

RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC Nr. I

Contract nr. 19SEE/30.06.2014

Denumirea Proiectului: Integrarea datelor de teledetectie, din modelare si in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zapada si a hazardelor asociate in perspectiva schimbarilor climatice (SnowBall).

Perioada acoperita: 1.07- 30.11.2014 **Etapa (nr.): I** **Data prezentarii:** 19.12.2014

Elaborat de:

Contractor: Administratia Nationala de Meteorologie

Reprezentant autorizat: **Pozitie:** Director General/Rector
Nume si prenume: Dr. SANDU Ion
Semnatura:

Director Economic: Nume si prenume: MATEESCU Margareta
Semnatura:

Director Proiect: Nume si prenume: Dr. STANCALIE Gheorghe
Semnatura:
Telefon: +40 21 318 32 40
Fax: +40 21 316 31 43
Email: gheorghe.stancalie@meteoromania.ro

Declaram, pe proprie raspundere, ca datele furnizate prin prezentul Raport de activitate sunt reale și ca toate cheltuielile s-au efectuat, atât din resursele de la bugetul Programului cât și, dupa caz, din cofinantare privata, în mod exclusiv pentru realizarea și în conformitate cu prevederile contractului nr. 19SEE/30.06.2014 finantat prin Programul "Cercetare în Sectoare Prioritare".

Toate cheltuielile sunt înregistrate separat în contabilitate, iar Contractorul va pune oricând la dispozitia Autoritatii Contractante documentele primare de înregistrare.

RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC Nr. I

ETAPA DE EXECUTIE NR. I

TITLU PROIECT: Integrarea datelor de teledetectie, din modelare si in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zapada si a hazardelor asociate in perspectiva schimbarilor climatice (SnowBall).

CUPRINS

1. Obiective generale	4
2. Obiectivele etapei de executie	4
3. Rezumatul etapei	5
4. Descrierea stiintifica si tehnica	8
5. Anexe	90
6. Concluzii	95
7. Bibliografie	98
8. Lista de acronime	105
9. Livrabile	106

1. OBIECTIVE GENERALE

Obiectivul general al proiectului:

Explorarea si dezvoltarea unei metodologii în sprijinul dezvoltarii unui viitor serviciu care sa ofere autoritatilor nationale un suport în timp real privind stratul de zapada si informatii privind avalansele pe baza datelor de observare a Pamântului.

Proiectul SnowBall are drept scop asigurarea si demonstrarea metodelor necesare pentru un serviciu de zapada pentru a livra produse geospatiale despre stratul de zapada sezonier (SCE, starea de topire, SWE) rezultat din date prin satelit, pentru comunitatea stiintifica din România, factorii de decizie politica, utilizatorii de informatie privind zapada si pentru publicul larg.

Pentru a îndeplini obiectivul general, SnowBall a identificat sase obiectivele cheie ale proiectului. Aceste obiective cheie si sub-obiectivele aferente sunt marcate direct, pe sarcini asumate, în fiecare dintre pachetele de lucru.

Obiectivele proiectului:

- Îmbunatatirea rezolutiei spatiale si temporale a masuratorilor parametrilor de zapada, in-situ (WP2).
- Dezvoltarea de algoritmi si punerea în aplicare a unui sistem prototip de monitorizare pentru zapada prin combinarea datelor: Sentinel-1/-3 prin satelit, de la statiile de date meteorologice si de modelare hidrologica pentru estimarea parametrilor de zapada (WP3).
- Evaluarea impactului schimbarilor climatice asupra resurselor legate de zapada si pericole (WP4).
- Definirea si testarea unei metodologie de încredere pentru componenta ciclului hidrogeologic de infiltrare din topire a zapezilor (WP5).
- Dezvoltarea si implementarea unei proceduri de asimilare de date pentru ajustarea stratului de zapada legat de parametrii de stare în cadrul modulului de prognoza hidrologica (WP6).
- Dezvoltarea metodelor de detectare avalansa, modelare, si de evaluare a riscurilor (WP7).

2. OBIECTIVELE ETAPEI DE EXECUTIE

WP1 Management:

Activitatea 1.1. Managementul Proiectului

WP2 Masurarea in-situ a parametrilor stratului de zapada:

Activitatea 2.1. Proiectarea si implementarea unor noi instrumente si echipamente de masurare a parametrilor stratului de zapada (grad de realizare 30%).

Activitatea 2.3. Crearea si configurarea bazei de date spatiale integrate în mediu GIS (grad de realizare 40%).

WP3 Integrarea datelor de teledetectie, din modelare si in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zapada:

Activitatea 3.1. Algoritm bazat pe date de la un singur canal spectral adaptat la Sentinel (grad de realizare 70%).

Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zapada in NOAH (grad de realizare 15%).

WP4 Impactul schimbarilor climatice asupra hazardelor legate de zapada:

Activitatea 4.1. Variabilitatea si schimbarile climatice ale stratului de zapada si impactul asociat (grad de realizare 15%).

Activitatea 4.3. Variabilitate si schimbari în statistica avalanselor (grad de realizare 15%).

WP5 Modelarea realimentarii acviferelor din topirea zapezii:

Activitatea 5.1. Evaluarea infiltratiei din topirea zapezii în zona nesaturata (grad de realizare 25%).

WP6 Asimilarea parametrilor stratului de zapada în Sistemul National de Prognoza si Avertizare a Viiturilor:

Activitatea 6.1. Actualizarea hartii acoperirii/utilizarii terenului pentru zona de studiu, utilizând imagini satelitare de rezolutie fina (grad de realizare 30%).

Activitatea 6.2. Proiectarea algoritmilor si metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zapada în modele operative de prognoza hidrologica (grad de realizare 30%).

Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zapada în modele operative de prognoza hidrologica (grad de realizare 20%).

WP7 Registrul avalanselor si hartile de hazard:

Activitatea 7.1. Dezvoltarea algoritmilor de detectare a avalanselor (grad de realizare 25%).

WP8 Promovare si Diseminare:

Activitatea 8.1. Situl web al proiectului (grad de realizare 15%).

Activitatea 8.2. Strategia de diseminare (grad de realizare 100%).

3. REZUMATUL ETAPEI

WP1 Management

Asigurarea calitatii, luarea deciziilor si managementul proiectului au fost realizate prin luarea urmatoarelor masuri: intalnirea de debut (kick-off meeting), intalniri ale grupurilor de lucru, comunicare prin internet pentru a exista o comunicare eficienta intre parteneri.

WP2 - Activitatea 2.1. Proiectarea si implementarea unor noi instrumente si echipamente de masurare a parametrilor stratului de zapada.

S-au realizat dispozitivele si echipamentele automate care sa permita masurarea continua in perimetrul statiilor meteorologice automate sau manuale existente. Pentru realizarea de profile de temperatura ale stratului de zapada s-a selectionat un traductor etans bazat pe un circuit integrat DS18B20. Pentru masurarea umiditatii volumetrice a zapezii a fost ales un traductor capacitiv care masoara umiditatea indirect prin intermediul masurarii permitivitatii dielectrice a mediului. Pentru realizarea sistemelor portabile s-a decis utilizarea unor platforme de dezvoltare "open source" bazate microcontroller-e pe 32 biti. A fost achizitionat un sistem compus din doua spectrometre care acopera fiecare o parte a domeniului spectral de interes intr-un sistem integrat.

WP2 - Activitatea 2.3. Crearea si configurarea bazei de date spatiale integrate în mediu GIS.

A fost proiectata si configurata baza de date GIS (planuri tematice, organizate sub formă de infoplanuri) pentru arealul bazinelor hidrografice Argeş şi Ialomiţa, care să permită ulterior prelucrări, intersectări de informaţii, analize spaţiale.

WP3 - Activitatea 3.1. Algoritm bazat pe date de la un singur canal spectral adaptat la Sentinel.

Deoarece datele Sentinel-1 SAR din sezonul de iarna 2014 nu sunt încă disponibile si satelitul Sentinel-3 nu a fost încă lansat, s-au urmat planurile de contingenta, prevazute în Planul de Lucru al Proiectului. Algoritmii si lanturile de procesare, dezvoltate in cadrul laboratorului NR se afla în curs de portare si îmbunatatire pentru a include datele provenite de la satelitul din seria Sentinel. În ceea ce priveste Sentinel-1, în prezent se utilizeaza date Radasat-2, iar pentru Sentinel-3 date Suomi NPP VIIRS si Terra MODIS. Aceasta abordare permite verificarea algoritmilor si lanturilor de procesare si adaptarea la datele receptionate de la noii senzori.

WP3 - Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zapada in NOAH.

Au fost realizate simulări privind evolutia stratului de zapada necesare pentru implementarea în modelul NOAH a unei proceduri de estimare a echivalentului de apa, folosind fuziunea de date. A fost realizata reconfigurarea modelului NOAH cu un nou modul de simulare a zapezii, cu o reprezentare multistrat, la o rezolutie spatiala de 1 km; s-a folosit soft-ul open source de modelare hidrologica cu parametrii distribuiti WRF-HYDRO care include si o versiune imbunatatita cu optiuni multiple de configurare a modului de reprezentare a diferitelor procese hidrologice (NOAH-MP).

WP4 - Activitatea 4.1. Variabilitatea si schimbarile climatice ale stratului de zapada si impactul asociat.

Au fost realizate primele analize privind schimbarile în grosimea stratului de zapada în intervalul octombrie-aprilie, la nivelul României, în conditiile scenariilor RCP 4.5 si 8.5, pentru orizonturile de timp 2021-2050 si 2070-2099. Au fost folosite la analiza rezultatele a 5 experimente numerice cu modele climatice regionale, realizate în cadrul programului EuroCORDEX. Se observa ca în conditiile de fortaaj radiativ mai intens diminuarea grosimii stratului de zapada în intervalele considerate este mai mare. Au fost extrase seriile de timp pentru climatul prezent si scenariile RCP pentru temperatura si precipitatii la 6 ore folosind 3 experimente numerice disponibile în baza CMIP5. Au fost demarate si primele analize pentru realizarea modelului empiric ce leaga caracteristicile de circulatie atmosferica cu indici ai avalanselor.

WP4 - Activitatea 4.3. Variabilitate si schimbari în statistica avalanselor.

Au fost demarate si primele analize pentru realizarea modelului empiric ce leaga caracteristicile de circulatie atmosferica cu indici ai avalanselor. Astfel, a fost întocmita o lista cu date ale avalanselor, începand din 1928 pâna în prezent.

WP5 - Activitatea 5.1. Evaluarea infiltratiei din topirea zapezii in zona nesaturata.

Au fost realizate *descrierea siturilor si modele conceptuale*, ce descrie conditiile geologice, hidrogeologice si climatice pentru fiecare zona de studiu analizata (zona Bucegi, zona conului aluvionar Prahova-Teleajen si zona Colentina). Modelul conceptual de realimentare a acviferelor din topirea zapezii s-a realizat cu o schema a proceselor si factorilor implicatii privind determinarea infiltratiilor din sol. A fost elaborata *metodologia pentru determinarea infiltratiei din topirea zapezii*, ce se bazeaza pe regruparea si sistematizarea informatiilor cu privire la procesele fizice ce se petrec în zona nesaturata în timpul infiltratiilor din stratul de zapada.

WP6 – Activitatea 6.1. Actualizarea hartii acoperirii/utilizarii terenului pentru zona de studiu, utilizând imagini satelitare de rezolutie fina.

Imaginile satelitare Landsat, reprezintă principala sursă de date ce vor fi utilizate în cadrul proiectului pentru actualizarea hărții/acoperirii terenului. Acestea sunt puse la dispoziția utilizatorilor de către USGS și NASA, cu titlu gratuit, prin mai multe surse de descărcare. Pentru obținerea rezultatelor specifice activității, imaginile trec printr-un proces de prelucrare specializat, fuziune și clasificare nesupervizată și supervizată.

WP6 - Activitatea 6.2. Proiectarea algoritmilor si metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zapada în modele operative de prognoza hidrologica.

Au fost aprofundate cele mai noi metode si algoritmi de asimilare a datelor de zapada in modelele hidrologice, utilizate pe plan international, astfel incat, functie de caracteristicile specifice Romaniei sa se stabileasca procedura corecta de asimilare a datelor pentru ajustarea parametrilor de stare relevanți modulelor de zăpadă din modelele hidrologice NOAA-R, NWSRFS și ROFFG, modele utilizate în activitatea operativa. În urma analizei studiilor existente si având în vedere modelele hidrologice folosite în România, sistemul de asimilare a datelor de înalta rezoluție HRLDAS, dezvoltat pentru a fi folosit în împreună cu modelul de prognoza a vremii WRF, poate fi considerat ca baza pentru realizarea propriului sistem de asimilare a datelor. Sistemul HRLDAS presupune achiziția datelor pentru stabilirea condițiilor inițiale si de forțaj, organizarea acestora, stabilirea configurației gridului, efectuarea interpolărilor spațiale si temporale a datelor si rularea modelului NOAA-LSM.

WP6 - Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zapada în modele operative de prognoza hidrologica.

Au fost achiziționate echipamentele de calcul necesare pentru configurarea, testarea si implementarea efectivă a procedurii de fuziune de date, care va fi utilizată pentru determinarea echivalentului de apă din stratul de zapada, respectiv pentru procedurile de asimilare a datelor parametrilor de zapada în principalele modele de prognoza hidrologica operationala.

WP7 - Activitatea 7.1. - Dezvoltarea algoritmilor de detectare a avalanselor.

S-a stabilit setul de date pentru dezvoltarea si validarea algoritmului de detectare a avalanselor; s-au elaborat algoritmi de recunoastere a obiectelor utilizând parametri de textura. Stabilirea setului de date a implicat selectarea unui areal test, situat în sectorul glaciara central al Masivului Fagaras. Au fost obtinute harti digitale si s-a facut analiza statistica a datelor climatice si a principalilor factori de hazard implicati în producerea avalanselor. Pentru arealul test au fost cartate în teren 34 de culoare de avalansa care au fost integrate în baza GIS. Areele afectate de avalanse (peste 150) au fost delimitate pe imaginea satelitara GeoEye-1. Inventarul avalanselor este o premiera pentru Carpatii Românești. A fost realizata o analiza preliminară a capacității de identificare a avalanselor pe baza algoritmului dezvoltat prin analiza orientată - obiect. Acesta a fost testat pe imagini QuickBird pentru unele areale montane din Norvegia. Harta avalanselor detectate automat a fost comparată cu aceea a avalanselor digitizate. Rezultatele preliminare arata ca majoritatea avalanselor recente au fost localizate corect în imagine, existând si o serie de false detectari.

WP8 - Activitatea 8.1. Site-ul web al proiectului.

A fost proiectat si realizat site-ul web al proiectului (<http://snowball.meteoromania.ro>), ce va fi actualizat în permanenta. Portalul SnowBall va pune la dispozitie infrastructura de comunicare si diseminare.

WP8 - Activitatea 8.2. Strategia de diseminare.

A fost elaborata strategia de diseminare care are scopul de a defini activitățile potrivite pentru promovarea eficientă a rezultatelor proiectului SnowBall.

4. DESCRIEREA STIINTIFICA SI TEHNICA

WP1 Management

Activitatea 1.1 Managementul Proiectului

Administratia Nationala de Meteorologie din Romania ca promotor al proiectului a asigurat un management concret si eficient al proiectului, inclusiv al aspectelor administrative si financiare, al comunicarii cu ministerul de resort precum si al exploatarii rezultatelor.

Comitetul de Conducere a Proiectului (PSC), compus din responsabili din institutiile partenere (P1 - Norsk Regnesentral, Norvegia, P2 – Universitatea Tehnica de Inginerie Civila, Bucuresti, P3 – Institutul National de Hidrologie si Gospodaria Apelor, Bucuresti si P4 – Universitatea de Vest din Timisoara) si condus de managerul de proiect decide in probleme importante ce tin de managementul proiectului. In acest sens a fost stabilit cate un responsabil pentru activitatile din cadrul fiecarei Pachet de lucru (WP) care au inceput in 2014.

Responsabilii de activitati si-au stabilit echipele de lucru pentru realizarea obiectivelor propuse. De asemenea au fost nominalizati responsabilii livrabilelor pentru perioada raportata (*Tabelul 1*) dupa cum urmeaza:

Tabelul 1. Lista livrabilelor pentru perioada raportata

LISTA LIVRABILELOR					
Nr. livr.	Nume Livrabil	Nr. WP	Conducator WP	Data livrarii	Responsabil
1	D1.2. Rapoarte anuale de proiect	1	CO	In fiecare an	Gheorghe Stancalie
2	D8.8. Raport al actiunii de diseminare	8	CO	In fiecare an	Oana Nicola
3	D8.9. Newsletter al proiectului (e-zine) - format digital	8	CO	In fiecare an	Vasile Craciunescu
4	D8.6. Produse pentru vizibilitate (bannere, postere etc.)	8	CO	la fiecare sesiune de diseminare	Oana Nicola
5	D8.7. Pachete de prezentare a proiectului la conferinte	8	CO	la fiecare sesiune de diseminare	Vasile Craciunescu
6	D1.1. Planul de Management al Proiectului	1	CO	3	Anisoara Irimescu
7	D8.1. Website-ul proiectului	8	CO	3	Vasile Craciunescu
8	D2.1. Prototipul testat in laborator pentru profilul temperaturii zapezii – Versiunea 1	2	CO	4	Bogdan Lucaschi
9	D2.2. Prototipul testat in laborator pentru profilul temperaturii zapezii – Versiunea 2	2	CO	6	Andrei Diamandi
10	D2.11. Prototipul bazei spatiale de date cu parametrii aferenti zapezii	2	CO	6	Vasile Craciunescu
12	D8.2. Strategia de diseminare	8	CO	6	Oana Nicola

Asigurarea calitatii, luarea deciziilor si managementul proiectului au fost realizate prin luarea urmatoarelor masuri: intalnirea de debut (kick-off meeting), intalniri ale grupurilor de lucru, comunicare prin internet va functiona, pentru a exista o comunicare intre parteneri eficienta. Intalnirea de debut a avut loc la Bucuresti, în data de 19 Septembrie 2014, la sediul ANCS din strada Mendeleev, nr. 21-25. Agenda intalnirii a cuprins (Tabelul 2):

Tabel 2. Agenda intalnirii Kick-off

09:00 – 09:20	Deschiderea intalnirii: Dr. Gheorghe Stancalie, Director Proiect – Administratia Nationala de Meteorologie Prezentarea partenerilor Anca Ghinescu, Coordonator Program – Ministerul Educatiei Nationale Romania - ANCS Dr. Rune Solberg, Norsk Regnesentral Norvegia	Responsabil ANM
09:20 – 09:40	Prezentarea si Obiectivele Proiectului	ANM
09:40 – 10:00	WP2 - Masurarea in-situ a parametrilor stratului de zapada:	ANM
10:00 – 10:20	WP3 - Integrarea datelor de teledetectie, din modelare si in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zapada	NR
10:20 – 10:40	WP4 - Impactul schimbarilor climatice asupra hazardelor legate de zapada	ANM
10:40 – 11:00	WP5 – Modelarea realimentarii acviferelor din topirea zapezii	UTCB
11:00 – 11:20	Pauza de cafea	
11:20 – 11:40	WP6 – Asimilarea parametrilor stratului de zapada in Sistemul National de Prognoza si Avertizare a Viiturilor	INHGA
11:40 – 12:00	WP7 – Registrul avalanselor si hartile de hazard	UVT
12:00 – 12:20	WP8 – Promovare si Diseminare	ANM
12:20 – 12:40	Date satelitare disponibile + Date in-situ pentru proiect	ANM / toti
12:40 – 13:40	Organizarea Administrativa a Proiectului, Indicatori, raportarea Financiara, Livrabile	ANM / toti
13:40 – 14: 00	Intalnirii de proiect, Livrabile planificate, Conferinte, Documente stiintifice	ANM / toti
14:00 – 14:30	Discutia finala	
14:30 – 15:45	Pauza de pranz	

La intalnire au participat oficiali din partea Autoritatii Nationale pentru Cercetare Stiintifica (ANCS), implicati in implementarea programului Programului Cercetare în Sectoare Prioritare – mecanismul SEE (d-na Anca Ghinescu – Coordonatorul Programului, d-na Antoaneta Popescu - responsabil contractare si monitorizare, d-na Ruxandra Popescu - ofiter financiar si d-na Daniela Dinica – responsabil din partea ANCS a proiectului SnowBall), precum si reprezentanti ai institutiei promotorului de proiect si ai institutiilor parteneri.

Activitatea de management a inclus monitorizarea progresului componentelor proiectului, pentru identificarea si rezolvarea oricaror probleme care pot afecta rezultatul proiectului.

In acest sens a fost discutata cu partenerii adresa see nr. 102/09/09/2014 referitoare la «Instruciunea finala privind achizitiile de echipamente pe proiectele finantate prin Programul «Cercetare in sectoare prioritare».

Pentru buna desfasurare a proiectului a fost solicitata prin Notificarea din data de 2.10.2014 modificarea termenelor de raportare pentru etapele I, II si III, de la 30.11.2014, 30.11.2015 si 30.11.2016 la 31.12.2014, 31.12.2015 si 31.12.2016; realocarea sumei de 65.941,50 lei de la categoria de cheltuieli „Cheltuieli de personal” la categoria „Deplasari”, pentru partenerul 1 (NR) precum si încadrarea echipamentului „spectroradiometru pentru masuratori in-situ ale stratului de

zapada” în categoria echipamente exceptate de la prevederea art. 7.3.1(c) din Regulament privind achiziția de echipamente, conform adresei nr. SEE 102/09.09.2014.

În conformitate cu solicitarea ANCS a avut loc o simulare financiară a proiectului, în data de 7.11.2014, pentru situația pe perioada 1.07.2014 – 30.10.2014.

În perioada raportată au avut loc întâlniri ale grupurilor de lucru prin intermediul teleconferințelor (WP4, WP6).

WP2 Masurarea in-situ a parametrilor stratului de zapada

Activitatea 2.1. Proiectarea și implementarea unor noi instrumente și echipamente de măsurare a parametrilor stratului de zapada.

Pentru măsurarea parametrilor stratului de zapada s-a decis realizarea unor dispozitive și echipamente automate care să permită măsurarea continuă în perimetrul stațiilor meteorologice automate sau manuale existente, respectiv măsurarea continuă pe perioade limitate de timp (iarnă) în diferite zone de interes în afara perimetrului stațiilor meteorologice.

În acest scop s-au selectat două tipuri de traductoare pentru măsurarea înălțimii stratului de zapada. Principiul de măsurare se bazează pe reflexia undelor acustice din domeniul ultrasonic la întâlnirea unui obstacol solid. Ambele tipuri de traductoare se pot interfata cu data logger-ele folosite la stațiile meteorologice automate.

Principalele caracteristici tehnice ale traductorului pentru înălțimea stratului de zapada SR50A (*Figura 1*) sunt:

- timpul de măsurare < 1 s
- tipul de interfata SDI-12, RS-232, RS-485 (configurabilă)
- tensiune de alimentare 9..18 V cc
- consum 250 mA (în măsurare)
< 1 mA (în repaus)
- domeniu de măsură 0,5..10 m
- rezoluție 0,25 mm
- precizie ± 1 cm sau 0,4 % din valoarea măsurată
- domeniul de temperatură - 45° C..+ 50° C



Figura 1. Traductorul SR50A

Principalele caracteristici tehnice ale traductorului pentru înălțimea stratului de zapada IRU-9429 (*Figura 2*) sunt:

- timpul de măsurare > 45 ms
- tipul de interfata RS-232

- tensiune de alimentare 12..28 V cc
- consum 60 mA (in masurare)
- domeniu de masura 0,15..10,67 m
- rezolutie 2,5 mm
- precizie $\pm 0,25$ % din valoarea masurata
- domeniul de temperatura - 40° C..+ 60° C

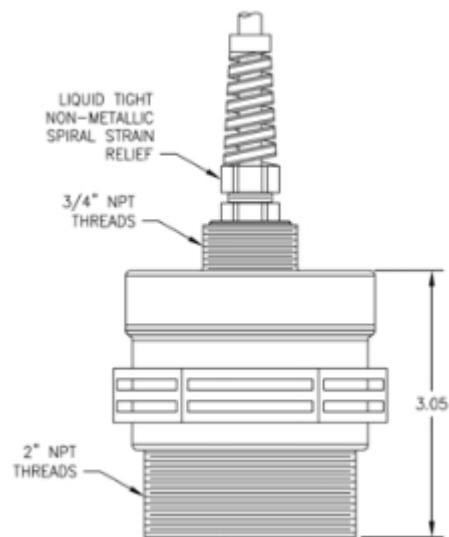


Figura 2. Traductorul IRU-9429S

Pentru realizarea de profile de temperatura ale stratului de zapada s-a selectionat un traductor etans (Figura 3) bazat pe un circuit integrat DS18B20. Principalele caracteristici tehnice ale traductorului pentru masurarea temperaturii zapezii sunt:

- domeniu de masura - 55° C..+ 125° C
- precizie $\pm 0,5$ ° C

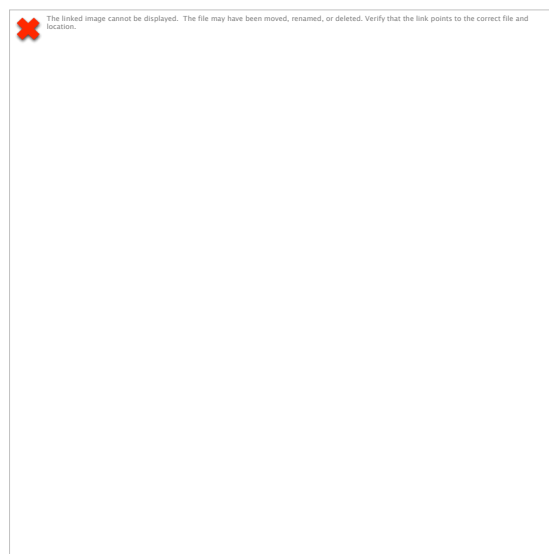


Figura 3. Traductorul de temperatura zapezii

Pentru masurarea umiditatii volumetrice a zapezii (continutul de apa lichida in startul de zapada) a

fost ales un traductor capacitiv (*Figura 4*) care masoara umiditatea indirect prin intermediul masurarii permitivitatii dielectrice a mediului. In plus fata de umiditate, traductorul masoara si temperatura mediului. Principalele caracteristici tehnice ale traductorului de umiditate volumetrica sunt:

- tensiune de alimentare 3,6..15 V cc
- domeniul de temperatura - 40° C..+ 50° C
- precizie $\pm 0,03 \text{ m}^3/\text{m}^3$
- tipul de interfata SDI-12

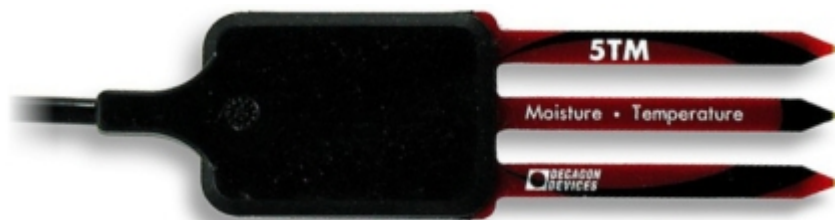


Figura 4. Traductorul pentru umiditate volumetrica 5TM

Pentru realizarea sistemelor portabile s-a decis utilizarea unor platforme de dezvoltare “open source” bazate microcontroller-e pe 32 biti. Alegerea de sisteme “open source” a fost motivata de diponibilitatea atat a resurselor “hardware”, cat si a celor “software”, precum si de experienta anterioara. Au fost selectionate doua platforme bazate, una pe microcontroller-ul Freescale Kinetis KL25Z (*Figura 5*), iar cealalta pe Microchip PIC32MX440F256H (*Figura 6*).



Figura 5. Platforma de dezvoltare cu Freescale Kinetis KL25Z

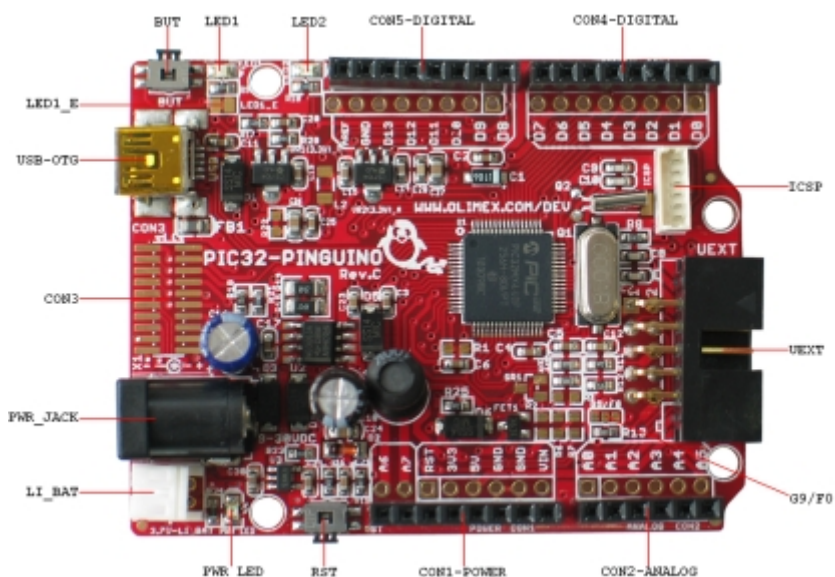


Figura 6. Platforma de dezvoltare cu PIC32MX440F256H

Principalele caracteristici ale platformei Freescale Kinetis KL25Z:

- 32-bit ARM Cortex-M0+ core
- semnal tact pana la 48 MHz
- memorie: SRAM 16 kB, flash 128 kB
- ceas de referinta intern de 4 MHz si 32 kHz
- periferice analogice: ADC 16 bit, DAC 12 bit, comparator
- comunicatie: SPI, USB, I2C, UART
- timer: unul cu 6 canale, doua cu 2 canale, RTC

Principalele caracteristici ale platformei PIC32MX440F256H:

- 32-bit MIPS M4K core
- semnal de tact pana la 80 MHz
- memorie: SRAM 32 kB, flash 256 kB
- periferice analogice: ADC 10 bit
- comunicatie: SPI, USB, I2C, UART
- timer: cinci cu 16 biti

Componentele descrise au fost achizitionate in vederea realizarii echipamentelor mentionate la inceputul capitolului. Au fost achizitionate si componente necesare alimentarii cu energie electrica (acumulatori cu Pb etansi, panouri solare) si cele pentru realizarea mecanica a prototipului (casete IP 65, presteupe, suruburi, piulite, distantieri).

Proiectul propriu-zis (schema electrica) si descrierea functionarii sunt prezentate in deliverabilele D2.1 si D2.2.

Pentru achizitia unui spectrometru portabil cu carcteristici adecvate pentru determinarea caracteristicilor startului de zapada au fost studiate modelele oferite de mai multi producatori: ASD Inc., Ocean Optics, Spectral Evolution, SpectraVista, StellarNet. Dificultatea alegerii a constatat in gasirea unui model care sa acopere domeniul spectral 200-1700 nm, sa fie portabil si sa poata fi folosit in exterior, inclusiv in conditii de temperaturi negative. In Anexa IV se prezinta Caietul de sarcini pentru achizitia spectrometrului.

A fost selectionat un sistem compus din doua spectrometre care acopera fiecare o parte a domeniului spectral de interes intr-un sistem integrat. Spectrometrul (Figura 7) care acopera domeniul UV-NIR are un detector CCD, iar cel care acopera domeniul NIR are un detector InGaAs. Sistemul completat cu cateva accesorii indispensabile (fibra optica, montura Y pentru doua fibre

optice, acumulatori, etc.) a fost achiziționat de la firma StellarNet, prin intermediul distribuitorului din România, Apelaser.



Figura 7. Spectrometrul StellarNet Dual Super Range 200-1700 nm

Rezultate:

Au fost realizate noi dispozitive și echipamente de măsurare a parametrilor zăpezii. Prototipul pentru profilul temperaturii zăpezii a fost testat în laborator.

Activitatea 2.3. Crearea și configurarea bazei de date spațiale integrate în mediu GIS

Marea majoritate a informațiilor și datelor necesare pentru implementarea proiectului SnowBall are o dimensiune spațială, date geospațiale clasice (hărți, imagini satelitare, măsurători), la alte tipuri de date (fotografii, grafice, date statistice, documente descriptive). De aceea a fost foarte important ca încă de la început să se facă un inventar cu toate datele necesare, să se proiecteze modele de date adecvate și să se stabilească proceduri clare de integrarea a acestora în baza de date GIS. Următoarele activități au fost derulate în etapa de proiectare a bazei de date geospațiale:

- Analiza situației datelor spațiale existente;
- Cunoașterea datelor și a bazelor de date: tip dată, structură, formate, etc;
- Înțelegerea fluxurilor de date și informații necesare în proiect;
- Analiza datelor spațiale necesare;
- Analiza datelor de tip atribut;
- Analiza procedurilor de spațializare a datelor lipsă;
- Analiza procedurilor de corectare/validare a datelor;
- Identificarea elementelor necesare pentru a răspunde cerințelor Directivei Europene INSPIRE.

Conținutul bazei de date

În cadrul prezentei etape a fost realizată baza de date GIS (planuri tematice, organizate sub formă de infoplanuri) pentru arealul bazinelor hidrografice Argeș și Ialomița, care să permită ulterior prelucrări, intersectări de informații, analize spațiale. Infoplanurile create au inclus (Figurile 8,9 și 10):

- limita bazinelor hidrografice, care reprezintă arealul de studiu;
- elemente morfologice și morfometrice:

- curbele de nivel obținute prin vectorizare de pe hărțile topografice existente;
- curbele de nivel obținute automat din SRTM (Shuttle Radar Topography Mission - cea mai completă bază de date topografice digitale de altitudine);
- Modelul Numeric al Terenului (derivat din SRTM);
- harta pantelor (înclinarea în grade), harta expunerilor (orientarea versanților) și harta densității fragmentării, derivat din Modelul Numeric al Terenului;
- elemente de ordin hidrografic
 - rețeaua hidrografică (pe anumite tronsoane ale râului, digitizarea se poate realiza atât de pe hărțile topografice, cât și de pe ortofotoplanuri, pentru comparare și evidențierea schimbărilor intervenite în timp);
 - limitele de subbazine;
- harta geologică, la scara 1:200.000
- harta solurilor, la scara 1:200.000 (stratul de informație util pentru determinarea gradului de impermeabilitate a terenurilor, capacității de absorbție a apei în sol);
- acoperirea/utilizarea terenului, foarte importantă în primul rând pentru determinarea vulnerabilității la eroziune, inundații, alunecări de teren, identificarea zonelor cu modificări ale hidrografiei; aceasta a fost obținută din baza de date Corine Land Cover (1990, 2000 și 2006);
- elemente de ordin socio-economic:
 - rețeaua de transport (șosele, căi ferate);
 - localități;
 - rețeaua stațiilor meteorologice, hidrometrice, pluviometrice.

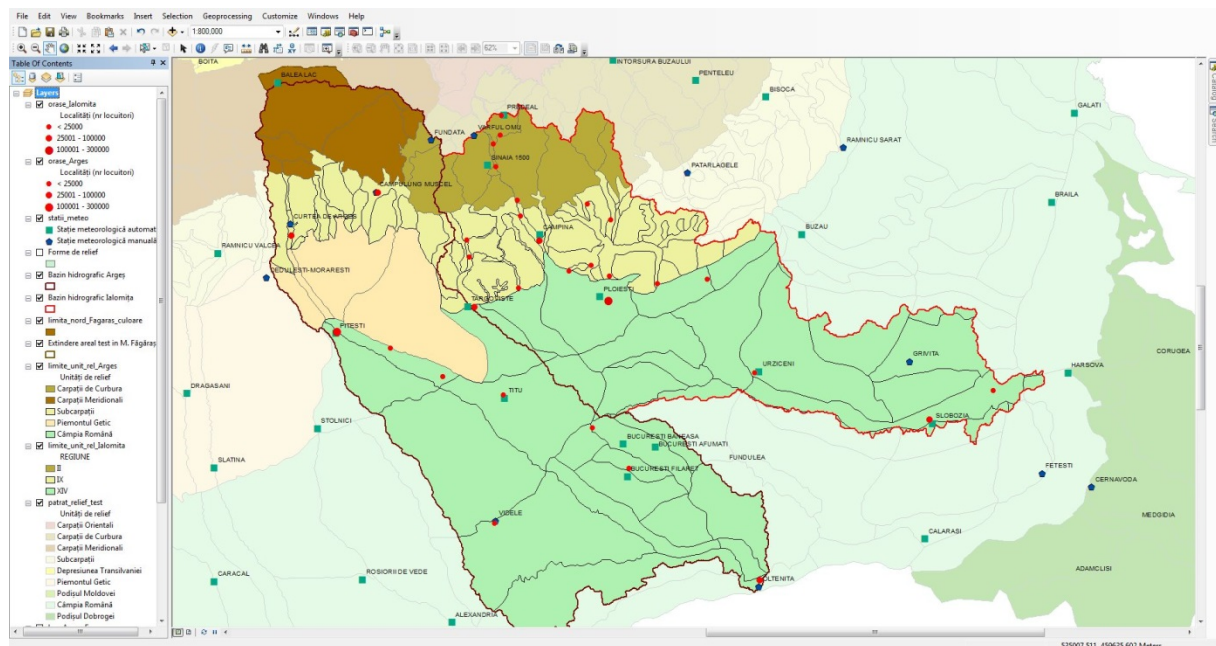


Figura 8. Exemplu de infoplanuri

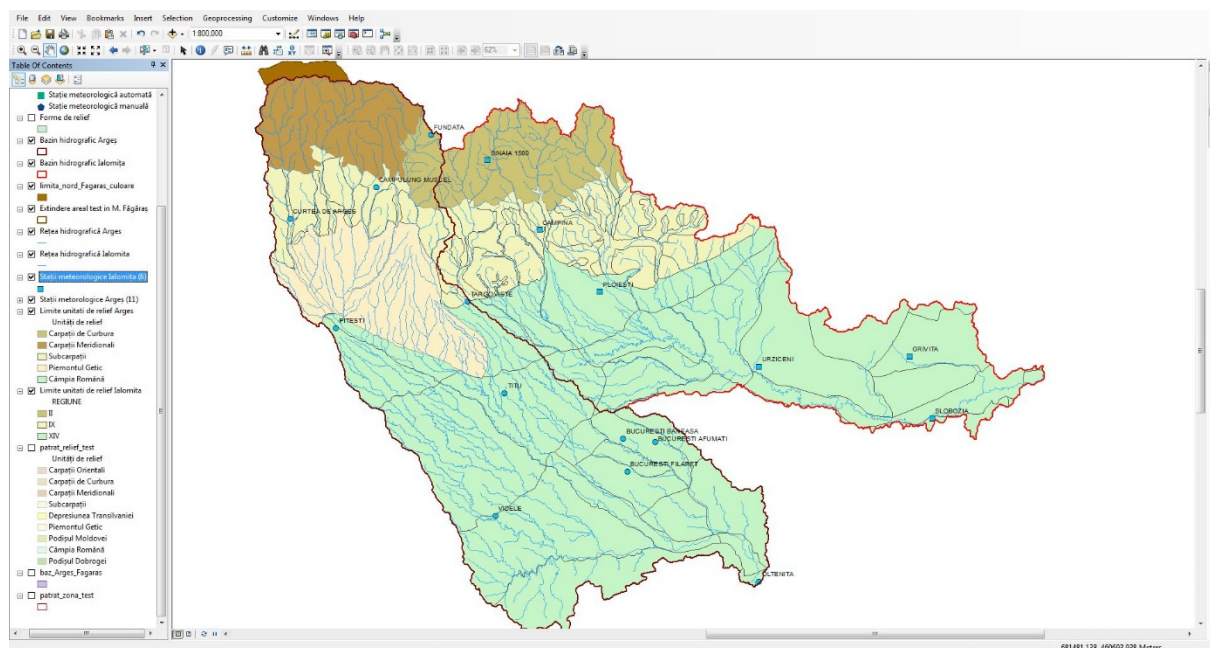


Figura 9. Exemplu de infoplanuri

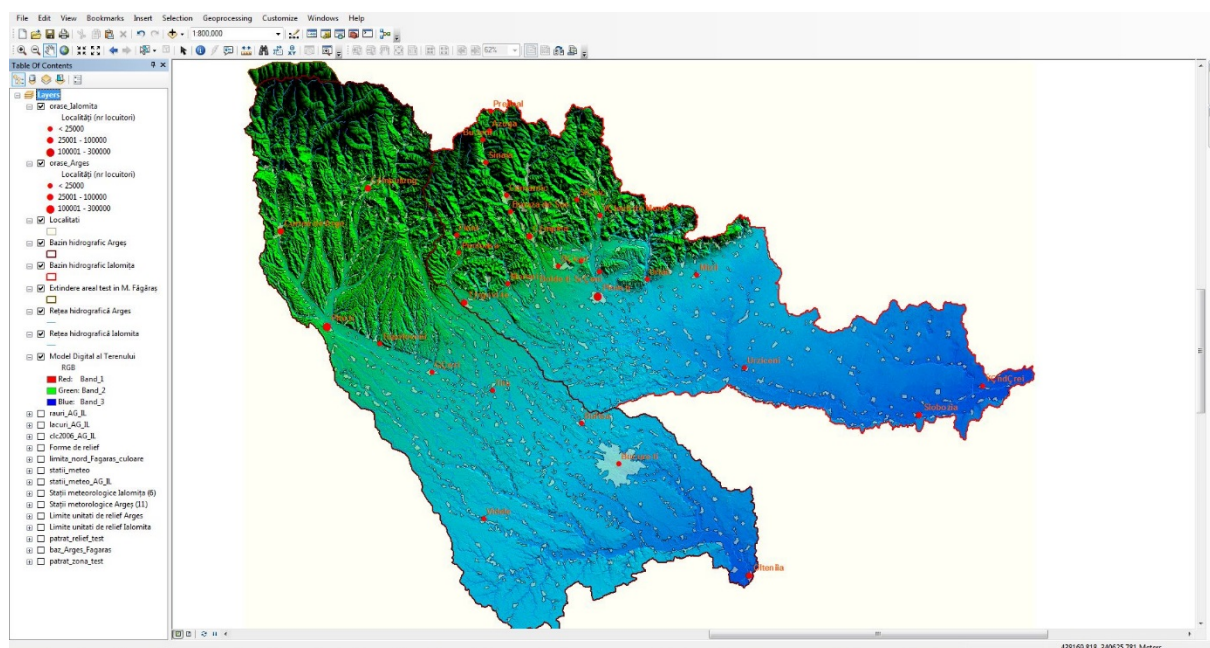


Figura 10. Exemplu de infoplanuri

Surse de date

Structura descrisă la punctul anterior presupune un volum extrem de mare de date cu caracter spațial. Consorțiul SnowBall s-a bazat în cea mai mare parte pe seturi de date existente. Acolo unde astfel de date nu au fost identificate (în special acolo unde este nevoie de date la scară foarte mare) s-a trecut la extragerea acestora folosind drept suport hărți scanate, imagini satelitare sau aerofotograme. Următoarele surse și metode au fost folosite la construcția bazei de date:

- Baze de date disponibile gratuit pe Internet. Aici se evidențiază arhivele de imagini satelitare și produse derivate puse gratuit la dispoziția comunității de către agenții spațiale precum NASA (Administrația Națională pentru Aeronautică și Spațiu – în engleză National Aeronautics and

Space Administration), ESA (Agenția Spațială Europeană – în engleză European Space Agency) sau JAXA (Agenția Japoneză pentru Explorări Aerospațiale – în engleză Japan Aerospace Exploration Agency). Pe partea de date vectoriale, s-au folosit date publicate pe platformele geo-spatial.org și OpenStreetMap, precum și datele de mediu distribuite gratuit de EEA (Agenția Europeană de Mediu – în engleză European Environment Agency). OpenStreetMap (prescurtat OSM) este un proiect colectiv, în regim open source, ce are ca scop construirea unei baze de date geografice globale, cum ar fi atlasele rutiere, folosind atât date introduse manual având ca suport imagini spațiale cât și date colectate de pe dispozitive de poziționare globală.

- Date produse în cadrul unor proiecte naționale la care există acces liber la date. Unul din cele mai bune exemple în acest sens este baza de date GIS dezvoltată în cadrul proiectului PHARE/2005/017-553.03.03/07.02 - "Asistență tehnică în dezvoltarea hărților de mediu GIS", având drept beneficiar Ministerul Mediului și Schimbărilor Climatice.

- Date produse în cadrul consorțiului SnowBall prin vectorizarea hărților topografice sau prin măsurători cu receptoare GPS.

Metadata

Potrivit U.S. Federal Geographic Data Committee (Comitetul Federal pentru Date Geografice din Statele Unite) o înregistrare de metadata este "un fișier de informații, prezentată de obicei sub forma unui document XML, care surprinde caracteristicile de bază ale unei resurse de date sau informații. Metadatale reprezintă răspunsul la întrebările cine?, ce?, când?, unde?, de ce? și cum? cu privire la respectiva resursă de informații. Metadatale geografice sunt folosite pentru a documenta resurse digitale geografice, cum ar fi fișiere specifice GIS, baze de date geospațiale, și imagini satelitare. O înregistrare de metadata geospațiale include elemente de catalogare precum titlu, abstract, și data publicării, elementele geografice, cum ar fi extinderea geografică sau sistemul de coordonate, precum și elemente ce țin de baza de date, cum ar fi definirea etichetelor de attribute sau valorile domeniilor de attribute".

Fiecare strat este definit de un set de metadata stocate intern, ca urmare a naturii formatului (raster sau vector), sau încapsulat în memoria internă a sistemului SnowBall. Un alt mod simplu de recuperare a atributelor metadatelor de bază este de a analiza fiecare nume strat, care de cele mai multe ori este auto-explicit.

Fiecare set de date este stocat folosind formate cunoscute, care sunt capabile să salveze intern o sumă de metadata cu privire la acel strat de informație. Pentru cele mai multe dintre straturile accesibile prin intermediul geoportalului SnowBall, este utilizat formatul GeoTIFF, în cazul datelor tip raster sau ESRI Shapefile / PostgreSQL, în cazul datelor tip vector. Un exemplu de metadata stocate intern și citite cu ajutorul bibliotecii GDAL este dat mai jos:

Driver: GTiff/GeoTIFF

Files: MER_RR__2PRBCM20020604_TSM.tif

Size is 1331, 825

Coordinate System is:

PROJCS["WGS 84 / Pseudo-Mercator",

GEOGCS["WGS 84",

DATUM["WGS_1984",

SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563,

AUTHORITY["EPSG","7030"]],

AUTHORITY["EPSG","6326"]],

PRIMEM["Greenwich",0],

UNIT["degree",0.0174532925199433],

AUTHORITY["EPSG","4326"]],

PROJECTION["Mercator_1SP"],

PARAMETER["central_meridian",0],

PARAMETER["scale_factor",1],

PARAMETER["false_easting",0],

PARAMETER["false_northing",0],

AUTHORITY["EPSG","3857"],
 EXTENSION["PROJ4","+proj=merc +a=6378137 +b=6378137 +lat_ts=0.0 +lon_0=0.0 +x_0=0.0 +y_0=0 +k=1.0
 +un
 its=m +nadgrids=@null +wktext +no_defs"],
 UNIT["metre",1,
 AUTHORITY["EPSG","9001"]]]
 Origin = (3052953.481518197300000, 5989337.770867355200000)
 Pixel Size = (1200.000000000000000,-1200.000000000000000)
 Metadata:
 AREA_OR_POINT=Area
 Image Structure Metadata:
 COMPRESSION=DEFLATE
 INTERLEAVE=BAND
 Corner Coordinates:
 Upper Left (3052953.482, 5989337.771) (27d25'30.53"E, 47d17'19.59"N)
 Lower Left (3052953.482, 4999337.771) (27d25'30.53"E, 40d54'42.40"N)
 Upper Right (4650153.482, 5989337.771) (41d46'22.94"E, 47d17'19.59"N)
 Lower Right (4650153.482, 4999337.771) (41d46'22.94"E, 40d54'42.40"N)
 Center (3851553.482, 5494337.771) (34d35'56.74"E, 44d11'11.14"N)
 Band 1 Block=256x256 Type=Float32, ColorInterp=Gray
 NoData Value=9999
 Overviews: 666x413, 333x207, 167x104, 84x52, 42x26, 21x13, 11x7

Informațiile despre fiecare strat pe care sistemul SnowBall le înmagazinează și gestionează cuprind:

- Nume
- Titlu
- Abstract
- Cuvinte cheie
- Adrese pentru metadate
- Sistem de coordonate de referință
- Limitele stratului

Rezultate:

A fost conceput un prototip al bazei de date spațiale pentru parametrii zapezii.

