian University of Science and Technoloy, ISBN 82-7598-074-7, 147 pag.
36. Pal M., Dixon N., Flint J., (2010), *Detecting & locating leaks in water distribution polyethylene pipes*, Proceedings of the World Congress on Engineering, London, vol. II, ISBN 978-988-18210-7-2.
37. Pratheeba P., Ambujam K. N., (2011), *Failure analysis and simulation based performance evaluation of water distribution system*, European Journal of Scientific Research, vol. 53, nr.3, pp. 369-384.

38. Ramesh H., Santhosh L., Jagadeesh J., (2012), *Simulation of hydraulic parameters in water distribution network using EPANET and GIS*, International Conference on Ecological, Dubai, pp. 350-353.
39. Sandik D., (2009), *Handbook for reducing basement flooding*, Published by Institute of Catastrophic Loss Reduction, Toronto, Canada.
40. Sandik D., (2011), *Involving Homeowners in Urban Flood Risk Reduction. A study case of Sherwood Forest Neighbourhood, London, Ontario*, Published by Institute of Catastrophic Loss Reduction, Toronto, Canada.
41. Trépanier M., Gauthier V., Besner M. C., Prévost M., (2006), *A GIS-based tool for distribution system data integration and analysis*, Journal of Hydroinformatics, 08.1, pp. 13-24.
42. Văduva B., Marian R. A., Haidu I., (2007), *The use of geotools library in developing WEB GIS dashboards for pressure sensors*, Geographia Technica, no. 2, p. 77-84.
43. Văduva B., Marian R. A., Keller I. E., (2009), *Integrate GPS surveys and PDA to gather the necessary data for a hydraulic model of water management systems*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Secția Hidrotehnică, tomul LV (LIX), Fasc. 1, pp. 47-54.
44. Wagner G. E., Lanoix N. J., (1959), *Water supply for rural areas and small communities*, World Health Organization, Palais des Nations, Geneva.
45. Wu Y. Z., (2008), *Innovative optimization model for water distribution leakage detection*, Haestad Methods Solution Center, Bentley Systems, USA.
46. Zaharia C. S., (2012), *Identificarea și analiza hazardelor geomorfice, climatice și hidrice din municipiul Baia Mare*, Teză de doctorat, UBB Cluj-Napoca, 293 pag.
47. Zaharia S., Chendeș V., Driga B., (2011), *Flooding occurrence within the built-up areas of Baia Mare*, Riscuri și catastrofe, nr. X, vol. 9, nr. 1/2011, p. 175-184.
48. Zeiler M., (1999), *Modeling our world. The ESRI guide to geodatabase design*, Published by Environmental System Research Institute, California, 202 pag.