WP3 Integrarea datelor de teledetecție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zapada

Activitatea 3.1. Algoritm bazat pe date de la un singur canal spectral adaptat la Sentinel

Algoritmi bazati pe date optice

Metoda de obtinere a produsului satelitar Optical Wet Snow (OWS) se bazeaza pe algoritmi de estimare a umezelii la suprafata zapezii (Snow Surface Wetness - SSW), ce utilizeaza o analiza temporala: a datelor de temperatura la suprafata zapezii (Surface Temperature of Snow - STS), a dimensiunii particulelor de zapada (Snow Grain Size - SGS) și a acoperirii cu zapada (Fractional Snow Cover - FSC). Initial, acesti algoritmi au fost dezvoltati pentru date provenite de la Spectroradiometrul pentru Imagistica de Rezolutie Medie (MODIS), aflat la bordul satelitelui Terra (EOS-AM) (Solberg et al., 2010).

Algoritmul STS se bazeaza pe o abordare propusa de catre Key et al. (1997). Într-un studiu comparativ al lui Amlien și Solberg (2003), acest algoritm a fost identificat ca reprezentând una dintre cele mai bune tehnici "single-view" pentru obtinerea STS, care poate fi aplicata și pentru date provenite de la alti senzori (MODIS, AVHRR, etc). Absortia radiatiei în atmosfera depinde de lungimea de unda, astfel incat diferenta dintre temperaturile de stralucire în doua canale spectrale va furniza informatii despre atenuarea atmosferica. Tehnica "split-window" își propune sa elimine efectele induse de atmosfera, prin utilizarea acestei diferente. Mai mult decât atât, exista un factor suplimentar de

corectie, care se aplica variatiei unghiului de observare de-a lungul liniei de scanare si efectului acestei variatii asupra lungimii traseului prin atmosfera.

Pentru SGS (Snow Grain Size - SGS) s-a utilizat indicele normalizat al dimensiunii particulei de zapada, pe baza lucrarii lui Dozier (1989) si a experimentelor efectuate de catre Fily et al. (1997). Au fost utilizate benzile MODIS 2 si 7, întrucât s-a demonstrat ca acest indice este mai putin sensibil la impuritatile din zapada. Efectele radiometrice perturbatoare induse de teren, prin influenta pantelor asupra radiatiei reflectate, sunt minimizate prin utilizarea rapoartelor dintre benzi. Fily et al. (1997) au consemnat ca datele masurate se potrivesc în mare masura curbelor teoretice. Studiile au demonstrat ca acest indice este potrivit pentru monitorizarea modificarilor dimensiunii particulelor de zapada datorate variatiilor precipitatiilor si temperaturii. Indicele creste odata cu marirea temperaturii si scade atunci când se depune zapada proaspata.

FSC se bazeaza pe algoritmul Norvegian Liniar Reflectanta – Acoperirea cu Zapada (NLR) (Solberg et al., 2006). Acest algoritm se bazeaza pe presupunerea ca exista o relatie liniara între acoperirea cu zapada si reflectanta (sau radianta) masurata la limita superioara a atmosferei (TOA). Fractiunea de acoperire cu zapada poate fi calculata atunci când aceasta relatie este stabilita. Aceasta relatie se realizeaza printr-o procedura de calibrare automata, utilizând tinte de calibrare. Factorul de corectie C se aplica pentru compensarea efectelor datorate topografiei terenului (Meyer et al., 1993).

Pentru a determina zapada umeda a fost dezvoltata o abordare ce utilizeaza o combinatie de masuratori ale STS si SGS din observatii multi-temporale (Solberg et al., 2010). Aceasta metoda este aplicabila numai pentru un strat continuu de zapada, prin utilizarea FSC. Masuratorile de temperatura ofera o mai buna informatie asupra localizarii zonelor acoperite cu zapada umeda, dar nu sunt suficiente de precise. Totusi, daca se observa o crestere rapida a dimensiunii particulelor de zapada, in conditiile unei temperaturi la suprafata zapezii de 0°C, aceasta este o indicatie precise a existentei zapezii umede la suprafata stratului. Printr-o analiza detaliata a evolutiei în timp a STS si a SGS, sunt identificate câteva clase de umiditate ale zapezii. Cercetarile experimentale realizate folosind acest algoritm au confirmat ca aceasta abordare poate fi utilizata pentru a determina existenta zapezii umede si pentru a emite o avertizare timpurie privind începerea topirii zapezii (Solberg et al., 2010). Masuratorile temperaturii aerului la statiile meteorologice confirma hartile cu zonele acoperite cu zapada umeda.

Algoritmi bazati pe date SAR

Algoritmul original dezvoltat de NR pentru determinarea zapezii umede din date SAR se bazeaza pe o abordare multi-temporala propusa de Nagler si Roth (2000). Algoritmul utilizeaza detectarea modificarilor pe baza rapoartelor: suprafata cu zapada umeda / suprafata fara zapada (sau cu zapada uscata). Imaginile SAR ale suprafetelor cu zapada umeda si a celor fara zapada sunt obtinute de la acelasi pasaj repetat, si care contin aceleasi distorsiuni geometrice (adica suprafete umbrite si suprapuse). Principalele etape ale algoritmului cuprind:

- Calibrarea radiometrica a imaginilor SAR folosind coeficientul de retroimprastiere “sigma naught”
- Reducerea zgomotului de tip “speckle” folosind metoda “multi-looking”
- Geocodificarea
- Identificarea zonelor afectate de efectul de compresie - layover si de efectul de umbrire – show masks
- Calculul imaginilor de tip raport
- Folosirea de praguri pe imaginile raport pentru detectarea zapezii umede
- Mascarea suprafetelor afectate de efectele de compresie si umbrire.

In prezent, algoritmul se aplica pentru imaginile Radarsat-2 de tip single-look complex (SLC) SAR.

S-a implementat o metoda alternativa pentru cartografierea suprafetelor cu zapada umeda. Abordarea utilizeaza o metoda de corectie a radiometriei reliefului bazata pe conceptul de retroimprastiere “gamma naught” (Small, 2011). Fara aplicarea corectiei, modulatiile radiometrice datorate pantelor terenului pot anula efectele mai mici de retroimprastiere induse de acoperirea

terenului. În acest caz, pentru aceeași zonă de studiu, compararea radiației retroîmprăstiată provenită de la mai mulți sateliți, în diferite moduri sau de-a lungul mai multor linii de scanare își pierde sensul. Metodologia de corecție a radiometriei reliefului bazată pe conceptul menționat reduce variația stralucirii în imaginile SAR, cauzată de pantele terenului și de aceea, poate să constituie o bună soluție pentru reducerea efectelor modulațiilor deal-panta (Small, 2011). Produsele obținute prin metoda de uniformizare gamma naught au demonstrat un potențial ridicat de îmbunătățire a calității cartografierii zonelor montane acoperite cu zapadă umedă (de ex. în perioada topirii zăpezii) (Small, 2011). Calitatea produselor obținute prin metoda de uniformizare gamma naught depinde în mare măsură de calitatea unui model numeric al altitudinilor terenului (DEM) și de precizia geocodificării.

De asemenea, în această fază de implementare a proiectului, a fost demarat procesul de adaptare a algoritmilor SAR la datele provenite de la satelitul Sentinel-1. În acest sens cea mai importantă etapă o constituie scrierea rutinelor de geocodificare pentru Sentinel-1. Deoarece scopul major este de a îmbunătăți și a adapta algoritmul la condițiile specifice României, nu a fost ales pentru aplicare software de tip NEST.

Algoritmii pentru cartografierea zăpezii umede, atât din datele Radarsat-2 cât și Sentinel-1, se află în curs de implementare în lanțul de procesare pentru produsul referitor la zapadă, dezvoltat de partenerul NR.

Lantul de procesare

Lantul de procesare este controlat de un script Python, care descarcă datele și le transmite pentru a fi prelucrate (Figura 11).

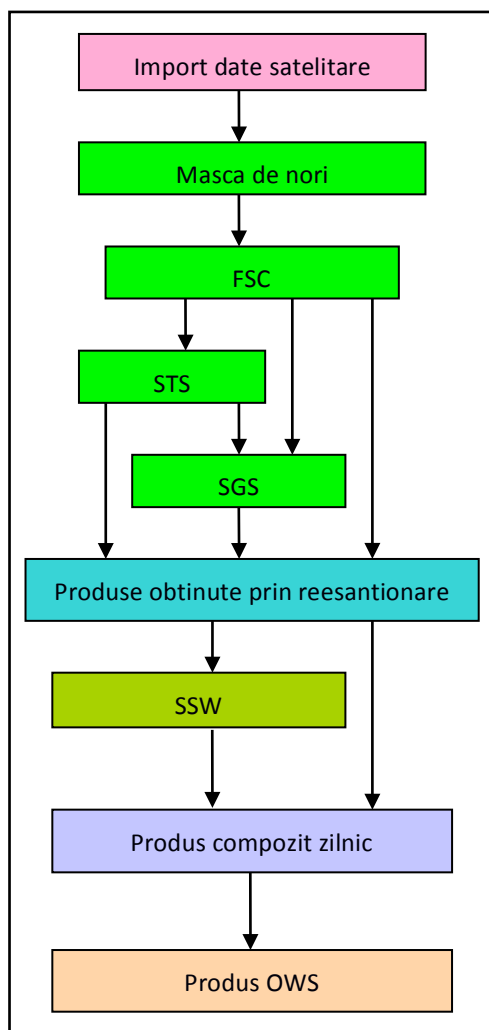


Figura 11. Lantul de procesare pentru produsele OWS

Exista doua versiuni ale lantului de procesare: una pentru produsele disponibile in timpul zilei (FSC, STS, SGS si SSW) si una pentru produsele disponibile in timpul noptii (doar STS).

Masca de nori si produsele de zapada (FSC, STS si SGS) sunt generate în geometria pasajului satelitar; apoi, masca de nori, FSC, STS si SGS sunt reproiectate în proiectia UTM (sau într-o alta proiectie cartografica) si reesantionate pentru o grila de 1 km x 1km. In final produsul SSW este generat in grila proiectiei UTM.

O imagine satelitara poate acoperi doar partial o regiune de studiu. De asemenea, acoperirea noroasa se poate modifica pe parcursul zilei. De aceea, hartile de zapada (FSC, STS, SGS si SSW) sunt furnizate odata pe o zi, ca un produs compozit care contine pixelii fara nori din unghiul de observare cel mai apropiat de nadir.

Lantul original de procesare a imaginilor SAR a fost programat într-o combinatie de cod IDL dezvoltat din resurse proprii si o biblioteca de functii ENVI (dezvoltata tot în IDL, dar conditionata de necesitatea ca utilizatorul sa detina o licenta pentru softul ENVI). Codul original a inclus de asemenea, o "schema model", care a permis implementarea lanturilor de procesare. Acest cod a fost portat în IDL, fara utilizarea functiilor ENVI, iar "schema model" a fost înlocuita cu scripturi Python, care asigura mai multa flexibilitate în compunerea lanturilor de procesare.

În plus, pentru prelucrarea datelor de la senzorul VIIRS au fost implementate functii noi. VIIRS este un senzor care urmeaza AVHRR si MODIS (fiind un hibrid al acestora), este operational si va functiona si ca senzor principal de backup pentru Sentinel-3, atunci când acesta va deveni operational.

De asemenea, sistemul de prelucrare se afla în stadiul de adaptare pentru datele ce vor fi furnizate de senzorii Sentinel-3: Ocean Land Colour Instrument (OLCI) si Sea Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR). Aceste date vor fi utilizate împreuna: SLSTR pentru detectarea norilor si combinatia OLCI + SLSTR pentru algoritmi de zapada, furnizând date in benzi de unda scurta, respectiv lunga.

În timpul ramas pentru derularea Activitatii 3.1, va fi încheiata implementarea descrisa mai sus, va fi verificat softul – prin comparatii încrucisate între lanturile vechi si cele noi de procesare si va fi facuta o analiza comparata a produselor, pe baza datelor MODIS si VIIRS. Algoritmi vor fi validati de catre NR cu date in-situ din Norvegia, din regiunea muntoasa Jotunheimen si cu date din Carpatii românesti de catre ANM. Activitatea de validare bazata pe utilizarea de date MODIS, VIIRS si Sentinel-1 se va derula în iarna anului 2015, în timp ce validarea cu date Sentinel-3, OLCI si SLSTR – în iarna anului 2016, în cadrul Activitatii 3.2, în combinatie cu validarea datelor de la Multisensor Wet Snow (MWS).

Rezultate obtinute:

Au fost elaborati si sunt in curs de implementare algoritmi pentru determinarea suprafetelor acoperite cu zapada umeda din date satelitare optice (OWS) si radar (SWS).

Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zapada in NOAH.

Zapada, reprezentand una din fazele importante ale ciclului hidrologic, constituie o sursa majora a scurgerii pe raurile din tara noastra, in special in perioada de primavara.

Analizand regimul hidrologic al acestora se constata ca apele mari de primavara reprezinta circa 50-60% din stocul anual. Mai mult intensificarea in ultimii ani a producerii de viituri cauzate de topirea zapezilor in combinatie cu precipitatii sub forma de ploaie, chiar si in sezonul de iarna, justifica necesitatea determinarii cat mai exacte a afluxului de apa din stratul de zapada.

Determinarea cantitativa a acestui aflux depinde atat de marimea si repartitia in spatiu a stratului de zapada, cat si de modul de cedare a apei din stratul de zapada, care depind de proprietatile fizice ale acestuia si de diferiti parametri meteorologici care influenteaza procesul de topire: temperatura aerului, radiatia solara, vantul, presiunea vaporilor, etc.

In general modelele de determinare a cedarii apei din stratul de zapada sunt de doua categorii:

- modele bazate pe bilantul energetic;
- modele de tip index grad-zi.

Principalele surse de energie care conditioneaza procesul de topire sunt:

1. Caldura de la soare si atmosfera;
2. Caldura latentă de vaporizare datorată condensării vaporilor de apă;
3. Caldura de conductie cu mediul inconjurator in contact cu zapada (aer, ploaie, sol).

In concluzie ecuatia de bilant energetic al stratului de zapada este:

$$R + C + G + r + S_0 = L \times E + \Delta M + f \times Q \quad (1)$$

- R reprezinta bilantul radiativ exprimat astfel:

$$R = R_{LI} - R_{LO} + (1 - \alpha) \times R_s$$

unde:

RLI - radiatia de lungime de unda lunga incidenta terestra;
 RLO - radiatia de lungime de unda lunga care se pierde din stratul de zapada;
 RS - radiatia de lungime de unda scurta incidenta;
 α - albedoul suprafetei pentru radiatia de lungime de unda scurta;

- C este transferul (fluxul) convectiv al energiei calorice din atmosfera (caldura sensibila);
- G este fluxul de caldura dinspre pamant;
- r - transferul de caldura din ploaie;
- So - surse de caldura in stratul de zapada (care daca nu exista impuritati este 0);
- E - viteza de evaporatie (cu sens pozitiv daca are loc evaporatie sau cu sens negativ, daca se produce condensare, deci devine sursa de energie in membrul stang);
- L - caldura latentă de vaporizare;
- ΔM - variatia in rezerva de caldura din stratul de zapada;
- f - caldura latentă de topire;
- Q - viteza de topire.

Pe baza calculului de bilant energetic se poate determina variatia stocului de caldura din stratul de zapada. Daca acesta este pozitiva are loc procesul de topire si din excesul de caldura se determina rezerva de apa din stratul de zapada. O parte din apa este retinuta in strat, iar excesul de apa este intarziat de stratul de zapada si iese din acesta atenuat. Daca bilantul este negativ, adica stratul a cedat aerului o parte din caldura, la nivelul solului nu va ajunge decat apa topita datorată caldurii cedate de pamant.

Pentru a determina aria pe care are loc schimbul de caldura, trebuie estimata partea din bazin care este acoperita cu zapada. Observatiile privind aria acoperita cu zapada se pot obtine din masuratori directe la nivelul solului sau prin teledetectie / produse satelitare.

Implementarea actuala a modelului cu parametrii distribuiti NOAH

Sistemul National Operativ de Modelare si Prognoza Hidrologica (SNOMPH) este un sistem informatic complex, modular, integrat si care are componente hardware si software de procesare si modelare instalate atat la nivel national (nivel INHGA) cat si la nivelul Administratiilor Bazinale de Apa (la Centrele Bazinale de Prognoze Hidrologice, Servicii Dispecerat si Statii Hidrologice).

Sistemul SNOMPH este format din componente specializate pentru simularea si prognozarea proceselor hidrologice la diferite scari spatio-temporale:

- Modelul conceptual de prognoza hidrologica cu parametrii globali NWSRFS - pentru bazine medii si mari;
- Modelele de prognoza hidrologica cu parametrii distribuiti NOAH pentru modelarea detaliata a proceselor hidrologice cu parametrii distribuiti;
- Sistemul ROFFG (Romania – Flash Flood Guidance System) - pentru estimarea in timp real a riscului de producere a viiturilor rapide in Romania, specializat pentru problematica viiturilor rapide, in bazine cu suprafata medie de 30 km².

Modelul NOAH este un model cu parametrii distribuiti utilizat pentru simularea detaliata a proceselor hidrologice in bazine hidrografice, avand la baza ecuatiile fizico-matematice ale procesului ploaie-scurgere.

Modelul NOAH realizeaza simularea proceselor ploaie-scurgere la rezolutie spatia la de 1 km (egala cu rezolutia produselor radar de precipitatii), iar integrarea scurgerii pe versanti si propagarea in retea ua hidrografica la rezolutie spatia la de 100 m.

Datele meteorologice de intrare in model sunt:

- Precipitatii (mm/s);
- Temperatura aerului la 2 m deasupra solului (K);
- Viteza vantului la 10 m deasupra solului (m/s);
- Umiditatea relativa a aerului (%);
- Presiunea atmosferica la 2 m deasupra solului (Pa);
- Radiatia incidenta de unda lunga (termica) la nivelul solului (W/m^2);
- Radiatia incidenta de unda scurta (solara) la nivelul solului (W/m^2).

Modelul NOAH genereaza o serie de produse si furnizeaza o serie de informatii despre parametrii hidrologici care caracterizeaza o anumita regiune: scurgerea de suprafata, scurgerea hipodermica si scurgerea de baza, inclusiv hidrografe in puncte caracteristice definite, echivalentul de apa din stratul de zapada, temperatura si umiditatea solului.

NOAH contine mai multe sub-modele care simuleaza bilantul de energie si apa in sol, evapotranspiratia, evolutia stratului de zapada, scurgerea de suprafata, hipodermica si de baza, propagarea scurgerii in albia raurilor, etc:

- Modelul pentru calculul precipitatiei nete "Land surface model" (LSM) care ruleaza la o rezolutie spatia la egala cu cea a produselor radar (1 km) si calculeaza bilantul de energie si apa pentru o coloana de sol, acoperita cu vegetatie, cu adancimea de 2m divizata in 8 straturi de sol;
- Modelul de simulare a scurgerii subterana/hipodermica cuplat cu LSM, care ruleaza la rezolutia de 100m;
- Integrarea scurgerii pe versanti la rezolutia de 100m utilizand date de mare precizie ale terenului DTM;
- Un model pentru calcularea scurgerii de baza;
- Modelul de propagare a scurgerii prin retea ua hidrografica, incluzand si modificarea scurgerii prin lacuri de acumulare.

Noah Land Surface Model (LSM): Modelul calculeaza: bilantul/fluxul vertical de energie (radiatia neta, schimbul de energie intre stratele solului si intre sol si aer) si apa (interceptia precipitatiei in coronamentul arborilor, infiltratia, scurgerea de suprafata, percolatia si retinerea in microdepresiuni), umiditatea si temperatura solului (inclusiv in situatia de sol inghetat), grosimea si densitatea stratului de zapada, echivalentul de apa din stratul de zapada, (Mitchell et al., 2005; Ek et al., 2003).

Scurgerea de suprafata, retinerea precipitatiei in microdepresiuni si umiditatea solului sunt calculate la rezolutia de 100 m.

Deasemenea, tot la o rezolutie de 100 m este calculata *scurgerea hipodermica*, utilizand o ecuatie a scurgerii cvasi tri-dimensionala care include efectul topografiei, gradul de saturare al solului (pentru cele 8 straturi de sol) si valorile de saturatie ale conductivitatii hidraulice (Wigmosta et al. 1994, Wigmosta and Lettenmaier, 1999). Gradientii hidraulici sunt aproximati cu panta de scurgere a apei dintre doua celule adiacente pe directiile x si y (*Figura 12*).

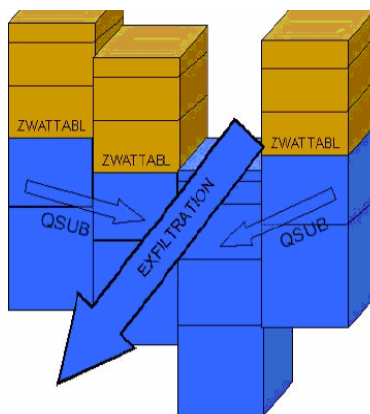


Figura 12. Diagrama conceptuala a procesului de scurgere hipodermica din modelul NOAH

Scurgerea hipodermica rezultata se adauga scurgerii de suprafata rezultand scurgerea totala pe retea de grid de 100m.

Al doilea sub-model calculeaza integrarea scurgerii pe versanti utilizand ecuatia bidimensionala a unei difuzii exprimate in diferente finite (Julien et al, 1995 si Ogden, 1997) (Figura 13).

Procesele scurgerii de baza sunt reprezentate ca o suma a doua componente – o componenta pe termen lung care poate fi parametrizata utilizand geomorfologia bazinului si o componenta pe termen mediu care este modelata cu ajutorul unui model cu parametri concentrati/conceptual care se bazeaza pe tehnici de separare a hidrografului scurgerii.

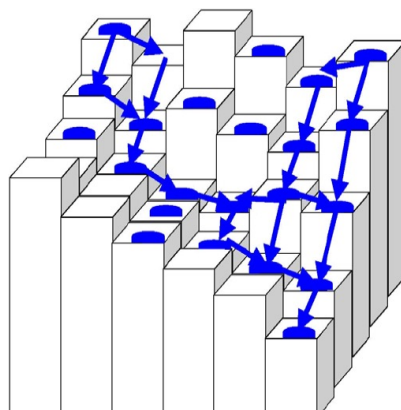


Figura 13. Diagrama conceptuala a integrarii scurgerii pe versanti din modelul NOAH

Pentru propagarea scurgerii prin albiile raurilor se pot folosi mai multe modele: modelul Muskingum, modelul Muskingum-Cunge si modelul unei difuze.

Modulul de zapada utilizat de modelul NOAH, in cadrul sistemului operativ (Figura 14), simuleaza:

- formarea si acumularea stratului de zapada in perioadele cu precipitatii si temperatura aerului este egala sau mai mica decat temperatura de inghet;
- stratul de zapada se poate topi, prin schimb de caldura cu suprafata solului, daca acesta are o temperatura mai mare decat temperatura de inghet;
- stratul de zapada se poate topi, prin schimb de caldura cu aerul, daca acesta are o temperatura mai mare decat temperatura de inghet;
- de asemenea, modelul simuleaza si procesul de sublimare la suprafata stratului de zapada, daca atmosfera se afla in stare sub-saturata.

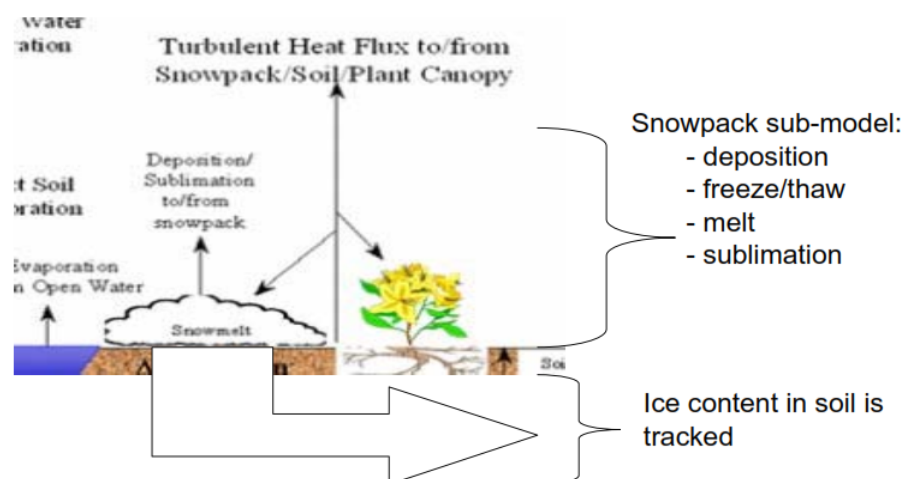


Figura 14. Diagrama conceptuală a versiunii operative actuale a modului de zapada din cadrul modelului cu parametrii distribuiti NOAA

Configurarea noului modul multistrat in cadrul modelului cu parametrii distribuiti NOAA

Abordarea simplificată, prezentată mai sus, cu o reprezentare într-un singur strat în cadrul modelului, prezintă o serie de deficiențe și erori de simulare a evoluției stratului de zăpadă, mai ales în perioada de topire a acestuia, manifestate printr-o topire rapidă a stratului de zăpadă, față de modul cum se produce în realitate acest fenomen.

Unul din principalele obiective în cadrul proiectului SnowBall îl reprezintă realizarea unui produs de estimare a echivalentului de apă în stratul de zăpadă, în format grid, la nivel național, printr-o procedură de fuziune de date (simulări realizate cu un model hidrologic, observații privind stratul de zăpadă din rețelele naționale de monitorizare, produse satelitare privind diferiți parametri ai stratului de zăpadă).

Simulările privind evoluția stratului de zăpadă necesare pentru implementarea acestei proceduri vor fi furnizate de modelul hidrologic cu parametrii distribuiti NOAA, unul din modelele hidrologice utilizate în prezent în activitățile operative de elaborare de avertizări și prognoze hidrologice.

Având în vedere limitările modelului actual de simulare a evoluției stratului de zăpadă în cadrul versiunii operative a modelului NOAA, care utilizează o modelare simplificată, cu un singur strat, în această etapă a fost realizată reconfigurarea modelului NOAA cu un nou modul de simulare a zăpezii, cu o reprezentare multistrat a acestuia.

Configurarea noului modul de zăpadă a fost realizată la nivel național, la o rezoluție spațială de 1 km, implementarea având la bază sistemul software open-source de modelare hidrologică cu parametrii distribuiti WRF-HYDRO (http://www.ral.ucar.edu/projects/wrf_hydro/), care include atât versiunea inițială a modelului NOAA cât și o versiune îmbunătățită cu opțiuni multiple de configurare a modului de reprezentare a diferitelor procese hidrologice (NOAH-MP, Figura 15). În etapele următoare se vor determina parametrii pentru acest nou modul de zăpadă, iar configurarea se va optimiza pe parcursul implementării, pentru a răspunde cât mai bine necesităților de date de intrare și respectiv de aplicare a procedurii de fuziune de date.

De asemenea, utilizarea noului modul de zăpadă, în arhitectura multistrat, va permite elaborarea unei proceduri mai complexe de fuziune de date, respective o mai bună utilizare a produselor satelitare care se referă la caracteristicile de la suprafața stratului de zăpadă.

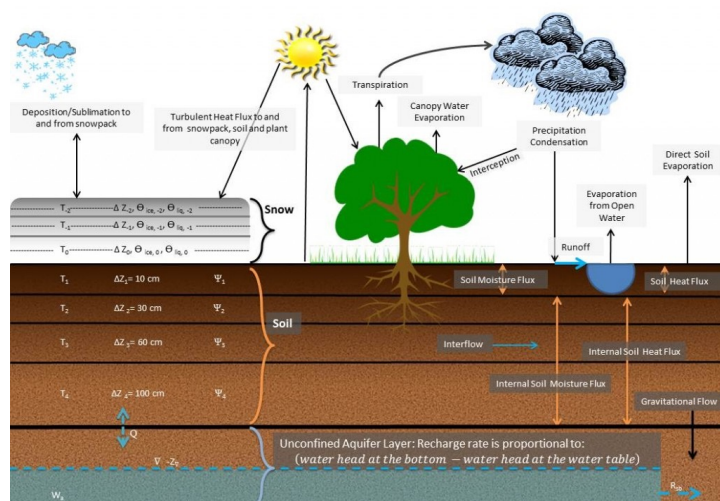


Figura 15. Diagrama conceptuala a noii versiuni NOAH-MP, cu modul de zapada multistrat

Rezultate obtinute:

A fost realizata configurarea unui nou modul de zapada, la nivel national, in cadrul modelului hidrologic cu parametri distribuiti NOAH.

WP4 Impactul schimbarilor climatice asupra hazardelor legate de zapada

Activitatea 4.1. Variabilitatea si schimbarile climatice ale stratului de zapada si impactul asociat.

In aceasta etapa de executie, conform planului, au fost realizate primele analize privind schimbarile în grosimea stratului de zapada în intervalul octombrie-aprilie, la nivelul României, în condițiile scenariilor RCP 4.5 si 8.5, pentru orizonturile de timp 2021-2050 si 2070-2099. Intervalul de referinta este 1971-2000. Au fost folosite la analiza rezultatele a 5 experimente numerice cu modele climatice regionale, realizate în cadrul programului EuroCORDEX (Jacob et al, 2014) si prezentate în *Tabelul 3*. Rezolutia spatiala a modelelor folosite este de 0,125 grade x 0,125 grade.

Tabelul 3. Modelele globale si regionale folosite în experimentele numerice analizate

Centrul de modelare climatica globala	Modelul regional (RCM)	Modelul global (GCM)	Membrul ansamblului
CLMcom	CCLM4-8-17	MPI-ESM-LR	r1i1p1
DMI	HIRHAM5	ICHEC-EC-EARTH	r3i1p1
KNMI	RACMO22E	ICHEC-EC-EARTH	r1i1p1
MPI-CSC	REMO2009	MPI-ESM-LR	r1i1p1
SMHI	RCA4	ICHEC-EC-EARTH	r12i1p1

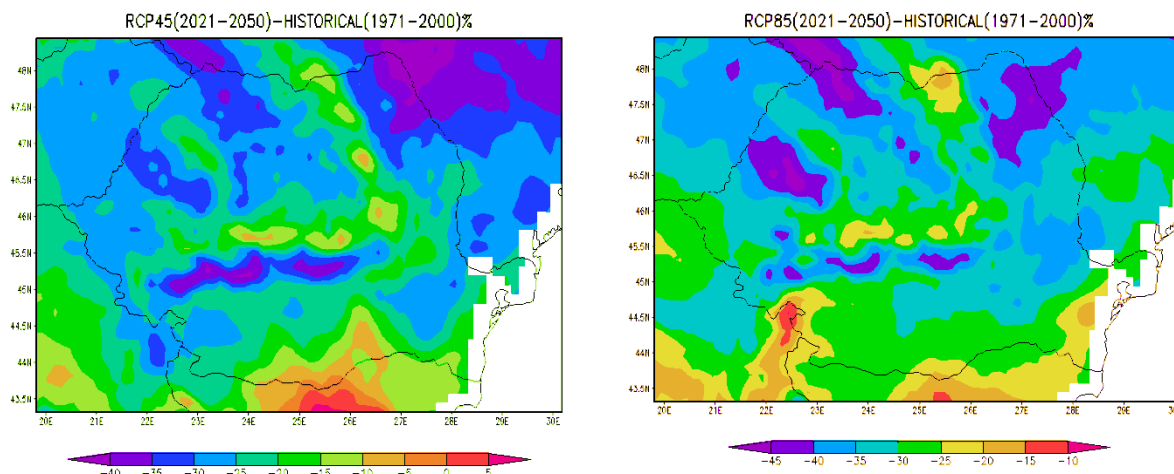


Figura 16. Schimbarile în grosimea stratului de zapada (în %) în intervalul octombrie-aprilie, la nivelul României, în condițiile scenariilor RCP 4.5 și 8.5, pentru orizontul de timp 2021-2050 față de intervalul de referință 1971-2000.

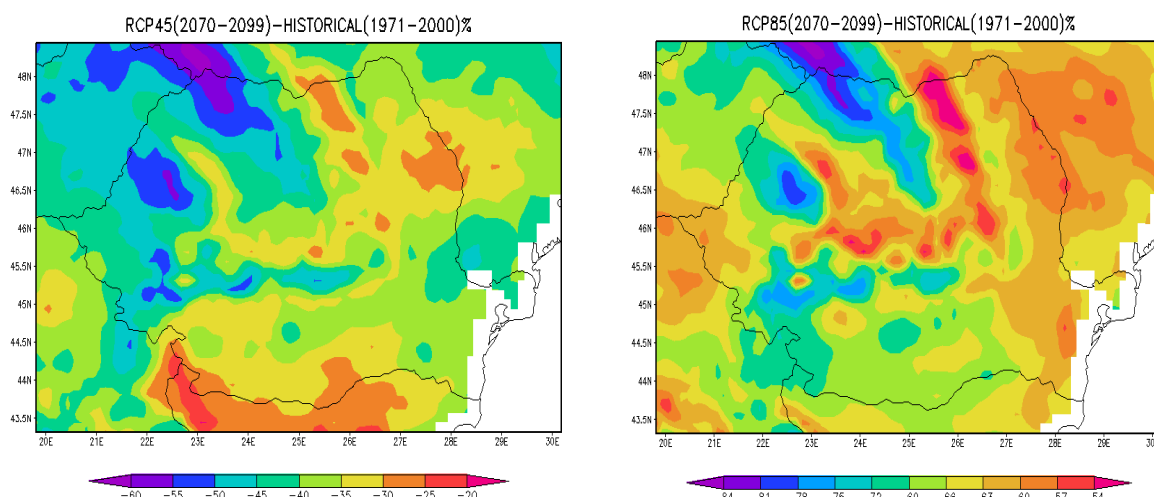


Figura 17. Schimbarile în grosimea stratului de zapada (în %) în intervalul octombrie-aprilie, la nivelul României, în condițiile scenariilor RCP 4.5 și 8.5, pentru orizontul de timp 2070-2099 față de intervalul de referință 1971-2000.

Figurile 16 și 17 ilustrează schimbările în grosimea stratului de zapada în intervalul octombrie-aprilie, la nivelul României, în condițiile scenariilor RCP 4.5 și 8.5, pentru orizonturile de timp 2021-2050 și 2070-2099. Se observă că în condițiile de forțaj radiativ mai intens (scenariul RCP 8.5) diminuarea grosimii stratului de zapada în intervalul considerat este mai mare.

Diminuarea grosimii stratului de zapada se accentuează și odată cu apropierea de sfârșitul secolului XXI, mai ales în cazul scenariului RCP 8.5 pentru care concentrațiile gazelor cu efect de seră sunt mai mari (și forțajul radiativ mai intens). Configurațiile spațiale ale schimbării indică impactul orografiei, astfel ca situarea arcului carpatic față de circulațiile la scară largă determină efecte locale specifice. În general, reducerea grosimii stratului de zapada este mai puternică la sudul Carpatilor Meridionali, în vestul Munților Apuseni dar și în nord-vestul țării unde ajunge până la 85% în condițiile scenariului cel mai nefavorabil RCP 8.5. (Figurile 16 și 17). În plus, în prima perioadă analizată (2021-2050), regiunile de nord-est ale României se confruntă, în ambele scenarii cu diminuări semnificative ale stratului de zapada (până la 45%) (Figura 16).

Tot în acesta etapa au fost extrase seriile de timp pentru climatului prezent si scenariilor RCP pentru temperatura si precipitatii la 6 ore folosind 3 experimente numerice disponibile în baza CMIP5 pentru a fi ulterior procesate ca date de intrare în modelul hidrologic.

Rezultate obtinute:

Realizarea de analize pe baza seturilor de date climatice modelate privind schimbarile în grosimea stratului de zapada în intervalul octombrie-aprilie, la nivelul României, în conditiile scenariilor RCP 4.5 si 8.5, pentru orizonturile de timp 2021-2050 si 2070-2099.

Activitatea 4.3. Variabilitate si schimbari în statistica avalanselor.

În cadrul acestei activitati au fost demarate si primele analize pentru realizarea modelului empiric ce leaga caracteristicile de circulatie atmosferica cu indici ai avalanselor. Astfel, a fost întocmita o lista cu date ale avalanselor, începnd din 1928 până în prezent. Sunt disponibile si informatii asociate (de exemplu, locul, numarul de persoane surprinse, numarul de persoane decedate si sursa de informare) pentru aceste evenimente din masivele Ceahlau, Fagaras, Bucegi, Lotru, Rodna, Retezat, Piatra Craiului, Capatânii, Gutîi, Postavaru, Tarcu, Vâlcan, Baiului. Cele mai frecvente avalanse consemnate sunt în Fagaras si Bucegi.

Rezultate obtinute:

Studii pentru realizarea modelului empiric ce leagă statistica avalanşelor de caracteristici ale circulaţiei atmosferice la scară mare.

WP5 Modelarea realimentarii acviferelor din topirea zăpezii

Activitatea 5.1. Evaluarea infiltratiei din topirea zăpezii în zona nesaturata.

1. Descrierea siturilor şi a modelului conceptual pentru realimentarea acviferelor din topirea zăpezii

Descrierea siturilor

Trei zone de studiu distincte, caracterizate prin condiţii geomorfologice şi climatice diferite, au fost alese în vederea studierii procesului de realimentare a hidrostructurilor corespunzătoare acestor zone: (1) acvifere fisurate localizate în zone montane, (2) acvifere regionale cantonate în zone aluvionare şi (3) acvifere de dimensiuni mici localizate în Câmpia Română.

Acvifere fisurate montane

Localizate în zona alpină şi sub-alpină aceste acvifere sunt o componentă importantă a circuitului hidrologic asigurând debitul râurilor în perioadele cu deficit de precipitaţii. Nivelul cunoaşterii pentru aceste sisteme este redus la nivelul României. Acest lucru este datorat lipsei datelor (Nu există foraje de monitorizare. Sunt monitorizate doar apele de suprafaţă dar nu şi izvoarele) precum şi a dificultăţii proceselor de evaluare şi modelare (complexitate ridicată a parametrilor hidrogeologici).

Acvifere poros-permeabile regionale

Având zona de realimentare în zona deluroasă, situată la sud de Carpaţi, aceste sisteme acvifere reprezintă importante corpuri de apă subterană din România. În cadrul acestui proiect unitatea hidrogeologică ce va fi evaluată este hidrostructura Căndeşti-Frăteşti ce prezintă o extindere de la zona deluroasă în partea de nord până la Fluviul Dunărea în sud. Datorită condiţiilor geologice şi climatice această structură este deosebit de importantă ca resursă de apă, foarte multe foraje exploatare acest acvifer pentru nevoi domestice şi industriale.

Acviferele de dimensiuni reduse din zona Câmpiei Române

Au un comportament dependent de variabilitatea climatică. Rezerva de apă a acestor sisteme, ce este folosită pentru nevoi personale şi agricole, este importantă în contextul schimbărilor climatice. Pentru fiecare dintre aceste hidrostructuri vor fi realizate teste in-situ pentru a caracteriza cantitatea de apă infiltrată din topirea zăpezii. Măsurătorile de teren vor încerca să colecteze îndeajuns de

multe date pentru a putea simula fenomenele de infiltrație a apei prin zona nesaturată în timpul topirii stratului de zăpadă. Parametrii din zona nesaturată precum temperatura, umiditatea, porozitatea, permeabilitatea vor fi măsurați utilizând senzori precum și un echipament geofizic numit Reflectometru (Time-Domain Reflectometer) - acest sistem determină conținutul volumetric de apă din sol (rocă), conductivitatea electrică a solului (roci) și deformarea masei de sol (rocă) utilizând pulsuri electromagnetice. Testele de teren vor fi realizate în proximitatea stațiilor meteorologice, pentru a putea corela valorile parametrilor măsurați în zona nesaturată cu parametrii stratului de zăpadă (temperatură, conținutul de apă, grosime) și parametrii meteo (temperatura, umiditate și evapotranspirație).

Acvifere fisurate montane

Sit localizat în zona Bucegi versantul Est-Nord.

Zona Bucegi a fost aleasă deoarece hidrostructura Bucegi prezintă condiții favorabile, deținând rețele de acvifere locale. În alcătuirea structurii se deosebesc două unități: unitatea calcarelor carstice și unitatea Conglomeratelor de Bucegi. Această zonă prezintă un sistem complex de izvoare, ce pot fi monitorizate. Condițiile hidrogeologice ale acestei structuri sunt determinate de litologia rocilor și stilul tectonic, local intervenind și fenomene carstice. Apa subterană circulă prin fisurile și golurile din conglomerate și calcare, acestea fiind principalele tipuri de roci din masivul Bucegi.

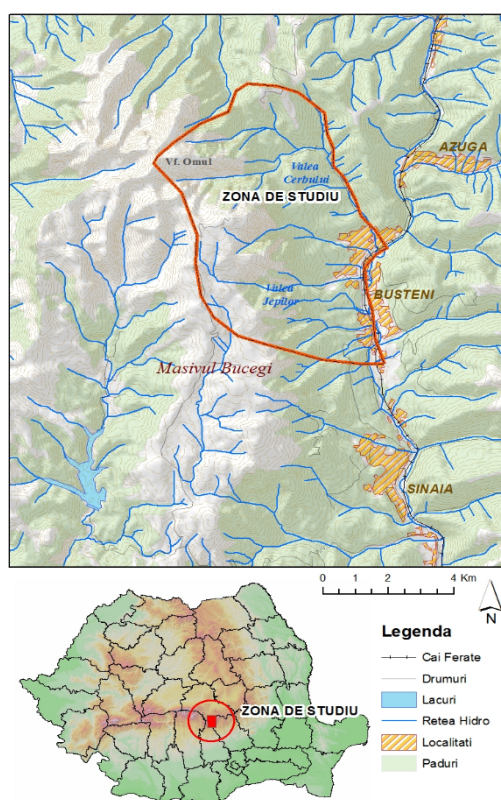


Figura 18. Hartă cu localizarea zonei de studiu din Masivului Bucegi

Caracterizare

Masivul Bucegi este masivul cel mai complex structural și morfologic al Carpaților Meridionali. Alcătuit din calcare și conglomerate mezozoice, acest masiv constituie unul din cele mai importante sinclinale suspendate din Carpați, cu un relief sub formă de poduri structurale, cueste etajate, cu urme de relief glaciatic și cu enorme abrupturi atât la est cât și la vest (Patrulius D., 1969).

Zona de studiu (figura 18) este parte componentă a munților de înălțime medie (800 -1800 m) și se caracterizează printr-un climat submontan cu valori moderate a tuturor elementelor meteorologice. Temperatura medie anuală este în funcție de altitudine. Astfel, în Valea Prahovei, între Sinaia și

Bușteni, este de +6°C în timp ce la Vârful Omul este de -2,6°C. Izoterma de 0°C este teoretic situată la 1910 m, corespunzând altitudinii maxime de vegetație a arborilor. Gradientul termic vertical mediu este de 0,54°C iar izotermele anuale sunt etajate la diferențe de nivel de 185 m. (P.U.G. Orașul Bușteni, 2009).

Principala apă curgătoare din zonă este râul Prahova, a cărui direcție de curgere este nord-sud și care adună toate apele râurilor mai mici care vin de pe versanții munților Bucegi și Baiului. Râul are un debit permanent, care variază foarte mult în funcție de precipitații. Râul Prahova este cel mai mare colector al apelor din județul Prahova, cu o lungime de 193 km, din care primii 6 km și ultimii 16 km se află pe teritoriul județelor Brașov, respectiv Ilfov (Cadastrul Apelor din România, 1992).

Râul Prahova izvorăște din Pasul Predealului (1.032 m) situat în județul Brașov și pătrunde pe teritoriul județului Prahova la numai 6 km de la obârșie. La ieșirea din județ, în amonte de confluența cu râul Cricovul Sărat, Prahova are o suprafață de bazin de 3.350 km² și o lungime de 171 km. Principalii săi afluenți sunt pe partea stângă și anume: Azuga (S = 88 km², L = 23 km), Doftana (S = 410 km², L = 51 km), Teleajenul (S = 1.656 km², L = 122 km) și Cricovul Sărat (S = 809 km², L = 89 km), ultimul având confluența cu Prahova imediat în aval de la ieșirea din județ. Văile afluenților Prahovei din zonă (Valea Jepilor, Valea Urlătoarea, Valea Cerbului, Valea Albă Valea Balea – afluenții de dreapta și Valea Maturarului, Valea Tufa, Valea Sipa, Valea Zamora, Valea Fetei- afluenți de stânga) sunt înguste și cu pante mari, cu orientate generală de la est la vest, perpendicular pe cursul râului Prahova, (Diaconu C., 1966).

La debite torențiale aceste văi transportă material solid derocat din amonte, pe care îl depun la bază, formând conuri de dejecție înainte de confluență. Cel mai important con de dejecție este cel de pe Valea Jepilor, urmat de Valea Bâlea, Urlătoarea, Valea Albă și Valea Cerbului (*Figura 1*). Freaticul este cantonat în pietrișurile din terasă și poate fi întâlnit discontinuu la 1.00 – 1.50 m adâncime în lunca și 5.00 – 10.00 m adâncime pe terasa joasă. Debitul și nivelul freaticului sunt condiționate de cantitatea de precipitații. Complexul acvifer de adâncime este cantonat și circulă prin sistemul de fracturi transversale, fisuri și diaclaze în stratele de Sinaia. Direcția generală de curgere a curentului acvifer este oblic pe sensul de curgere al râului Prahova. Alimentarea acestuia se face tot prin precipitații, care se infiltrează prin sistemul de fracturi, fisuri și diaclaze. Acviferul apare la zi sub forma unor izvoare cu ape dulci sau ape minerale. În mare parte, izvoarele dulci apă în deluvii depuse pe roca de bază, au debite mici, influențate direct de precipitații. Debite mai consistente izvoresc pe Valea Zamora între 8.00 -9.00 l/s și Valea Sipa între 6.00 – 7.00 l/s.

Izvoarele minerale sunt reduse ca importanță și au în compoziție hidrogen sulfurat, brom și sodiu. Izvorul Fetei apare în malul drept al văii Fetei, la nivelul albiei minore și este captat rudimentar (0.01-0.02 l/s). Apa are o mineralizație de 365-500 mg/l și caracter sulfuros – bicarbonatic-sodic-calcic.

O altă zonă, cu ape, sărate, există în partea de nord a orașului. Aceste ape au fost captate în trecut, apoi au fost reamenajate 3 puțuri. Debitele extrase sunt între 340- 800 l/24ore. Aceste ape sunt clorosodice și au mineralizație cuprinsă între 3-25mg/l. (Bogdan M, 1966)

Aspectul impunător al masivului Bucegi este în strânsă interdependență cu alcătuirea lui geologică. Masivul Bucegi face parte, din punct de vedere geologic, din unitatea cunoscută sub numele de „Pânza Leaota-Bucegi-Piatra Mare”, o unitate geologică cu evoluție sensibil diferită de cea a unității central-estcarpatice, constituindu-se într-o unitate structurală distinctă în arhitectura actuală a structurii geologice din zona de trecere de la zona cristalino-mezozoică la zona de fliș. La alcătuirea unității Leaota-Bucegi-Piatra Mare participă șisturi cristaline, care formează fundamentul (masive cristaline prealpine), un înveliș sedimentar preasutric și un înveliș postaustric. (Patrulius D. 1969)

Hidrostructura Bucegi (*Figura 18*) prezintă condițiile cele mai favorabile, cu rețele acvifere locale unde debitul modul mediu multianual al scurgerii subterane este estimat la 10-15 l/s/km². În alcătuirea structurii se deosebesc unitatea calcarelor carstice (Peștera și Scropoasa), precum și unitatea Conglomeratelor de Bucegi (Pandele A și Radu E., 2006).

Condițiile hidrogeologice ale acestei structuri sunt determinate de litologia rocilor și stilul tectonic, local intervenind și fenomene carstice. Apa subterană circulă prin fisurile și golurile din conglomerate și calcare, principalele tipuri de roci din masivul Bucegi. La contactul conglomeratelor cu formațiunile marno-grezoase de sub ele sau în deschiderile datorate eroziunii ale stratelor acvifere din

conglomerate apar izvoare cu debite mari și constante în timp, așa cum sunt izvoarele de pe flancul estic al Bucegilor (*Figura 18*): 10-20 l/s izvorul Gura Diham (254), 10-19 l/s izvoarele Valea Babei (256-258), 100 l/s izvorul Caraiman (253) etc. (Radu E. et al, 2004).

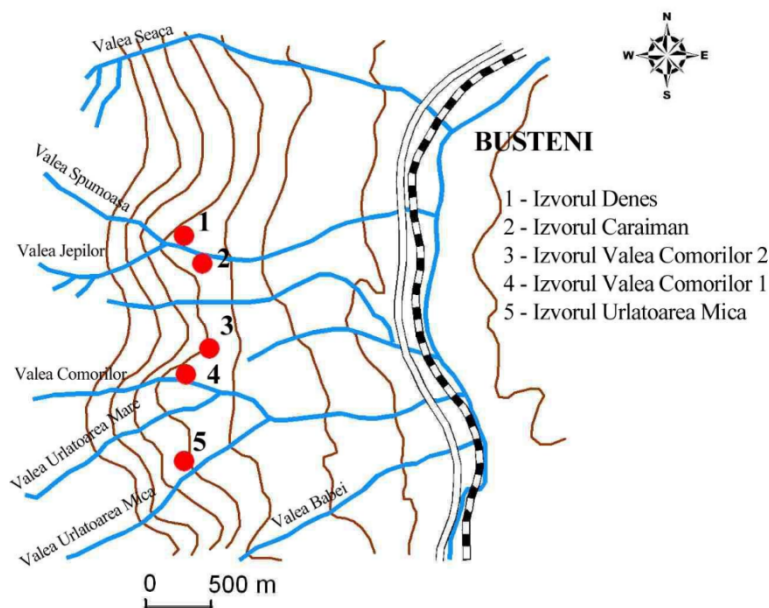


Figura 19. Localizarea izvoarelor din Munții Bucegi (după Radu E., 2004)

Calcarele, deși ocupă suprafețe mai mici decât conglomeratele, constituie hidrostructuri importante, prin debitele pe care le conferă izvoarelor carstice: izvoarele Horoaba (268-270) cu un debit cuprins între 25-50 l/s și izvorul de pe valea Scropoasa (La 7 izvoare –271) cu un debit de 200 l/s. În cadrul acestei zone apar și izvoare în depozitele deluviale, dar acestea au în general debite mici, regimul lor fiind condiționat de grosimea deluviilor (exemplu izvoarele Azuga). Zona masivului Bucegi face parte dintr-o zonă cu potențial de exploatare ridicat, exprimat prin valoarea debitului modul de 10-15 l/s/km² și pus în evidență prin lucrările de captare executate în zonă încă de acum peste 100 de ani (*Tabelul 4*).

Tabelul 4. Izvoare din Munții Bucegi

Indicativ pe hartă	Nume izvor	Localitate	Debit mediu multianual (l/s) (informativ)
253	Caraiman	Bușteni	109
254	Gura Diham	Bușteni	13
255	Varjan	Bușteni	3
256	V. Babei	Bușteni	10
257	V. Babei	Poiana Țapului	18.6
258	V. Babei	Sinaia	11.9
259	Pescăria	Sinaia	12.5
261	Posada	Posada	4.75
264	Unghia mare	Azuga	27.6
266	Satu nou	Azuga	0.38
267	Azuga sat		0.34
268	Horoaba		25-50
269	Horoaba		50
270	Horoaba		5
271	La 7 izvoare	Scropoasa	200
272	La 7 izvoare	Scropoasa	2

Principalele surse de ape subterane sunt reprezentate de acviferele cantonate în depozitele de tip „Conglomerate de Bucegi” și că de cele mai multe ori captarea acestora se face acolo unde ele apar la zi sub formă de izvoare. Apele de suprafață sunt și ele reprezentate prin numeroase râuri ale căror debite provin în parte din descărcarea acviferelor, în parte din precipitații (Radu E. et al, 2006).

O serie de captări de suprafață sunt prezente pe văile Urlătoarea Mică, Urlătoarea Mare, Valea Jepilor, Valea Spumoasă și Valea Prahovei. În general aceste captări sunt constituite din praguri de captare de la care apa este adusă prin conducte. În afară de aceste captări de suprafață au fost realizate și alte captări ale unor izvoare din zonă (*Figura 19*), apa lor fiind folosită în scopuri potabile, atât pe platforma fabricii de hârtie, cât și pentru alimentarea orașului Bușteni (Pandele A. și Radu E., 2006).

Principalele captări de acest tip (*Figura 19*) sunt:

1. Izvorul 1 Caraiman, situat în Valea Jepilor, la cota 1038 m;
2. Izvorul 2 Deneș, situat în Valea Jepilor la cota 1038 m;
3. Izvorul Valea Comorilor 1, situat pe Valea Comorilor la cota 1152.8 m;
4. Izvorul Valea Comorilor 2, situat pe Valea Comorilor la cota 1161.8 m;
5. Captarea subterană Urlătoarea Mică, situată pe V. Urlătoarea Mică la cota 1215 m.

Izvorul 1 Caraiman -este amplasat pe partea stângă a Văii Jepilor și este prevăzut cu o cameră de preluare închisă, în care accesul este permis numai personalului care are în îngrijire captarea. Din bazinul de captare propriu-zis apa este condusă prin două conducte situate într-o galerie cu lungimea de cca. 40 m și apoi în aer liber până la bazinul de joncțiune. Captarea nu este prevăzută cu nici un sistem de măsurare a debitului de apă, astfel încât nu există în prezent date certe privitoare la debitul acestui izvor.

Izvorul 2 Deneș – este amplasat pe partea dreaptă a Văii Jepilor, amonte de Izvorul 1 Caraiman și este prevăzut cu o cameră de captare amplasată pe versant. Captarea se face direct din stâncă prin adunarea apelor izvorului într-un mini-canal din care apa este condusă printr-o conductă la bazinul de joncțiune, unde întâlnește apa provenită de la izvorul 1 Caraiman. Nici această captare nu este prevăzută cu aparatură de măsurare a debitului de apă, dar pe canalul menționat ar putea fi instalat un dispozitiv de măsurare și ar putea fi executate măsurători ale vitezei apei, care ar permite apoi prin prelucrări matematice, calcularea debitului de apă. Debitul mediu prelevat din cele două izvoare este de 78 l/s.

Captările Valea Comorilor 1 și 2 - sunt amplasate pe Valea Comorilor, amonte de cascada Urlătoarea Mare și sunt constituite din două camere de captare ale unor izvoare. Apa este preluată prin conducte și condusă gravitațional către o cameră de joncțiune. Captările nu sunt prevăzute cu aparate de măsură și nu există buletine de analize fizico-chimice și microbiologice pentru apă. La fel se întâmplă și pentru captarea de ape subterane de pe Valea Urlătoarea Mică.

Acvifere regionale cantonate în zone aluvionare

Sit zona Prahova - Teleajen

În această zonă conul aluvionar Prahova- Teleajen se aseamănă din punct de vedere litologic cu stratul de Căndești. Ambele straturi au în compoziție nisip, pietriș, bolovâniș cu intercalații argiloase. Sub conul aluvionar Prahova – Teleajen se dezvoltă Căndeștiul și se regăsesc zone în care cele două strate sunt în contact direct.

Din punct de vedere litologic cele două zone, conul aluvionar Teleajen – Prahova și Căndești, sunt foarte apropiate, iar modelarea infiltrației prin conul aluvionar poate fi extrapolată la acviferul Căndești.

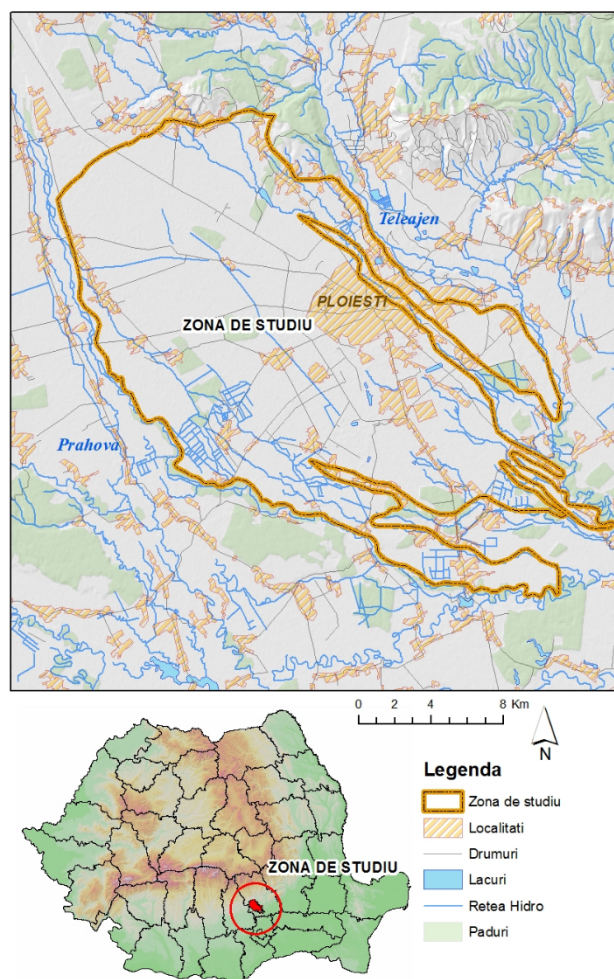


Figura 20. Hartă cu localizarea zonei de studiu Prahova-Teleajen

Relieful conului aluvionar Prahova-Teleajen (Figura 20), privit atât în trăsăturile lui majore, cât și în cele de detaliu nu poate fi înțeles fără o succintă trecere în revistă a principalelor momente ale evoluției sale paleogeografice. Deși aparține Câmpiei piemontane a Ploieștilor, el se dezvoltă începând de la contactul dealurilor subcarpatice cu câmpia propriu-zisă, limitele lui morfologice fiind reprezentate la NE și NV de dealurile Bucovului și Băicoiului, la E de câmpia de divagare a Gherghiței, la S de linia de izvoare Bărcănești, Ghighiu, Mimiș, iar la V se extinde peste linia de curgere a Prahovei (Pandele A.M, 2002).

Zona conului aluvionar Prahova-Teleajen se caracterizează din punct de vedere climatic prin anumite particularități, rezultate din modul de asociere a valorilor temperaturii, precipitațiilor și a altor elemente climatice. Astfel, această zonă poate fi considerată o zonă de câmpie și caracterizată de valorile medii înregistrate în decursul timpului pentru diferiți parametri: temperaturi, precipitații etc. (ANM, sursă link: <http://www.meteoromania.ro/>).

În general rețeaua hidrografică are direcție predominantă NV-SE și este reprezentată, în zona de studiu, de râurile Prahova și Teleajen, împreună cu afluenții lor: pâraurile Dâmbu, Leaot și Puturosul. În configurația generală a hidrografiei se remarcă o zonă de convergență a apelor, (corespunzând unei arii de afundare lentă, moștenită din cuaternar) în sudul ariei analizate: regiunea Gherghița. În această zonă densitatea rețelei atinge valori cuprinse între 0.1 și 0.5 km/km². În schimb, în partea nordică a ariei de lucru (NV Ploieștilor) se întâlnesc suprafețe relativ întinse nebrăzdate de nici o apă, încât densitatea rețelei este aproape nulă. Imediat la S și SE de Ploiești, unde depozitele aluvionare se subțiază și apar izvoare, densitatea rețelei crește la 0.3-0.5 km/km². (Pandele A.M. 2002).

Cele mai vechi aluviuni care afloră în zona studiată sunt de vârstă pliocenă și aparțin dealurilor subcarpatice de la nordul conului aluvionar Prahova-Teleajen. Din punct de vedere litologic aceste depozite sunt foarte variate: nisipuri, pietrișuri, gresii, conglomerate slab cimentate, argile nisipoase, marno-argile cu sare. Peste formațiunile pliocene sunt sedimentate depozite villafranchiene în faciesul stratelor de Căndești, cu grosimi care ating 500-700 m și care afloră în dealurile Bucovului și Băicoi-Țintea. Faciesul stratelor de Căndești își încheie ciclul de sedimentare cu o argilă neagră cu fosile, argilă ce constituie convențional patul depresionar al conului propriu-zis. Ea prezintă o ridicare în nordul conului și o plonjare de la vest la est căreia îi corespunde o subțiere a depozitelor acoperitoare. Suprafața patului argilos are o pantă generală de la W la E de cca. 5 ‰ pe care se inserează două rupturi de pantă: una mai pronunțată (16 ‰) la Aricești -Târgușorul Nou și alta mai puțin accentuată la Florești sud-Corlătești, (Pandeale A.M. 2002).

Depozitele proluvial-aluvionare care formează conul de dejecție sunt heterogene și caracterizate printr-o structură încrucișată, procent ridicat de nisipuri, pietrișuri și bolovănișuri (75 %) și frecvente intercalații de argile și prafuri (Figura 21). Variația pantei acestor depozite a provocat sortări ale materialului sedimentat: de exemplu la Târgușorul Vechi - Crângul lui Bot s-a depus un material mai grosier care favorizează o circulație mai activă a apei subterane. Sortarea materialului s-a realizat începând de la piciorul pantei, unde s-a depus bolovăniș și pietriș și s-a continuat pe porțiunea de atenuare a pantei cu material din ce în ce mai puțin grosier. Grosimea depozitelor conului este condiționată de poziția patului argilos, fiind maximă pe axul conului și scăzând pe flancuri spre exteriorul conului. Apele de suprafață au avut un rol deosebit în formarea morfostructurii actuale atât prin eroziunea care a avut ca efect formarea nivelurilor de terasă, cât și prin depunerea de material aluvionar.

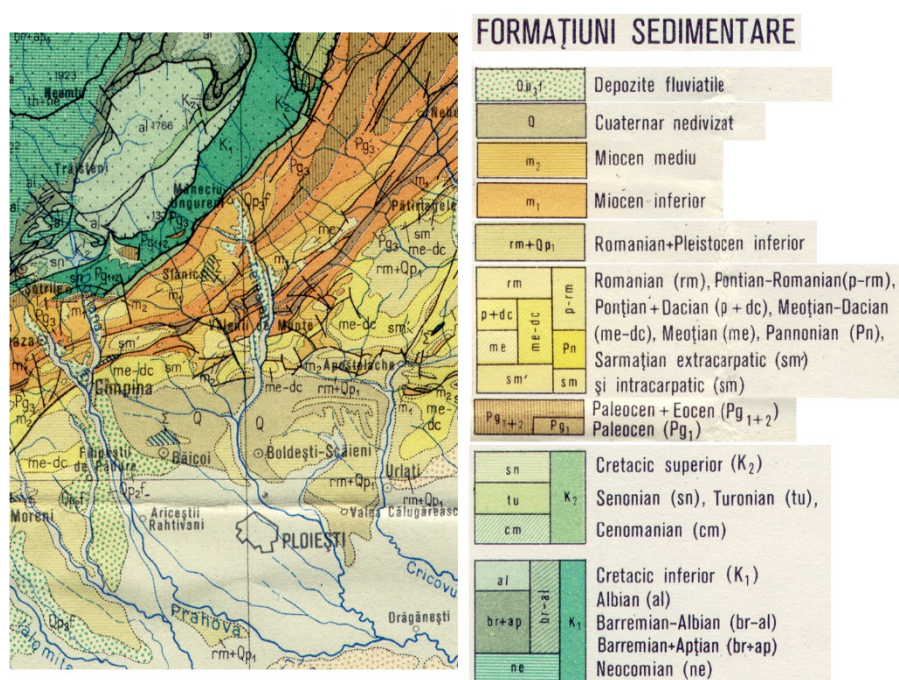


Figura 21. Harta geologică a zonei conului aluvionar Prahova-Teleajen (Institutul Geologic, 1976)

Sub aspect hidrogeologic în zon conului aluvionar Prahova-Teleajen se dezvoltă o structură complexă constituită din două complexe acvifere suprapuse și relativ independente din punct de vedere hidrodynamic:

- complexul inferior, sub presiune, inclus în stratele de Căndești;
- complexul superior, cu nivel liber, inclus în depozitele aluvionare.

Din analiza și interpretarea datelor de bază provenite din forajele de observație ale rețelei de stat rezultă că sistemul acvifer ce se dezvoltă între râul Prahova și râul Teleajen prezintă o structură

complexă atât din punct de vedere litologic, cât și din punct de vedere hidrodynamic (Pandele A. și Radu E. 2006).

Astfel, în partea nordică a conului se dezvoltă un complex litologic constituit predominant din pietrișuri și nisipuri grosiere (cu grosimi de cca. 70-80 m), de vârstă holocenă, care spre sud-vest își reduce grosimea până la cca 15-20 m în dreptul localităților Aricești și Mănești. Către sud-est acest complex litologic se îngroașă din nou atingând 30-50 m în zona Hipodrom Ploiești - Abator Ploiești. Sub complexul de pietrișuri și nisipuri se dezvoltă un alt complex litologic constituit dintr-o alternanță de argile, nisipuri și pietrișuri care au fost atribuite pleistocenului superior și mediu, conform analizelor micropaleontologice din forajele de adâncime ale rețelei hidrogeologice de stat. La sud de limita Tg. Vechi-Ploiești acest complex cantonează un orizont acvifer multistrat sub presiune (forajele care îl captează se manifestă artesian). Acviferul situat deasupra lui are caracter de strat cu nivel liber, aparținând genetic câmpiei de divagare.

În aceste condiții schematizarea hidrogeologică pentru depozitele conului aluvionar propriu-zis, va lua în considerare existența unui acvifer cu nivel liber, cu alimentare predominantă din precipitații și parțial din râurile Prahova și Teleajen, cu un regim de curgere influențat direct de existența captărilor din subteran. Pentru realizarea unei cât mai bune evaluări a stării unui sistem acvifer este necesară în primul rând cunoașterea evoluției sale în timp, pe o perioadă cât mai îndelungată, dat fiind caracterul proceselor fizice și chimice care au loc în subteran.

Acvifere de dimensiuni reduse

Sit zona Colentina, București

Zona Colentina a fost aleasă deoarece întrunește trei caracteristici esențiale și anume: în această zonă există acvifer de tip sedimentar, zona este urbană și este caracterizată din punct de vedere hidrogeologic (Figura 22).

În zona Colentina există un sit experimental de monitorizare hidrogeologică format din cinci puturi hidrogeologice, realizate până la 25 de m, și un foraj de prospecțiuni geofizice până la adâncimea de 60 m. Iar din punct de vedere litologic se întâlnește formațiunea acviferă Colentina și Mosiștea.

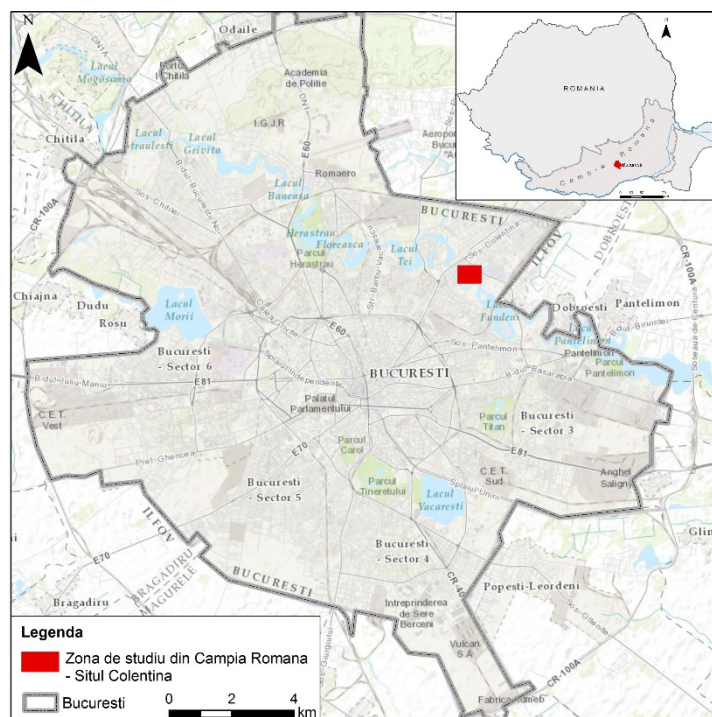


Figura 22. Hartă cu localizarea zonei de studiu Colentina, București

Clima este temperat-continentală, cu veri fierbinți și ierni deseori aspre. Influența maselor de aer din vest și sud explică existența toamnelor lungi și călduroase, a unor zile de iarnă blânde sau a unor primăveri timpurii. Regimul temperaturii aerului se diferențiază, în ansamblul său, pentru zona propriu-zisă a orașului și pentru arealele din exteriorul acestuia.

Liteanu, E. (1952) descrie geologia orașului București pe baza cercetărilor realizate asupra subsolului Bucureștiului, oferind un profil litologic al formațiunilor cuaternare, (*Figura 23*).

“Stratele de Frățești” sunt formațiuni geologice atribuite Pleistocenului inferior, alcătuite din trei bancuri de nisipuri cu pietrișuri ce sunt notate simbolic A (bancul superior), B (bancul mijlociu), C (bancul inferior). Cele trei orizonturi sunt separate prin intercalarea a două straturi de argilă. “Stratele de Frățești” se găsesc la adâncimi cuprinse între 150 – 230 m. Complexul marnos intermediar se află cuprins între acoperișul “stratelor de Frățești” și culcușul “nisipurilor de Mostiștea”, acesta prezentând o dezvoltare mai accentuată pe măsura scunfundării orizontului “stratelor de Frățești”.

“Stratele de Mostiștea”, denumite și “nisipurile de Mostiștea ” se prezintă în subsolul terasei din stânga Dâmboviței sub forma unui strat de 10 -15 m grosime, întâlnindu-se totuși și intercalatii argiloase în anumite locații. În subsolul terasei din dreapta Dâmboviței, acest banc de “nisipuri de Mostiștea ” prezintă intercalații frecvente de pietrișuri și arată o tendință de reunire cu pietrișurile și nisipurile superioare. Aceste nisipuri de Mostiștea se găsesc la adâncimea de 30 – 60 m.

Argilele intermediare aflate între “nisipurile de Mostiștea” și “pietrișurile de Colentina” reprezintă o formațiune argiloasă-prăfoasă, cu una sau două intercalații de nisipuri fine. În zona municipiului București aceste argile au o grosime de circa 5-10 m.

Stratele de Colentina, denumite și “pietrișurile de Colentina”, sunt atribuite nivelului mediu al Pleistocenului superior, regăsindu-se la adâncimea de 15 - 20 m. Aceste pietrișuri apar atât pe malul drept al Dâmboviței, în terasa din stânga Dâmboviței cât și în lunca Colentinei.

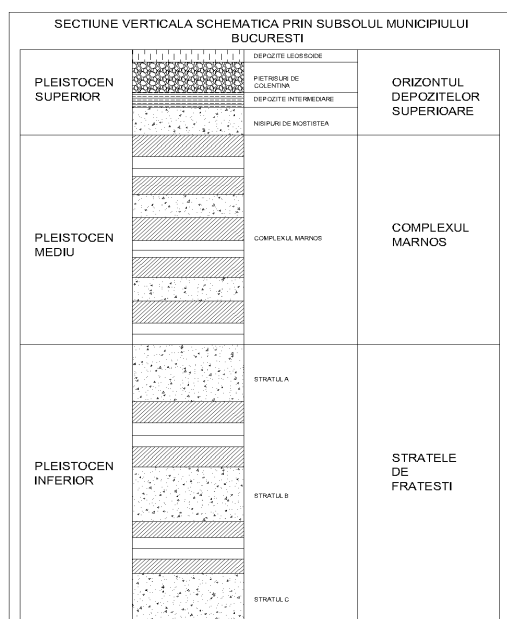


Figura 23. Secțiune verticală schematică prin subsolul municipiului București (Liteanu, E. 1952)

În zona de nord a municipiului București acest banc prezintă o grosime care se reduce treptat pe măsura avansării în această direcție. La marginea câmpului din dreapta Dâmboviței nu s-a găsit nivelul de pietrișuri superioare. Totuși, bancul de pietrișuri “pietrișuri de Colentina ” reapare mai spre sud după cum arată majoritatea forajelor din această zona a municipiului București. (Liteanu E., 1952).

Din punct de vedere hidrogeologic, în zona municipiului București este cantonat un sistem acvifer cuaternar reprezentat de trei structuri acvifere importante (*Figura 24*).

Stratul acvifer “Pietrișurile de Colentina” este alcătuit în principal din pietrișuri și nisipuri și se găsește la adâncimi cuprinse între 5 m și 25 m (Șerpescu et al. 2013). Curgerea apei în acest acvifer se realizează predominant cu nivel liber și prezintă o interacțiune directă cu infrastructura urbană a orașului București. Între stratele de Mostiștea și Colentina se află un strat acvitar alcătuit în principal din argile, numit “Depozitele Intermediare”. Acesta, în anumite zone, se efilează punând în contact cele două acvifere. Deasupra “Pietrișurilor de Colentina” se dezvoltă “Depozitele Superficiale” alcătuite din argile, prafuri cu un rol de acvitar și depozite loessoide. Stratul acvifer “Nisipurile de Mostiștea” (Liteanu, 1952) este alcătuit din nisipuri și nisipuri fine și se găsește la adâncimi cuprinse între 20 m și 55 m iar curgerea apei subterane în acest strat se realizează sub presiune. Sub acest strat se găsește o secvență de marne și argile cu intercalații nisipoase subțiri ce formează “Stratele de Coconi” (Alexeeva et al., 1983). Grosimea acestora variază de la 120 m în nordul Bucureștiului până la aproximativ 30 m în sud (Șerpescu et al. 2013).

Cel mai adânc, cunoscut sub numele de “Stratele de Frătești” (Liteanu, 1952) este alcătuit din trei orizonturi nisipoase (orizontul A, B și C) separate de orizonturi argiloase. În zona municipiului București Stratele de Frătești se află la adâncimi cuprinse între 70 m, în partea de sud a municipiului București și 280-320 m în partea de nord (Șerpescu et al. 2013).

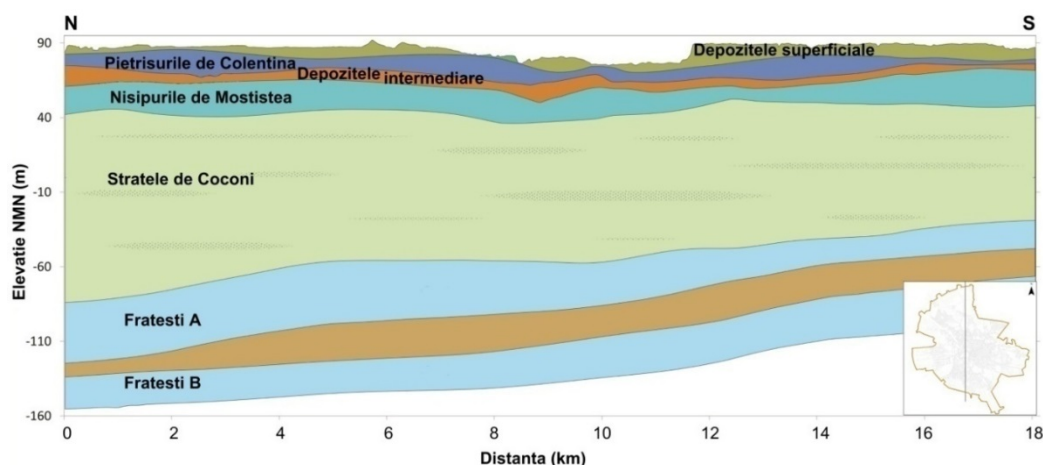


Figura 24. Secțiune geologică orientată N-S în zona municipiului București (Gogu C.R. 2014)

Deasupra „Stratelor de Coconi” se dezvoltă cel de-al doilea strat acvifer, cunoscut sub numele de “Nisipurile de Mostiștea” (Liteanu, 1952). Acesta este alcătuit din nisipuri și nisipuri fine și se găsește la adâncimi cuprinse între 20 m și 55 m (Șerpescu et al. 2013). Curgerea apei subterane în acest strat se realizează sub presiune. Al treilea strat acvifer important, denumit “Pietrișurile de Colentina” (Figura 7), este alcătuit în principal din pietrișuri și nisipuri și se găsește la adâncimi cuprinse între 5 m și 25 m (Șerpescu et al. 2013). Curgerea apei în acest acvifer se realizează predominant cu nivel liber și prezintă o interacțiune directă cu infrastructura urbană a orașului București. Între stratele de Mostiștea și Colentina se află un strat acvitar alcătuit în principal din argile, numit “Depozitele Intermediare”. Acesta, în anumite zone, se efilează punând în contact cele două acvifere. Deasupra “Pietrișurilor de Colentina” se dezvoltă “Depozitele Superficiale” alcătuite din argile, prafuri cu un rol de acvitar și depozite loessoide.

Modelul conceptual pentru relimentarea acviferelor din topirea zăpezii

Conceptualizarea sau construcția unui model conceptual constă în alegerea ipotezelor fundamentale ce implică procesul de modelare. Aceste ipoteze reduc problema reală la o problemă simplificată ce poate fi considerată acceptabilă în funcție de obiectivele modelului și problemelor specifice la care se dorește un răspuns.

Structura modelului conceptual pentru relimentarea acviferelor din topirea zăpezii

Figura de mai jos (*Figura 25*) prezintă schema proceselor implicate pentru determinarea infiltrațiilor din sol, ce include următoarele:

- Condițiile atmosferice conțin date meteorologice ca: temperatură, viteza vântului, umiditatea relativă, presiunea atmosferică, precipitații, gradul de acoperire cu nori și radiația solară. Aceste date influențează procesul de topire al zăpezii.
- Garnier and Ohmura (1970) au calculat radiația globală teoretică, ce cuprinde radiațiile solare directe și difuze, numărul maxim de ore cu soare bazate pe latitudine și altitudine, panta solului și azimutul, ce oferă date de intrare a radiațiilor în modulul de calcul a orelor cu soare, modulul de topire al zăpezii din ecuația echilibrului de energie, modulul undelor nete ale radiațiilor.
- Ellis et al. (2010) a estimat interceptia zonele împădurite cu zăpada și ploaia căzută, precum și pierderile din sublimare și evaporare la interfața cu pădurea.
- Pomeroy and Li (2000) au simulat redistribuirea vântului asupra zăpezii și au estimat acumularea de zăpadă și schimbările de densitate pe toată perioada de iarnă.
- Condițiile atmosferice influențează stratul de zăpadă producându-se diferite fenomene, astfel: depunere strat de zăpadă când precipitațiile cad în formă solidă, topire când precipitațiile cad sub formă lichidă intervenind și restul datelor meteorologice, modificare conținutului de apă din stratul de zăpadă.
- Statul de zăpadă este influențat de următorii parametri: temperatura, grosimea și densitatea stratului de zăpadă, factorul Albedo, echivalentul de apă din zăpadă precum și conținutul de apă din zăpadă.
- Asupra stratului de zăpadă acționează fenomenul de topire influențat de condițiile meteorologice dar și de căldura solului precum și fenomenul de sublimare cu trecere în stare de vapori.
- Essery and Etchevers (2004) au estimat factorul Albedo al zăpezii pe tot parcursul iernii și în perioada de topire a zăpezii.
- Marks et al (1998) au dezvoltat un model (SNOBAL) pentru estimarea topirii zăpezii prin calcularea echilibrului energetic de radiație, căldură latentă, căldură sensibilă, coldura solului, advecția din precipitații și schimbul de energie internă a două straturi de zăpadă: un strat superior activ și un strat de sub acesta.
- Topirea zăpezii sau precipitații în exces duc la scurgere de suprafață.
- Infiltrațiile în sol provenite din topirea zăpezii sunt estimate prin două feluri, și anume: prin parametrul Gray's a infiltrațiilor din topirea zăpezii (Zhao and Grey, 1999) ce estimează topirea zăpezii infiltrate în soluri înghețate și se bazează pe temperatura solului, grosime stratului, porozitate, umiditatea solului și suprafață de saturație a solului, iar prin infiltrații Ayers' (Ayers, 1959) se estimează infiltrațiile din topirea zăpezii și din ploaie în soluri neînghețate, ce se bazează pe textura solului, expunerea rocii de bază, caracteristicile rădăcinilor, gradul de acoperire cu vegetație, umiditatea solului, porozitate, presiunea de intrare a aerului, conductivitate hidraulică (K_S și K_ψ), conținut de apă saturat (θ_s) și conținut de apă rezidual (θ_r). Ambele algoritme de infiltrație sunt legate de umiditatea solului.
- Când solul înghețat prezintă fisuri, cantitatea de apă provenită din topirea zăpezii se infiltrează direct în zona nesaturată, iar când sunt prezente lentile de gheață apa se scurge spre corpul de apă de la suprafață.
- Evapoarea apei se face după două metode: expresia Granger pentru evaporare (Granger and Gray, 1989; Granger and Pomeroy, 1997) estimează evaporarea actuală (evaporare și transpirație) din suprafețele nesaturate și expresia evaporării după Priestley și Taylor (Priestley and Taylor, 1972) ce estimează evaporarea actuală după suprafețe saturate, cum ar fi zonele umede sau corpuri de apă deschise (lacuri, canale). Ambele metode de calculare ale evaporării actualizează conținutul de umiditate din coloana de sol.
- Leavesley et al (1983) a dezvoltat ecuația de echilibru a umidității solului. Dornes et al (2008) și Fang et al (2010) au modificat această ecuație pentru a calcula echilibrul umidității solului.

Primul strat de sol este denumit strat de realimentare, ce primește intrări prin intermediul infiltrațiilor provenite din apele de suprafață, topirea zăpezii sau a precipitațiilor.

- Evaporarea în primul rând folosește apa de interceptare și de suprafață depozitată, și apoi poate reține umiditatea prin intermediul transpirației de la primul strat al solului sau și din celelalte straturi în funcție de caracteristicile de vegetație Armstrong et al (2010).
- Realimentarea apelor subterane are loc prin percolare din stratele de sol sau direct din depozitele depresionale prin macropori. Parte de apa din sol se evaporă, o parte este consumată de plante prin evapotranspirație iar o parte realimentează acviferul.

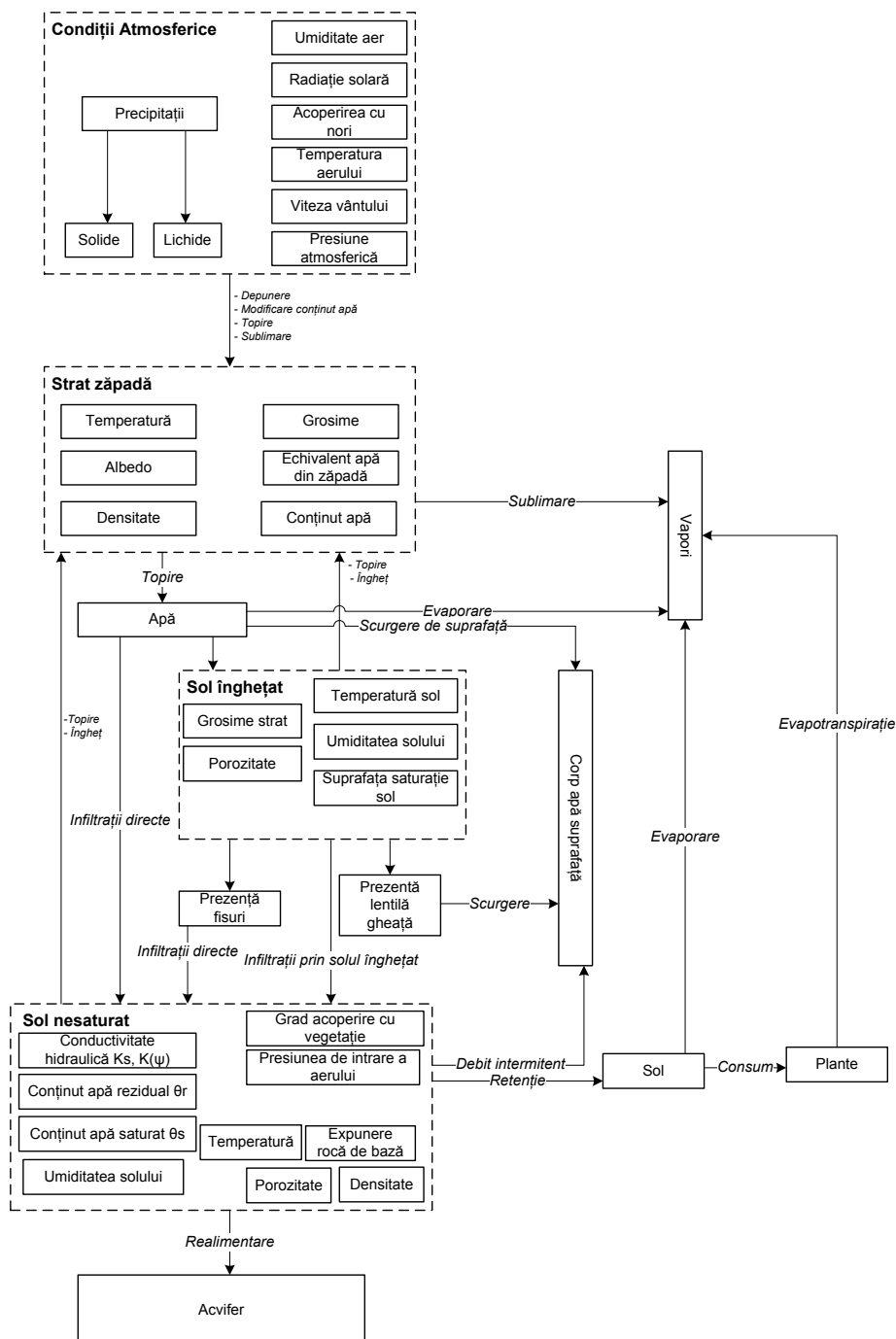


Figura 25. Schema proceselor implicate pentru determinarea infiltrațiilor din sol.

Concluzii

Pentru alegerea celor 3 sit-uri s-a ținut cont de procesul de realimentare a trei mari hidrostructuri și anume: acvifere fisurate montane unde s-a ales ca zonă de studiu versantul E- N al masivului muntos Bucegi, acvifere regionale cantonate în zone aluvionare iar zona de studiu o reprezintă conul aluvionar Prahova –Teleajen și ultima zonă cu acvifere de dimensiuni mici localizate în Câmpia Română unde zona de studiu o reprezintă zona Colentina (Complex Laboratoare Colentina, București).

În România zonele cu acvifere fisurate montane nivelul parametrilor hidrogeologici sunt de o complexitate ridicată iar lipsa datelor face ca nivelul cunoașterii să fie dificil în etapele de evaluare și modelare. Zona Bucegi a fost aleasă deoarece întrunește condiția principală și anume că se regăsesc acvifere fisurate și o rețea complexă de izvoare ce pot fi monitorizate. Din punct de vedere litologic și al fisurației zona aleasă prezintă puncte de observație, iar apa subterană circulă prin fisurile și golurile din conglomerate și calcare.

Pentru zona acviferelor regionale cantonate în zone aluvionare s-a ales evaluarea zonei conului aluvionar Prahova- Teleajen, unde sub acest con se regăsește formațiunea acviferă stratele de Căndești. Cele două straturi au compoziția litologică asemănătoare (nisip, pietriș, bolovăniș cu intercalații argiloase), iar modelarea infiltrației prin conul aluvionar poate fi extrapolată la acviferul Căndești.

În ultima zonă a acviferelor de dimensiuni mici s-a ales ca zonă de referință Colentina - București, unde se găsește formațiunea acviferă stratele de Colentina ce întrunește caracteristicile esențiale și anume: în această zonă există acvifer de tip aluvionar, zona este urbană și este caracterizată din punct de vedere hidrogeologic. În această zonă există un sit experimental de monitorizare hidrogeologică format din cinci puturi hidrogeologice și un foraj de prospecțiuni geofizice.

Pentru realizarea modelului conceptual pentru realimentarea acviferelor din topirea zăpezii s-a realizat o schemă a proceselor și factorilor implicații privind determinarea infiltrațiilor din sol.

Infiltrațiile provenite din topirea zăpezii sunt influențate în primul rând de condițiile atmosferice, precum: precipitații – solide sau/și lichide, umiditatea aerului, radiația solară, acoperirea cu nori, temperatura aerului, viteza vântului, presiunea atmosferică.

Realimentarea acviferului din infiltrațiile provenite din topirea zăpezii este influențat de tipul de sol, dacă este sol înghețat sau sol nesaturat.

Infiltrațiile în solurile înghețate reprezintă un proces important și complex, ce pot afecta zone întinse, controlând scurgerile de suprafață ale apei și realimentarea apelor subterane.

În solurile înghețate infiltrarea este determinată în principal de temperatura solului, conținutul de apă din sol (din apă și gheață), porozitatea solului și de stratul de zăpadă.

Infiltrarea are loc în principal prin macropori (prin urmare, un sol eterogen de pădure infiltrează mai multă apă decât un sol agricol omogen) și este condusă de condițiile de umiditate ale solului, dacă macroporii lipsesc.

Infiltrațiile provenite din topirea zăpezii în sol înghețat pot fi împiedicate de condițiile de suprafață ale solului, ca de exemplu, de lentilele de gheață formate în timpul procesului de îngheț a solului, cu toate acestea cantitatea de apă ce intră în solul înghețat este atribuită variabilității spațiale a proprietăților fizice ale solului. Apa provenită din topirea zăpezii se poate infiltra în solurile înghețate prin fisurile de contracție și prin rădăcinile putrezite ale arborilor și plantelor.

Infiltrarea prin soluri nesaturate este determinată de conductivitatea hidraulică a solului, umiditatea solului, temperatura solului, densitatea și porozitatea solului, de conținutul de apă reziduală și saturată și de stratul de zăpadă de la suprafața solului.

Modelarea proceselor de infiltrare a apei în solurile înghețate este posibilă, dar sunt necesare cercetări suplimentare pentru a îmbunătăți precizia și predicția datelor.

Modelarea și predicția proceselor de infiltrare în solurile înghețate se pot utiliza în evaluarea riscurilor și daunelor legate de schimbările climatice, în special pentru regiunile de munte și regiunile cu permafrost.

2. Metode pentru determinarea infiltrațiilor din topirea zăpezii

Zăpada este frecventă la altitudini și latitudini mari, în special în regiunile muntoase din Nordul și Sudul Emisferelor. Anual, stratul de zăpadă acoperă o suprafață din emisfera Sudică în timpul iernii de aproximativ 46 milioane de km², în special în America de Nord, Groenlanda, Europa și Rusia. Zăpada cade și în timpul iernii australe (sudice), în primul rând în Antarctica, în munții înalți din Noua Zeelandă și în America de Sud. (National Snow and Ice Data Center <http://nsidc.org>). Topirea straturilor sezoniere de zăpadă este unul dintre cele mai importante evenimente hidrologice anuale (Zhao și Gray, 1999).

Se știe că atmosfera conține apă, aproximativ 12.900 km³, îndeosebi sub formă de vapor. Cu cât temperatura aerului este mai ridicată, cu atât aceeași masă de aer conține mai multă apă sub forma de vapor. Invers, când temperatura aerului scade și el devine, într-un moment dat, saturat cu vapor, partea acestora aflată în exces se condensează, mai ales în jurul grăunțelor fine ce plutesc în atmosfera, formând mici picături de apă. Astfel se produc norii și ceața, în funcție de înălțimea la care fenomenul are loc.

Zăpada reprezintă o formă solidă de precipitații, aflată în stare cristalină constând dintr-o multitudine de fulgi de zăpadă. Este compusă din particule mici, are o structură deschisă și moale, cu o densitate scăzută. Dacă este supusă unei presiuni, densitatea zăpezii poate crește, așa cum se întâmplă de exemplu în straturile inferioare ale unei cantități mari de zăpadă.

Atunci când condensarea vaporilor se petrece la temperaturi mai scăzute de 0°C, vaporii trec direct în stare solidă (fenomen numit sublimare). Când sublimarea are loc brusc, particulele de gheață ce se formează sunt amorfe, astfel apărând grindina sau măzarichea. Dacă însă sublimarea se petrece lent, iau naștere cristale prismatice de gheață, ca niște ace subțiri. Acestea au proprietatea de a se grupa în figuri geometrice cu o simetrie perfectă, constituind fulgii de zăpadă cu forme variate, predominând însă cea de steluță cu șase colțuri. La temperaturi sub 20°C, cristalele de gheață nu se mai grupează, ci cad direct, formând zăpada cu aspect pulverulent.

Uneori, în drumul lor spre pământ, fulgii de zăpadă traversează pături de aer cu temperatura în jur de 0°C, ori chiar deasupra acesteia. În aceste condiții, ei se topesc în parte, devin umezi, își pierd forma simetrică regulată și unindu-se mai mulți la un loc formează alcătuiți de dimensiuni diferite, cunoscute sub numele de floconi. Căderea zăpezii sub această formă este frecventă în țara noastră. Ajunsă pe sol, zăpada formează o pătură, alcătuită din strat cu o densitate cuprinsă între 0,05 kg/m³ și 0,08 kg/m³. Printre proprietățile zăpezii se înscrie și aceea că ea este un corp rău conductor de căldură. Din aceasta cauză, pătura se comportă ca un izolator termic ce împiedică pătrunderea frigului în adâncime, fiind astfel semănăturile și rădăcinile plantelor perene de îngheț. Calitatea stratului de zăpadă de a fi izolator termic este datorată aerului imobil pe care-l înglobează, adică aproximativ 90%, abia restul de 10% fiind cristale de gheață.

Proprietățile mecanice ale zăpezii sunt guvernate în principal de următorii parametri:

- structură și textură: zăpada rezultată din compactarea structurilor dendritice este preponderent fricțională datorită rugozității sporite, iar particulele se comprimă mai greu datorită efectului de boltă, în timp ce structurile de tip placă au tendința de a fuziona (materializată prin coeziune structurală) coroborată cu reducerea coeficientului de frecare între particule.
- umiditate: zăpada este, practic, un amestec trifazic de apă. Apa în stare lichidă poate exista la interfață cu particulele solide sau în masivul de zăpadă pot să apară pori cu apă în stare lichidă cu rol dublu: recrystalizează zăpada și poate determina materialul să se comporte ca un amestec granular cu diferite grade de saturație (implicând împărțirea efortului total aplicat către apa solidă – efort efectiv, fluidele din pori – presiune neutrală). Dacă la pământuri legea eforturilor efective se rezumă doar la faza solidă și la cea lichidă astfel încât precipitațiile abundente pot declanșa alunecări de teren, în cazul zăpezii vântul poate declanșa avalanșe prin creșterea presiunii din aerul interstițial.
- relația temperatură-presiune: trebuie amintit că transformările de fază ce au loc în zăpadă se desfășoară la temperaturi și presiuni diferite din momentul formării fulgilor și până la topirea

completă a zăpezii, iar în masivul de zăpadă există simultan multiple zone în care raportul dintre faze variază inducând structuri de tip „sandwich” care favorizează instabilitatea. Fulgii de zăpadă nu sunt picături de apă înghețată. Într-adevăr, pot exista precipitații sub formă de granule de gheață (grindina sau măzărichea), dar fulgii propriu-ziși se formează prin desublimare la temperaturi și presiuni scăzute. Dendritele se formează prin creșterea pe direcții preferențiale a cristalelor.

Fenomenele ce guvernează metamorfoza fulgilor (Figura 26) sunt, pe scurt, următorii:

- Îngheț – dezgheț: particulele își transformă structura din dendritică în placă solidă existând posibilitatea înglobării de bule de aer în structură sau, din contră se vor forma noi centre de cristalizare;
- Sublimare – desublimare: particulele se ramifică în cazul desublimării și își reduc dimensiunile ramificațiilor în cazul sublimării;
- Transfer de căldură și de particule: fulgii se sudează și își schimbă structura cristalină, materialul căpătând coeziune structurală.

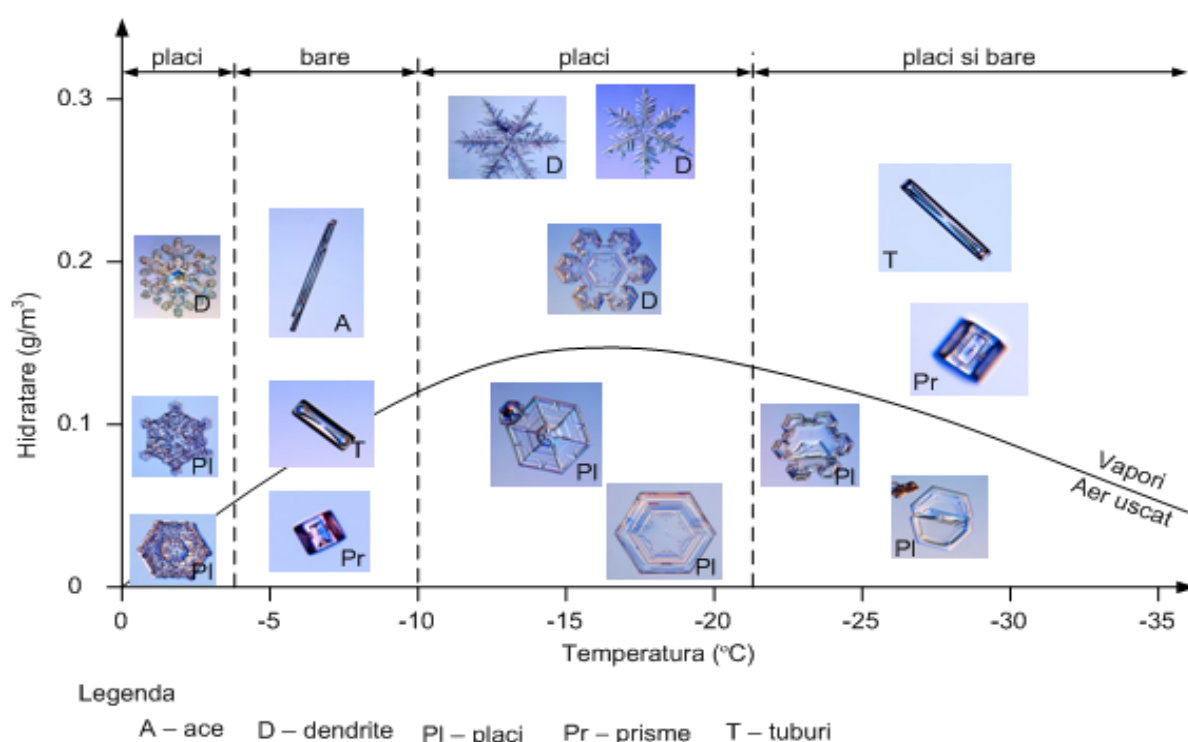


Figura 26. Evoluția geometriei fulgilor în funcție de condițiile de temperatură și umiditate (adaptare după: <http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals/primer/primer.htm>)

În toată lumea cantitatea de apă rezultată din topirea zăpezilor reprezintă un factor important al mișcării apei pe glob. Acolo unde există climate mai reci o mare parte din scurgerea de primavară și din debitele râurilor provine din topirea gheții și a zăpezilor. Topirea rapidă a zăpezilor poate declanșa pe lângă inundații și alunecări de teren și mișcări de grohotiș. Scurgerea cauzată de topirea zăpezii variază în funcție de anotimp și de asemenea de la an la an.

Așa cum este schematizată în ciclul de zăpadă (Figura 27), apa ce rezultă din această topire contribuie la realimentarea acviferelor prin infiltrații.

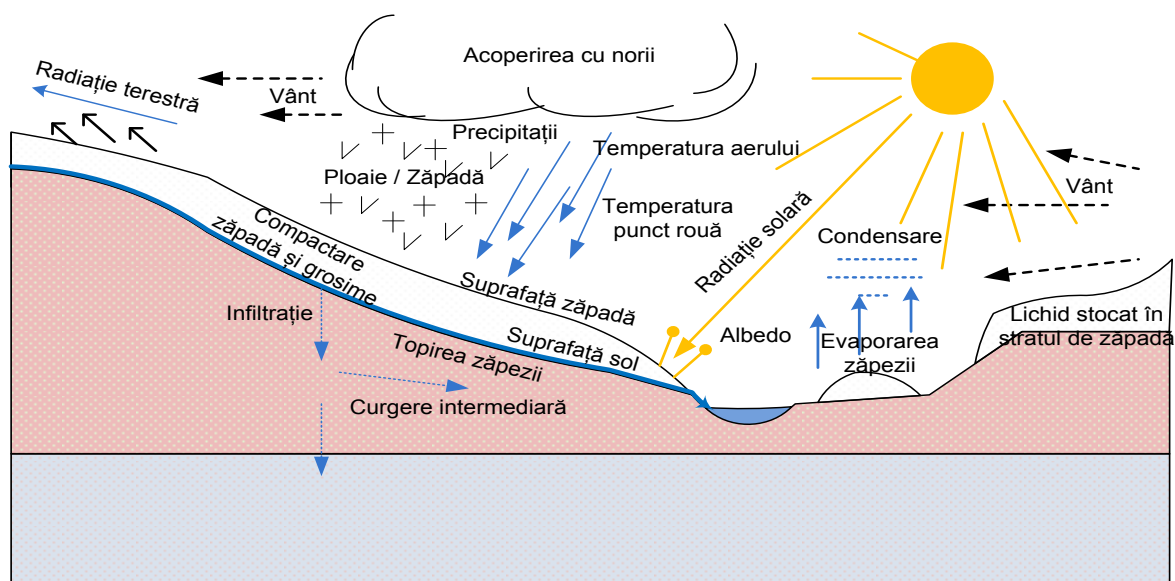


Figura 27. Schema ciclului de zăpadă (adaptare după:
<http://water.epa.gov/scitech/datait/models/basins/upload/Lecture-9-Snow.pdf>)

Termodinamica topirii zăpezii a fost descrisă în detaliu în numeroase lucrări. Printre primele descrieri sunt cele date de Clyde (1931), Light (1941) și Wilson (1941). Unul din cele mai amănunțite studii au fost ale U.S. Army (COE, 1956). Acest studiu a stat la baza componentei topirii zăpezii în modelul hidrologic (US Army COE, 1991).

Lucrarea lui Anderson (1968, 1976) a condus, de asemenea, la un model operațional utilizat de către Administrația Națională de Meteorologie (Anderson, 1973). Mai recent, modelele de echilibru energetic al topirii zăpezii au fost dezvoltate pentru a funcționa ca bază pentru sistemele spațiale distribuite, profitând de sistemele informatice geografice (GIS) dar și de seturile de date spațiale ale altitudinii, vegetației, solului și a variabilelor hidrometeorologice. Modelele lui Marks et al (1998, 1999) și ale lui Tarboton et al. (1995), descriu fluxurile de energie datorate zăpezii. Descrierea fenomenului de topire al zăpezii au fost prezentate în lucrări dar și în multe cărți de hidrologie, dintre care amintim, Colbeck și Ray (1978), Gray și Male (1981), Linsley et al (1982), Bedient și Huber (1992), precum și Societatea Americană a Inginerilor Civili (American Society of Civil Engineers, 1996).

Metode pentru determinarea infiltrațiilor din topirea zăpezii

Introducere

Plecând de la observații in-situ în timpul ablației zăpezii, Gray et al. (1984) au demonstrat că infiltrațiile asociate cu topirea zăpezii nu depind doar de proprietățile solului, dar și de mulți alți factori ca echivalentul de apă a stratului de zăpadă, rata topirii zăpezii, proprietățile de transport și de stocare a apei din stratul de zăpadă, și prezența unei lentile de gheață impermeabilă în interfața sol-zăpadă.

Sol înghețat și sol neînghețat. Adâncimea de îngheț

Pentru determinarea adâncimii de îngheț se ține seama de următorii factori, și anume: intensitatea și durata temperaturilor negative ale aerului (caracterizate prin indicii de îngheț), de caracteristicile termice (căldura specifică și căldura latentă) ale pământului precum și de indicii de umiditate din condiții climatice.

Conform STAS 1709/1-90 **adâncimea de îngheț** reprezintă nivelul cel mai coborât de la suprafața drumului la care apa interstițială se transformă în gheață, în timpul iernii (în practică se admite că această adâncime coincide cu cea a izotermei zero).

În România, în funcție de zona geografică, adâncimea de îngheț și indicii de îngheț se calculează pe baza STAS 1709/ 1-90 iar adâncimile maxime de îngheț se calculează pe baza STAS 6054-77.

Determinarea infiltrațiilor provenite din topirea zăpezii în solurile neînghețate

Infiltrații ale apelor din topirea zăpezii sunt controlate de curgere în zona nesaturată. Astfel de curgere poate să aibă loc în regim permanent sau în regim nepermanent.

Curgerea în regim permanent a apei printr-un sol parțial saturat

Curgerea în regim permanent într-un sol saturat pe o direcție, este guvernată de legea lui Darcy:

$$v_x = -k_x \frac{dh}{dx}. \quad (2)$$

unde,

v_x – viteza de curgere a apei pe direcția x

k_x – coeficientul de permeabilitate pentru curgerea apei pe direcția x

dh/dx – gradientul hidraulic pe direcția x

În general este acceptat (de exemplu, Richards 1967, Childs 1969, Freeze and Cherry 1979, Koorevaar et al 1983, Ng and Shi 1998) că legea lui Darcy, și aceste ipoteze, sunt aplicate pentru curgerea în sol parțial saturat, sub forma următoare:

$$v_x = -k_x(\psi) \frac{dh}{dx}. \quad (3)$$

unde:

$k_x(\psi)$ – coeficient de permeabilitate în funcție de sucțiune (presiune interstițială negativă)

Pentru cazul general, pe trei direcții, legea lui Darcy pentru curgerea într-un sol nesaturat, este următoarea:

$$v = -k_x(h_m) \frac{dh_t}{dx} i - k_y(h_m) \frac{dh_t}{dy} j - k_z(h_m) \frac{dh_t}{dz} k. \quad (4)$$

unde,

$h_t = \psi / \rho_w g$ - înălțime piezometrică totală;

h_m - înălțime piezometrică datorită sucțiunii;

ψ_t – sucțiunea totală;

i, j et k – vectori unitari pe direcțiile x, y și z;

$k_x(h_m), k_y(h_m)$ et $k_z(h_m)$ – funcțiile de conductivității hidraulică pe fiecare direcție.

Abordările mai moderne implică principiul conservării masei legii Darcy. Pentru curgerea în regim permanent, principiul conservării masei, se scrie sub următoarea formă:

$$\nabla \cdot (k \nabla h_t) = 0. \quad (5)$$

Pentru determinarea înălțimii piezometrice totale, se neglijează componenta cinematică, iar ecuația (5) devine sub următoarea formă pentru cazul bidimensional:

$$\frac{dk_x(h_m)}{dx} \frac{dh_m}{dx} + \frac{dk_z(h_m)}{dz} \left(\frac{dh_m}{dz} + 1 \right) + k_x(h_m) \frac{d^2 h_m}{dx^2} + k_z(h_m) \frac{d^2 h_m}{dz^2} = 0. \quad (6)$$

Curgerea în regim tranzitoriu a apei printr-un sol parțial saturat

O ecuație de continuitate pentru curgerea tranzitorie printr-un sol parțial saturat a fost dezvoltată de către Freeze et Cherry (1979), și are următoarea formă:

$$\frac{d}{dx} \left[k(\psi) \frac{dh}{dx} \right] + \frac{d}{dy} \left[k(\psi) \frac{dh}{dy} \right] + \frac{d}{dz} \left[k(\psi) \frac{dh}{dz} \right] = \frac{d\theta}{dt}. \quad (7)$$

unde:

θ : conținut de apă volumetric (raportul între volumul de apă și volumul total de sol).

Ecuția (7) a fost dezvoltată pe supoziția că apa nu este compresibilă, și porozitatea solului este constantă (solul este rigid). Deși aceste supoziții nu sunt neapărat corecte, Freeze et Cherry au susținut că schimbările densității apei și a porozității sunt reduse în comparație cu schimbările conținutului de apă, astfel acestea pot fi neglijate.

O ecuație similară a fost prezentată de către Ng et Shi (1998), așa cum este prezentată în ecuația (8).

$$\frac{d}{dx} \left[k_x \frac{dh}{dx} \right] + \frac{d}{dy} \left[k_y \frac{dh}{dy} \right] + Q = \frac{d\theta_w}{dt}. \quad (8)$$

Ecuția (8) este în principiu aceeași ca ecuația (7), (au fost folosite diferite notații de către diversi autorii), dar se poate remarca că Ng și Shi au prezentat această ecuație în forma sa bidimensională, și deasemenea, au introdus un termen suplimentar Q , pentru aplicarea unei limite dec curgere.

O altă formă a ecuației de continuitate pentru soluri nesaturate, a fost prezentată de către Potts and Zdravkovic (1999), și este dată ca:

$$\frac{dv_x}{dx} + \frac{dv_y}{dy} + \frac{dv_z}{dz} - Q = -\frac{d\varepsilon_v}{dt}. \quad (9)$$

Substituind în legea lui Darcy, s-a obținut:

$$\frac{d}{dx} \left[k_x \frac{dh}{dx} \right] + \frac{d}{dy} \left[k_y \frac{dh}{dy} \right] + \frac{d}{dz} \left[k_z \frac{dh}{dz} \right] + Q = \frac{d\varepsilon_v}{dt}. \quad (10)$$

Termenul din partea dreapta a ecuației (9) și (10), reprezintă deformare volumetrică a solului, spre deosebire de Freeze et Cherry, ce permite schimbarea porozității solului (comportament non - rigid). În solurile rigide, acest termen ar fi nul.

Freeze et Cherry au rescris ecuația pentru a obține ecuația Richard (11).

$$\frac{d}{dx} \left[k(\psi) \frac{d\psi}{dx} \right] + \frac{d}{dy} \left[k(\psi) \frac{d\psi}{dy} \right] + \frac{d}{dz} \left[k(\psi) \left(\frac{d\psi}{dz} + 1 \right) \right] = C \frac{d\psi}{dt}. \quad (11)$$

unde,

ψ - sucțiune;

$C = d\theta/d\psi$ – capacitatea de umiditate specifică.

Partea dreaptă a ecuației (7) și (11), reprezintă schimbarea apei stocate în sol, și acest comportament este reflectat în panta curbei SWCC (*Soil water characteristic curve*). Această curbă prezintă variația conținutului de apă volumetric în funcție de sucțiune. Panta acestei curbe indică cantitatea de apă în sau în elementul de sol sub acțiunea variației de sucțiune (de exemplu Lam et al., 1987; Ng et Shi, 1998).

Într-un sol saturat, gradul de saturație este constant, și conținutul de apă este pur și simplu egal cu porozitatea. În plus, pentru un element rigid, conținutul de apă volumetric este constant, iar pentru o analiză în consolidare, acest conținut variază în funcție de porozitate (se presupune că particulele de pământ sunt incompresibile).

Proprietăți hidraulice pentru curgerea în regim nesaturat

Toate ecuațiile de continuitate menționate mai sus sunt non – liniare. Rezolvarea unei ecuații de continuitate pentru o curgere în regim nesaturat necesită determinarea relațiilor dintre sucțiune, conductivitate hidraulică și conținutul de apă volumetric.

Două relații trebuie determinate, și anume:

- Curba caracteristică sol – apă, SWCC (conținut de apă volumetric în funcție de sucțiune);
- Funcția de conductivitate hidraulică (permeabilitatea în funcție de sucțiune).

Curba caracteristică sol – apă (SWCC)

Solurile în regim nesaturat au un comportament diferit față de solurile în regim saturat datorită sucțiunii. Sucțiunea variază în funcție de cantitatea de apă. Cu cât conținutul mai mare de apă cu atât sucțiunea este mai importantă. Relația dintre sucțiune și conținutul de apă (grad de saturație) este

reprezentată de SWCC (*Soil water characteristic curve*). SWCC a fost utilizat pentru a analiza curgerea apei într-un terasament în regim nesaturat și stabilitatea pantelor datorită infiltrațiilor din precipitații. Au fost propuse mai multe metode pentru estimarea SWCC. În general, aceste metode pot fi regrupate în trei categorii (Fredlund et al. 2002): (i) estimarea statistică a conținutului de apă la diferite succiuni (Gupta and Larson, 1979), (ii) estimarea parametrilor solului printr-o descriere algebrică a SWCC (Rawls and Brakensiek, 1985; Vereecken et al., 1989; Scheinost et al., 1997) și (iii) modele fizice- empirice în care curbele distribuției granulometrice sunt utilizate pentru estimarea SWCC (Arya et Paris, 1981; Arya et al., 1999; Tyler and Wheatcraft, 1989; Fredlund et al., 1997).

Parametrii de modelare ai SWCC

Parametrii utilizați pentru modelarea matematică a SWCC, pentru a înțelege punctele fixe relative legate de conținutul de apă sau succiunea în condiții specifice (de exemplu, saturația, conținutul de apă rezidual și presiunea de intrare a aerului) și două sau trei constante empirice sau semiempirice de ajustare sunt alese pentru a obține forma generală a curbei între aceste puncte fixe.

Așa cum este ilustrat în *Figura 28*, conținutul de apă saturat θ_s descrie punctul tuturor porilor ce sunt umpluți cu apă, și care corespunde, de obicei, curbei de 'desorbție'. Presiunea de intrare a aerului ψ_b descrie absorbția din curba de 'desorbție' sau aerul începe să intre prin porii mari ai solului și începe desaturarea. Conținutul de apă rezidual θ_r descrie condițiile unde apa din pori este izolată în menisc, și schimbările majore ale succiunii devin necesare pentru deplasarea apei în sistem.

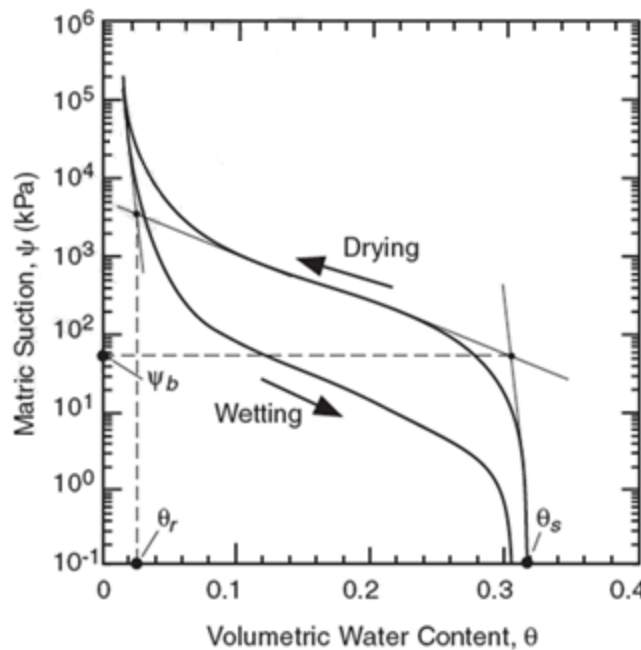


Figura 28. SWCC tipică ce arată pozițiile aproximative: cantitatea de apă saturată θ_s , cantitatea de apă reziduală θ_r , 'presiunea aerului intrat' ψ_b

O variabilă adimensională care descrie conținutul de apă, Θ , poate fi definită ca:

$$\Theta = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (12)$$

unde:

θ - conținut de apă considerat.

Și, de asemenea, variabila de standardizare a gradului de saturație, S_e , este dată de:

$$S_e = \frac{S - S_r}{1 - S_r} \quad (13)$$

Modelul Brook și Corey (BC)

Una din primele abordări pentru modelarea SWCC este ecuația propusă de Brook et Corey (1964). Pe baza observațiilor de serii mari de măsurători experimentale ale conținutului de apă și ale sucțiunii, a fost propusă o relație ce introduce indicele de distribuție a dimensiunii porilor λ , și este dată de:

$$\theta = \begin{cases} \theta_s & \psi < \psi_b \\ \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left(\frac{\psi_b}{\psi} \right)^\lambda & \psi \geq \psi_b \end{cases} \quad (14)$$

Figura 29 prezintă o serie de măsurători ale conținutului de apă – sucțiune obținută cu ajutorul aparatului “Temp cell” și modelele BC corespunzătoare pentru trei tipuri de sol.

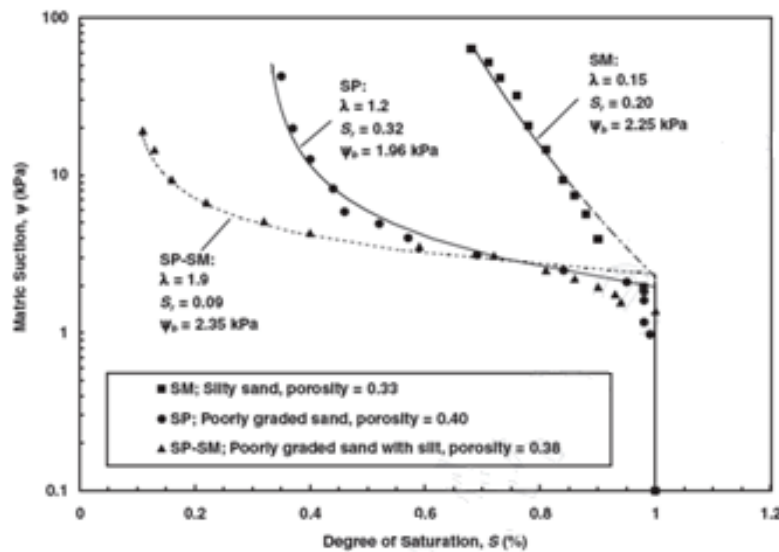


Figura 29. SWCC cu modelul Brooks și Corey (1964) și a datelor experimentale pentru trei tipuri de sol (Clayton, 1996)

Modelul BC este mult mai potrivit pentru sol unde granulele sunt relativ mari sau drenajul se produce pentru valori relativ mici ale sucțiunii. Acest model tinde să își piardă aplicabilitatea pentru valori mari ale sucțiunii atunci când se apropie de conținutul de apă rezidual. Lipsa punctelor de reflecție din model rezultă lipsa de reprezentare a SWCC pentru o gamă largă a sucțiunii. Acest model poate duce la instabilități numerice atunci când modelarea curgerii se apropie de saturație.

Modelul van Genuchten (VG)

Un model cu trei parametri pentru SWCC, ecuația (15), a fost propus de van Genuchten (1980).

$$\Theta = S_e = \left[\frac{1}{1 + (a\psi)^n} \right]^m \quad (15)$$

unde:

a , n et m : parametri de ajustare

Forma matematică a modelului VG, ce consideră că un punct de inflexiune, permite o mai mare flexibilitate decât modelul BC. Parametrul a este legat de inversul ψ_b , și în general se notează în acest caz α , va fi notat β pentru manipularea cotei piezometrice (invers proporțională cu h_b).

Parametrul n este conectat la distribuția dimensiunii porilor și m la simetria curbei caracteristice.

Cei doi termeni de mai sus, sunt de obicei conectați prin relația următoare:

$$m = 1 - \frac{1}{n} \quad (16a)$$

$$m = 1 - \frac{1}{2n} \quad (16b)$$

Ambele relații între m și n reduce flexibilitatea modelului VG odată cu introducerea simplificărilor semnificative, și conduce la o mai mare stabilitate pentru optimizarea parametrilor și permite o formă fermă pentru funcția de conductivitate hidraulică (van Genuchten et al., 1991).

Tinjum et al. (1997) a notat similitudinea dintre parametri de ajustare ai modelului BC și VG, și a prezentat relații empirice între λ și n , precum și între α și ψ_b pentru seturi de probe de argilă compactă.

O relație inversă între α și ψ_b pentru valorile ale ψ_b sunt între 1-100 kPa:

$$\alpha = \left(\frac{0.78}{\psi_b} \right)^{1.26} \quad (17)$$

Alți autori au prezentat metodologii de a comuta între parametrii de ajustare ai BC și parametrii echivalenței ai VG, și caută noțiunea de echivalență între cele două modele. De exemplu Lenhard et al. (1989) a comparat expresiile BC și VG în 'punctul lor de mijloc' ($S = 0.5$) și a propus următoarea relație, între λ și m :

$$\lambda = \frac{m}{1-m} (1 - 0.5^{1/m}) \quad (18)$$

Pentru a convertirea lui h_b în β , ei au propus:

$$h_b = \frac{S_x^{1/\lambda}}{\beta} (S_x^{-1/m} - 1)^{1-m} \quad (19)$$

Și au găsit experimental, următoarea relație:

$$S_x = 0.72 - 0.35 \exp(-n^4) \quad (20)$$

Ma et al. (1999) au evaluat influența a trei metode de conversie între VG- BC propuse de-a lungul predicției SWCC și a modelului de balanță de apă.

Modelul Fredlund și Xing (FX)

Fredlund et Xing (1994) au dezvoltat un model pe baza distribuției dimensiunii porilor într-o formă similară cu cea a modelului VG, ca:

$$\theta = C(\psi) \theta_s \left[\frac{1}{\ln[e + (\psi/a)^n]} \right]^m \quad (21)$$

unde:

ψ - sucțiunea;

a , n et m – parametri de ajustare;

e - constanta logaritmului natural;

$C(\psi)$ -- factor de corecție ce forțează modelul la o sucțiune de 10^6 kPa pentru un conținut de apă nul:

$$C(\psi) = \left[1 - \frac{\ln(1 + \psi/\psi_r)}{\ln(1 + 10^6/\psi_r)} \right] \quad (22)$$

Fredlund et Xing (1994) au descris o tehnică grafică cu care cei trei parametri ajustabili (a , n , et m) pot fi estimați din puncte de inflexiune situate pe SWCC măsurat.

Comparația cu datele experimentale indică faptul că modelul FX este capabil să ofere o bună descriere a SWCC pentru sucțiunea între 0- 10^6 kPa.

Funcția de conductivitate hidraulică

O varietate de modele matematice au fost dezvoltate pentru a modela funcția de conductivitate hidraulică pentru sol în regim nesaturat din date experimentale limitate sau de la o funcție, cum ar fi SWCC.

Mualem (1986) a clasificat trei tipuri de abordări pentru a modela funcția de conductivitate hidraulică: (i) modele empirice sub forma unei ecuații simple ce introduce conductivitatea hidraulică saturată și unul sau doi parametri de ajustare ce sunt optimizați pentru a obține forma generală a datelor experimentale; (ii) modele macroscopice ce împart o formă comună ($k_r = S_e^\delta$); și (iii) modele statistice bazate pe presupunerea că matricea solului este reprezentată ca o rețea de tuburi capilare interconectate de diferite dimensiuni, iar curgerea se face numai prin tubul umplut cu apă. Prin urmare, distribuția statistică a dimensiunilor tuburilor și a conectivității lor printr-un anumit plan devin parametri de control pentru conductivitatea hidraulică.

Modele empirice și macroscopice

Au fost dezvoltate o multitudine de modele pentru funcția de conductivitate hidraulică, sub diferite forme, spre exemplu: $k(\psi)$, $k(\vartheta)$, $k(S)$, $k(h)$. Cu toate acestea, nici un model sau un set de parametri de ajustare, nu sunt valabile pentru toate tipurile de sol.

Modelul Richards

Un prim model a fost dezvoltat de Richards (1931) sub forma unei ecuații liniare care introduce doi parametri de ajustare:

$$k(\psi) = a\psi + b \quad (23)$$

unde:

b și a devin respectiv, intersecția și panta funcției de conductivitate.

Modelul Averjanov

Averjanov (1950) a propus un model sub forma unei funcții de exponent, în următoarele două forme:

$$k(S) = k_s S_e^n \quad (24a)$$

$$k(\Theta) = k_s \Theta^n \quad (24b)$$

unde:

n - este de obicei egală cu 3.5 pentru majoritatea solurilor.

Mai multe derivații ale ecuației (24) au fost prezentate pentru diferite ipoteze cu privire la geometria porilor, cu parametri de ajustare n ce variază între 2 și 4. În general, forma simplă a ecuației (24) dă rezultate relativ slabe pentru soluri cu granulație fină.

Modelul Wind

Un alt model de funcție de exponent, dar care folosește doi parametri de ajustare a fost propusă de Wind (1955):

$$k(\psi) = a\psi^{-n} \quad (25)$$

Ahuja et al. (1988) a propus un model similar dar mai flexibil, prezentat sub forma a două ecuații identice cu ecuația (25) pentru reprezentarea conductivității hidraulice pentru două ranguri de suucțiune.

Modelul Gardner

Un alt model de exponent de doi parametri este dată de (Gardner, 1958):

$$k(\psi) = \frac{k_s}{1 + a\psi^n} \quad (26)$$

unde:

a - parametru legat de presiunea de intrare a aerului;

n - parametru ce controlează scăderea conductivității.

Gardner (1958) a propus, de asemenea, o altă funcție cu un singur parametru, sub forma:

$$k(\psi) = k_s \exp(-a\psi) \quad (27a)$$

$$k(h_m) = k_s \exp(\beta h_m) \quad (27b)$$

Parametrii α și β , surprind raportul de reducere a conductivitate atunci când crește sucțiunea.

Modelul Davidson et al.

Davidson et al. (1969) au propus o formă modificată pentru conductivitate ca o funcție a conținutului de apă:

$$k(\theta) = k_s \exp[a(\theta - \theta_s)] \quad (28)$$

Modelul Brooks și Corey

Brooks et Corey (1964) au propus următoarea funcție de conductivitate:

$$k(\psi) = \begin{cases} k_s & \psi \leq \psi_b \\ k_s \left(\frac{\psi_b}{\psi} \right)^\eta & \psi > \psi_b \end{cases} \quad (29a)$$

unde:

η - parametru legat de λ (parametru BC de distribuție a dimensiuni porilor) prin relația:

$$\eta = 2 + 3\lambda \quad (29b)$$

Avantajul modelului BC este că funcția de conductivitate poate fi obținută prin aproximarea unei modelări de date din SWCC și utilizarea parametrilor de distribuție a dimensiuni porilor și ecuația (14).

Modele statistice

Modelele statistice pentru conductivitate pot fi utilizate pentru a furniza această funcție direct din măsurători și din modelul SWCC. Baza teoretică a acestor abordări este prezentată în Figura 30.

Figura 30a prezintă o secțiune plană ce trece printr-un element de sol care cuprinde partea solidă și partea de goluri. O secțiune idealizată este prezentată în Figura 30b, unde golurile sunt reprezentate de o serie de pori circulari care sunt distribuiți în mod aleator ca poziție și mărime. Pori sunt repartizați pe clase în funcție de rază în ordine descrescătoare, de exemplu: r_1, r_2, \dots, r_n .

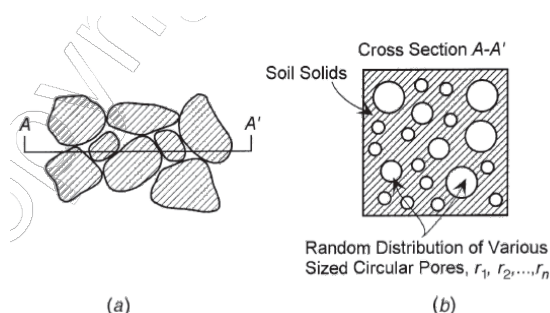


Figura 30. Conceptul
ale funcției de
(a) secțiune
sol idealizat, (b)

de bază pentru modele statistice
conductivitate
transversală printr-un element de
secțiune plană idealizată

Probabilitatea ca o rază a porilor r_i este conectată la o altă rază r_j este egală cu produsul dintre probabilitatea că fiecare există într-o anumită poziție la o secțiune adiacentă. Și poate fi dată de:

$$P(r_i \rightarrow r_j) = f(r_i)f(r_j) \quad (30)$$

unde:

$f(r_i)$ et $f(r_j)$ - funcția care descrie probabilitatea raza porilor r_i (respectiv r_j), au loc într-o anumită poziție dată în secțiunea i (respectiv j).

Pentru un sol în regim saturat, raportul dintre curgerea fluidelor prin tuburile formate prin conexiunea cu r_i și r_j , poate fi descrisă prin ecuația Hagen-Poiseuille, care prevede că viteza de curgere este proporțională cu pătratul razei tubului și poate fi dată în termeni de gradient hidraulic i_h și ca o rază caracteristică a porilor R , ca:

$$q_{r_i} \rightarrow q_{r_j} = \frac{\rho_w g i_h}{8\mu} R^2 f(r_i) f(r_j) \quad (31)$$

unde:

R - este luată în general cea mai mică rază r_i și r_j , ce poate fi de asemenea considerată ca fiind media unei funcții dintre cele două.

Debitul total de curgere ce trece prin secțiunea idealizată este egal cu suma debitelor individuale rezultate din conexiunea între mărimea fiecărei clase:

$$q = \frac{\rho_w g i_h}{8\mu} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n R^2 f(r_i) f(r_j) \quad (32)$$

unde:

n - numărul clasei

Aplicarea legii lui Darcy oferă relația de conductivitate hidraulică în ceea ce privește distribuția de probabilitate a razei porilor:

$$k = \frac{\rho_w g}{8\mu} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n R^2 f(r_i) f(r_j) \quad (33)$$

Mai multe modele statistice au fost dezvoltate pentru a descrie funcția de distribuție a razei porilor $f(r)$ în sol, inclusiv cele descrise de Childs et Collis-George (1950), Burdine (1953) et Mualem (1978). Marshall (1958). Marshall (1958) ca urmare a dezvoltării teoretice a lui Childs et Collis-George (1950), a obținut ecuația pentru conductivitatea hidraulică în regim saturat:

$$k_s = \frac{\rho_w g}{8\mu} \frac{\varepsilon^2}{n^2} [r_1^2 + 3r_2^2 + 5r_3^2 + \dots + (2n-1)r_n^2] \quad (34)$$

unde:

ε - porozitate plină cu lichid;

n - numărul de clase;

r_i - raza medie din clasa i .

Pentru solurile în regim nesaturat, curgerea se produce în porii umpluți cu apă. Funcția conductivității poate fi pierdută dacă relația dintre raza porilor umpluți și sucțiunea, care este SCWW, este cunoscută. Cunoscând că raza celui mai mare por este plină r_i sub o înălțime de sucțiune h_i , este dată de ecuația lui Young-Laplace:

$$r_i = \frac{2T_s}{\rho_w g h_i} \quad (35)$$

Înlocuind această relație în ecuația (8):

$$k(\theta_i) = \frac{T_s^2}{2\mu\rho_w g} \frac{\varepsilon^2}{n^2} [h_1^{-2} + 3h_2^{-2} + 5h_3^{-2} + \dots + (2n-1)h_n^{-2}] \quad (36)$$

unde:

ε : porozitate plină cu apă;

n - numărul de clase.

Ecuația (36) poate fi scrisă ca:

$$k(\theta_i) = \frac{k_s}{k_{sc}} \frac{T_s^2}{2\mu\rho_w g} \frac{\theta_s^2}{N^2} \sum_{j=1}^m [(2j+1-2i)h_j^{-2}] \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (37)$$

unde:

$k_s, (k_{sc})$: conductivitate hidraulică măsurată;

m : numărul de intervale de raze ale porilor conținutul de apă și apa saturată;

Mai multe formulări ale aceleiași formule au fost dezvoltate pentru a modela funcția de conductivitate hidraulică în mediu nesaturat pornind de la SCWW, cu diferențe în termen de interacțiune a porilor în raport cu corecția (ex., Marshall, 1958; Millington et Quirk, 1964; Kunze et al., 1968; Jackson, 1972).

Formularea Jackson (1972) este dată de:

$$k(\theta_i) = k_s \left(\frac{\theta_i}{\theta_s} \right)^c \frac{\sum_{j=1}^m [(2j+1-2i)h_j^{-2}]}{\sum_{j=1}^m [(2j-1)h_j^{-2}]} \quad (38)$$

unde:

c : constantă variabilă de la 0 la 1.33, care de obicei este luat ca 1.

Van Genuchten (1980) a propus o formă analitică pentru funcția de conductivitate hidraulică relativă prin combinarea ecuației (15) cu modelele statistice ale lui Burdine (1953) și Mualem (1978), sub forma:

$$k_r(\psi) = \frac{[1 - (\alpha\psi)^{n-1} [1 + (\alpha\psi)^n]^{-m}]^2}{[1 + (\alpha\psi)^n]^{m/2}} \quad (39)$$

Fredlund et al. (1994) a combinat ecuația (21) cu distribuția statistică a dimensiunii porilor formulată de Childs et Collis-George (1950) pentru a obține modelul:

$$k_r(\psi) = \Theta^q(\psi) \frac{\int_{\ln(\psi_b)}^b \frac{\theta(e^y) - \theta(\psi)}{e^y} \theta'(e^y) dy}{\int_{\ln(\psi_b)}^b \frac{\theta(e^y) - \theta_s}{e^y} \theta'(e^y) dy} \quad (40)$$

unde:

y - variabila de integrare este reprezentată de $\ln(\psi)$, $b = \ln(10^6)$ kPa,

$\vartheta'(\psi) = d\vartheta(\psi)/d\psi$, Θ^q - factor de corecție, de obicei este $q=1$.

În general, modelele statistice oferă rezultate bune pentru soluri cu nisip grosier. Pentru soluri cu nisip fin, funcția conductivității nu are încă o precizie foarte bună.

Determinarea infiltrațiilor provenite din topirea zăpezii în solurile înghețate

Infiltrațiile în solurile înghețate reprezintă un fenomen complex ce implică transportul de masă și de căldură într-un mediu poros. Un astfel de fenomen este controlat de mulți factori (Gray și Granger, 1987): 1) proprietățile hidrofizice și termofizice ale solului; 2) conținutul de apă și temperatura solului; 3) rata eliberării apei din stratul de zăpadă și 4) conținutul de energie în apa ce se infiltrează. De asemenea prezența unor deformații structurale în matricea solului înghețat (fisuri sau macro-pori), afectează procesul de infiltrații în solurile înghețate (e.g. Gray et al., 1985).

În absența unor deformații structurale majore, cea mai importantă proprietate hidrofizică ce controlează infiltrațiile în solurile înghețate este (Gray și Granger, 1987) reprezentată de conținutul de apă (gheață).

Pe de altă parte, prezența gheții într-un sol reduce porozitatea eficace cât și conductivitatea hidraulică a solului (Gray și Granger, 1987). Un astfel de impact se traduce într-o proporționalitate inversă între infiltrații și conținutul total de apă (apă+gheață) a solului înghețat, fapt raportat în diverse studii de caz (e.g. în Alaska (Kane, 1980; Kane and Stein, 1983), și în Canada (Granger et al., 1984; Gray et al., 1985)).

Granger et al (1984) au arătat, de asemenea că, umiditatea solului în primii 0 - 30 cm este importantă, deoarece la această adâncime se găsește în perioada topirii zăpezii cea mai mare parte a apei infiltrate. Valoarea maximă a infiltrației în soluri de preerie poate fi estimată cu ajutorul unei ecuații liniare:

$$INF_{\max} = 100(1 - \theta_p) \quad (41)$$

unde,

INF - este rata de infiltrare a apei din topire zăpezii, [mm];

θ_p - conținutul de apă pre-topit din stratul de zăpadă înghețat.

Granger et al (1984) au arătat, de asemenea, că există o relație neliniară între infiltrație și echivalentul de apă din stratul de zăpadă. În general, infiltrația într-un sol acoperit cu zăpadă este mai mare când echivalentul de apă din stratul de zăpadă este mai mare. Relația este neliniară pentru că există două tipuri diferite de soluri ce trebuie distinse: nefisurat (ce are o capacitate limitată de absorbție a apei) și fisurat (ce poate absorbi cantități mari de apă). În primul tip de sol, nu s-ar produce pierderi mari de apă prin evaporare sau scurgere de suprafață atunci când echivalentul de apă din stratul de zăpadă ar fi mare, iar în schimb cel de-al doilea sol poate absorbi cea mai mare parte a apei disponibilă primăvara când se produce topirea zăpezii.

Pentru a estima relațiile dintre echivalentul de apă din stratul de zăpadă și infiltrare, se poate folosi următoarea relație:

$$INF = a(SWE)^n \quad (42)$$

unde,

INF - este rata de infiltrare a apei din topire zăpezii, [mm];

SWE - echivalent de apă din stratul de zăpadă, [mm];

a, n - factori ce depind de conținutul de apă pre-topită a umidității solului.

Granger et al (1984) au combinat ecuația (41) și ecuația (42) și a rezultat ecuația (43):

$$INF = 0.98 \left(\frac{SWE}{\theta_p} \right)^{0.659} \quad (43)$$

unde,

INF - este rata de infiltrare a apei din topire zăpezii, [mm];

SWE - echivalent de apă din stratul de zăpadă, [mm];

θ_p - conținutul de apă pre-topit din stratul de zăpadă înghețat.

În urma unor observații in-situ, Gray et al. (1985) au propus o clasificare a solurilor înghețate a terenurilor Canadiene în funcție de capacitate de infiltrație.

Clasificare solurilor înghețate:

- Capacitate nelimitată** pentru solurile ce conțin pori largi, conectate la suprafața și plini de aer (e.g. fisuri) ce permit o infiltrare totală/aproximativ totalul de apă din topirea zăpezii.
- Capacitate limitată:** ce depinde în principal de **echivalentul de apă** din stratul de zăpadă cât și de **conținutul de apă/gheață** în primii 3 m din sol în timpul topirii.

Pentru această categorie, infiltrația sezonieră din topirea zăpezii se calculează după ecuația (44):

$$INF = 5(1 - S_I)SWE^{0.584} \quad (44)$$

unde,

INF - este rata de infiltrare a apei din topire zăpezii, [mm];

SWE - echivalent de apă din stratul de zăpadă, [mm];

S_I - conținutul de apă în primii 3 m din sol, [-].

- Capacitate restricționată:** unde infiltrațiile sunt împiedicate de o lentilă de gheață localizată deasupra solului sau la o adâncime mică. În această categorie, infiltrațiile sunt neglijabile iar apa ce rezultă din topire zăpezii este în total redirectionată către scurgeri de suprafață și evaporare.

Zhao și Gray (1999) a rescris ecuația de infiltrație sezonieră din timpul zăpezii, astfel:

$$INF = CS_0^{2.92} (1 - S_I)^{1.64} \left(\frac{273 \cdot 15 - T_1}{273 \cdot 15} \right)^{-0.45} t_0^{0.44} \quad (45)$$

unde,

C – coeficient ce caracterizează efectele de infiltrație a diferențelor dintre model și sistemele naturale;

S_0 – conținutul de umiditate - suprafață saturație a suprafeței solului;

S_I – conținutul de apă mediu din stratul de sol (0-40 cm) de la începutul infiltrației;

T_1 – temperatura medie din stratul de sol (0 – 40 cm) de la începutul infiltrației, [K];

t_0 – timpul de infiltrație, [ore].

Cantitatea maximă de apă pentru un sol înghețat ce are capacitate nelimitată de infiltrație este restricționată de posibilitatea de stocare în sol a apei, care pe teren plat este egală cu porozitatea umplută cu aer, deasupra unui strat impermeabil total sau relativ.

Capacitatea de stocare a apei, are următoarea formulă:

$$W_{SP} = \phi \cdot (1 - S_I) \cdot z_p \quad (46)$$

unde,

W_{SP} - capacitatea de stocare a apei, [mm];

ϕ - porozitatea solului;

S_I - conținutul de apă inițial;

z_p - adâncimea, [mm];

Gray et al (1986a) a constatat, pentru capacitatea limitată de infiltrație a solurile înghețate Canadiene, că limita superioară de saturație a stratului de sol umezit prin infiltrarea apei din timpul ablației zăpezii este legat de media stratului inițial saturat, astfel:

$$L = 0.6 + 0.4S_I \quad (47)$$

Combinând ecuația (46) cu ecuația (47), rezultă:

$$W_{SP} = 0.6\phi \cdot (1 - S_I) \cdot z_w \quad (48)$$

unde,

z_w - adâncimea de umezire, [mm];

O modelarea numerică corectă a infiltrației și a mișcării apelor în solurile înghețate este complexă fiindcă fenomenul implică procese cuplate de transport de masă și de căldură cu schimb de fază, iar aceste procese nu sunt bine cunoscute (Zhao și Gray, 1999). În literatura de specialitate, modelarea numerică a fost folosită pentru:

- Analiza efectului de înghețare asupra distribuției profilului de apă în sol (Harlan, 1973; Jame și Norum, 1980; Kung și Steenhuis, 1986);
- Simulează procesele hidrologice pe termen lung (Illangasekare și Walter, 1990; Lundin, 1990; Stahli et al., 1996);
- Studiază procesele fizice și mecanice de infiltrații în solurile înghețate pentru a înțelege fenomenul (Tao și Gray, 1994; Zhao et al., 1997).

Zhao et al. (1997) a demonstrat că, în solurile înghețate, variația în timp a ratei de infiltrație este similară cu cea în solurile neînghețate, unde procesul de infiltrație se întâmplă în două etape:

- **Etapa 1**- începerea infiltrațiilor ce au loc în regime nepermanente cu o scădere rapidă a ratei de infiltrații;
- **Etapa 2**- ce are loc în regim permanent cu o scădere lentă a ratei de infiltrații.

Iwata et al. (2008) au constatat că infiltrațiile din topirea zăpezii au fost estimate prin metoda bilanțului de apă. Pentru a evalua infiltrarea apei provenită din topirii zăpezii, s-a împărțit perioada topirea zăpezilor în două perioade, perioada de topire a zăpezii timpurii și perioada de topire a zăpezii târzii. Astfel perioada topirii zăpezii timpurii începe la începutul perioadei de topire a zăpezii și se încheie când creșterea continuă a nivelului apei în stratul de sol ajunge la adâncimea de 1 m:

$$\sum I_{\text{inf}} = \Delta S \quad (49)$$

Metoda de mai sus nu se aplică pentru o grosime a stratului de sol înghețat mai mare de 0.2 m, din cauza cantității mari de gheață topită, care nu poate fi monitorizată cu ajutorul aparaturii (senzori umiditate a solului, TDR sau WCR), crescând incertitudinea estimării infiltrațiilor utilizând ecuația bilanțului de apă.

Prin urmare, ecuația bilanțului de apă a fost folosit pentru a evalua infiltrațiile cumulative provenite din topirea zăpezii:

$$\sum I_{\text{inf}} = \Delta S - \sum I_m - \sum q \quad (50)$$

unde,

$\sum I_{\text{inf}}$ - infiltrații cumulative;

$\sum I_m$ - cantitatea de gheață topită din stratul înghețat;

$\sum q$ - fluxul de apă cumulate în sol la adâncimea de 1 m.

Acest rezultate obținute de Zhao et al. (1997) au fost consistente cu observațiile in situ realizate de Kane și Stein (1983).

Modelul de transport de căldură și apă în solurile înghețate HAWTS

HWATS este un model numeric, ce permite calculul de mișcare a apei asociate cu transferul sensibil și lent de căldură în solurile înghețate (Zhao et al., 1997).

HWATS este un model 1D, în regim nepermanent. Acest model este fondat pe următoarele ipoteze simplificatoare:

- Matricea solului este tratată ca un mediu poros și omogen;
- Fazele din sol se afla în echilibru termic;
- Variațiile volumice în matricea solului sunt neglijabile;
- Schimbările de fază asociate cu faza gazoasă (vapori) în timpul topirii zăpezii sunt mici.

Ecuațiile fundamentale sunt reprezentate în *Tabelele 5 și 6*.

Tabelul 5. Ecuațiile modelului HAWTS

Ecuția energiei	$\frac{\partial(\rho c T)}{\partial t} + \rho_l c_l V_l \frac{\partial T}{\partial Z} + \Delta h_{il} M_{il} = \frac{\partial}{\partial Z} \left(k_{eff} \frac{\partial T}{\partial Z} \right)$
Ecuția de continuitate în fază lichidă	$\frac{\partial \theta_l}{\partial t} + \frac{\partial V_l}{\partial Z} - \frac{1}{\rho_l} M_{il} = 0$
Ecuția de continuitate în fază de gheață	$\frac{\partial \theta_i}{\partial t} + \frac{1}{\rho_i} M_{il} = 0$
Ecuție impuls în fază lichidă	$V_l = k_l \left(\frac{\partial(p_c / \rho_l g)}{\partial Z} + 1 \right)$
Constrângere volumetrică	$\theta_l + \theta_i + \theta_g = \phi$
Ecuția de depresie a punctului de congelare	$\theta_l = \phi \left[\frac{h_{il}(T - 273 \cdot 15)}{T} + CRT \right]^{-1/\lambda} g \psi_0$

Tabelul 6. Parametrii ai modelului HAWTS

Conductivitate hidraulică nesaturată	$k_l = 10^{E\theta_i} k_s S_e^{3+2/\lambda}$
Presiunea capilară	$P_c = \rho_l g \psi_0 S_{eff}^{-1/\lambda} g$
Saturația efectivă	$S_{eff} = \frac{\theta_l - \theta_r}{\phi - \theta_i - \theta_r}$
Saturația	$S = \frac{\theta_l + \theta_i}{\phi}$
Conductivitate termică efectivă	$k_{eff} = \theta_p k_p + \theta_l k_l + \theta_i k_i + \theta_g k_g$
Cădură specifică volumetrică	$(\rho c)_{eff} = \theta_p \rho_p c_p + \theta_l \rho_l c_l + \theta_i \rho_i c_i$

Concluzii

Termodinamica topirii zăpezii descrie procesele ce stau la baza topirii zăpezii, fluxurile de energie datorate zăpezii precum și modele privind echilibrul energetic al topirii zăpezii.

Pentru a înțelege mai bine fenomenul de topire al zăpezii s-a realizat o caracterizare a unui strat de zăpadă ce cuprinde componentele principale și anume, echivalentul de apă din zăpadă și temperatura stratului de zăpadă precum și componentele secundare ca grosimea și densitatea stratului de zăpadă, suprafața de extindere și vântul ce acționează asupra stratului de zăpadă.

Pentru a cuantifica cantitatea de apă rezultată din topirea zăpezii se folosesc două metode și anume: *metoda echilibrului energetic* ce constă în măsurarea sau estimarea fiecărui termen din ecuație (radiația solară netă cu unde scurte și unde lungi, căldura latentă prin sublimare și condensare, căldura sensibilă, căldură prin schimbarea de masă, căldura din sol și la nivelul solului între interfața sol – strat de zăpadă), ținându-se cont de asemenea și de gradul de acoperire al terenului (cu păduri, vegetație, clădirii, etc.) precum și de expunerea la vânt; și prin *metoda „grade – zi”* ce constă în indexarea tuturor fluxurilor de energie din stratul de zăpadă cu ajutorul temperaturii aerului.

Cunoașterea cantității de zăpadă căzută, a cantității de zăpadă acumulată pe sol, distribuția spațială de-a lungul zonei de interes, frecvența și volumul privind apa rezultată din topirea zăpezii precum și a factorilor și proceselor ce contribuie la procesul topirii zăpezii este esențială pentru a putea realiza modele de determinare a cantității de apă infiltrată în sol provenită din topirea zăpezii.

Pentru a determina infiltrațiile din topirea zăpezii trebuie să se țină cont pe lângă proprietățile solului și de echivalentul de apă din stratul de zăpadă, rata topirii zăpezii, proprietățile de transport și de stocare a apei în sol din stratul de zăpadă, umiditatea solului, temperatura solului și a interfeței sol – strat de zăpadă, dar și de prezența lentilelor de gheață impermeabilă din solul înghețat sau de la interfața sol – strat zăpadă. Infiltrațiile apei din topirea zăpezii sunt controlate de curgere în zona nesaturată ce poate avea loc în regim permanent printr-un sol parțial saturat, în regim tranzitoriu printr-un sol parțial saturat sau în regim nepermanent. Pentru a determina curgerea în zona nesaturată este necesară cunoașterea funcției de conductivitate hidraulică. Pentru a modela funcția de conductivitate hidraulică pentru sol în regim nesaturat s-au dezvoltat o varietate de modele matematice empirice și macroscopice (modelul Richards, Averjanov, Wind, Davidson et al., Brooks și Corey), din date experimentale sau de la o funcție (modelul SWCC) dar și prin modele statistice (modelul lui Burdine, Mualem, van Genuchten, Fredlung și Childs și Collis - George).

Pentru a determina infiltrațiile provenite din topirea zăpezii în solurile înghețate este necesar să se cunoască transferul de masă și căldură într-un mediu poros ce este controlat de proprietățile hidrofizice și termofizice ale solului, conținutul de apă și temperatura solului, rata eliberării apei din stratul de zăpadă și de conținutul de energie în apa ce urmează să se infiltreze. Pe lângă toți acești factori, deformațiile structurale în matricea solului înghețat ce poate cuprinde fisuri și macro-pori, pot afecta procesul de infiltrație în solurile înghețate. Dacă aceste deformații structurale lipsesc, conținutul de apă sau gheață din sol, pot controla infiltrațiile în solul înghețat, iar prezența gheței într-un sol reduce porozitatea și conductivitate hidraulică a solului.

Solurile înghețate au fost clasificate în soluri cu capacitate nelimitată (infiltrare totală a apei din topirea zăpezii), cu capacitate limitată (depinde de echivalentul de apă din stratul de zăpadă și conținutul de apă și/sau gheață) și cu capacitate restricționată (infiltrațiile sunt împiedicate de o lentilă de gheață localizată la o adâncime mică în sol sau la interfața sol – strat de zăpadă).

S-a constatat că variația în timp a ratei de infiltrație este similară cu cea în solurile neînghețate unde procesul de infiltrație se întâmplă în două etape și anume: începerea infiltrațiilor ce au loc în regim nepermanente cu o scădere rapidă a ratei de infiltrații și în regim permanent cu o scădere lentă a ratei de infiltrații. O altă metodă constă în estimarea infiltrațiilor din topirea zăpezii prin metoda bilanțului de apă ce constă în împărțirea topirii zăpezii în două perioade (perioada de topire timpurie și perioada de topire târzie). Această metodă este folosită pentru evaluarea infiltrațiilor cumulative provenite din topirea zăpezii.

Modelul HWATS este folosit pentru estimarea transportului de cădură și apă în solurile înghețate (permite calculul mișcării apei asociate cu transferul sensibil și lent de cădură în aceste soluri).

Modelele SWAT, SRM și HRS sunt folosite pentru determinarea scurgerii apei rezultată din topirea zăpezii și folosesc metoda echilibrului energetic și metoda „grade – zi” pentru determinarea echivalentului de apă din stratul de zăpadă, eroziunii solului, temperaturii stratului de zăpadă și a umidității solului din cauza apei infiltrate din topirea zăpezii.

Acest raport sintetizează procesele fizice referitoare la fenomenele de topire a zăpezii, de îngheț - dezgheț, la migrarea apei în sol, la evaporarea apei produse din topirea zăpezii în diferite condiții meteorologice, la infiltrațiile apei provenite din zăpada topită în solurile înghețate, la interacțiunea dintre stratul de zăpadă și solul înghețat, la cădura degajată de sol și de transferul de cădură de la interfața sol – strat de zăpadă și la degradarea în timp a solului prin procese de eroziune.

Rezultate obținute:

Descrierea siturilor și elaborarea de modele conceptuale pentru reîmplementarea acviferelor din topirea zăpezii - versiunea 1

Metodologia pentru determinarea infiltrației din topirea zăpezii - versiunea 1

WP6 Asimilarea parametrilor stratului de zăpadă în Sistemul National de Prognoza și Avertizare a Viiturilor

Activitatea 6.1. Actualizarea hărții acoperirii/utilizării terenului pentru zona de studiu, utilizând imagini satelitare de rezoluție fină.

Imaginile satelitare Landsat

Satelitul Landsat 8 OLI (Operational Science Corporation) a fost lansat pe 11 Februarie 2013, misiunea acestuia fiind aceea de a continua achiziția de date care să îndeplinească anumite cerințe operationale și științifice, pentru observarea utilizării terenului și a schimbărilor survenite în acoperirea terenului.

Senzorul recepționează date în canalele spectrale din: vizibil, infraroșu apropiat (NIR), infraroșu unde scurte (SWIR) și pancromatic. Fata de Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper), au fost adăugate două noi benzi spectrale: albastru-profund pentru studiul apelor de coastă și aerosolilor (banda 1) și o bandă pentru detectia norilor cirrus (banda 9). De asemenea, a fost inclusă o bandă de asigurare a calității pentru a indica prezența umbrelor terenului, artefacte ale datelor și nori (*Figura 31*).

Senzorul infraroșu termic (TIRS), construit de NASA Goddard Space Flight Center, a fost adăugat pentru a continua strângerea de imagini termice ca suport în aplicații precum modelarea evapo-transpirației pentru monitorizarea consumului de apă în irigații (*Figura 30*). TIRS colectează date în două lungimi de undă din infraroșu termic și are o durată de viață de 3 ani.

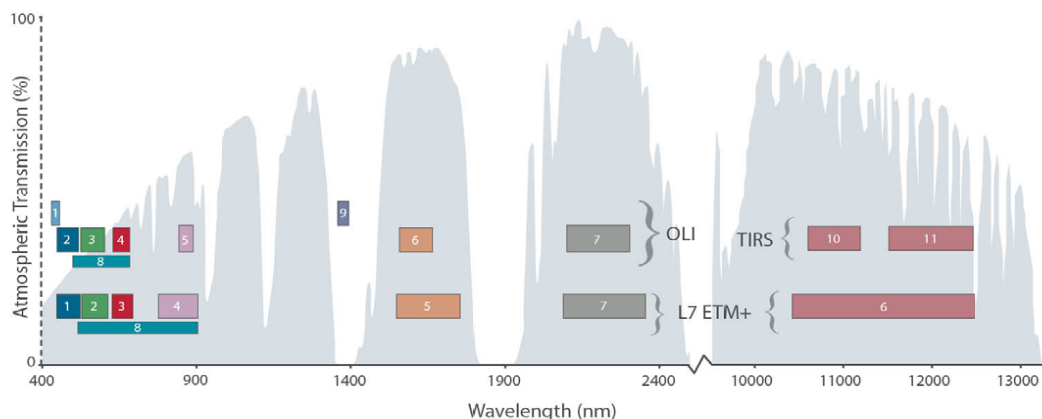


Figura 31. Comparație între benzile senzorului Landsat 7 ETM+ și ale Landsat 8 OLI

Landsat 8 masoara diferite intervale ale frecvenței spectrului electromagnetic, care nu sunt neapărat vizibile (în culori) de ochiul uman. Landsat 8 are un număr de 11 benzi (Tabelul 7).

Tabelul 7. Caracteristicile benzilor senzorului Landsat 8 OLI

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) / Thermal Infrared Sensor (TIRS) Landsat 11 Februarie 2013	Banda	Lungimea de undă (micrometri)	Rezoluția (metri)
	Band 1 – Coastă/Aerosoli	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Albastru	0.45 - 0.51	30
	Band 3 – Verde	0.53 - 0.59	30
	Band 4 – Roșu	0.64 - 0.67	30
	Band 5 – Infraroșu apropiat (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 – Infraroșu de unde scurte (SWIR 1)	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - Infraroșu de unde scurte (SWIR 2)	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Pancromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30

Datele recepționate de Landsat 8 sunt procesate utilizând parametri potriviți cu toate standardele produselor Landsat (Tabelul 8) și sunt disponibile pentru descărcare gratuită și fără restricții din mai multe surse: EarthExplorer <http://earthexplorer.usgs.gov>, GloVis <http://glovis.usgs.gov> sau LandsatLookViewer <http://landsatlook.usgs.gov>.

Tabelul 8. Parametrii de procesare a datelor Landsat 8

Produs	Level 1T (corectat)
Tip date	16-biți (unsigned integer)
Output	GeoTIFF
Pixel	15m/ 30m/ 100m (pancromatic/ multispectral/ termic)
Proiecție	UTM
Datum	WGS 84
Orientare	Nord
Resampling	Cubic convolution
Acuratețe	OLI: 12m eroare circulară, siguranță 90%
	TIRS: 41m eroare circulară, siguranță 90%

Achiziția datelor

GloVis reprezintă un instrument de cautare în baza de date EROS (Earth Resources Observation and Science) dezvoltat și întreținut de USGS. Pentru descărcarea gratuită a datelor Landsat 8 cu ajutorul portalului GloVis, au fost parcurse următoarele etape:

Accesul la baza de date GloVis

1. Accesul se face prin orice serviciu web a portalului <http://glovis.usgs.gov>.
2. Pagina principală a aplicației este prezentată în *Figura 32*:

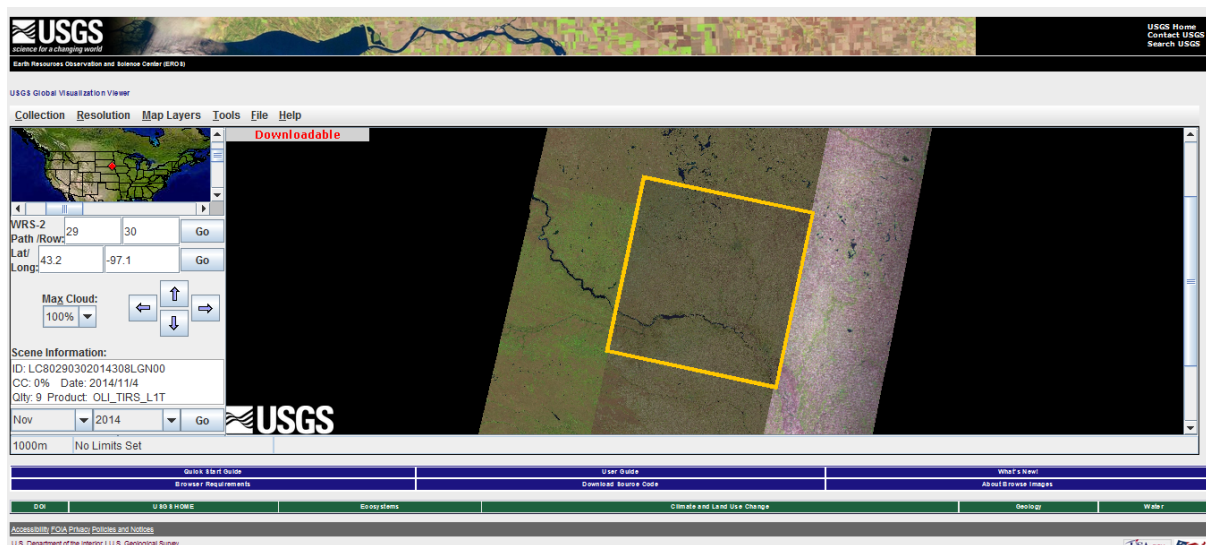


Figura 32. Pagina web GloVis

3. Se alege zona de interes prin selecția punctuală a unei regiuni reprezentată la nivel global, pe imaginea din stânga sus a paginii principale. În fereastra de detaliu din dreapta, se poate selecta scena Landsat dorită. (*Figura 33*):

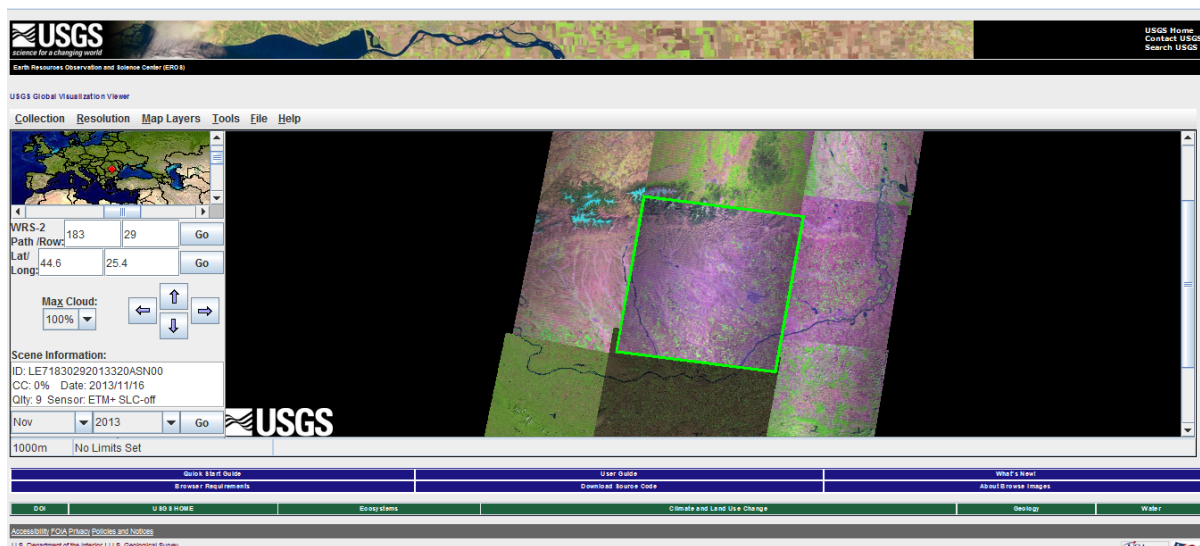


Figura 33. Selectarea unui areal test

Descarcarea de pe GloVis

Înainte de descarcarea imaginilor, s-a creat un fișier pentru a stoca toate datele. Acestea se vor descărca într-un format de fișier .tar.gz (arhive).

1. Pentru descarcare se solicită existența unui cont gratuit pe USGS (se creează foarte simplu prin pași de înregistrare cu un username și o parolă).
2. S-a ales, spre exemplu, pentru descarcare, o imagine din aprilie 2014. Cu ajutorul săgeților se poziționează corect patratul galben. După selectarea zonei, se observă numerele Path/Row (Coloana/Rând) și Lat/Long în partea stângă.

Pentru arealul de studiu din cadrul proiectului există trei mari scene de interes (Figura 34).

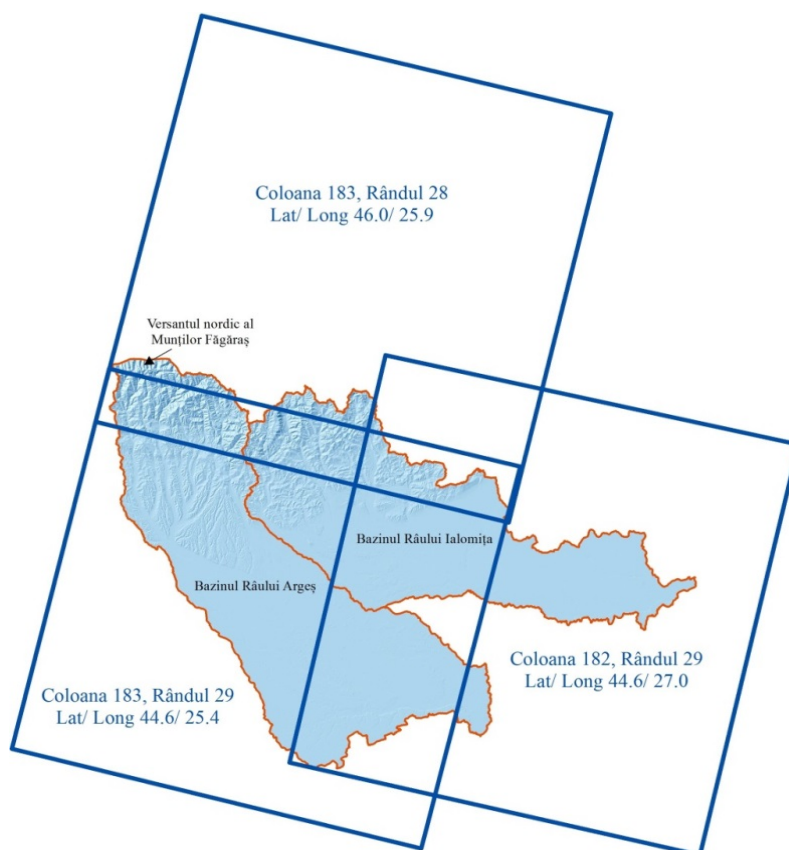


Figura 34. Acoperirea arealului de studiu cu scenele Landsat 8 OLI

3. În partea stânga jos se selectează butonul "Add". Este singurul buton activ pentru a adăuga scena în lista de descărcare. Dacă respectiva scena poate fi descărcată imediat, în partea stânga sus apare informația "Downloadable" (Figura 35).



Figura 35. Adăugarea unei scene Landsat pentru prelucrare

4. Se pot adăuga mai multe scene pentru descărcare. Acestea se pot descărca în două moduri: separat (scena cu scena) sau sub formă de pachet - mai multe scene în același proces, cu ajutorul aplicației Bulk Download Application. Acesta poate fi descărcat gratuit de pe website-ul Landsat.

5. Se selectează "Send to Chart".

6. Apare o fereastră cu denumirea produsului descărcat din arhivă.

7. Următoarea fereastră este destinată selectării produsului dorit (Figura 36):

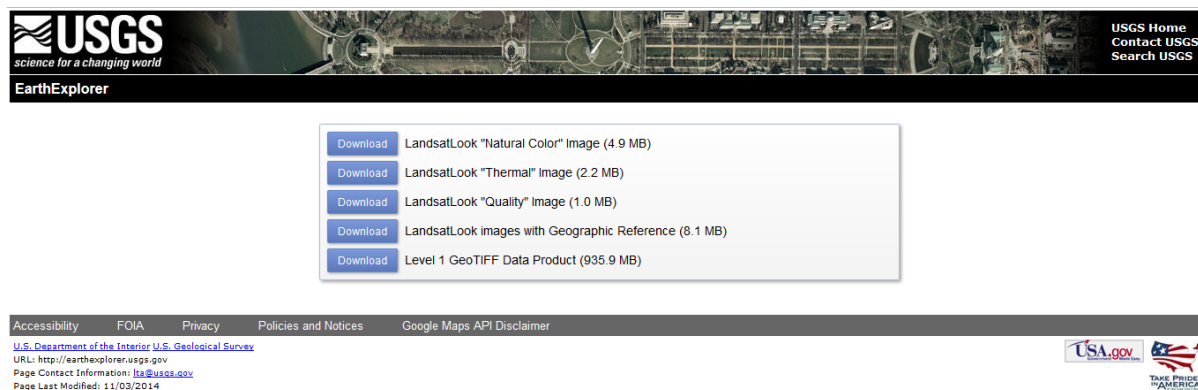


Figura 36. Selectarea tipului de produs dorit

Pentru arealul de studiu au fost alese scene din anii 2013 și 2014 cu acoperire noroasă de sub 1%. Denumirile scenelor satelitare conțin mai multe informații standard pentru recunoaștere. Astfel, denumirea scenei din exemplu este: LC81830292014091LGN00.tar.gz

L: Landsat

C/O/T: Instrument; C=Combined, O=OLI, T=TIRS

8: Satellite

183: Path (WRS-2)

029: Row (WRS-2)

2014: Year

091: Julian Day (Day 76 of the calendar year = 17 March)

LGN: Ground Station where the data was received
00: Archive version number

8. Decompresia arhivei .tar.gz se face cu orice soft de dezarhivare. Acest pas se poate realiza în mai multe moduri. Spre exemplu, decompimarea cu ajutorul WinRAR (Figura 37).

Astfel, în folderul rezultat se vor afla următoarele 13 elemente: cele 11 benzi spectrale descrise mai sus sub formatul GeoTIFF, o Banda de Evaluare a Calitatii (Quality Assessment Band) sub format GeoTIFF și un fisier de metadata, format .txt (Figura 38).

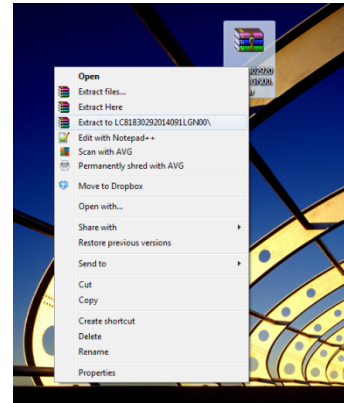


Figura 37. Dezarhivarea scenei Landsat

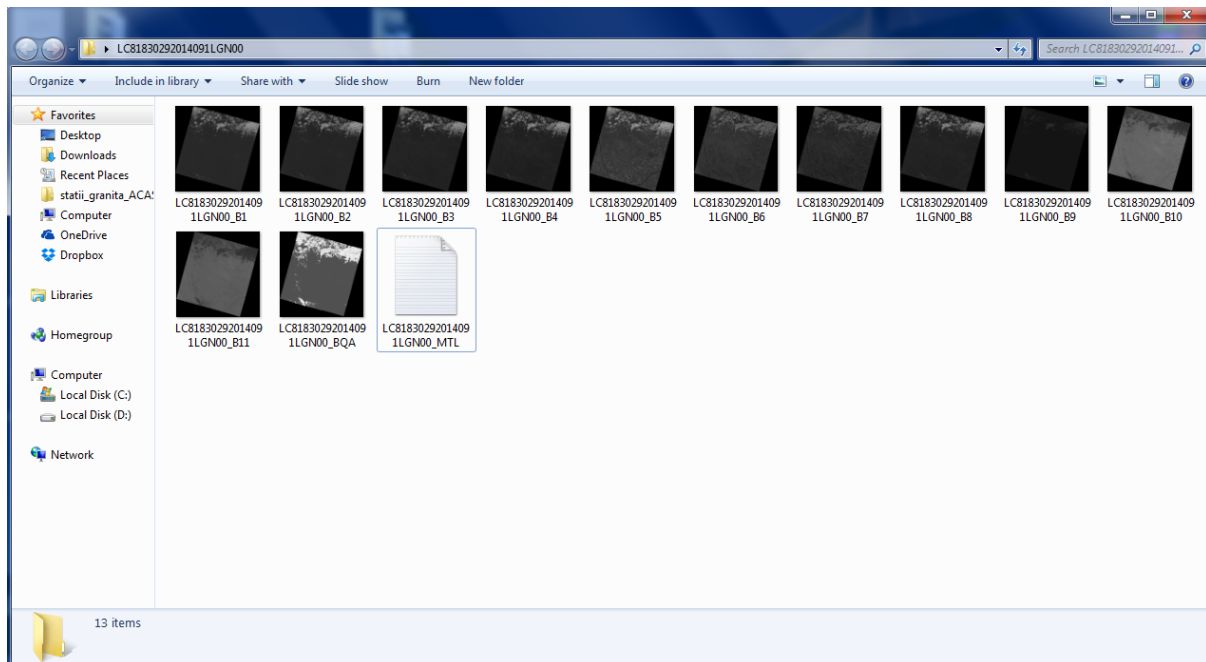


Figura38. Scena Landsat LC81830292014091LGN00.tar.gz dezarhivata

Pentru descarcarea gratuita a datelor Landsat 8 cu ajutorul portalului EarthExplorer pasii de urmat sunt asemanatori cu cei urmati în cazul GloVis.

Practic, cele doua portaluri de descarcare apartin de USGS (United States Geological Survey). Arhiva USGS contine cea mai completa si bine întreținuta colectie de date Landsat. Sunt disponibile gratuit toate datele Landsat.

Fuziunea datelor

Sistemele de teledetectie furnizeaza o multitudine de date-imagine cu caracteristici variate. Obținerea unei imagini de o buna calitate depinde în unele cazuri de fuziunea unor informatii satelitare cu caracteristici diferite (senzori sau benzi spectrale).

Unul dintre instrumentele puse la dispozitie de programele de prelucrari de imagini satelitare îl reprezinta ameliorarea rezolutiei spatiale, spectrale si radiometrica, a datelor achizitionate de la platforme. Fuziunea îmbunătătește calitatea imaginii, preluând mai multe informatii de la imaginile componente. Exista mai multe metode de fuziune, tehnicile putând fi diferite, dar rezultatele sunt asemanatoare.

Metodele obisnuite constau în re-esantionarea imaginii multispectrale si unirea acesteia cu banda pancromatic. Fie are loc o unire a benzilor spectrale într-o singura imagine multispectrala, care va fuziona cu imaginea pancromatic, fie acest proces va implica fiecare banda in parte, pentru ca apoi sa fie unite într-o singura imagine, rezultatul va fi acelasi - obtinerea unei rezolutii îmbunatatite, cu o gama coloristica variata.

O imagine multispectrala cu o rezolutie mai slaba si una monospectrala cu rezolutie înalta permit, prin fuzionare, obtinerea unei imagini care sa combine avantajele oferite de ambele imagini. Imaginile satelitare Landsat, continând benzi spectrale cu rezolutia de 30 m si o banda (banda 8) pancromatic (rezolutie 15 m), sunt cele utilizate în mod obisnuit în procesul de fuziune pentru obtinerea unei rezolutii îmbunatatite. Cu ajutorul softului ERDAS Imagine se realizeaza, într-o prima faza, unirea benzilor 1-7 si 9 într-o singura imagine multispectrala (performanta unei metode de a sintetiza radiometria într-o singura banda spectrala - Layer Stack), pentru ca apoi, imaginea rezultata sa fie fuzionata cu banda 8 pancromatic (prin Resolution Merge). Aceasta tehnica implica divizarea pixelilor imaginii multispectrale, care sa aiba/ pentru a avea, in final, aceeasi dimensiune cu cei din imaginea pancromatic.

O alta metoda de fuziune este cea de transformare inversa, de trecere din spatiul culorilor fundamentale (RGB) în cel al "culorilor percepute" (IHS) (Cornet, Y & al., 2003) si se realizeaza prin parcurgerea a trei etape:

- transformarea RGB - IHS (deci a benzilor *Red - Green - Blue* catre canalele *Intensity - Hue - Saturation*);
- înlocuirea canalului *Intensity* cu imaginea pancromatic;
- transformarea inversa IHS - RGB.

Prima etapa permite trecerea din spatiul RGB catre spatiul IHS. Sunt alese trei dintre canalele spectrale disponibile si redimensionate dupa rezolutia imaginii pancromatice (este vorba despre benzile continând culorile fundamentale: rosu, verde si albastru). Al doilea pas consta în a normaliza imaginea pancromatica în raport cu intensitatea, iar a treia etapa este transformarea inversa IHS - RGB, de aceasta data imaginea (banda) pancromatica fiind utilizata ca noua imagine de Intensitate (Figura 39).

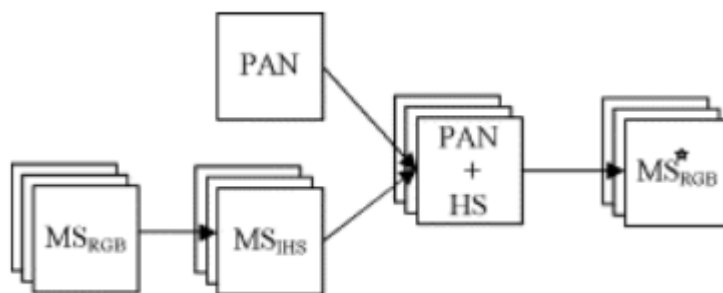


Figura 39. Metoda de fuziune constând din transformările succesive RGB - ITS - RGB (Ifjaz Ahmed&al., 2013)

Clasificarea imaginilor satelitare

Clasificarea are ca scop realizarea unor documente tematice, a unor imagini al caror continut nu mai reprezinta o masura fizica (radianta), ci o interpretare si o împartire pe categorii a naturii obiectelor asociate pixelilor. Cu alte cuvinte, se produce o regrupare a pixelilor pe criterii radiometrice si spatiale. Ca metoda de analiza a imaginilor satelitare, clasificarea utilizeaza algoritmi adaptati de definire a fiecarui pixel din imagine, avand ca rezultat stabilirea tipului de ocupare/utilizare a terenului.

Dificultatea realizarii unei clasificari consta în a gasi un compromis acceptabil între o buna clasificare a temelor si o buna reprezentare a claselor. Clasificarea nefiind altceva decât o divizare/partitionare a spatiului radiometric, compromisul acceptabil se situeaza între urmatoarele 2 cazuri extreme:

- o singura clasa, reprezentata de imaginea însasi;

- fiecare punct al spatiului radiometric este o clasa, numarul de clase neavând în acest caz nici un interes tematic.

Ceea ce este important nu este atât clasificarea în sine, cât informația pe care o aduce, iar aceasta se găsește mai mult în legenda obținută, decât în clasificarea propriu-zisă.

Softurile de prelucrări de imagini satelitare (ERDAS Imagine, ENVI) permit accesul la cei mai eficienți algoritmi de clasificare supervizată și nesupervizată a imaginilor satelitare. În afara de clasificările tradiționale (isodata, k-means, paralelepiped, minimum distance, maximum likelihood, Mahalanobis distance), se realizează analize spectrale avansate, clasificări sub-pixeli, dar și evaluarea separabilității zonelor în studiu, vizual și cantitativ. Post-clasificarea ajută la stabilirea preciziei unei clasificări și la validarea rezultatului acesteia.

Metoda clasificării nesupervizate (automată), constă în găsirea unei divizări a spațiului multidimensional al răspunsurilor spectrale în funcție de structura internă a ansamblului de date din acest spațiu, conținutul tematic al imaginii fiind necunoscut.

Acest tip de clasificare este utilizat adesea cu un mare număr de clase, ca o etapă preliminară înainte de regruparea claselor obținute în ansambluri tematice semnificative sau înaintea unei clasificări supervizate. Rezultatul furnizează o idee generală asupra conținutului spectral al imaginii și asupra repartitiei spațiale a claselor ce corespund mai mult sau mai puțin marilor unități ale peisajului. Clasificările nesupervizate pot fi realizate într-un număr variabil de clase, cu un număr de iterații corespunzător fiecăreia, apoi clasele sunt regrupate în categoriile de acoperire/utilizare stabilite (Figura 40).

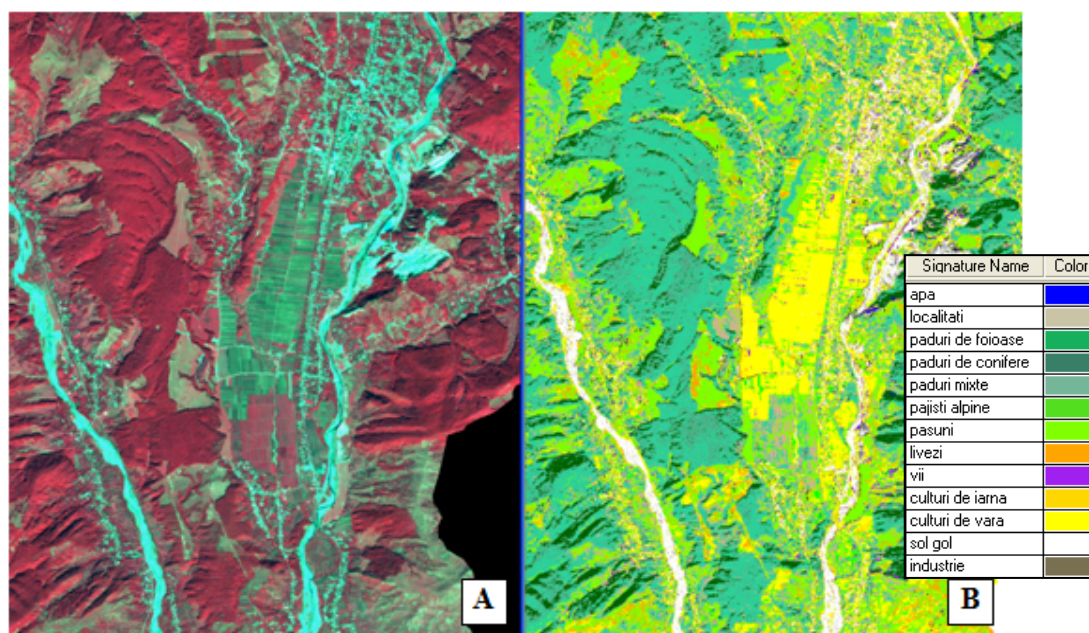


Figura 40. Clasificare nesupervizată. A) color compozit- infraroșu; B) imaginea clasificată

Metoda clasificării supervizate. În acest caz, se beneficiază de informații despre natura claselor din imagine și se cunoaște chiar și localizarea unora dintre ele (Figura 41). Se definesc pe imagine ansambluri de pixeli considerați ca aparținând fiecăreia dintre clase (prin construirea de poligoane - "parcele" sau "arii de esantionaj") a caror conținut este cunoscut și tradus printr-o semnătură spectrală. Din informațiile deținute asupra acestor ansambluri de pixeli se pot deduce elemente statistice referitoare la clase.

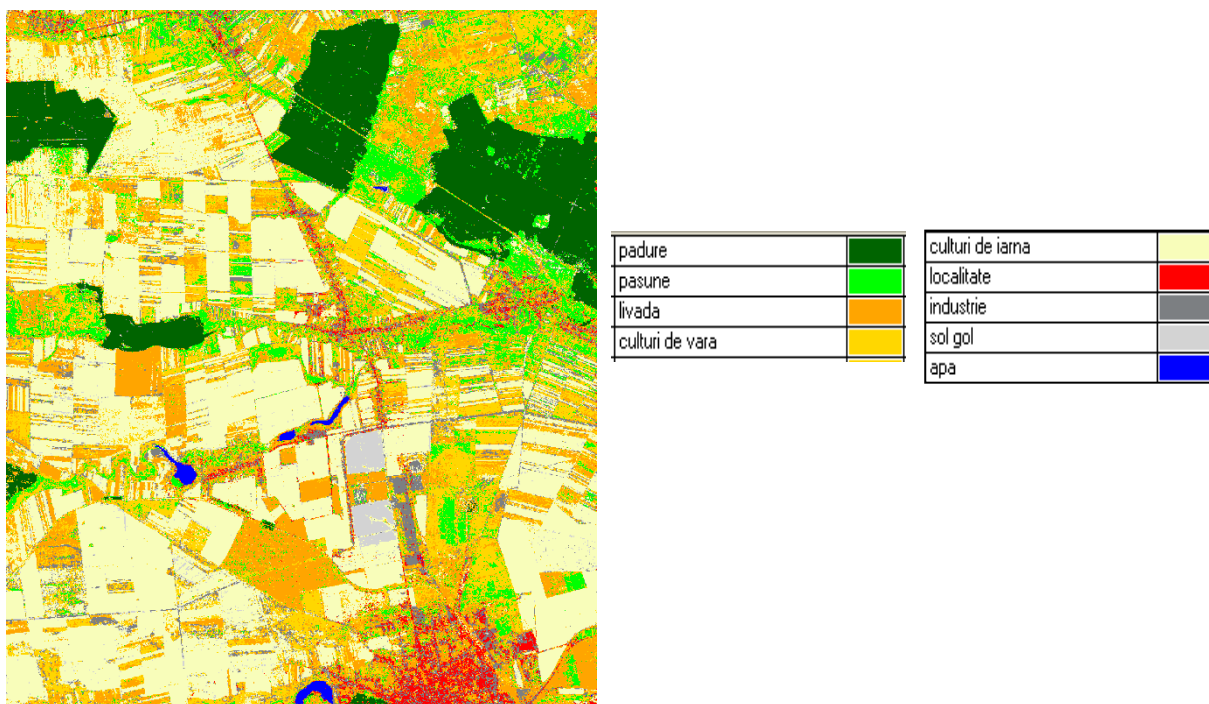


Figura 41. Exemplu de clasificare supervizată

Atât clasificarea supervizata, cât si cea nesupervizata, necesita corectii manuale pentru înlăturarea pixelilor incorect clasati.

Clasele propuse pentru zona de studiu, bazinele hidrografice Arges si Ialomita, sunt în numar de 9 si sunt reprezentate de:

1. teren arabil;
2. paduri de foioase;
3. paduri de conifere;
4. paduri mixte;
5. pasuni;
6. vii si livezi;
7. suprafete artificiale – construite (localitati, zone industriale, comerciale etc.);
8. sol gol;
9. apa.

Categoriile de acoperire/utilizare a terenurilor pot fi obtinute, validate si actualizate si pe baza clasificarii initiate la scara europeana de Proiectul CLC (Corine Land Cover), la baza carora se afla de asemenea imagini satelitare cu inalta rezolutie spatiala.

Rezultate obtinute:

Metodologia de prelucrare a imaginilor satelitare LANDSAT 8 in vederea obtinerii claselor de acoperire/utilizare a terenului in zona de studiu.

Activitatea 6.2. Proiectarea algoritmilor si metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zapada în modele operative de prognoza hidrologica.

Zapada este o componenta importanta a ciclului apei, precum si in evolutia climei. Straturile de zapada pot contine cantitati importante de apa ce se pot topi brusc primavara. In plus, caracteristicile sale, cum ar fi albedoul pot avea un impact important in fluxurile de energie la suprafata pamantului. Cercetarile recente au avut ca scop o mai buna intelegere a evolutiei acoperirilor cu zapada si simularile acestora. Cu toate acestea sunt necesare investigatii amanuntite in ceea ce priveste

incorporarea acestor informatii in modelele hidrologice si cele de suprafata (LSM – Land Surface Model). Asimilarea datelor observate in modele, este o tehnica frecvent folosita in meteorologie, insa in ultimii ani a inceput sa fie folosita si in hidrologie pentru a imbunatati modelele de simulare a proceselor de scurgere, modelele de bilant al apei sau cele pentru acoperirile de zapada.

Grosimea stratului de zapada este masurata la statiile meteorologice, dar aceste masuratori depind de conditiile locale (vant, vegetatie, panta, expunerea la soare, etc) fapt care limiteaza utilizarea lor numai in modelarea hidrologica la scara mare. In plus, ele nu pot reprezenta variatia spatiala a acoperirii cu zapada cu o precizie ridicata. In acest context observatiile satelitare reprezinta o sursa importanta de informatii, in special in simularea proceselor hidrologice pentru modelarea hidrologica la nivel de bazin (Thirel et al., 2013, Moradkhani, 2006). Aceste informatii sunt disponibile, de obicei, zilnic si pot acoperi suprafete mari. Observatiile din satelit referitoare la zapada includ: echivalentul de apa din zapada (SWE – Snow Water Equivalent) sau suprafata acoperita cu zapada (SCA – Snow Cover Area). Adesea, calitatea datelor SWE nu este suficienta, studiile aratand erori mari ale estimarilor din date satelitare (SAR) fata de masuratorile actuale, deoarece acestea sunt afectate de acoperirile cu paduri, de topografie, de tipul de zapada, nefiind sigure pentru regiunile inalte de tundra. Deasemenea frecventa datelor este de multe ori inadecvata (de cele mai multe ori o imagine pe saptamana). In ceea ce priveste SCA obtinuta din date satelitare, acestea pot fi date obtinute de la senzori satelitari pasivi sau optici. Diferenta majora dintre cele doua tipouri de date SCA este aceea ca senzorii optici nu pot penetra norii. Totusi senzorii pasivi, cum ar fi AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer-EOS) sau SSM/I (Special Sensor Microwave/Imager) furnizeaza date la o rezolutie spatiala slaba (> 5 km pentru AMSR-E si > 2.5 km pentru SSM/I) si frecventa redusa (mai mult de o zi), ceea ce limiteaza aplicabilitatea lor in modelele de asimilare a datelor. Rezolutia spatiala a datelor satelitare SAR, cum ar fi RADARSAT sau ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar) este foarte inalta, dar frecventa de achizitie si calitatea observatiilor nu este la standardele necesare (frecventa zilnica) pentru asimilarea lor in modelele hidrologice.

Datele optice SCA sunt usor accesibile pe zone mari si cu o frecventa acceptabila, in general de buna calitate, ceea ce le face mai usor de utilizat in modelarea hidrologica. Datele SCA dau informatii referitoare la prezenta zapezii pe o anumita suprafata, conform cu imaginea satelitara, neoferind informatii directe despre cantitatea de zapada (grosimea sau echivalentul in apa al zapezii) de pe suprafata respectiva. Dezavantajul major al datelor satelitare optice o reprezinta lipsa informatiei in zonele acoperite de nori, ceea ce inseamna lipsa datelor pe anumite perioade.

Asimilarea datelor reprezinta modul in care pot fi integrate date dintr-o multitudine de surse, cu rezolutii diferite, cu precizie diferita. Asimilarea datelor poate fi utilizata nu numai pentru a imbunatati starea modelelor hidrologice care combina rezultatele modelelor cu observatiile din teren, ci si pentru cuantificarea observationala si a erorilor generate de modelele hidrologice. In ultimii ani, au fost efectuate numeroase studii privind diferite metodologii si tehnici de asimilare a datelor in modelele hidrologice si de suprafata.

Numeroase studii recente au evaluat asimilarea datelor pentru imbunatatirea modelelor de prognoza hidrologica precum si complexitatea si dificultatile managementului datelor asociate unui sistem de asimilare a datelor (Andreadis, 2006; Reichle, 2005; Moradkhani, 2008; Liu si al., 2012).

In acest context, pentru prima etapa a proiectului SNOWBALL au fost aprofundate cele mai noi metode si algoritmi de asimilare a datelor de zapada in modelele hidrologice utilizate pe plan international; astfel, functie de caracteristicile specifice teritoriului Romaniei se va stabili procedura corecta de asimilare a datelor pentru ajustarea parametrilor de stare relevanti modulelor de zapada din modelele hidrologice NOAH-R, NWSRFS si ROFFG (Sistemul de estimare a riscului de producere a viiturilor rapide in Romania), utilizate in activitatea operativa.

Toate metodele de asimilare a datelor au acelasi principiu de baza, si anume acela de a combina informatii provenite din surse diferite (masuratori de teren, date satelitare) cu date rezultate din diferite modele, la rezolutii spatiale si temporale diferite. Avand in vedere ca dinamica terenului este atenuata, asimilarea de date in acest caz presupune estimarea erorilor in cazul conditiilor limita si parametrizarea modelului selectat. Fiecare metoda de asimilare a datelor difera functie de de domeniul de aplicabilitate (Reichle, 2008).

Suprafata solului este legata de schimbarile si anomaliiile climatice prin caldura si cantitatea de apa inmagazinata. La randul lor, anomaliiile termice si hidrologice (semnalele filtrate ale evenimentelor meteo extreme) pot afecta predictibilitatea climatica prin efectele pe care le au in schimburile de energie si apa la suprafata. De exemplu, energia termica stocata in sol, ca urmare a unei acumulari anormale de zapada pe timpul iernii, poate influenta fenomenul de incalzire primavara prin topire. Cantitatile excedentare de apa stocate intr-un bazin hidrologic (strat de zapada, sol si acvifer) in timpul sezonelor umede se reintorc in atmosfera prin evapotranspiratie in sezoanele uscate, ceea ce poate influenta pozitiv dezvoltarea zonelor acoperite de vegetatie. Cantitatile de apa stocate in sol pot persista de la cateva saptamani la sezoane, fapt care poate influenta predictibilitatea climatica prin raspunsul vegetatiei si evapotranspiratia asociata, in special in zonele de tranzitie uscat-umed. Studiile in domeniu au demonstrat necesitatea unor modele de simulare a proceselor de la suprafata solului care sa combine mai multe scheme de parametrizare, care sa poata reprezinta un ansamblu de procese din natura.

Modelul NOAH

NOAH-MP reprezinta o versiune extinsa a modelului NOAH-LSM (model pe care se bazeaza modulul pentru acumulare de zapada si pentru topire folosit in proiectul SNOWBALL). NOAH-LSM este dezvoltat de catre Research Application Laboratory din cadrul Centrului National de Cercetari Atmosferice din SUA (NCAR – National Center for Atmospheric Research). NOAH-LSM este un model cuplat cu modelul de prognoza, fiind utilizat pentru simularea precipitatiilor si a topirii zapezii. Versiunea initiala a modelului NOAH-LSM simuleaza umiditatea solului, temperatura solului, temperatura la suprafata solului, grosimea stratului de zapada, echivalentul de apa din zapada (prin urmare si desnitarea zapezii), continutul de apa din acoperirile vegetale, precum si fluxurile de energie si de apa, in sensul bilantului energetic, respectiv de apa de la suprafata solului.

NOAH-MP este un model al suprafetei terestre (LSM), care utilizeaza optiuni multiple pentru cele mai importante procese de interactiune sol-atmosfera (Niu et al., 2011). NOAH-MP contine o acoperire vegetala separata, definita prin limitele de inaltime ale vegetatiei, raza coroanei vegetale si frunzele, cu dimensiuni, orientare, densitate si proprietati radiometrice prestabilite. Acoperirea vegetala utilizeaza o abordare a transferului radiativ cu doua fluxuri, impreuna cu efectele de umbrire necesare pentru obtinerea proceselor energetice corespunzatoare si de transfer al apei la suprafata, inclusiv a proceselor nivale de sub acoperirea vegetala (Niu and Yang, 2004). NOAH-MP contine un pachet multi-strat destinat zapezii, cu capacitatea simularii acumularii de apa lichida si a procesului de topire - re-inghetare si cu un model de interceptie a zapezii, care descrie capacitatea de incarcare-descarcare, de topire - re-inghetare si de sublimare a zapezii interceptate de acoperirea vegetala (Yang and Niu 2003; Niu and Yang 2004). Sunt disponibile optiuni multiple destinate infiltrarii apei de suprafata si a scurgerii, precum si pentru transferul si stocarea apei subterane, inclusiv a adancimii la care se afla suprafata apei intr-un acvifer liber (Niu et al., 2007).

Sistemul de asimilare a datelor HLRDAS

Sistemul de asimilare a datelor de inalta rezolutie HRLDAS (High Resolution Land Data Assimilation System) (*Users' Guide to HRLDAS*) ruleaza modelul LSM independent (necuplat cu nici un model atmosferic) pentru a simula suprafata solului si variabilele de stare ale acestuia pentru un anumit interval de timp. Perioada de timp pentru care poate rula NOAH_LSM poate varia de la cateva luni la cativa ani. Pentru conditiile initiale referitoare la temperatura si umiditatea solului si alte variabile de stare, HRLDAS aplica modelul NOAH-LSM constrans prin analiza conditiilor atmosferice, radiatia de unde scurte si lungi si cantitatea de precipitatii pentru a simula starea terenului.

Utilizarea modelului NOAH-LSM in sistemul HRLDAS difera de implementarea NOAH-LSM cuplat cu modelul WRF de prognoza a vremii . Rezultatele obtinute cu modelul WRF privind conditiile atmosferice, radiatia de unde scurte si lungi, precum si precipitatiile sunt utilizate pentru a actualiza starea terenului, care la randul sau influenteaza simularea conditiilor atmosferice . In cazul cuplarii

modelelor NOAH-LSM si WRF exista doua tipuri de feedback a informatiei: conditiile atmosferice influenteaza solul, iar calculul parametrilor care caracterizeaza solul influenteaza rezultatele privind conditiile atmosferice. Acest fapt este in contrast cu implementarea unui model independent (necuplat), cum ar fi HRLDAS, pentru care nu exista nici un feed-back al modelului NOAH-LSM de a influenta conditiile de fortaj atmosferic.

Aplicatiile HRLDAS sunt adesea menite sa abordeze problema evolutiei starii solului de tip spin-up, adica evolutia variabilelor care definesc starea solului, de la o rezolutie slaba (sau de la conditii initiale nesigure sau inadecvate), printr-o integrare de lunga durata a modelului NOAH LSM, (fortata cu variabile precis observate), la o situatie bine echilibrata din punctul de vedere al fizicii NOAH LSM care sa reprezinte conditiile solului si ale vegetatiei cu o rezolutie inalta, potrivita grilei modelului.

HRLDAS a fost dezvoltat pentru a fi folosit in conjunctie cu modelul de prognoza WRF. Rularea HRLDAS presupune urmatoorii pasi (*Figura 42*):

1. achizitia datelor pentru stabilirea conditiilor initiale si de fortaj,
2. extragerea si organizarea acestora,
3. stabilirea configuratiei gridului,
4. efectuarea interpolarii spatiale si temporale ale datelor initiale si de fortaj,
5. rularea modelului NOAH-LSM.

Etapele 4 si 5 sunt realizate cu HRLDAS, par pasul 3 este realizat prin intermediul modelelor WRF, respectiv WPS (sistemul de preprocesare WRF). Realizarea etapelor 1 si 2 (etape de pregatire ale HRLDAS) pot varia functie de nevoile utilizatorilor, de datele disponibile si de mediul de calcul. Asadar nu exista un program standard, disponibil pentru realizarea etapelor de achizitie, extragere si organizare a datelor.

Parametri de initializare sunt: temperatura solului la diferite adancimi (10 cm, 40 cm, 1 m, respectiv 2 m), umiditatea solului (la aceleasi adancimi), continutul de apa din acoperirea vegetala, temperatura la suprafata solului, echivalentul de apa din zapada. Acestia sunt necesari doar la momentul initial de timp.

Parametri de fortaj necesari sunt: temperatura aerului in apropierea suprafetei solului. Modelul numeric al terenului, viteza vantului la suprafata solului, raportul atmosferic de amestec, precipitatiile, presiunea aerului la suprafata solului, fluxul radiatiei incidente in unde scurte, fluxul radiatiei incidente in unde lungi. Acestia sunt necesari la fiecare pas de timp al perioadei de asimilare HRLDAS.

Parametri de teren (parametri geofizici) sunt parametri care descriu suprafata terenului, solul si acoperirea vegetala: latitudinea, longitudinea, tipul de vegetatie, tipul de sol, fractiunea de vegetatie verde, fractiunea de vegetatie verde minima pentru un punct dat si un anumit an, fractiunea de vegetatie verde maxima pentru un punct dat si un anumit an, temperatura solului in adancime constanta in timp. Acestia sunt necesari la momentul initial de timp al procesului de asimilare a datelor, unii parametri modificandu-se pe parcursul integrarii in HRLDAS.

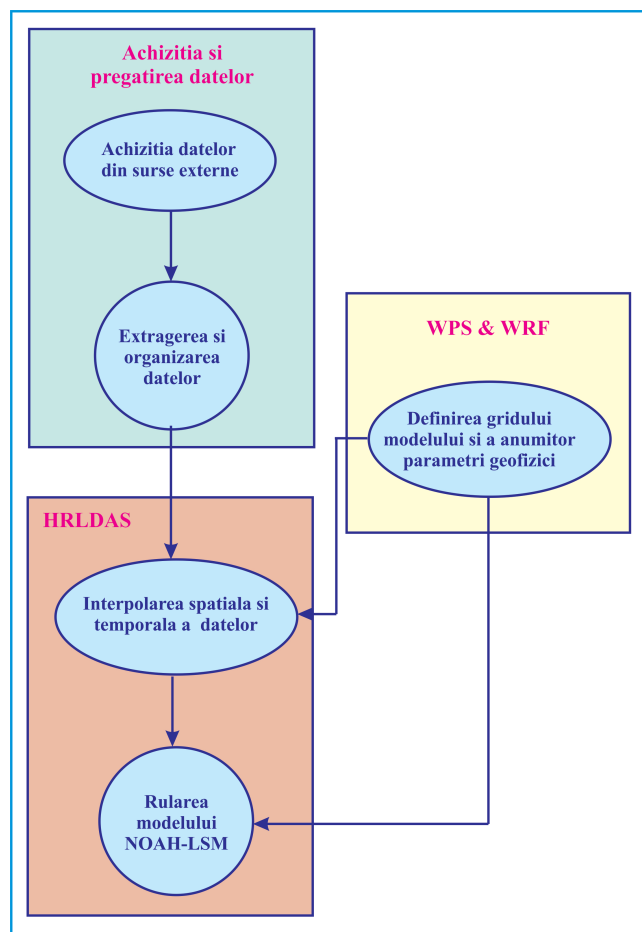


Figura 42. Schema de lucru a sistemului de asimilare a datelor HRLDAS

Sistemul HRLDAS este un sistem necuplat de modelare a suprafeței terenului care integrează la scară fină câmpurile statice ale suprafeței terenului (de exemplu, utilizarea terenului și hărțile de sol), caracteristicile vegetației variabile în timp (cum ar fi fracțiunea de vegetație verde), derivate din date satelitare, precipitațiile, radiația solară incidentă la suprafața solului și alte variabilele meteorologice analizate în modelul NOAH-LSM, pentru a simula evoluția în timp a variabilelor de stare ale terenului (de exemplu profilul de temperatură și umiditatea solului) (Chen și al., 2006).

Rezultate:

Analiza celor mai noi metode și algoritmi de asimilare a datelor de zăpadă în modelele hidrologice, utilizate pe plan internațional, în vederea stabilirii procedurii de asimilare a datelor pentru ajustarea parametrilor de stare relevanți modulelor de zăpadă din modelele hidrologice NOAH-R, NWSRFS și ROFFG.

Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoza hidrologica.

În această etapă au fost achiziționate echipamentele de calcul necesare pentru configurarea, testarea și implementarea efectivă a procedurii de fuziune de date, care va fi utilizată pentru determinarea echivalentului de apă din stratul de zăpadă, respectiv pentru procedurile de asimilare a datelor parametrilor de zăpadă în principalele modele de prognoza hidrologica operațională.

A fost achiziționat serverul de procesare care are o arhitectură distribuită, fiind alcătuit din două unități de calcul, respectiv o unitate de calcul principală, care va fi utilizată pentru realizarea operațiilor de pre-procesare, rulare model cu parametrii distribuiți, respectiv de post-procesare și o a

doua unitate pentru gestionarea operatiilor de import, export de date cu alte sisteme, respectiv pentru gestionarea arhivarii datelor si produselor generate.

Echipamentele achizitionate au fost configurate preliminar, respectiv prin instalarea si configurarea sistemelor de operare (sistem de operare linux Ubuntu 14.04) si a unui prim set de utilitare pentru procesarea datelor in format NetCdf, format care este utilizat pentru datele de intrare si de iesire in modelul cu parametrii distribuiti NOAH.

Rezultate obtinute:

Achizitionarea de echipamente de calcul necesare pentru configurarea, testarea si implementarea efectiva a procedurii de fuziune de date si configurarea preliminara a acestora.

WP7 Registrul avalanselor si hartile de hazard

Activitatea 7.1. Dezvoltarea algoritmilor de detectare a avalanselor

Stabilirea setului de date pentru dezvoltarea si validarea algoritmului

Stabilirea arealului test

Pentru stabilirea setului de date necesare dezvoltarii si validarii algoritmului de detectare automata a avalanselor a fost selectat un **areal test**. Acesta este reprezentat de partea centrala a Muntilor Fagaras corespunzatoare sectorului alpin al vailor glaciare Bâlea, Doamnei (pe versantul nordic) si Capra (pe versantul sudic).

Aceasta alegere este justificata de urmatoarele considerente:

Conditiiile topografice si climatice sunt favorabile manifestarii cu o frecventa ridicata a avalanselor de zapada (Voiculescu *et al.*, 2011, Voiculescu and Ardelean, 2012).

Arealul ales se caracterizeaza si printr-o intensa activitate turistica în tot timpul anului si prin prezenta, în principal în lungul Transfagarasanului, a unei infrastructuri specifice de cazare si transport, inclusiv pe cablu. Astfel, recrudescenta si impactul avalanselor în aceasta regiune este unul foarte important.

Regiunea este accesibila datorita existentei rutei alpine Transfagarasan care traverseaza muntii pe directie nord – sud si ajunge la altitudini de peste 2000 m, în sectorul Lacului Bâlea. Acest aspect este foarte important deoarece activitatea noastra vizeaza realizarea unor investigatii pe teren, atât pentru achizitia de date cât si pentru validarea rezultatelor obtinute.

Caracterizarea arealului test

Pentru arealul test s-a realizat o analiza a factorilor implicati, direct sau indirect, în producerea avalanselor. Dintre acestia, cei mai importanti sunt factorul geomorfologic si cel climatic. Cunoasterea acestor factori este foarte importanta atât pentru dezvoltarea algoritmului de detectare a avalanselor pe baza imaginilor satelitare - inclusiv pentru identificarea acelor imagini potrivite pentru demersul nostru - cât si pentru realizarea modelarii acestora si realizarea hartilor de hazard în etapele urmatoare. Identificarea pe teren a culoarelor de avalansa, cartarea acestora si integrarea datelor în mediul GIS a fost realizata ca o necesitate pentru dezvoltarea algoritmilor si validarea rezultatelor.

Localizare

Muntii Fagaras se afla situati în jumatatea estica a Carpatilor Meridionali (*Figura 43*), la intersectia paralelei de 45°30' si a meridianului de 24°30'' si se caracterizeaza prin masivitatea remarcabila a reliefului, ocupând o suprafata de aproximativ 1500 km² si totodata cea mai ridicata concentrare de vârfuli de peste 2500 m din Carpatii Românesti (8 vârfuli). În arealul de studiu altitudinea maxima este de 2507 m (Vârful Vânatorea lui Buteanu). Limita superioara a padurii este situata între 1600 - 1800 m, la altitudini mai mari desfasurându-se etajul subalpin si alpin.

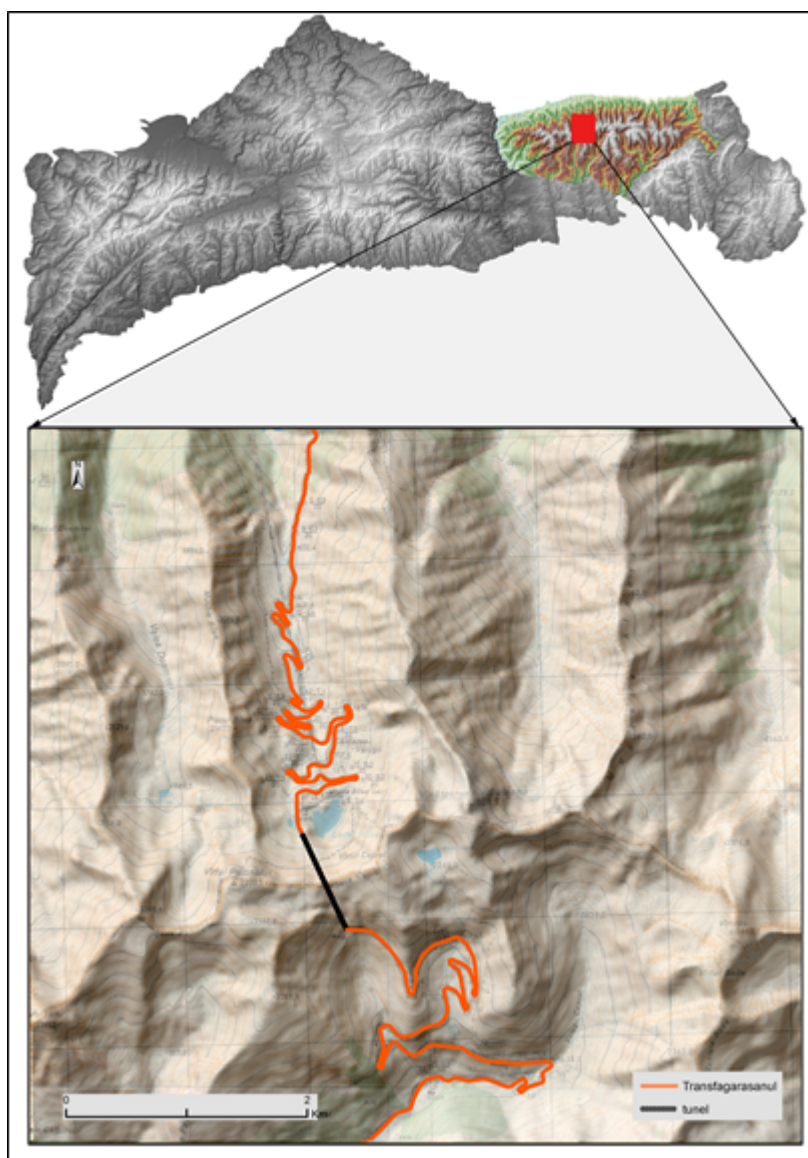


Figura 43. Localizarea arealului test din Muntii Fagaras

Geologia si geomorfologia

Sectorul investigat se individualizeaza prin structuri litologice specifice, Supra-Geticul incluzând micasisturi, paragneise si sisturi sericito-cloritoase, respectiv corpuri izolate de calcar cristalin (Urdea, 2000). Aceste tipuri de roci prezinta o sensibilitate ridicata la procesul de înghet-dezghet, contribuind astfel, prin procesul de gelifracție, la formarea blocurilor de marimi medii si mari, acumulate în depozite specifice (ghetari de pietre, conuri de grohotis, râuri de pietre, taluzuri de grohotis sau versanti de grohotis) cu o frecventa ridicata în sectorul alpin, la altitudini de peste 1700 m. De asemenea, prezenta ghetarilor pleistoceni si-a pus amprenta asupra morfologiei de ansamblu a arealului investigat, distingându-se cu usurinta elementele definitorii ale reliefului glaciara: circuri glaciare si vai glaciara, precum si umeri si praguri glaciare, creste înguste de tip „arête”, sei de transfluenta glaciara (Suaa Bâlei), berbeci glaciari etc. Versantii sunt în general abrupti si au lungimi mari ceea ce reprezinta un factor favorizant producerii avalanselor.

Geomorfometria

În ceea ce priveste analiza indicatorilor morfometrici ai terenului, între limita superioara a padurii (situata la aproximativ 1600-1800 m) si cele mai înalte vârfuluri din arealul analizat (Vf. Vânatoarea lui Buteanu – 2507 m, Vf. Iezeru Caprei – 2417 m, Vf. Vaiuga – 2443 m, Vf. Paltina – 2398 m), predomina

suprafetele cu o declivitate cuprinsa între 20° si 35°. Pe fundul vailor glaciare si în cazul unor suprafete de nivelare prezente în arealul vârurilor Paltina sau Netedu, înclinarea suprafetelor poate scadea si sub 5°, în timp ce majoritatea custurilor aflate în partea superioara a versantilor au înclinari de peste 35° (Figura 44).

Valorile energiei reliefului sunt ridicate fiind cuprinse între 400 si 800 m, în timp ce valorile maxime ale densitatii fragmentarii pot depasi 5 si chiar 7 km/km² (Badea, 2000). Aceste elemente morfometrice sustin si în acelasi timp explica potentialul morfodinamic ridicat din arealul analizat si producerea frecventa a avalanselor.

Din punct de vedere climatic domeniul arealului analizat poate fi încadrat în categoria climatului rece si umed cu ierni aspre (Tricart, 1967), respectiv climatelor alpine ale mediilor montane de la latitudini mijlocii (French, 1996). Pentru analiza principalilor parametri climatici specifici arealului de studiu s-au utilizat date de la statia meteorologica Bâlea Lac (altitudine 2070 m, 45°36'N, 24°37'E, interval analizat 1977 - 2014).

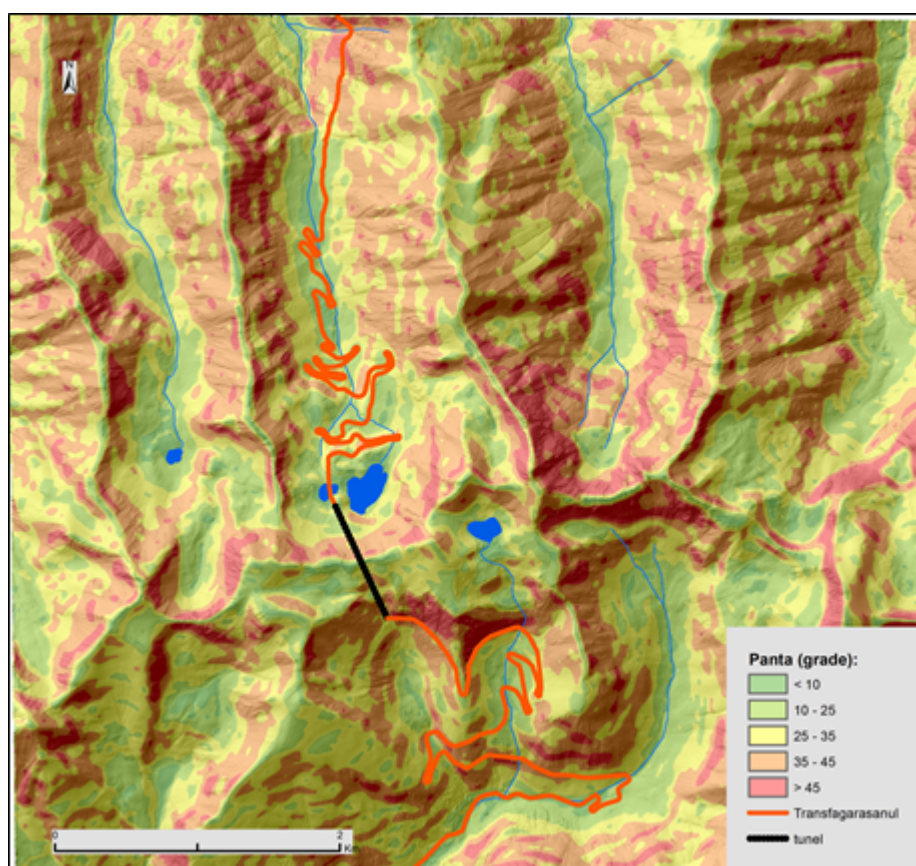


Figura 44. Modelul pantelor pentru arealul test

Temperatura medie anuala la Statia Bâlea Lac este de 0.4°C, distingându-se doua perioade diferite în ceea ce priveste regimul termic lunar. În timpul iernii, valorile termice coboara sub 0°C, înregistrându-se astfel cele mai scazute temperaturi, în timpul verii temperaturile medii depasind 5°C chiar si pe cele mai înalte culmi ale Muntilor Fagaras. Între aceste doua perioade are loc trecerea de la valorile negative la cele pozitive si invers în timpul primaverii si toamnei, fiind totodata intervalele în care se produc si cele mai frecvente oscilatii în jurul valorii de 0°C. Luna cea mai rece a anului este februarie, iar cea mai calda august (Tabelul 9):

Tabel 9. Valorile medii ale temperaturii si amplitudinea termica la statia Bâlea Lac

Temperatura medie multianuala (°C)	Cea mai rece luna/°C	Cea mai calda luna/°C	Numar luni cu temperaturi medii negative (interval)	Amplitudinea termica (°C)
0.4	Februarie/-8	August/8.1	6 (Nov. – Apr.)	17.1

În ceea ce priveste temperatura medie a anotimpurilor, la Statia meteorologica Bâlea Lac doar temperatura medie a verii si toamnei este pozitiva, primavara semnalându-se mai degraba conditii de iarna (Tabelul 10):

Tabel 10. Temperatura medie a anotimpurilor si temperaturile minime absolute la statia meteo Bâlea Lac

Statia meteorologica	Temperatura medie a anotimpurilor (°C)				Temperaturi minime absolute /anul si data (Bogdan, 2008)
	iarna	primavara	vara	toamna	
Bâlea Lac	-7,1	-0,9	8,2	1,4	-27.4 4.03.1987

Regimul termic din timpul iernii este puternic influentat de circulatia atmosferica. Predominarea invaziei maselor de aer dinspre Oceanul Atlantic si Marea Mediterana determina ierni mai blânde cu ninsori abundente, având o frecventa mai mare pe rama vestica si sudica a Carpatilor, în timp ce masele de aer siberiene si arctice determina temperaturi foarte scazute si afecteaza cu preponderenta versantii estici ai Carpatilor Meridionali (Micu & Micu, 2007). Pentru analiza severitatii iernilor (Tabelul 11) a fost utilizat indicele WSI (Winter Standardized Index) (Tuinea *et al.*, 1997):

$$WSI = (t_i - t_{med}) / \sigma \quad (51)$$

unde:

t_i este temperatura medie a iernii (°C)

t_{med} este temperatura medie multianuala a iernii (°C)

σ este deviatia standard

Tabelul 11. Clasificarea severitatii iernii

Tipul de iarna	Temperatura medie a iernii (°C)	Pragurile WSI
Foarte calda	> 0.5	> 1.5
calda	-1.3, ..., 0.5	0.5 – 1.5
normala	-3.1, ..., .1.3	- 0.5, ..., 0.5
rece	-4.9, ..., -3.1	-1.5, ..., -0.5
Foarte rece	< -4.9	< -1.5

Iernile extreme sunt putin relevante din punct de vedere statistic, acestea confirmând o tendinta de mica amplitudine. De aceea, mult mai sugestiva este analiza comparativa a raportului ierni reci/ierni calde. Dupa cum se poate observa (Figura 45) frecventa iernilor reci este 11% la Bâlea Lac fata de iernile calde.

Evaluarea corecta a conditiilor de iarna (caracterizate prin temperaturi negative) trebuie sa tina seama de specificul zilelor cu diferite caracteristici de iarna: noptile geroase ($T_{min} \leq -10^\circ\text{C}$), zilele de iarna ($T_{max} \leq 0^\circ\text{C}$) si zilele cu înghet ($T_{min} \leq 0^\circ\text{C}$) (Figura 46).

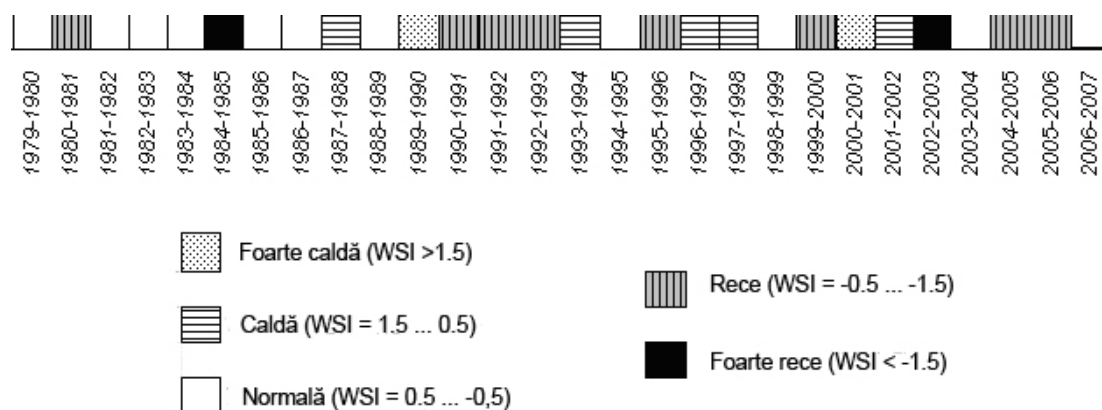


Figura. 45. Variabilitatea tipurilor de iarna la statia Bâlea Lac utilizând indicele WSI

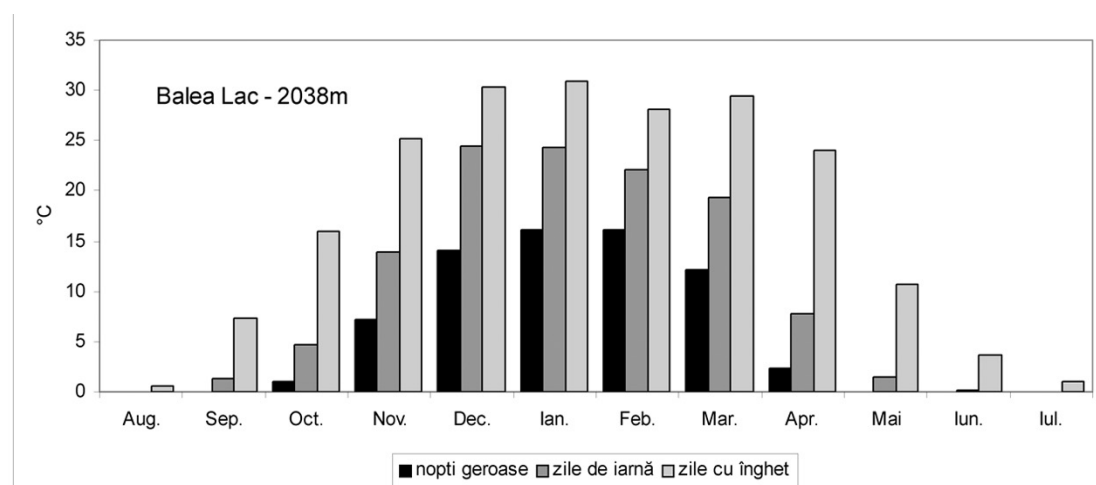


Figura 46. Numarul mediu lunar al zilelor cu diferite caracteristici termice de iarna la statia Bâlea Lac

La statia Bâlea Lac se remarca doua sezoane cu un regim pluviometric opus (Tabelul 12). Un sezon ploios cuprins între lunile aprilie si august si unul cu precipitatii mult mai reduse, în unele cazuri de doua ori mai putine, în intervalul septembrie-martie.

Tabelul 12. Precipitatiile atmosferice (mm) la statia Bâlea Lac. Valori medii lunare si anuale.

Statia meteo.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Anual
Bâlea Lac	69.3	69.5	70.2	83.9	105.1	166.4	169.4	143.4	104.8	79.9	82.7	75.2	1220.3

Pentru a sublinia ponderea ridicata cu care participa intervalul mai-iulie la cantitatea totala de precipitatii a fost calculat indicele de concentrare sezoniera, ca raport între suma cantitatilor de precipitatii din intervalul mai-iulie (Σ mai-iulie) si suma cantitatilor de precipitatii din celelalte luni (Σ august-aprilie) împartita la 3. În cazul statiei meteorologice Bâlea Lac cele mai ploioase luni sunt iunie si iulie, iar cele mai putin ploioase sunt octombrie, februarie si martie (Tabelul 13):

Tabelul 13. Indicele de concentrare sezoniera

Statia meteorologica	Σ mai-iulie	Σ august-aprilie	Σ august-aprilie/3	Indicele de concentrare sezoniera
Bâlea Lac	441	779.3	259.7	1.69

Precipitațiile solide și stratul de zăpadă

În sezonul rece la stația Bâlea Lac se înregistrează 447 mm de precipitații preponderent solide, dar în special ninsoare. La altitudini foarte ridicate, precipitațiile solide pot apărea în orice lună, dar acestea se produc cu precădere în lunile de iarnă, în martie și aprilie, dar și în octombrie și noiembrie. Un alt element definitoriu pentru spațiul montan analizat îl constituie raportul dintre numărul de zile cu ninsoare și cel cu averse de zăpadă. În mod normal acesta crește direct proporțional cu altitudinea, atingând peste 100 de zile la peste 2000 de metri (133 zile la Bâlea Lac) și valori ceva mai scăzute între limita superioară a pădurii și această altitudine. Aversele de zăpadă reprezintă aproximativ un sfert din numărul de zile cu ninsoare (30 zile).

Apariția stratului de zăpadă este strâns legată de caderea primei ninsori, a ultimei ninsori, precum și a perioadei anuale cu ninsoare. Astfel suprafețele aflate la peste 2000 de metri, în funcție și de caracteristicile topografice locale pot prezenta strat de zăpadă pentru cel puțin 200 de zile, în timp ce spre limita superioară a pădurii perioada cu strat de zăpadă scade spre 150 de zile. Pentru Carpații Meridionali, cele mai multe zile cu strat de zăpadă au fost înregistrate la stațiile meteorologice Vf. Omu și Bâlea Lac (221 zile).

Perioada în care solul este acoperit de zăpadă reprezintă un indicator important în declanșarea unor procese de versant, determinând sporirea umezelii solului și accelerarea proceselor de deplasare în masă. Este importantă în egală măsură și grosimea și densitatea zăpezii, în funcție de care substratul este sensibil la regimul temperaturii aerului. În intervalul decembrie-martie sunt cel puțin 25 de zile/lună cu strat de zăpadă în spațiul alpin, iar în lunile noiembrie și mai sunt peste 20 de zile/lună doar la peste 2000 m altitudine, în timp ce în lunile iunie și octombrie sunt peste 5 zile la Bâlea Lac. Intervalului iulie-septembrie nu îi sunt caracteristice zilele cu strat de zăpadă, acesta poate însă să apară sporadic.

Numărul de zile cu strat de zăpadă variază, la altitudini de peste 2000 m (St. Bâlea Lac), de la 264 la 189 de zile, în anii mai calzi și mai secetosi.

Dintre toate stațiile meteorologice din spațiul montan din România, cele mai mari grosimi de zăpadă sunt semnalate la Bâlea Lac, unde datorită adăpostului oferit de caldarea glaciara, zăpadă nu este spulberată de vânt și se poate acumula în cantități impresionante. De obicei cele mai mari grosimi ale stratului de zăpadă sunt specifice lunii aprilie (Figura 47). Intervalul cu strat de zăpadă de peste 50 cm este ianuarie-aprilie, cu posibilitatea de a se extinde între decembrie și mai.

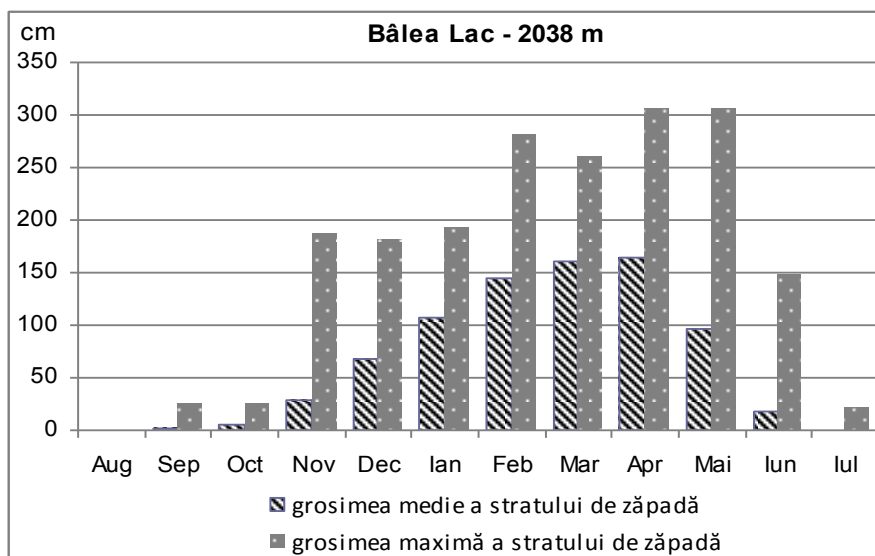


Figura 47. Variația grosimii stratului de zăpadă la Bâlea Lac

În general putem accepta faptul că intervalul cu ninsoare, respectiv cu strat de zăpadă crește odată cu altitudinea, dar specificul reliefului poate să impună anumite anomalii. O astfel de anomalie o

reprezinta statia meteorologica Bâlea Lac, care datorita pozitionarii sale într-o caldare glaciara nordica, expusa maselor de aer nord-vestice umede, puternic umbrita si cu un potential de producere a avalanselor foarte ridicat determina grosimi ale stratului de zapada mai mari decât în cazul unor statii montane situate pe culme.

Importanta stratului de zapada este cunoscuta în producerea avalanselor de zapada. Deoarece au fost stabilite niste valori-prag care conditioneaza producerea avalanselor, am considerat oportuna analiza distributiei claselor impuse de grosimea stratului de zapada pe o perioada mai îndelungata. Se considera ca pentru declansarea avalanselor este necesar un strat de zapada de minim 30 cm (Schweizer *et al.* 2003), susceptibilitatea producerii acestui fenomen crescând covârsitor în lunile cu o grosime de peste 100 cm. Lunile cu o grosime medie a zapezii sub 30 cm, nu au fost luate în calcul în aceasta analiza.

Analizând datele de la statia meteorologica Bâlea Lac se poate observa marea variabilitate a grosimii stratului de zapada de la un an la altul si chiar de la o luna la alta (*Figura 48*). Frapeaza frecventa foarte ridicata a lunilor cu un strat de zapada de peste 100 cm înregistrat la statia Bâlea Lac, în conditiile în care la alte statii meteorologice foarte rar se depasesc aceste valori.

La Bâlea Lac riscul producerii avalanselor este iminent în intervalul decembrie-mai. Nu s-a înregistrat nici un an în care grosimea medie a zapezii sa fie sub 50 cm. Cu exceptia anilor 1987 si 1991 în toti ceilalti a existat minim o luna cu strat de zapada de peste 100 cm. În 1981, spre exemplu, stratul de zapada a masurat fara întrerupere peste 100 cm din noiembrie si pâna în mai, adica 7 luni. O situatie asemanatoare s-a petrecut în 1988 si 1995 când pentru 6 luni consecutive (ianuarie – iunie) grosimea stratului de zapada nu a coborât sub 100 cm. În 1997, în luna aprilie lipsa datelor se datoreaza tocmai stratului de zapada foarte mare, care a favorizat declansarea unei avalanse de mari dimensiuni, care a avariat statia meteorologica.

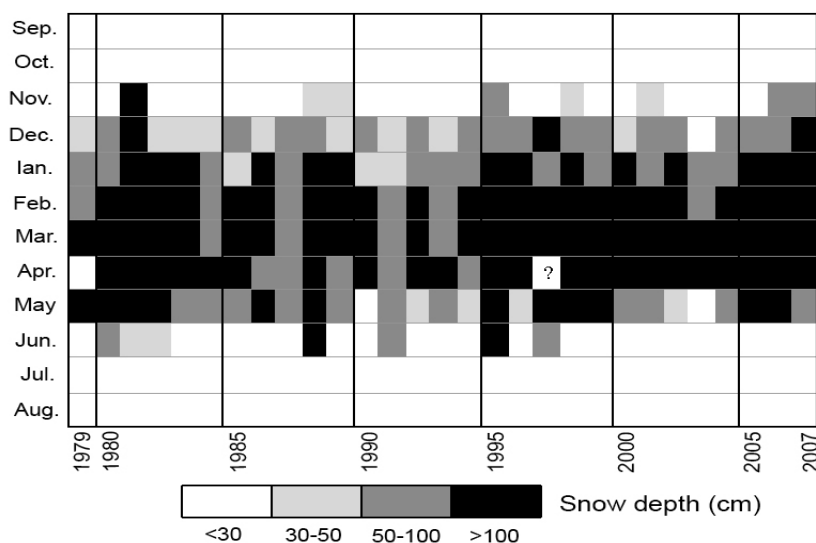


Figura 48. Variatia grosimii stratului de zapada la statia Bâlea Lac în intervalul 1979-2007.

Acest parametru climatic extrem de important pentru spatiul carpatic înalt este determinat de circulatia atmosferica, dar si de caracteristicile locale ale reliefului (orientarea versantilor si altitudine). În general în Carpatii Meridionali predomina vânturile din sectorul vestic, ca si o consecinta a circulatiei generale a atmosferei la latitudini medii (Sandu *et al.*, 2008). La statia meteorologica Bâlea Lac, datorita orientarii vail glaciare spre nord, cea mai mare frecventa o au vânturile din sector nordic (21,1%), respectiv sud-estic (15,7%). Dinspre vest vântul sufla cu cea mai mica frecventa (0,7%).

Cartarea culoarelor de avalansa

Pâna în prezent, pe vaile Bâlea și Capra, arealul cu cea mai mare circulație turistică, au fost cartate 34 de culoare de avalansa (campania de teren din octombrie, 2014) (Figura 49), în condițiile unor versanți cu pante medii cuprinse între 27° și 43° și cu diferențe de nivel între 147 și 660 m.

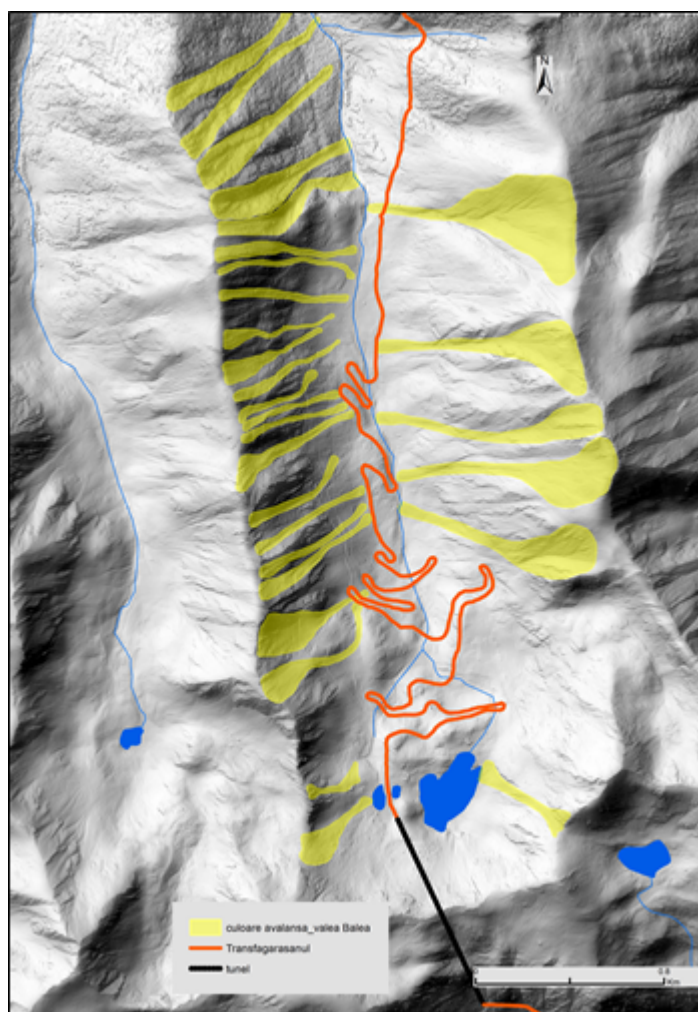


Figura.49. Culoarele de avalansa identificate și cartate pe teren în Valea Bâlea. S-a realizat un strat tematic de tip poligon prin digitizarea conturului culoarelor de avalansa. S-au utilizat date din teren (GPS) și aerofotograme color la scara 1:5000 (sursa ANCPI).

În ceea ce privește zona de declanșare a avalanșelor, aceasta este localizată în apropierea părții somitale a culmilor, între 1800 și 2350 m, în timp ce zona de depunere a zăpezii este cuprinsă între 1276 și 2046 m (Voiculescu *et al.*, 2011).

Harta digitală a culoarelor de avalansa cartate în teren va fi extrem de utilă atât pentru realizarea algoritmilor de clasificare cât și pentru validarea rezultatelor. Astfel, prin operații de analiză spațială (*zonal statistics*) s-au extras parametrii morfometrici (altitudine, pantă, curbura, aspect etc.) pentru fiecare culoar de avalansa în parte (Tabelul 14) din modelul numeric al terenului și din modelele morfometrice. Aceștia pot fi utilizați atât în algoritmul de clasificare a imaginilor satelitare, pentru finalizarea rezultatelor obținute, cât și pentru simularea producerii avalanșelor prin modele matematice (în etapa următoare, Activitatea 7.3.).

Tabelul 14. Caracteristici ale culoarelor de avalansa cartate pe valea Bâlea si valea Capra.

Numar culoar de avalansa	Altitudine (m)			Suprafata (km ²)	Panta medie (°)	Indice de sinuozitate
	Max. (starting zone)	Min. (runout zone)	Diferenta			
1	1806.5	1276.2	530.3	0.0418	37.6	1.024
2	1893.7	1291.2	602.5	0.0433	39.2	1.014
3	1920	1336.6	583.4	0.0559	40.3	1.002
4	1940	1412.7	527.3	0.0591	41.5	1.007
5	1958	1469.5	488.5	0.0431	42.5	1.070
6	1990	1595.7	394.3	0.0218	37.5	1.014
7	1992.5	1603.9	388.6	0.0114	34.6	1.055
8	1990	1612.1	377.9	0.0158	35.3	1.004
9	2010	1625.6	384.4	0.0113	42.6	1.024
10	2010	1644.9	365.1	0.0188	40.4	1.003
11	2012.9	1624.7	388.2	0.0133	38.7	1.018
12	2020	1702.7	317.3	0.0091	40.0	1.062
13	2012.6	1673.4	339.2	0.0092	37.2	1.019
14	2020	1673.3	346.7	0.0097	35.1	1.015
15	2040	1674.7	365.3	0.0265	31.5	1.024
16	2043.4	1727.2	316.2	0.0147	35.2	1.063
17	2057.1	1708.8	348.3	0.0138	32.5	1.004
18	2091.6	1709.8	381.8	0.0146	35.7	1.012
19	2144.3	1710.5	433.8	0.0208	38.2	1.018
20	2161.5	1807.6	353.9	0.0434	38.1	1.018
21	2160	1830.3	329.7	0.0320	27.3	1.137
22	2170	2022.9	147.1	0.0090	23.5	1.071
23	2223.1	2046.1	177	0.0263	27.4	1.008
24	2344.2	2040	304.2	0.0223	33.0	1.010
25	2221.9	1700	521.9	0.0841	35.6	1.016
26	2330	1690	640	0.0960	35.3	1.012
27	2310	1650	660	0.0598	35.8	1.026
28	2255	1627.2	627.8	0.0856	35.6	1.005
29	2110.4	1559.8	550.6	0.1580	32.3	1.007
30	2299.3	2081.7	217.6	0.0144	41.18	1.04
31	2400.8	2118.8	282	0.0279	28.80	1.013
32	2308.4	1837.2	471.2	0.0344	31.31	1.048
33	1741	1150	591	0.061	31.68	1.06
34	1773	1168	605	0.056	34.30	1.061

Stabilirea setului de date de referinta

Identificarea unor imagini satelitare de înalta rezolutie spatiaa (HR) si de foarte înalta rezolutie spatiaa (VHR) pe care sa fie înregistrate avalanse s-a realizat tinând cont de o serie de criterii:

- s-au avut în vedere doar senzorii de înalta rezolutie spatiaa (HR) si de foarte înalta rezolutie spatiaa (VHR), deoarece avalansele sunt vizibile doar pe imagini cu o astfel de rezolutie (Frauenfelder *et al.*, 2010). Deoarece acest tip de senzori au aparut abia din anul 2000, cautarea noastra a vizat arhivele de imagini satelitare din ultimii 14 ani.
- s-au cautat imagini satelitare care au fost achizitionate la o data apropiata de aceea a producerii unor avalanse consemnate în diferite rapoarte/surse.
- s-au vizat doar lunile de iarna si în special luna cu cele mai mari grosimi ale stratului de zapada (luna aprilie, la statia Bâlea Lac).
- s-au cautat imaginile achizitionate în conditii de nebulozitate minima (sub 5%).

Rapoartele, arhivele si consemnarile despre avalanșele produse în arealul test au reprezentat un suport foarte bun pentru identificarea imaginilor satelitare care surprind avalanșe.

Deși România face parte din Comisia Internațională pentru Salvare Alpina (CISA) din Europa, statisticile referitoare la cazurile de accidente sunt încă incomplete, contradictorii și ca atare greu de utilizat (ICAR, 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011).

Evoluția monitorizării și cercetării științifice a avalanșelor a înregistrat 2 momente importante. Primul a fost reprezentat de înființarea în urma Deciziei Ministeriale Nr. 140/1968a Serviciului Public Salvamont (SPS). Acesta este administrat de consiliile județene și are drept rol în prevenirea, coordonarea și organizarea salvării montane în cazul accidentelor de avalanșă precum și în înregistrarea tuturor cazurilor de accidente montane.

Datorită structurii fizionomice impozante (altitudini mari, pante abrupte) a reliefului glaciar moștenit și a celui periglaciărilor activ, a climatului aspru cu cantități mari de zăpadă și grosimi persistente ale stratului de zăpadă (7-8-9 luni/an) Masivul Făgăraș s-a impus în istoria cazurilor de avalanșă din Carpați Românești prin numărul ridicat de victime umane și pagube asupra infrastructurii turistice, a pădurii și căilor de comunicație.

Sectorul glaciărilor central din Masivul Făgăraș, Bâlea-Valea Doamnei (versant nordic)-Valea Capra (versant sudic) s-a impus dintotdeauna prin marea incidență a avalanșelor (*Figura 50*).

Masivul Făgăraș rămâne totuși singurul areal montan din Carpații Românești care dispune de o statistică relativ bine documentată. În Masivul Făgăraș, activitatea de salvare este împartită astfel: pe versantul nordic sunt 2 unități ale Serviciului Public Salvamont (la Sibiu și la Victoria) iar pe versantul sudic acolo alte 2 (prima este cea de la Pitești cunoscută ca Făgăraș Sud, cu două echipe, iar a 2-a este Curtea de Argeș cu o echipă). Al doilea moment important în evoluția înregistrărilor cazurilor de avalanșă a fost în anul 2003, când în cadrul Administrației Naționale de Meteorologie a fost înființat Programul de nivometeorologie în parteneriat cu Météo France, Centre d'Études de la Neige-Grenoble. Scopul principal al programului este de a studia zăpada și evoluția sa viitoare, precum și condițiile de declanșare a avalanșelor.

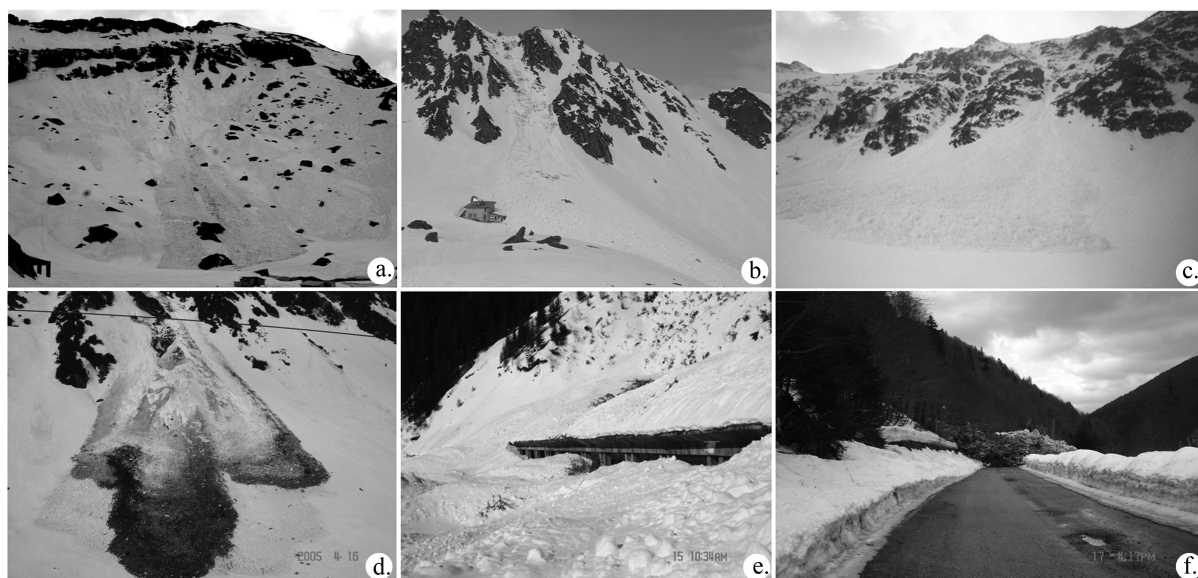


Figura 50. Avalanșe produse pe versantul nordic, în sectorul glaciărilor Bâlea (Voiculescu, 2005 și 2011): în jurul lacului Bâlea (a.), respectiv în Valea Bâlea (b, c) și pe versantul sudic, pe valea glaciara Capra (d, e, f) (Motoiu, 2005).

Metodologia utilizată pentru programul nivometeorologic se bazează atât pe observațiile clasice cât și pe realizarea și studiul profilului de rezistență al stratului de zăpadă. Toate valorile nivometeorologice sunt analizate prin intermediul a două sisteme dezvoltate de Centre d'Études de

la Neige-Grenoble cunoscut sub numele generic de GELINIV si Crocus-MEPRA PC. CROCUS prezinta stratul de zapada, precum si evolutia acestuia în functie de conditiile meteorologice iar MEPRA evalueaza posibilitatea aparitiei unei rupturi în stratul de zapada într-un strat de zapada slab coeziv simulat de Crocus (Administratia Nationala de Meteorologie 2003-2004). Programul de Nivometeorologie are un laborator de lucru în masivul Fagaras, amplasat în cercul glaciara Bâlea Lac, la circa 2070 m altitudine si 2 laboratoare în Muntii Bucegi, unul amplasat în cadrul St. Meteo Sinaia, la 1500 m altitudine iar celalalt amplasat în cadrul St. Meteo Vf. Omu, la 2505 m altitudine. Aceste laboratoare studiaza conditiile specifice de zapada, monitorizeaza frecventa avalanselor de zapada, înregistreaza accidente (mori si/sau raniti) si emit buletinele de risc la avalansa.

În acord cu o serie de observatii ale unor membrii ai echipelor salvamont, ale unor sit-uri dar mai ales cu înregistrările laboratoarelor de nivometeorologie din arealele montane (ANM, 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014; <http://avalanse.blogspot.com>;

http://www.adevarul.ro/actualitate/Capcana_avalanselor_din_Bucegi_0_439156415.html), în intervalul 1928 - 2014 în Masivul Fagaras au fost înregistrate numeroase avalanse ce s-au soldat cu 96 de decese si 69 de persoane partial sau total îngropate/ranite (*Figura 51a*). Trebuie mentionat faptul ca din totalul deceselor înregistrate si al persoane partial sau total îngropate/ranite în Masivul Fagaras 50%, respectiv 75,3% au fost înregistrate în sectorul supus analizei noastre (arealul glaciara Bâlea-Valea Doamnei-Capra) (*Figura 51b*).

Identificarea si achizitionarea imaginilor satelitare. Identificarea avalanselor pe imaginile satelitare.

Pentru gasirea unor imagini satelitare s-au interogat bazele de date cu imagini realizate de satelitii a caror rezolutie spatiala este de sub 1 m pentru banda pancromatica si de sub 2 m pentru benzile multispectrale. Astfel s-au avut în vedere satelitii GeoEye, IKONOS, WorldView si Pleiades. Deoarece satelitii Pleiades au fost lansati recent, în arhiva acestora nu am gasit imagini de iarna pentru arealul studiat. Prin calitatea imaginilor, satelitii Pleiades ramân însa o optiune buna pentru achizitionarea unor imagini noi în etapele urmatoare din cadrul grantului.

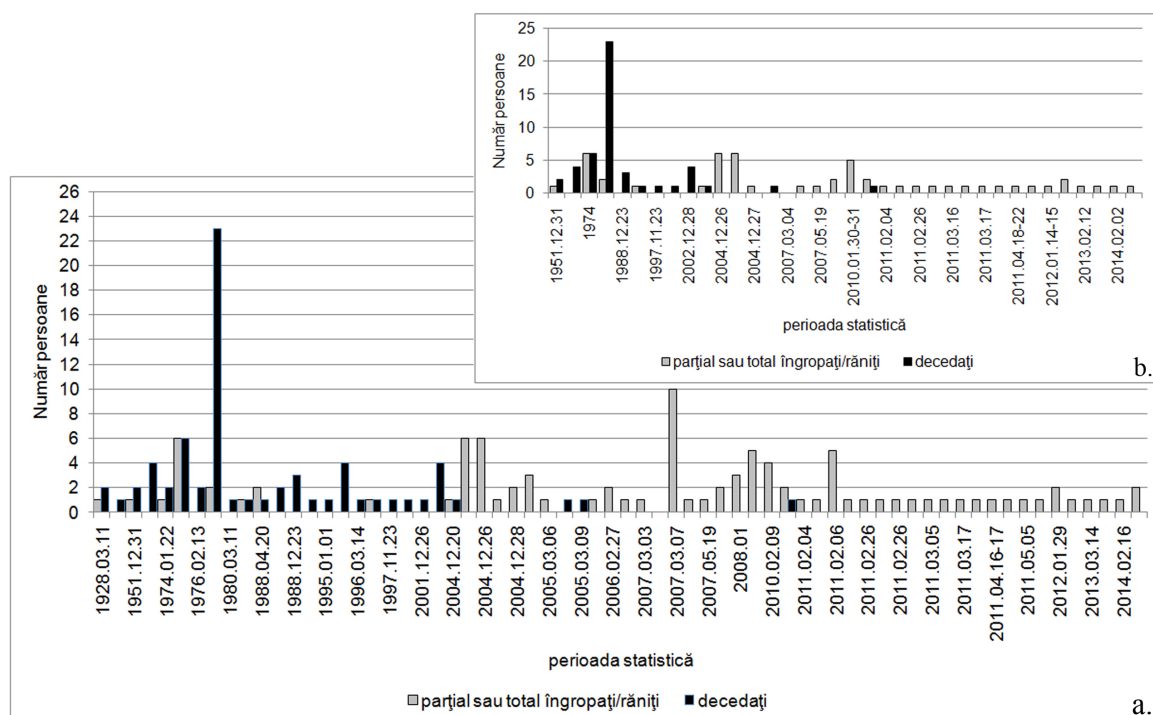


Figura 51. Avalansele consemnate si numarul de persoane partial sau total îngropate/raniti si decedati în Masivul Fagaras (a.), respectiv în sectorul glaciara Bâlea-Valea Doamnei-Capra (b).

În arhiva DigitalGlobe am identificat mai multe imagini a caror data de achiziție era foarte aproape în timp de data la care au fost semnalate avalanșe. Cu toate acestea, imaginile fie că prezentau nori, fie că, datorită ninsorilor produse ulterior, avalanșele nu mai puteau fi identificate. Astfel, pentru arealul de studiu a fost posibilă identificarea unei singure imagini pe care se pot observa mai multe avalanșe și care este lipsită total de nori. Este vorba de o imagine GeoEye-1, din data de 11.04.2014 (Figura 52).

Imaginea achiziționată acoperă în totalitate arealul de studiu (55 km²) și este compusă din cinci benzi spectrale:

- banda pancromatică (450 – 800 nm)
- banda albastră (450 – 510 nm)
- banda verde (510 – 580 nm)
- banda roșie (655 – 690 nm)
- banda infraroșie NIR (780 – 920 nm)

Banda pancromatică are o rezoluție spațială de 0,5 m și va fi utilizată cu precădere în analiza orientată – obiect în procesul de segmentare și pentru derivarea parametrilor de textură.

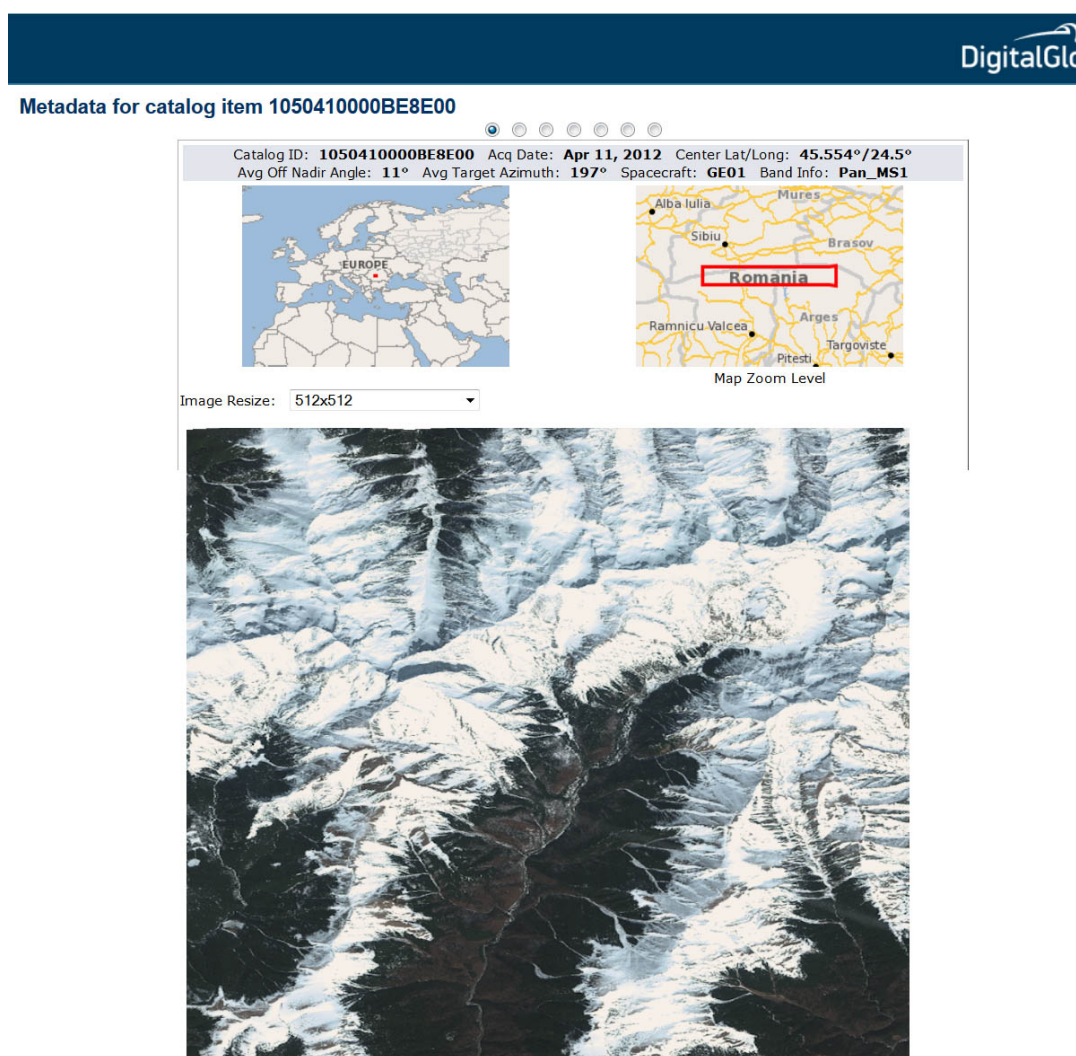
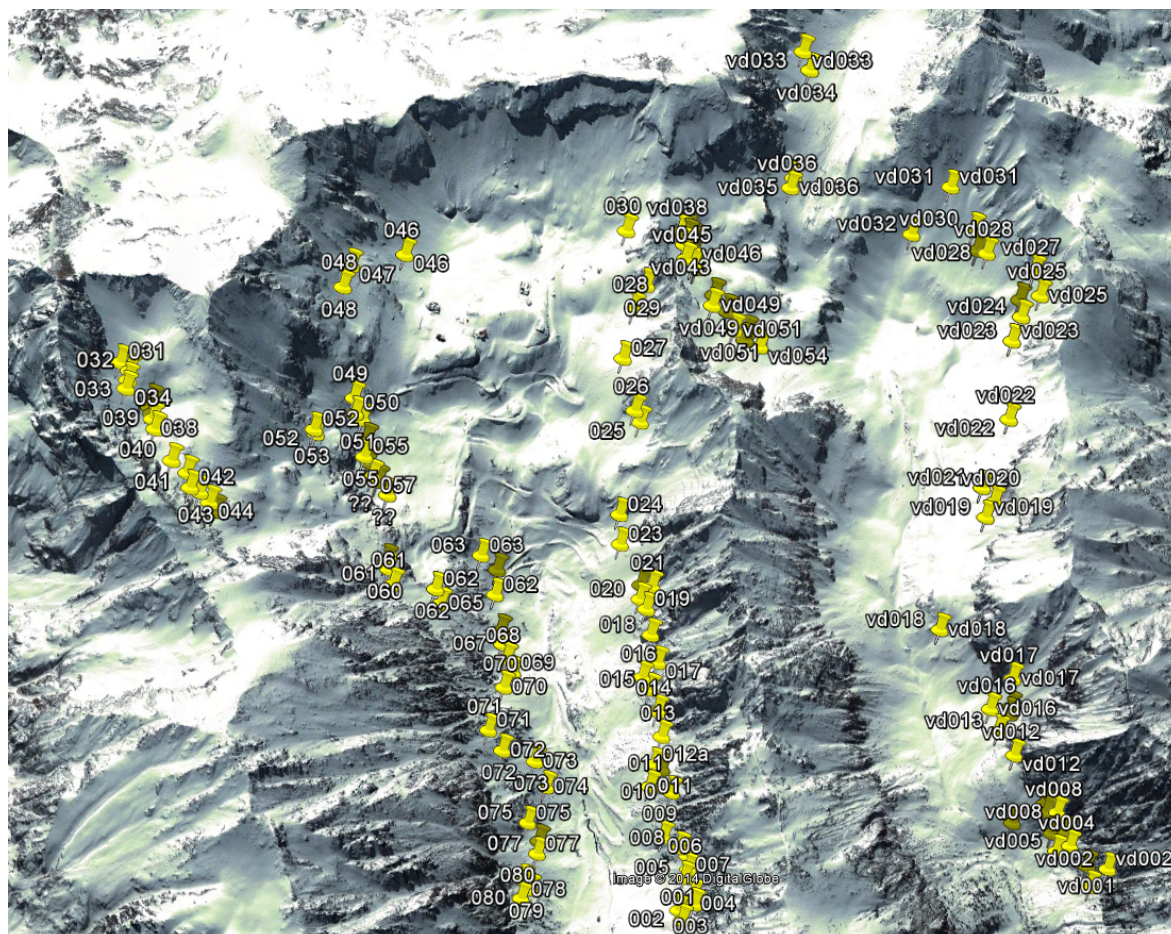


Figura 52. Imaginea GeoEye-1 și fișierul metadata al acesteia în arhiva Digital Globe

Benzile multispectrale au o rezoluție spațială de 1.65 m și vor fi integrate de asemenea în procesul de clasificare în vederea detectării automate a avalanșelor de zapadă. Diferite combinații de benzi au fost

Imaginea achizitionata este una excelenta deoarece surprinde un moment în care s-au produs extrem de multe avalanse în arealul de studiu. Astfel, au fost identificate pâna în prezent peste 150 de avalanse (Figura 53). Numai pe Valea Bâlea au fost identificate 80 de avalanse, unele dintre acestea cu o lungime considerabila, de peste 700 m.



Delimitarea avalanselor pe imaginea de referinta si digitizarea acestora (*Figura 53*) s-a realizat prin analiza vizuala a imaginii satelitare (inclusiv prin analiza imaginilor composite) si prin utilizarea în paralel – pentru o mai buna verificare a delimitarii - a altor seturi de date geospatiale (modelul numeric al terenului, harta topografica digitala la scara 1: 25000, aerofotgrame color la scara 1:5000) precum si pe baza cunostintelor expertilor si a unei bune cunoasteri a terenului.

Arealele afectate de avalansa delimitate prin digitizarea manuala pe baza imaginii satelitare reprezinta setul de date de validare al algoritmului de detectare a avalanselor. Baza de date alfanumerica aferenta acestor areale va fi populata cu date referitoare la morfometrie, tip de vegetatie, date meteorologice etc.

Comparând imaginea satelitara cu datele din teren, s-a putut constata o buna suprapunere între culoarele de avalansa cartate si arealele afectate de avalanse vizibile pe imaginea satelitara (*Figura 55*).

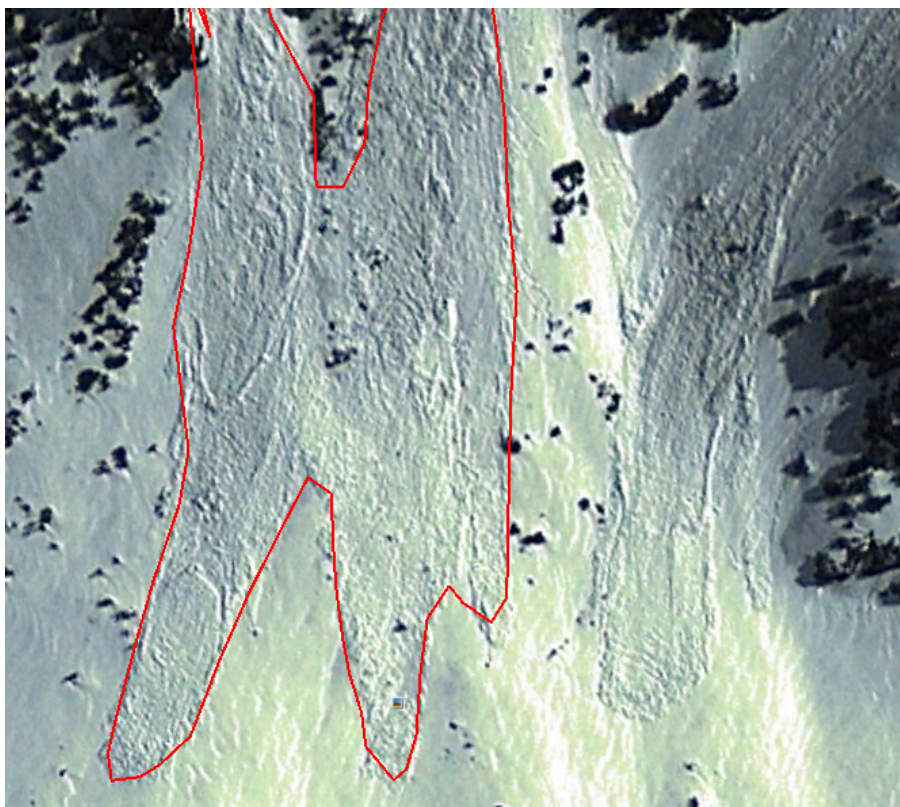


Figura 54. Delimitarea prin digitizare manuala, pe imaginea satelitara GeoEye-1, a arealelor afectate de avalansa (fragment din valea Bâlea)

Dezvoltarea si îmbunatatirea algoritmilor de recunoastere a obiectelor utilizând parametri de textura.

Metodologie – generalitati

Metodologia de cartare a avalanselor este bazata pe algoritmul dezvoltat de partenerul din Norvegia (Larsen et al., 2013), care necesita o serie de modificari pentru a-l face mai robust si a creste performanta.

Prima parte a acestei abordari implica proceduri de clasificare pe baza texturii, aceasta având la baza clasificarea imaginilor cu o singura textura utilizând rezultatele aplicarii mai multor filtre (Varma and Zisserman, 2005) si identificarea raspunsului maxim. Algoritmul este divizat în doua faze: cea de instruire si cea de clasificare. În partea de antrenament sunt extrasi vectori determinati pe baza aplicarii filtrelor prin metoda de clusterizare din imaginile de instruire. Acesti vectori se numesc textoni si se folosesc pentru a încadra pixelii din imaginile de antrenament în categorii prestabilite. Histograma acestori textoni este folosita ca model pentru clasa de textura corespunzatoare. În faza de clasificare se aplica aceeasi procedura pentru a genera o harta a textonilor si un model al histogramei acesteia, imaginea fiind clasificata prin compararea modelului cu modelele imaginilor de instruire.

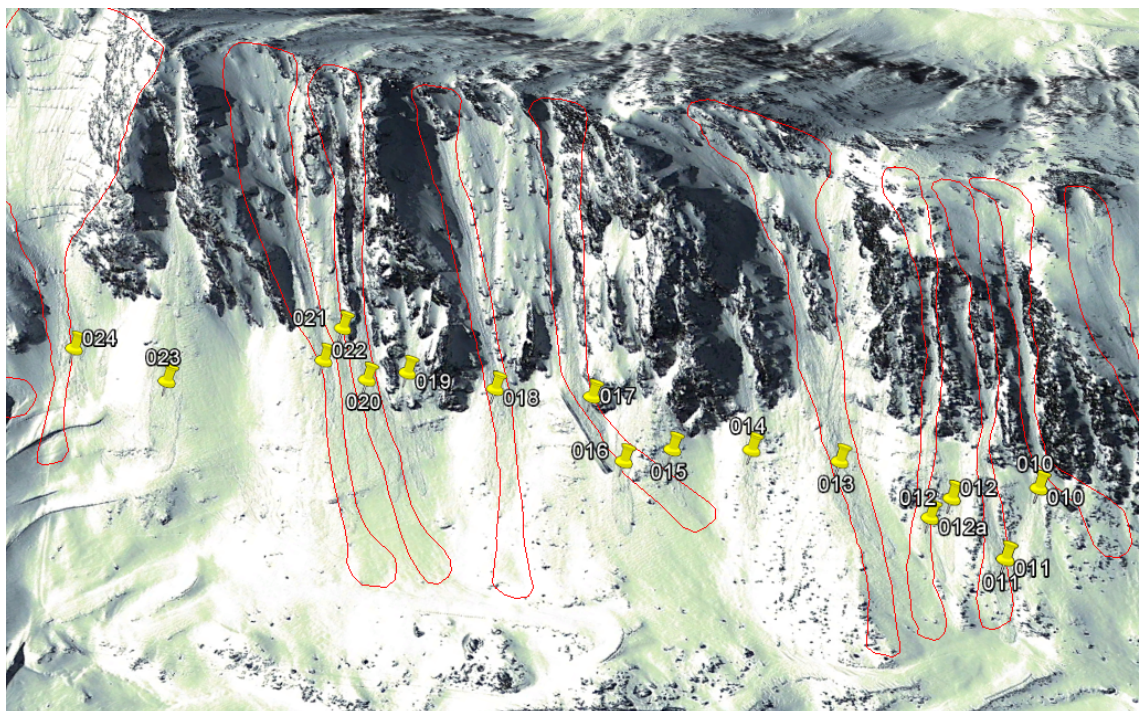


Figura 55. Comparatie între culoarele de avalansa cartate în teren (cu rosu) si arealele afectate de avalanse surprinse pe imaginea din 11.04.2012.

Utilizarea filtrelor

Spre deosebire de utilizarea filtrului de raspuns maxim (Varma and Zisserman, 2005), pentru avalanse se va selecta raspunsul corespunzator aspectului terenului. Optiunea aceasta se bazeaza pe aspectul pe care îl au avalansele în imagini, care este de fapt textura care va fi separata de restul imaginii. În general avalansele pot fi identificate în imagini ca având o textura a suprafetei zapezii cu un tipar caracterizat de structuri liniare în aceeasi directie cu aspectul pantei terenului. Pe lângă aspectul pantei, datorita orientarii verticale a copacilor si a umbrei acestora pe zapada, au fost incluse si filtrele verticale, rezultând astfel imagini filtrate în 14 dimensiuni.

Etapă de instruire

Pentru a realiza o clasificare conform cu realitatea din teren, se selecteaza mostre texturale pentru fiecare textura sau clasa de interes: avalansa, zapada cu suprafata neteda, zapada rugoasa, rariste de copaci, roci. Rezultatele aplicarii filtrelor corespunzatoare claselor vor fi grupate utilizând algoritmul de clusterizare K-mean, iar valorile medii rezultate sunt alese ca textoni. Astfel, pentru fiecare clasa vor fi generate cel puțin 10 textoni. Fiecare pixel din arealele de testare vor fi etichetati prin clasificare într-una din clasele de textoni pe baza clasificatorului de probabilitate maxima bazat pe distributie gaussiana. Histograma frecventei textonilor se foloseste pentru a genera modele corespunzatoare cu arealele de testare.

Etapă de clasificare

În aceasta etapă, o imagine nouă este clasificată pixel cu pixel utilizând vecinătatea locală a fiecărui pixel ca fiind o imagine cu o singură textura. Aceasta se obține aplicând filtrarea și cartarea textonilor pentru întreaga imagine, apoi fiecare pixel este clasificat pe baza modelului histogrammei creat din vecinătatea fiecăruia din pixeli. Clasificarea se aplica prin selectarea celui mai apropiat vecin dintre modelele generate în etapa de antrenament.

Generarea obiectelor, gruparea și clasificarea

Clasificarea texturilor generează o clasificare orientată pe pixeli a imaginii. Pentru a localiza avalanse individuale și a elimina elementele cu valori extreme și pixelii clasificați gresit, a fost dezvoltată o

clasificare pe baza de obiecte, bazata pe extragerea unor obiecte, ce pot fi unite (merged) si apoi clasificate.

Agregarea obiectelor

Fiecare grup de obiecte conectate clasificate ca avalansa pe baza clasificarii texturii este considerat o potentiala avalansa, deci un obiect. Observându-se adesea suprapuneri ale avalanselor cu mai mult de un obiect în imagine, este nevoie de o agregare a acestor obiecte care apartin aceleiasi avalanse. Agregarea obiectelor se bazeaza pe algoritmul de calculare al zonelor de depunere a avalanselor (Iverson, 1997). Astfel, identificarea zonelor de depunere (runout zone) se bazeaza pe ideea ca toate arealele localizate mai jos de sursa sunt potential afectate de avalansa. Acest punct de inflexiune este estimat când panta între sursa si zona afectata este mai mica decât o valoare prag a pantei. Astfel se aplica agregarea obiectelor prin identificarea fiecărei regiuni pe baza pasilor:

- pentru fiecare obiect clasificat ca avalansa pe baza texturii cu o panta medie de 25-60 grade, se genereaza harta zonelor de depunere
- pentru fiecare obiect din harta zonelor de depunere, se identifica potentialele avalanse. Aceste potentiale avalanse care apartin aceleiasi zone de depunere sunt unite într-un singur obiect.
- Pentru calculele legate de cuantificarea zonelor de depunere se va folosi TauDEM Toolbox (<http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/>).

Extragerea obiectelor de tip avalansa

Pentru fiecare potential segment de avalansa, au fost generate textura, geometria si parametric geomorfometrici.

Textura: media Haralick, corelatia, varianta si entropia.

Geometria obiectului: suprafata, lungime, raportul latime/lungime, complexitatea (raport suprafata/perimetru), perimetru.

Parametri: gradientul pantei în zonele de depunere, aspect versus orientare generala, lungimea în directia aspectului pantei.

Clasificarea

Pentru aceasta etapa, pentru a clasifica obiectele candidate s-a aplicat clasificatorul random forest (RF), prin utilizarea randomForest în programul R, cu setarile entree=10000, mTry=1 si ponderi egale ale claselor.

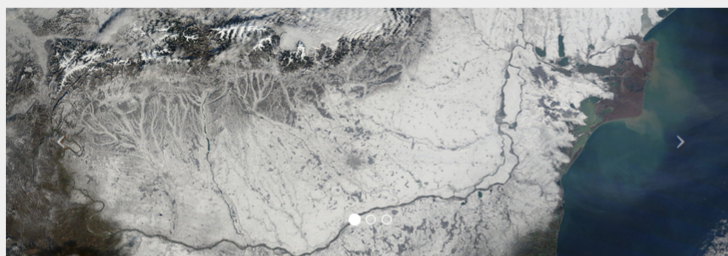
Rezultate obtinute:

Stabilirea unui set de date de referinta, derivate din imagini satelitare de foarte înalta rezolutie spatiala si analiza factorilor morfologici si climatici, precum si istoricul producerii avalanselor pe un areal test, în partea centrala a Muntilor Fagaras.

WP8 Promovare si Diseminare

Activitatea 8.1. Site-ul web al proiectului

Utilizatorii vor fi în permanenta la curent cu noutatile aparute în cadrul proiectului accesand website-ul proiectului: <http://snowball.meteoromania.ro> (Figura 56). Pe masura ce proiectul avanseaza, continutul va fi în permanenta actualizat. Portalul SnowBall va pune la dispozitie infrastructura de comunicare si diseminare si va constitui un punct de acces catre informatii legate de: evolutia proiectului, parteneri, obiective, areale de lucru, rezultate provizorii si documente legate de proiect, livrabile, domenii conexe, link-uri catre alte proiecte, servicii si colaborari.



The SnowBall project will deliver a prototype snow monitoring system that combines daily satellite data (e.g. Sentinel-1 and Sentinel-3) with in-situ weather station observations and state-of-the-art snowpack and climate modelling. Three important applications of snow monitoring will be demonstrated: hydrological modelling, snow-melt induced flash flood warning and snow avalanche warning. The project will also assess the impact of snow under present and future climate conditions on: flash flood statistics due to snow melt contributions, avalanche statistics and groundwater.

[Learn more about the SnowBall Project](#)

News

- [SnowBall Kick Start Meeting - 19 September, Bucharest](#)

Posted 81 days ago

[Archive](#)

© 2014 SnowBall Consortium

Figura 56. Pagina web a proiectului SnowBall

Rezultate obtinute:

A fost proiectat si realizat site-ul web al proiectului.

Activitatea 8.2. Strategia de diseminare.

Documentul descrie strategia de comunicare și diseminare a rezultatelor obținute în cadrul proiectului SnowBall.

Strategia de diseminare are scopul de a defini o serie de activități potrivite pentru promovare eficientă a rezultatelor proiectului SnowBall, atât pe parcursul desfășurării proiectului cât și după finalizarea acestuia, cât și pentru facilitarea interacțiunii cu proiecte similare, implementate la nivel național sau internațional. De asemenea, are scopul de a identifica instrumentele de comunicare adecvate pentru crearea de legături între consorțiul proiectului și comunitatea de utilizatori finali.

Strategia generală de diseminare

Obiectivele principale ale strategiei de diseminare sunt:

- Conștientizarea comunității de utilizatori cu privire la oportunitățile oferite de proiectul SnowBall;
- Comunicarea rezultatelor obținute în cadrul proiectului;
- Facilitarea colaborării și a schimbului de informații în interiorul consorțiului (diseminare internă);
- Crearea cadrului necesar utilizării eficiente a tehnologiilor, algoritmilor și metodelor dezvoltate în cadrul proiectului de către utilizatorii finali;
- Pregătirea materialelor suport pentru produsele create în cadrul proiectului (ex. Documentații, flyere, postere, etc.);

- Crearea unei rețele de potențiali beneficiari ai tehnologiilor și cunoștințelor rezultate în urma implementării proiectului;
- Asigurarea vizibilității proiectului la nivel național și internațional;

Următoarele elemente au fost luate în considerare la crearea strategiei de diseminare:

1. Identificare grupului țintă de utilizatori;
2. Crearea unor mesaje adecvate care să atragă atenția grupului de audiență țintă;
3. Selectarea canalelor de comunicare prin intermediul cărora mesajele sunt trimise către grupul țintă.

Grupurile de diseminare țintă

Termenul de "grupuri țintă" este utilizat pentru a descrie diferitele grupuri de utilizatori care pot beneficia de pe urma implementării proiectului. Obiectivul principal al activităților de diseminare din cadrul proiectului SnowBall este abordarea acestor grupuri prin metode de comunicare adecvate.

Au fost identificate două categorii de beneficiari ce trebuie vizate prin campaniile de diseminare:

- Comunități non-științifice de la nivel național și local. Acestea includ instituții/companii implicate în domenii precum protecția mediului, gospodărirea resurselor de apă, agricultură, energie, turism, gestionarea situațiilor de urgență.
- Comunitatea științifică națională și internațională.

În funcție de rolurile și atribuțiile îndeplinite, grupurile țintă de diseminare pot fi încadrate în următoarele categorii::

- **Agenții guvernamentale.** Includ reprezentanți de la diverse niveluri ale agențiilor guvernamentale (ex: Ministerul Mediului și Schimbărilor Climatice, Administrația Națională Apele Române, Inspectoratul General pentru Situații de Urgență, Agenția Națională de Protecția Mediului, etc);
- **Institute de cercetare și instituții de învățământ.** Includ organizații (ex: universități, institute de cercetare-dezvoltare, rețele de cercetare, etc) a căror a căror interes este legat de utilizarea produselor SnowBall în realizarea de studii științifice pe probleme de tipul estimarea resurselor de apă, înțelegerea efectelor schimbărilor climatice, prognoza avalanșelor, etc;
- **Mediul privat.** Include companii interesate să ofere servicii cu valoare adăugată folosind produsele SnowBall;
- **Organizații non-profit;**
- **Media;**
- **Public.**

Pentru activitățile de diseminare a fost creată o listă cu toate instituțiile românești relevante (Anexa V).

Definirea mesajelor de promovare și diseminare

Mesajele cheie care trebuie comunicate către grupurile țintă trebuie să fie strâns legate de scopul și obiectivele proiectului. Mesajele cheie pot fi exprimate în una sau mai multe declarații care includ informații importante despre monitorizarea parametrilor stratului de zăpadă în general și proiectul SnowBall în particular. Mesajele trebuie să sublinieze:

- importanța monitorizării parametrilor asociați acoperirii cu zăpadă;
- relevanța rezultatelor obținute în cadrul proiectului SnowBall pentru crearea unui sistem operațional de monitorizare a acoperirii cu zăpadă în România;
- beneficiile oferite și importanța acestora.

Este important de realizat că există o limită a numărului de mesaje care pot fi diseminate și, de multe ori, un compromis între numărul și complexitatea mesajului și efectul așteptat (Carada, 2006). Factorii care ajută la determinarea interesului unui anumit grup țintă includ:

- **Credibilitatea.** Canalul de comunicare și sursa informațiilor trebuie să fie convingătoare și verosimile;

- **Claritatea.** Mesajele trebuie să comunice limpede informația. Un mesaj clar ar trebui să fie non-tehnic și să includă doar informațiile esențiale, fără explicații suplimentare;
- **Consistența.** Mesajele trebuie să aibă un mesaj unitar pe toată perioada de desfășurare a proiectului. Trebuie să existe un consens între parteneri;
- **Nevoile grupului țintă.** Mesajele trebuie să fie bazate pe ceea ce grupul de interes țintă percepe ca fiind important și interesant.

Selectarea canalelor și instrumentelor de comunicare

Canalele de comunicare asigură diseminarea rezultatelor proiectului către grupurile țintă. Există mai multe astfel de canale, fiecare cu avantaje și dezavantaje.

Canalele ce pot fi folosite în cadrul proiectului SnowBall pot fi clasificate în două categorii principale:

- **Canale de comunicare orală:** seminarii, conferințe, workshops, conferences, expoziții, întâlniri formale și informale, etc.
- **Canale de comunicare scrisă:** website, broșuri, newsletter, articole în jurnale științifice, articole în publicații generaliste, comunicate de presă, postări în rețele de socializare, etc.

În cazul proiectului SnowBall, mecanismul de selecție a celor mai potrivite canale de diseminare trebuie să răspundă la următoarele întrebări:

- Care sunt sursele credibile de informații pentru grupurile de audiență țintă?
- În ce context sunt cele mai multe șanse să acorde atenție unor mesaje transmise din partea consorțiului SnowBall?
- Care este numărul persoanelor care pot fi informate pe un anumit canal de comunicare?
- Care este costul pe care un anumit canal de comunicare îl necesită?
- Care este timpul necesar unui anumit canal pentru pregătirea unui mesaj de diseminare?

Activități de diseminare

Următoarele principii trebuie respectate în fiecare activitate de diseminare:

- Identitate vizuală consistentă;
- Logo-ul proiectului să fie vizibil;
- Menționarea partenerilor și a finanțatorilor;
- Toate materiale scrise vor include un paragraf standard de menționare a numelui proiectului, a indicativului și a finanțatorului.

Site-ul web al proiectului

Situl web al proiectului este un element cheie al strategiei de comunicare și diseminare. Acesta (<http://snowball.meteoromania.ro>) conține două secțiuni majore:

- Paginile general de promovare web;
- Geoportalul SnowBall.

Prima secțiune oferă informații generale și specifice despre activitățile desfășurate de către consorțiu în cadrul proiectului SnowBall.

Participarea la conferințe naționale și internaționale

Unul dintre cele mai potrivite mijloace de diseminare a rezultatelor științifice ale proiectului SnowBall îl reprezintă conferințele de specialitate. Consorțiul SnowBall va selecta și va participa cu prezentări orale și postere la manifestările relevante tematicilor abordate în cadrul proiectului. De asemenea, vor fi trimise spre publicare articole la reviste cu factor de impact ce prezintă relevanță pentru obiectivele proiectului. La finalul proiectului se va organiza o conferință dedicată prezentării rezultatelor obținute.

- **Broșura proiectului**

Broșura proiectului va conține informații despre obiectivele și rezultatele proiectului, structurate într-o manieră atractivă și într-un limbaj non-tehnic, ușor de înțeles de către publicul larg. O versiune

preliminară va fi realizată în primele 10 luni ale proiectului. Versiunea finală (bilingvă) va fi distribuită înainte de încheierea oficială a proiectului.

- **Newsletter**

Trei newsletter-e (format electronic) vor fi distribuite pe durata de desfășurare a proiectului către contactele din lista de utilizatori finali ai proiectului SnowBall. Acestea vor fi trimise către instituțiile cu potențial de utilizare a rezultatelor proiectului SnowBall.

Rezultate obtinute:

Planul de diseminare a rezultatelor obținute în cadrul proiectului.

Anexa I privind realizarea indicatorilor

Indicatorii de realizare ai etapei I/2014

Denumirea indicatorilor	Numar/ Mii lei	
	Planificat	Realizat
1. Numar de publicatii stiintifice comune in reviste internationale	0	0
2. Numar de publicatii stiintifice in reviste internationale	0	0
3. Numar cereri de brevet	0	0
4. Numar doctoranzi si/sau cercetatori post-doc implicati in proiect	8/1	8/1
5. Numar de cercetatori implicati in proiect	23	23
6. Investitii noi in infrastructura CDI	-	-
7. Gradul mediu de utilizare a echipamentelor CDI	-	-
8. Numar de conferinte/seminarii organizate, din care internationale	0	0
9. Numar propuneri de proiecte depuse la alte competitii pe programe europene/internationale		<p>2</p> <p>-UTCB - Proiect depus si castigat la Fondul pentru Relatii Bilaterale la Nivel National din cadrul Granturilor SEE si Norvegiene 2009-2014, Apelul II, RO 01 Asistenta Tehnica si Fondul Bilateral la Nivel National,</p> <p>Nume proiect: Current trends and approaches in urban hydrogeology</p> <p>-UTCB si INHGA au intrat începând cu august 2014 în cadrul rețelei actiunii COST TU1206 Sub-Urban)</p>

CAIET DE SARCINI**Spectroradiometru portabil pentru masuratori NIR-IR****1. INTRODUCERE****Prezentare context general**

Administratia Nationala de Meteorologie deruleaza proiectul "Integrarea datelor de teledetectie, din modelare si in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zapada si a hazardelor asociate in perspectiva schimbarilor climatice (SnowBall)", finantat din Mecanismul Financiar al SEE 2009-2014 si bugetul de stat, prin programul: "Cercetare in Sectoare Prioritare", perioada de implementare 01.07/2014 – 30.04/2017.

Una dintre activitatile prevazute in cadrul proiectului este masurarea in teren a parametrilor geofizici ai zapezi. In acest scop, pe durata desfasurarii campaniilor de masuratori vor fi utilizate mai multe tipuri de instrumente - printre care si un spectroradiometru portabil in domeniul spectral Infrarosu apropiat – Infrarosu (NIR-IR). Spectroradiometrul va furniza date de radiatie reflectanta, incidenta si transmisa. Analiza datelor spectrale de reflectanta a zapezii (zapada noua ca o pudra, zapada noua umeda, strat vechi si gros de zapada) si a peliculelor fine de apa si gheata, in combinatie cu masuratorile/ observatiile in-situ asupra parametrilor zapezii vor permite o mai buna caracterizare si clasificare a starii zapezii, pentru estimarea riscului de producere a avalanselor in zona de studiu.

Scopul achizitiei

Scopul achizitiei este de a asigura echipamentul necesar masurarii in teren a parametrilor statului de zapada zapezii conform specificatiilor proiectului – asa cum au fost acestea descrise in propunerea de proiect si aprobate de catre organizatiile ce finanteaza proiectul.

2. CARACTERISTICI GENERALE

- a) Domeniul spectral VIS – NIR: ~ 400 - 2500 nm, optional ~ 400-1000 nm; domeniul spectral poate fi acoperit de unul sau mai multe aparate;
- b) Poate masura radiatia incidenta, transmisa si reflectata;
- c) Portabil, potrivit pentru masuratori de teren (campanii de masuratori), temperatura de operare: - 5 C - 30 C;
- d) Stocare interna /externa pentru cel putin 100 de masuratori spectrale;
- e) Interfata de comunicare de tip USB / RS232 cu laptop / desktop PC pentru transferul datelor masurate si configurare;
- f) Sursa de puetere (baterii reincarcabile) pentru operare continua timp de 2-4 ore;
- g) Existenta accesoriilor pentru calibrare, etc;
- Documentatia livrata odata cu echipamentele va contine obligatoriu instructiuni detaliate pentru:
 - i. Configurarea, calibrarea si operarea;
 - ii. Instalarea, configurarea si actualizarea software-ului;
- Pe durata perioadei de garantie, actualizarile pentru programele de aplicatie vor fi gratuite.

3. GARANTIE

Echipamentul impreuna cu toate modulele optionale vor avea o garantie de cel putin 1 an.

4. CONTRACT

- Contractul va fi conform legislatiei in vigoare;
- Termen livrare: 30 de zile de la data incheierii contractului.

Lista cu institutiile din Romania potential beneficiare ale produselor proiectului SnowBall

Nume (RO)	Nume (EN)	Acronim	Website	Adresă
Agencia Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară	National Agency for Cadastre and Land Registration	ANCPI	http://www.ancpi.ro	Splaiul Independenței, Nr. 202A, Sector 6, Cod 060022, București
Direcția Topografică Militară	Military Topographic Directorate	DTM	-	Bulevardul Ion Mihalache, Nr. 124-126, Sector 1, București
Agencia Națională pentru Protecția Mediului	National Agency for Environmental Protection	ANPM	http://www.anpm.ro	Splaiul Independenței, Nr. 294, Sector 6, Cod 060031, București
Compania Națională de Transport al Energiei Electrice	Romanian Power Grid Company	Transelectrica	http://www.transelectrica.ro	Str Olteni, Nr. 2-4, Sector 3, Cod 030786, București
Compania Națională de Autostrăzi și Drumuri Naționale din România	National Company of Highways and National Roads	CNADNR	http://www.cnadnr.ro	B-dul Dinicu Golescu, Nr. 38, Sector 1, Cod 010873, București
Administrația Națională Apele Române	Romania National Water Administration	ANAR	http://www.rowater.ro	Str. Edgar Quinet, Nr. 6, Sector 1, Cod 010018, București
Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice	Ministry of Regional Development and Public Administration	MDRT	http://www.mdr.ro	Str. Apolodor, Nr. 17, Sector 5, București
Institutul Geologic al României	Geological Institute of Romania	IGR	http://www.igr.ro	Str. Caransebeș, Nr. 1, Sector 1, București
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Protecția Mediului	National Institute for Research and Development in Environmental Protection	INCDDPM	http://www.incddpm.ro	Splaiul Independenței, Nr. 294, Sector 6, Cod 060031, București
Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie	National Research and Development Institute for Soil Science Agro-Chemistry and Environment	ICPA	http://icpa.ro	Bd. Marasti, Nr. 61, Sector 1, Cod 71331, București

Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor	National Institute of Hydrology and Water Management	INHGA	http://inhga.ro	Sos. București-Ploiești, Nr. 97, Sector 1, București
Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice	Forest Research and Management Institute	ICAS	http://icas.ro	Bd. Eroilor, Nr. 128, Voluntari, Ilfov
Institutul de Geografie - Academia Română	Institute of Geography - Romanian Academy	IGAR	http://www.geoinst.ro	Str. Dimitrie Racoviță, Nr. 12, Sector 3, București
Ministerul Mediului și Schimbărilor Climatice	Ministry of Environment and Climatic Changes	MECC	http://www.mmediu.ro	Bd. Libertății, Nr. 12, Sector 5, București
Agenția Spațială Română	Romanian Space Agency	ROSA	http://www.rosa.ro	Str. Mendeleev, Nr. 1, Sector 1, Cod 010362, București
Administrația Națională de Meteorologie	National Meteorological Administration	Meteo Romania	http://www.meteoromania.ro	Sos. București-Ploiești, Nr. 97, Sector 1, București
Institutul de Biologie - Academia Română	Institute of Biology Bucharest	IBIOL	http://ibiol.ro	Splaiul Independenței, Nr. 296, Cod 060031, București
Ministerul Transporturilor	Ministry of Transports	MT	http://www.mt.ro	Bd. Dinicu Golescu, Nr. 38, Sector 1, Cod 010873, București
Facultatea de Geografie - Universitatea Babeș Bolyai	Faculty of Geography - Babeș Bolyai University	UBB	http://geografie.ubbcluj.ro	Str. Clinicilor, Nr.5-7, Cod 400006, Cluj-Napoca
Facultatea de Geografie și Geologie - Universitatea Alexandru Ioan Cuza	Faculty of Geography and Geology - Alexandru Ioan Cuza University	UAIC	http://www.geo.uaic.ro	Bd. Carol I, Nr. 20A, Cod 700505, Iași
Facultatea de Geografie - Universitatea din București	Faculty of Geography, University of Bucharest	UNIBUC	http://geo.unibuc.ro	Bd. Nicolae Bălcescu, Nr. 1, Cod 010041, Sector 1, București
Universitatea Tehnică de Construcții București	Technical University of Civil Engineering Bucharest	UTCB	http://utcb.ro	Bd. Lacul Tei, Nr. 122-124, Sector 2, Cod 020396, București

Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului - Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară București	Faculty of Land Reclamation and Environmental Engineering - University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine	FIFIM	http://www.fifim.ro	Bd. Mărăști, Nr. 59, Sector 1, București
--	---	-------	---	--

6. CONCLUZII

WP1 Management

Asigurarea calitatii, luarea deciziilor si managementul proiectului au fost realizate prin luarea urmatoarelor masuri: intalnirea de debut (kick-off meeting), intalniri ale grupurilor de lucru, comunicare prin internet pentru a exista o comunicare eficienta intre parteneri.

WP2 - Activitatea 2.1. Proiectarea si implementarea unor noi instrumente si echipamente de masurare a parametrilor stratului de zapada.

S-au realizat dispozitivele si echipamentele automate care sa permita masurarea continua in perimetrul statiilor meteorologice automate sau manuale existente: traductoarele SR50A si IRU-9429.

Pentru realizarea de profile de temperatura ale stratului de zapada s-a selectionat un traductor etans bazat pe un circuit integrat DS18B20. Pentru masurarea umiditatii volumetrice a zapezii a fost ales un traductor capacitiv care masoara umiditatea indirect prin intermediul masurarii permitivitatii dielectrice a mediului. Pentru realizarea sistemelor portabile s-a decis utilizarea unor platforme de dezvoltare "open source" bazate microcontroller-e pe 32 biti: Freescale Kinetis KL25Z si Microchip PIC32MX440F256H. A fost achizitionat un sistem compus din doua spectrometre de teren care acopera fiecare o parte a domeniului spectral de interes intr-un sistem integrat.

WP2 - Activitatea 2.3. Crearea si configurarea bazei de date spatiale integrate în mediu GIS.

A fost proiectata si configurata baza de date GIS (planuri tematice, organizate sub formă de infoplanuri) pentru arealul bazinelor hidrografice Argeş şi Ialomiţa, care să permită ulterior prelucrări, intersectări de informaţii, analize spaţiale.

WP3 - Activitatea 3.1. Algoritm bazat pe date de la un singur canal spectral adaptat la Sentinel.

Deoarece datele Sentinel-1 SAR din sezonul de iarna 2014 nu sunt încă disponibile si satelitul Sentinel-3 nu a fost încă lansat, s-au urmat planurile de contingenta, prevazute în Planul de Lucru al Proiectului.

Au fost adaptati algoritmii de obtinere a caracteristicilor stratului de zapada din date satelitare optice (Optical Wet Snow, Snow Surface Wetness, Surface Temperature of Snow, Snow Grain Size, Fractional Snow Cover - FSC) la datele ce vor proveni de la satelitul Sentinel 3. In acest sens au fost implementate functii noi pentru prelucrarea datelor de la senzorul VIIRS (care este un hibrid al senzorilor AVHRR si MODIS) in prezent operational si va functiona si ca sezor principal de backup pentru Sentinel-3.

Algoritmii si lanturile de procesare, dezvoltate in cadrul laboratorului NR se afla în curs de portare si îmbunatatire pentru a include datele provenite de la satelittii din seria Sentinel.

A fost demarat procesul de adaptare a algoritmilor de determinare a zapezii umede din date SAR Radarsat-2, la datele provenite de la satelitul Sentinel-1 ; in acest sens cea mai importanta etapa o constituie scrierea rutinelor de geocodificare pentru Sentinel-1.

WP3 - Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zapada in NOAH.

A fost realizata configurarea unui nou modul de zapada, la nivel national, in cadrul modelului hidrologic cu parametri distribuiti NOAH. Utilizarea noului modul de zapada, in arhitectura multistrat, va permite elaborarea unei proceduri mai complexe de fuziune de date, respectiv o mai buna utilizare a produselor satelitare care se refera la caracteristicile de la suprafata stratului de zapada. In etapele urmatoare se vor determina parametri pentru acest nou modul de zapada, iar configurarea se va optimiza pe parcursul implementarii, pentru a raspunde cat mai bine necesitatilor de date de intrare si respectiv de aplicare a procedurii de fuziune de date.

WP4 - Activitatea 4.1. Variabilitatea si schimbarile climatice ale stratului de zapada si impactul asociat.

Au fost realizate primele analize privind schimbarile în grosimea stratului de zapada în intervalul octombrie-aprilie, la nivelul României, în conditiile scenariilor RCP 4.5 si 8.5, pentru orizonturile de timp 2021-2050 si 2070-2099.

WP4 - Activitatea 4.3. Variabilitate si schimbari în statistica avalanselor.

Au fost demarate si primele analize pentru realizarea modelului empiric ce leaga caracteristicile de circulatie atmosferica cu indici ai avalanselor. Astfel, a fost întocmita o lista cu date ale avalanselor, începand din 1928 până în prezent. Au fost folosite la analiza rezultatele a 5 experimente numerice cu modele climatice regionale, realizate în cadrul programului EuroCORDEX.

Au fost extrase seriile de timp pentru climatul prezent si scenariile RCP pentru temperatura si precipitatii la 6 ore folosind 3 experimente numerice disponibile în baza CMIP5. Au fost demarate si primele analize pentru realizarea modelului empiric ce leaga caracteristicile de circulatie atmosferica cu indici ai avalanselor.

WP5 - Activitatea 5.1. Evaluarea infiltratiei din topirea zăpezii în zona nesaturata.

Pentru realizarea modelului conceptual de realimentare a acviferelor din topirea zăpezii a fost proiectata o schemă a proceselor și factorilor implicații privind determinarea infiltrațiilor din sol. S-a constatat ca infiltrațiile provenite din topirea zăpezii sunt influențate în primul rând de condițiile atmosferice, precum: precipitații – solide sau/și lichide, umiditatea aerului, radiația solară, acoperirea cu nori, temperatura aerului, viteza vântului, presiunea atmosferică.

Modelul HWATS a fost folosit pentru estimarea transportul de cădură și apă în solurile înghețate (permite calculul mișcării apei asociate cu transferul sensibil și lent de cădură în aceste soluri).

Modelele SWAT, SRM și HRS au fost rulate pentru determinarea scurgerii apei rezultată din topirea zăpezii și folosesc metoda echilibrului energetic și metoda „grade – zi” pentru determinarea echivalentului de apă din stratul de zăpadă, eroziunii solului, temperaturii stratului de zăpadă și a umidității solului din cauza apei infiltrate din topirea zăpezii.

A fost realizata o sinteza a proceselor fizice referitoare la fenomenele de topire al zăpezii, de îngheț - dezgheț, la migrarea apei în sol, la evaporarea apei produse din topirea zăpezii în diferite condiții meteorologice, la infiltrațiile apei provenite din zăpada topită în solurile înghețate, la interacțiunea dintre stratul de zăpadă și solul înghețat, la cădura degajată de sol și de transferul de cădură de la interfața sol – strat de zăpadă și la degradarea în timp a solului prin procese de eroziune.

WP6 – Activitatea 6.1. Actualizarea hartii acoperirii/utilizarii terenului pentru zona de studiu, utilizând imagini satelitare de rezoluție fina.

În procesul de prelucrare a imaginilor satelitare Landsat 8 OLI, au fost studiate metode de obținere a unor rezoluții ameliorate a datelor-imagine prin fuziune, proces care prin combinarea benzilor multispectrale și pancromatic, îmbunătățește calitatea imaginii, preluând mai multe informații de la imaginile componente (caracterul multispectral și rezoluția de 15 m). Ulterior, au fost testate metode de clasificări (supervizate si nesupervizate) cu ajutorul softurilor de prelucrări de imagini satelitare. Acestea au rolul de a stabili clasele de ocupare/utilizare a terenului, ca și elementele statistice asociate.

WP6 - Activitatea 6.2. Proiectarea algoritmilor si metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zapada în modele operative de prognoza hidrologica.

Pentru prima etapa a proiectului SNOWBALL au fost aprofundate cele mai noi metode si algoritmi de asimilare a datelor de zapada in modelele hidrologice, utilizate pe plan international, astfel incat, functie de caracteristicile specifice Romaniei sa se stabileasca procedura corecta de asimilare a datelor pentru ajustarea parametrilor de stare relevanți modulelor de zăpadă din modelele hidrologice NOAH-R, NWSRFS și ROFFG (Sistemul de estimare a riscului de producere a viiturilor rapide în Romania), modele utilizate în activitatea operativa.

În acest context, si având în vedere modelele hidrologice folosite în Romania, sistemul de asimilare a datelor de înalta rezoluție HRLDAS (High Resolution Land Data Assimilation System) poate fi considerat ca baza pentru realizarea propriului sistem de asimilare a datelor. Sistemul HRLDAS ruleaza modelul hidrologic LSM (Land Surface Model) independent (necuplat cu nici un model atmosferic) pentru a simula suprafata solului si variabilele de stare ale acestuia pentru un anumit interval de timp. Perioada de timp pentru care poate rula NOAH_LSM poate varia de la cateva luni la cativa ani. Pentru conditiile initiale referitoare la temperatura si umiditatea solului si alte variabile de stare, HRLDAS aplica modelul NOAH-LSM constrans prin analiza conditiilor atmosferice, radiatia în unde scurte si lungi si precipitatii pentru a simula starea terenului.

HRLDAS a fost dezvoltat pentru a fi folosit în conjuncție cu modelul de prognoza a vremii (WRF). HRLDAS este un sistem necuplat de modelare a suprafeței terenului care integrează la scară fină câmpurile statice ale suprafeței terenului, cum ar fi utilizarea terenului și hărțile de sol, caracteristicile vegetației variabile în timp ca fracțiunea de vegetație verde, derivate din date satelitare, precipitațiile și radiația incidentă la suprafața solului măsurate și variabilele meteorologice observate sau analizate în modelul hidrologic NOAA-LSM pentru a simula evoluția în timp a variabilelor de stare ale terenului (de exemplu profilul de temperatură și umiditatea solului).

WP6 - Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zapadă în modele operative de prognoza hidrologica.

În această etapă au fost achiziționate echipamentele de calcul necesare pentru configurarea, testarea și implementarea efectivă a procedurii de fuziune de date, care va fi utilizată pentru determinarea echivalentului de apă din stratul de zapadă, respectiv pentru procedurile de asimilare a datelor parametrilor de zapadă în principalele modele de prognoza hidrologica operațională. Echipamentele de calcul achiziționate au fost configurate preliminar, respectiv prin instalarea și configurarea sistemelor de operare și a unui prim set de utilitare pentru gestionarea fluxului de date și produse (import, preprocesare, postprocesare, export).

WP7 - Activitatea 7.1. - Dezvoltarea algoritmilor de detectare a avalanșelor.

În cadrul acestei etape a demarat Activitatea 7.1. – Dezvoltarea algoritmilor de detectare a avalanșelor (Coordonator: UVT; contributori: NR), activitate care va continua și în etapa următoare. Finalizarea acesteia, în luna 18, vizează realizarea algoritmului de detectare a avalanșelor pe baza imaginilor optice de înaltă rezoluție spațială (HR) și de foarte înaltă rezoluție spațială (VHR) (Livrabilul D 7.1.).

Pentru realizarea și validarea acestui algoritm a fost necesară stabilirea unui set de date de referință, derivate din imagini satelitare de foarte înaltă rezoluție spațială. Pentru aceasta a fost selectat un areal test, unde avalanșele se produc frecvent în timpul iernii, areal localizat în partea centrală a Munților Făgăraș. Analiza factorilor morfologici și climatici precum și istoricul producerii avalanșelor justifică deplin alegerea acestui areal.

Activitatea de teren a permis cartarea a 34 de culoare de avalanșă în valea Bâlea și în valea Capra, care au fost integrate în mediul GIS și pentru care au fost calculate o serie de parametri morfologici.

Imaginea satelitară achiziționată este una excelentă ca urmare a selecției pe baza unor criterii complexe, referitoare atât la specificațiile imaginii cât și la data achiziției acesteia, cât mai apropiată de cea a producerii unor avalanșe consemnate în diferite rapoarte.

Setul de date de referință, realizat prin delimitarea manuală a arealelor afectate de avalanșe, constituie un inventar în premieră pentru Carpații românești. Analiza statistică a datelor extrase pentru fiecare areal delimitat va permite o mai bună înțelegere a producerii avalanșelor în Carpați și a magnitudinii fenomenului.

A fost realizată o analiză preliminară a capacității de identificare a avalanșelor pe baza algoritmului dezvoltat. Acesta a fost testat pe imagini QuickBird pentru unele areale montane din Norvegia. Harta avalanșelor detectate automat a fost comparată cu cea a avalanșelor digitizate de către experți. Rezultatele preliminare arată că majoritatea avalanșelor recente au fost localizate corect în imagine, existând și o serie de false detectări. Limitele arealelor detectate automat însă nu sunt întotdeauna bine determinate.

WP8 - Activitatea 8.1. Site-ul web al proiectului.

A fost proiectat și realizat site-ul web al proiectului (<http://snowball.meteoromania.ro>), ce va fi actualizat în permanență. Portalul SnowBall va pune la dispoziție infrastructura de comunicare și diseminare.

WP8 - Activitatea 8.2. Strategia de diseminare.

A fost elaborată strategia de diseminare care are scopul de a defini activitățile potrivite pentru promovarea eficientă a rezultatelor proiectului SnowBall.

7. BIBLIOGRAFIE

- Administratia Nationala de Meteorologie* (2003-2004), Bilantul nivologic, sezonul nivologic 2003-2004, Laboratorul de prelucrare a datelor meteorologice, Colectivul de Nivometeorologie, Bucuresti.
- Administratia Nationala de Meteorologie* (2004-2005) Bilantul nivologic, sezonul nivologic, Sectia de Meteorologie Dinamica, Climatologie si Agrometeorologie, Grupul de Verificare a Prognozelor si Adaptare Statistica (GVPAS), Ministerul Mediului si Gospodarii Apelor, Bucuresti.
- Administratia Nationala de Meteorologie* (2005-2006) Bilantul nivologic, sezonul nivologic, Sectia de Meteorologie Dinamica, Climatologie si Agrometeorologie, Grupul de Verificare a Prognozelor si Adaptare Statistica, Colectivul de Nivometeorologie, Ministerul Mediului si Gospodarii Apelor, Bucuresti.
- Administratia Nationala de Meteorologie* (2006-2007), Bilantul nivologic al sezonului de iarna, Sectia de Meteorologie Dinamica, Climatologie si Agrometeorologie, Grupul de Verificare a Prognozelor si Adaptare Statistica, Colectivul de Nivometeorologie, Ministerul Mediului si Gospodarii Apelor, Bucuresti.
- Administratia Nationala de Meteorologie* (2007-2008), Bilantul nivologic al sezonului de iarna, Sectia de Meteorologie Dinamica, Climatologie si Agrometeorologie, Grupul de Verificare a Prognozelor si Adaptare Statistica, Colectivul de Nivometeorologie, Ministerul Mediului si Gospodarii Apelor, Bucuresti.
- Administratia Nationala de Meteorologie* (2008-2009), Bilantul nivologic al sezonului de iarna, Sectia de Meteorologie Dinamica, Climatologie si Agrometeorologie, Grupul de Verificare a Prognozelor si Adaptare Statistica, Colectivul de Nivometeorologie, Ministerul Mediului si Gospodarii Apelor, Bucuresti.
- Administratia Nationala de Meteorologie* (2009-2010), Bilantul nivologic, sezonul de iarna, Laboratorul de prelucrare a datelor meteorologice, Colectivul de Nivometeorologie, Ministerul Mediului si Gospodarii Apelor Bucuresti.
- Administratia Nationala de Meteorologie* (2010-2011), Bilantul nivologic, sezonul de iarna, Laboratorul de prelucrare a datelor meteorologice, Colectivul de Nivometeorologie, Ministerul Mediului si Gospodarii Apelor Bucuresti.
- Administratia Nationala de Meteorologie* (2011-2012), Bilantul nivologic, sezonul de iarna, Laboratorul de prelucrare a datelor meteorologice, Colectivul de Nivometeorologie, Ministerul Mediului si Gospodarii Apelor Bucuresti.
- Administratia Nationala de Meteorologie* (2012-2013), Bilantul nivologic, sezonul de iarna, Laboratorul de prelucrare a datelor meteorologice, Colectivul de Nivometeorologie, Ministerul Mediului si Gospodarii Apelor Bucuresti.
- Administratia Nationala de Meteorologie* (2013-2014), Bilantul nivologic, sezonul de iarna, Laboratorul de prelucrare a datelor meteorologice, Colectivul de Nivometeorologie, Ministerul Mediului si Gospodarii Apelor Bucuresti.
- Ahuja L.R., Ross J.D., Bruce R.R., and Cassel D.K., 1988. "Determining unsaturated hydraulic conductivity from tensiometric data alone," Soil Science Society of America Journal, 52, 27-34.
- Alexeeva L, Andreescu I, Bandrabur T, Cepaliga A, Ghenea C, Mihaila N, Trubihin V., 1983. Corelation of the Pliocene and Lower Pleistocene deposits în the Dacic and Exinic Basins. Anuarul Institutului Geologic al Romaniei, pp.143-151.
- Amlien, J. and Solberg, R. (2003) A comparison of temperature retrieval algorithms for snow covered surfaces, In: Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toulouse, France, July 2003.
- Andreadis, K.M.; Lettenmaier, D.P. Assimilating remotely sensed snow observations into a macroscale hydrology model. Adv. in Water Resour. 2006, 29, 872-886.
- Anderson, E.A. 1973. "National Weather Service River Forecast System-Snow Accumulation and Ablation Model", NOAA Technical Memorandum, NWS HYDRO-17, U.S. Dep. Commerce, Silver Springs, MD, 217 pp.

Anderson, E.A. 1976. A point energy and mass balance model of snow cover. NOAA Technical Report NWS 19, U.S. Dept. of Commerce, National Weather Service.

Armstrong RN, Pomeroy JW, Martz LW. 2010. Estimating evaporation in a Prairie landscape under drought conditions. *Canadian Water Resources Journal* 35(2): 173–186.

Arya L. M., Leij F. J., van Genuchten M. Th. And Shouse P.J., 1999. Scaling parameter to predict the soil-water characteristic form particle-size distribution data. *Soil Science Society of America Journal*, 63: 510-519.

Averjanov S.F., 1950. "About permeability of subsurface soils in case of complete saturation," *English Collection*, 7, 19–21.

Ayers HD. 1959. Influence of soil profile and vegetation characteristics on net rainfall supply to runoff. *Proceedings of Hydrology Symposium No.1: Spillway Design Floods*, NRCC: Ottawa; 198–205.

Bedient, P.B., and W.C. Huber. 1992. *Hydrology and floodplain analysis* (2nd ed.).

Bogdan M., 1990. Evaluarea posibilităților de captare a apelor subterane din Carpații Orientali, Meridionali și Occidentali. Tema 10/1990, Institutul de Meteorologie și Hidrologie București.

Burdine N.T., 1953. "Relative permeability calculation from size distribution data," *Transactions, American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers*, 198, 71–78.

Carrada, G. (2006): A scientist's survival kit. Communicating science, European Commission, http://ec.europa.eu/research/science-society/pdf/communicating-science_en.pdf[(http://ec.europa.eu/research/science-society/pdf/communicating-science_en.pdf (last accessed 04/11/2013)).

Chen, F., K.W. Manning, M. A. LeMone, S.B. Trier, J.G. Alfieri, R. Roberts, M. Tewari, D. Niyogi, T. W. Child, E.C., 1969. 'An introduction to the physical basis of soil water phenomena'. Wiley.

Childs E.C., and Collis-George N., 1950. "The permeability of porous materials," *Proceedings, Royal Society, London, Series A*, 210, 392–405.

Clyde, G. 1931. Snow-melting characteristics. *Tech.Bull.* 231, Utah Agric. Exp. Sta., Logan, UT.

Cornet, Y., Schenke, C., de Béthune, S., Binard, M., Muller, F. – Stratégies de fusion d'images P/XS basées sur les principes colorimétriques et l'égalisation de statistiques locales, *Bulletin SFPT n°169* (2003-1).

Diaconu C., 1966. Monografia hidrologică a bazinului hidrografic al râului Ialomița. *Studii de hidrologie XVI*, ISCH, 1966.

Dornes PF, Pomeroy JW, Pietroniro A, Carey SK, Quinton WL. 2008. Influence of landscape aggregation in modelling snow-cover ablation and snowmelt runoff in a sub-arctic mountainous environment. *Hydrological Sciences Journal* 53(4): 725–740.

Dozier, J., (1989) Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper. *Remote Sensing of Environment*, 28: 9-22.

Ek, M., K. E. Mitchell, Y. Lin, E. Rogers, P. Grunmann, V. Koren, G. Gayno, and J. D. Tarpley, 2003: Implementation of Noah land-surface model advances in the NCEP operational mesoscale Eta model. *J. Ellis CR, Pomeroy JW, Brown T, MacDonald J.* 2010. Simulation of snow accumulation and melt in needleleaf forest environments. *Hydrology and Earth System Sciences* 14: 925–940.

Essery R, Etchevers P. 2004. Parameter sensitivity in simulations of snowmelt. *Journal of Geophysical Research* 109: D20111.

Etter, H-J., Meister, R., Atkins, D. 2004, ICAR and its importance in avalanche rescue, *Proceedings of the 2004 International Snow Science Workshop*, Jackson Hole, Wyoming.

Fang X, Pomeroy JW, Westbrook CJ, Guo X, Minke AG, Brown T. 2010. Prediction of snowmelt derived streamflow in a wetland dominated prairie basin. *Hydrology and Earth System Sciences* 14: 991–1006.

Fily, M., Bourdelles, B., Dedieu, J.P. and Sergent, C. (1997) Comparison of In Situ and Landsat Thematic Mapper Derived Snow Grain Characteristics in the Alps. *Remote Sensing of Environment*, 59(3): 452-460.

Frauenfelder, R., Kronholm, 2010. avalRS - Remote sensing derived avalanche inventory data for decision support and hindcast after avalanche events. Deliverable 2: Service Demonstration Document. NGI Technical note TN 20081917-1: 20 pp.

- Fredlund M.D., Wilson G.W. and Fredlund D.G.*, 1997. Prediction of the soil water characteristic curve from the grain size distribution curve. Proceedings of the 3rd Symposium on Unsaturated Soil, Rio de Janeiro, Brazil, April 20-22, 13-23.
- Fredlund D.G., Xing A., and Huang S.*, 1994. "Predicting the permeability function for unsaturated soil using the soil-water characteristic curve," Canadian Geotechnical Journal, 31, 533–546.
- Fredlund D.G. and Xing A.*, 1994. 'Equations for the soil-water characteristic curve'. Canadian Geotechnical Journal, vol 31, pp521-532.
- Freeze R.A. and Cherry J.A.*, 1979. Groundwater. Prentice Hall.
- French, H.M.*, 1996, The Periglacial Environment, (Second edition), Longman, Harlow, 341 p.
- Gardner W.R.*, 1958. "Some steady state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table," Soil Science, 85, No. 4, 228–232.
- Garnier BJ, Ohmura A.* 1970. The evaluation of surface variations in solar radiation income. Solar Energy 13: 21–34.
- Geophys. Res.*, 108, 8851, doi: 10.1029/2002JD003296.
- Gogu C.R.* 2014. Soluții viabile în hidrogeologie urbană. Editura Conspress, București.
- Granger RJ, Gray DM.* 1989. Evaporation from natural non-saturated surfaces. Journal of Hydrology 111: 21–29.
- Granger RJ, Pomeroy JW.* 1997. Sustainability of the western Canadian boreal forest under changing hydrological conditions - 2- summer energy and water use.
- Gray, D. M., and Prowse, T. D.* 1992. "Snow and Floating Ice," in *Handbook of Hydrology*, D. R. Maidment, ed., McGraw-Hill, Inc., New York: 7.1-7.58.
- Gray, D., and D. Male*, eds. 1981. Handbook of snow. Pergamon Press, Willowdale, Ontario, 776 pp.
- Gray, D.M., Toth, B., Zhao, L., Pomeroy, J.W., Granger, R.J.*, 2001. Estimating areal snowmelt infiltration into frozen soils. Hydrological Processes, 15, 3095-3111.
- Harlan R.L.*, 1973. Analysis of coupled heat fluid transport in partially frozen soil. Water Resources Research, 9:1314-1323.
- Ho P.G.*, 1979. The prediction of Hydraulic Conductivity from Soil Moisture Suction Relationship. B.Sc. Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada.
- Horst, S.P. Oncley, J.B. Basara, and P.D. Blanken*, 2006: Description and Evaluation of the Characteristics of the NCAR High-Resolution Land Data Assimilation System. J. Appl. Meteorol. and Climatology, 2006, vol. 46, 694-713.
- Ifjaz Ahmed, M., Vaithyanathan, V., Rajasekhar Reddy, M.* - Panchromatic and Multispectral Image Fusion Using IHS and GHS Techniques, International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973-4562, Vol. 8, No. 20 (2013).
- Increasing Uncertainty, Rosjberg D, Boutayeb N, Gustard A, Kundzewicz Z, Rasmussen P* (eds.) IAHS Publ No. 240. IAHS Press: Wallingford, UK; 243–250.
- Jacob D., Petersen J., Eggert B., Alias A., Christensen O. B., Bouwer L. M., ... & Yiou P.*, 2014, EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. Regional Environmental Change, 14(2), 563-578.
- Jackson R.A.*, 1972. "On the calculation of hydraulic conductivity," Soil Science Society of American Proceedings, 36, 380–383.
- Julien, P.Y., B. Saghaian and F.L. Ogden*, 1995: Raster-based hydrological modeling of spatially-varied surface runoff. Water Resour. Bull., AWRA, 31(3), 523-536.
- Kane DL, Stein J*, 1983. Water movement into seasonally frozen soils. Water Resources Research, 19:1547-1557.
- Kang K and Merwade V.*, 2011 .Development and application of storage-release based distributed hydrologic modeling using GIS; *J. Hydrol.* **403**, pp. 1–13.
- Kang, K., Lee, J.H.* 2014. Hydrologic modeling of the effect of snowmelt and temperature on a mountainous watershed. Journal of Earth System Science 123, no.4, pp.705-713.
- Key, J.R., J. B. Collins, C. Fowler, and R. S. Stone* (1997) High-latitude surface temperature estimates from thermal satellite data. Remote Sensing of Environment, 1997. 61(2), pp. 302-309.

- Kunze R.J., Uehara G., and Graham K., 1968. "Factors important in the calculation of hydraulic conductivity," Soil Science Society of America Proceedings, 32, 760–765.
- Lam L., Fredlund D.G. and Barbour S.L., 1987. 'Transient seepage model for saturated-unsaturated soil systems: a geotechnical engineering approach'. Canadian Geotechnical Journal, vol 24, pp565-580.
- Leavesley G.H, Lichty RW, Troutman BM, Saindon LG. 1983. Precipitation-runoff modelling system: user's manual. Report 83–4238 US Geological Survey Water Resources Investigations; 207.
- Levesque E., Anctil F., Griensven A.V., Beauchamp N., 2010. Evaluation of Streamflow simulation by SWAT model for two small watersheds under snowmelt an rainfall.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler, and J.L.H. Paulhus. 1982. Hydrology for engineers (3nd ed.). McGraw-Hill Book Co., NY.
- Liteanu E., 1952. Geologia zonei oraşului Bucureşti. Com.Geol., Stud. tehn., econ., E 1, Hidrogeologie, 83 p., Bucureşti.
- Liu, Y. *si al.* Advancing data assimilation in operational hydrologic forecasting: progresses, challenges, and emerging opportunities. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 2012, vol. 9, 3415–3472.
- Lundin L.C, 1990. Hydraulic properties in an operational model of frozen soil. Journal of Hydrology, 118: 289-310.
- Marks, D.J., Domingo, D., Susong, T., Link, and D. Garen. 1999. A spatially distributed energy balance snowmelt model for application in mountain basins. Hydrol. Process. 13:1953-1959.
- Marks D, Kimball J, Tingey D, Link T. 1998. The sensitivity of snowmelt processes to climate conditions and forest cover during rain-on-snow: a case study of the 1996 Pacific Northwest flood. Hydrological Processes 12: 1569–1587.
- Martinec, J., Rango, A. & Major, E., 1983: The Snowmelt-Runoff Model (SRM) User's Manual. NASA Reference Publ. **1100**, Washington, D.C., USA.
- Martinec, J., Rango, A. & Roberts, R. 1994 The Snowmelt Runoff Model (SRM) User's Manual (ed. by M. F. Baumgartner). *Geographica Bernensia*, **P 29**, Department of Geography, Univ. of Berne, Berne, Switzerland.
- Meyer, P., K.I. Itten, T. Kellenberger, S. Sandmeier and R. Sandmeier (1993) Radiometric corrections of topographically induced effects on Landsat TM data in an alpine environment. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 48, pp. 17–28.
- Micu, D., Micu, M., 2006, Winter temperature trends in the Romanian Carpathians - a climate variability index, Analele. Universitatii de Vest Timisoara, GEOGRAFIE, XV, 141-158.
- Mitchell, K. (2005) The community Noah land-surface model (LSM), user's guide, public release version 2.7.1. NCEP/EMC, USA.
- Moradkhani, H. Investigating the impact of remotely sensed precipitation and hydrologic model uncertainties on the ensemble streamflow forecasting. Geophys. Res. Lett. 2006, 33, L12107.
- Moradkhani, H.; Hsu, K.; Hong, Y.; Sorooshian, S. Hydrologic Remote Sensing and Land Surface Data Assimilation. Sensors 2008, 8, 2986-3004; DOI: 10.3390/s8052986.
- Multihac V. 1990. Structura geologic a României. Editura Tehnică, Bucureşti.
- Nagler, T. and H. Rott (2000) Retrieval of wet snow by means of multitemporal SAR data. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 38(2), pp. 754-765.
- Neitsch S L, Arnold J G, Kiniry J R, Williams J R and King K W, 2002. Soil and Water Assessment Tool – Theoretical Documentation (version 2000). Temple, Texas: Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service, Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station.
- Ng C.W.W. and Shi Q., 1998. 'A numerical investigation of the stability of unsaturated soil slopes subject to transient seepage'. Computers and Geotechnics. Vol 22, No.1, pp1- 28.
- Niculescu Gh., Velcea, I., 1973. Judeţul Prahova. Judeţele Patriei, Institutul de Geografie.
- Niu, G.-Y., *et al.* (2011), The community Noah land surface model with multiparameterization options (Noah-MP): 1. Model description and evaluation with local-scale measurements, J. Geophys. Res., 116, D12109, doi: 10.1029/2010JD015139

Niu, G.-Y., Z.-L. Yang, R. E. Dickinson, L. E. Gulden, and H. Su, 2007: Development of a simple groundwater model for use in climate models and evaluation with Gravity Recovery and Climate Experiment data, *J. Geophys. Res.*, 112, D07103, doi: 10.1029/2006JD007522.

Niu, G.-Y., and Z.-L. Yang. The effects of canopy processes on snow surface energy and mass balances, *J. Geophys. Res.*, 2004, vol. 109, D23111, doi: 10.1029/2004JD004884.

Ogden, F.L., 1997: CASC2D Reference, Manual. Dept. of Civil and Environ. Eng. U-37, U. Connecticut, 106 pp.

Pandele A., Radu E., 2006. Considerations regarding the hydrogeological and hydrochemical characteristics of some springs in Bușteni area, Bucegi Mountains (Romania). Conference on Water Observation and Information System for Decision Support – BALWOIS 2006, 23-26 may 2006, Ohrid, Republic of Macedonia. Abstracts pag.186, ISBN 9989 – 9594 – 1 – 2; publicată în extenso pe CD.

Pandele A.M. 2002. "Modelarea proceselor de transport al poluanților în conul aluvionar Prahova-Teleajen". Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții București.

Paterson W.S.B. 1994. The Physics of Glaciers, Third Edition, Elsevier, Oxford, New York and Tokyo.

Patrulius, D., Gherasi, N., Sandulescu, M., Popescu, I., Popa, E., Brandabur, T., 1967. Harta geologică a României, scara 1:200.000, foaia Brașov, Institutul de Geologie București.

Patrulius D. 1969. Geologia masivului Bucegi și a culoarului Dâmbovicioara. Editura Academiei RSR.

Peck, E.L. 1972. "Snow Measurements Predicament. *Water Resources Research*, vol 8, 244-248.

Peterson, J. R. & Hamlet, J. M. (1998) Hydrologic calibration of the SWAT model in a watershed containing fragipan soils. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 34(3), pp. 531–544.

Priestley CHB, Taylor RJ. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review* 100: 81–92.

Pomeroy JW, Li L. 2000. Prairie and Arctic areal snow cover mass balance using a blowing snow model. *Journal of Geophysical Research* 105: 26619–26634.

Potts D.M. and Zdravkovic L., 1999. Finite element analysis in geotechnical engineering: Theory. Thomas Telford.

Radu E., Milea Al., Bretotean M., Pandele A. 2004. Aspecte teoretice și practice ale dimensionării zonelor de protecție sanitară și a perimetrului de protecție hidrogeologică pentru captările de izvoare. Studiu de caz: captările Valea Comorilor I, Valea Comorilor II și Valea Urlătoarea Mică II, zona Bușteni, jud. Prahova. Conf. Stiintifică Anuală a INHGA, Buc., 4-6 octombrie 2004; Abstracte pg.30.

Radu E., Milea Al., Bretotean M., Pandele A., Radu C., 2006. Particularități ale dimensionării zonelor de protecție sanitară și a perimetrului de protecție hidrogeologică ale unor izvoare din zona Bușteni, jud. Prahova. IGR-100 The 100-th Anniversary Symposium of the GEOLOGICAL INSTITUTE OF ROMANIA 19-20 june 2006; publicată în An. Inst. Geol. Rom, ISSN 0250-2933, vol.74, pag.179-182, București.

Reichle, R.H.; Koster, R.D. Global assimilation of satellite surface soil moisture retrievals into the NASA Catchment land surface model. *Geophys. Res. Lett.* 2005, 32.

Reichle, R. H. Data assimilation methods in the Earth sciences. *Advances in Water Resources*, 2008, vol. 31, 1411–1418.

Sandu, I., Pescaru, V., Poiana, I., Geicu, A., Cîndea, I., Tâstea, D., 2008, Clima României, Editura Academiei Române, Bucuresti, 365 p.

Schweizer J, Jamieson B, Schneebeli M 2003 Snow avalanche formation *Reviews of Geophysics* 41 4 2-25.

Seibert, J. and McDonnell, J. J., 2010. Land-cover impacts on streamflow: a change-detection modelling approach that incorporates parameter uncertainty, *Hydrolog. Sci. J.*, 55, 316–332.

Seibert J., Vis J.P., 2012. Teaching hydrological modeling with a user – friendly catchment – runoff – model software package.

Stahli M., Jansson P.E., Lundin L.C. 1996. Preferential water flow in a frozen soil a two-domain model approach. *Hydrological Processes*, 10: 1305-1316.

Statistica IKAR - CISA - ICAR 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011.

- Solberg, R., Koren, H., Amlien, J., Malnes, E., Schuler, D.V. and Orthe, N.K. (2010) The development of new algorithms for remote sensing of snow conditions based on data from the catchment of Øvre Heimdalsvatn and the vicinity. *Hydrobiologia*, 642, pp. 35–46.
- Solberg, R., J. Amlien, and H. Koren (2006) A review of optical snow cover algorithms. Norwegian Computing Center Note, no. SAMBA/40/06.
- Small, D. (2011) Flattening gamma: Radiometric terrain correction for SAR imagery. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 40(8), pp. 3081-3093.
- Șerpescu I, Radu E., Gogu C.R., Boukhemacha M.A., Găitanaru D., Bica I., 2013. 3D Geological model of Bucharest city quaternary deposits, 1-7. In *International Multidisciplinary Scientific GeoConferences (SGEM)*. DOI:10.5593/SGEM2013/BA1.V2/S02.001.
- Tarboton, D.G., T.G. Chowdhury, and T.H. Jackson. 1995. A spatially distributed energy balance snowmelt model. In *Biogeochemistry of seasonally snow-covered catchments (proceedings of Boulder symposium)*. Int. Assoc. Hydrol. Sci. Pub. No. 228, 141-155.
- Thirel, G.; Salamon, P.; Burek, P.; Kalas, M. Assimilation of MODIS Snow Cover Area Data in a Distributed Hydrological Model Using the Particle Filter. *Remote Sens.* 2013, vol. 5, 5825-5850; doi: 10.3390/rs5115825.
- Tricart, J., 1967, *Le Modelé des Régions Périglaciaires*, SEDES, Paris, 512 p.
- Tuinea, P., Becheanu, Viorica, Sararu, L. (1997), Thermal regime tendencies of winters in Bucharest – a climate variability index, *RRGG-Géogr.*, 41, p. 111-119.
- Tyler S. W. and Wheatcraft S. W. 1989. Application of fractal mathematics to soil water retention estimation. *Soil Science Society American Journal*, 53(4), 987-996.
- Urdea, P., 2000, The geomorphological risk in Transfagarasan highway area, *Studia geomorphologica Carpatho-Balcanica*, XXXIV, 113-124.
- USDA, 2004. *Snowmelt*, National Engineering Handbook.
- US Army Corps of Engineers, 1998. *Runoff from Snowmelt*. Departament of the Army, Washington DC.
- Vereecken H., Maes J., Feyen J. and Darius P. 1989. Estimating the soil moisture retention characteristic from texture, bulk density, and carbon content. *Soil Science*, 148(6), 389-403.
- Users' Guide to HRLDAS*, Version 0.5, Sep 2012
- VOICULESCU, M. & ARDELEAN, F. 2012. Snow avalanche - disturbance of high mountain environment. Case study - the Doamnei glacial valley The Fagaras Massif-Southern Carpathians, Romanian Carpathians. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7, 95-108.
- VOICULESCU, M., ARDELEAN, F., ONACA, A. & TÖRÖK-OANCE, M. 2011. Analysis of snow avalanche potential in Bâlea glacial area - Fagaras massif, (Southern Carpathians - Romanian Carpathians). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 55, 291-316.
- Voiculescu, M., Ardelean, F., Onaca, A., Török-Oance, M., 2011, Analysis of snow avalanche potential in Bâlea glacial area – Fagaras massif (Southern Carpathians).
- Voiculescu, M., Popescu, F., 2011. The management of Snow avalanches in the Ski Areas in Southern Carpathians. Case study: Fagaras massif and Bucegi Mountains, in (edit. Zhelezov, G.) *Sustainable Development in Mountain Regions: Southeastern Europe*, Springer, pp. 103-120.
- Wang, X. & Melesse, A. M., 2005. Evaluation of the SWAT model's snowmelt hydrology in a northwestern Minnesota watershed. *Trans. Am. Soc. Agric. Engrs* 48(4), pp. 1359–1376.
- Wigmosta, M.S. L.W. Vail and D.P. Lettenmaier, 1994: A distributed hydrology- vegetation model for complex terrain. *Water Resour. Res.*, 30(6), 1665-1679.
- Wigmosta, M.S. and D.P. Lettenmaier, 1999: A comparison of simplified methods for routing topographically driven subsurface flow. *Water Resour. Res.*, 35(1), 255-264.
- Wilson, W. 1941. An outline of the thermodynamics of snowmelt. *Trans. AGU*, 182-195.
- Work, R. A., Stockwell, H. J., Freeman, T. G., and Beaumont, R. T. 1965. "Accuracy of Field Snow Surveys, Western United States, Including Alaska," Technical Report 163, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, NH.
- Yang, Z.-L., and G.-Y. Niu. The versatile integrator of surface and atmosphere processes (VISA) part I: Model description, *Global Planet. Change*, 2003, vol. 38, 175–189, doi: 10.1016/S0921-8181.

Zhang, X., Srinivasan, R., Debele, B. & Hao, F., 2008. Runoff simulation of the headwaters of the Yellow River using the SWAT model with three snowmelt algorithms. *J. Am. Water Resour. Assoc.* **44**(1), pp. 48–61.

Zhao L, Gray D.M., Male D.H. 1997. Numerical analysis of simultaneous heat and mass transfer during infiltration into frozen ground. *Journal of Hydrology*, 200: 345-363.

Zhao L. and Gray D. M (1999) "Estimating Snowmelt Infiltration into Frozen Ground," *Hydrological Processes*, Vol. 13, No. 12-13, pp. 1827-1842.

*** Atlasul Cadastrului Apelor din România. Partea 1. Date morfo-hidrografice asupra rețelei hidrografice de suprafață. Ministerul Mediului, 1992.

*** Geografia României. Institutul Național de Statistică București, 1987.

*** Hartă Geologică 1: 200.000. Notă introductivă. Comitetul de Stat al Geologiei. Institutul Geologic Român (IGR), 1976.

*** Plan Urbanistic General (P.U.G.) orașul Bușteni. Studii de Fundamentare. Consiliul Local al Orașului Bușteni, 2009.

*** Site Administrația Națională de Meteorologie (ANM)

Sursă link: http://www.meteoromania.ro/anm/?page_id=114

*** Site Administrația Națională Apele Române (ANAR)

Sursă link: (<http://www.rowater.ro/daarges/sgailfov/default.aspx>)

*** Administrația Lacuri, Parcuri și Agreement București (ALPAB)

Sursă link: <http://www.alpa.ro/>

LISTA DE ACRONIME

ANCS	Autoritatea Nationala pentru Cercetare Stiintifica
ASAR	Advanced Synthetic Aperture Radar
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5
DEM	Digital Elevation Model
EO	Earth Observation
ESA	European Space Agency
FSC	Fractional Snow Cover
GIS	Geographic Information Systems
GPS	Global Positioning System
HR	High Resolution
HRLDAS	Sistemul de Asimilare a Datelor de Inalta Rezolutie
IR	Infrared
LC	Land Cover
LSM	Land Surface Model
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MWS	Multi-Sensor/Multi-Temporal Wet Snow
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIR	Near-infrared
NR	Norsk Regnesentral
NWSRFS	National Weather Service River Forecast System
OLCI	The Ocean Land Colour Instrument
OWS	Optical Wet Snow
PSC	Comitetul de Conducere a Proiectului
RCPs	Representative Concentration Pathways
ROFFG	Romanian Flash Flood Guidance System
RS	Remote Sensing
SAR	Synthetic-Aperture Radar
SCE	Snow Cover Extent Area
SGEM	International Multidisciplinary Scientific GeoConferences
SGS	Snow Grain Size
SLSTR	Sea Land Surface Temperature Radiometer
SPOT	Satellite for observation of Earth
SSW	Snow Surface Wetness
STG	Scientific and Technical Group
STS	Snow Surface Temperature
SW	Snow Wetness
SWCC	Soil Water Characteristic Curve
SWE	Snow Water Equivalent
SWS	SAR Wet Snow
TDR	Time-Domain Reflectometer
USGS	U.S. Geological Survey
UTCB	Technical University of Civil Engineering
UTM	Universal Transverse Mercator
VHR	Very-High Resolution

LIVRABILE

SE APROBA,	AVIZAT,
Director general	DIRECTOR ECONOMIC,
Dr. Ion SANDU	Margareta MATEESCU

**PROCES VERBAL DE AVIZARE INTERNA A LUCRARILOR DE CERCETARE-DEZVOLTARE SI INOVARE-
P V A I**

Comisia de avizare constituita prin Decizia nr. 101 / din 6.08.2012 luand in examinare lucrarile efectuate de UMP SnowBall la proiectul “*Integrarea datelor de teledetectie, din modelare si in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zapada si a hazardelor asociate in perspectiva schimbarilor climatice*” (SnowBall), in cadrul etapei nr. I, care fac obiectul contractului nr. 19SEE/30.06.2014 incheiat cu Ministerul Educației Naționale, a constatat urmatoarele:

- a) Lucrarile executate corespund clauzelor contractuale;
- b) Toate documentele necesare efectuării plății există și sunt corect întocmite;
- c) Concluziile lucrării, principalele rezultate obținute și datele privind efectuarea cheltuielilor sunt prezentate în Raportul anual de activitate și în documentele sale însoțitoare;
- d) Planificarea activităților și resurselor aferente realizării etapei următoare de derulare a proiectului, prezentată în Raportul anual de activitate, este corespunzătoare realizării obiectivelor propuse și în concordanță cu prevederile contractului;
- e) Cota de cofinanțare privată realizată în etapa de execuție curentă este de 0 lei.

Comisia avizează **FAVORABIL** lucrarile și documentele și considera că pot fi prezentate pentru evaluare la Ministerul Educației Naționale.

COMISIA DE AVIZARE

FUNCTIA IN COMISIE	NUME SI PRENUME	SEMNATURA
PRESEDINTE	Stancalie Gheorghe	
MEMBRII	Diamandi Andrei	
	Bojariu Roxana	
	Lucaschi Bogdan	
SECRETAR	Baghina Nina	

Nr. Inreg.:

PROCES VERBAL DE RECEPTIE A LUCRARILOR DE CERCETARE-DEZVOLTARE

Încheiat azi 27.11.2014 între directorul proiectului ***Integrarea datelor de teledetectie, din modelare si in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zapada si a hazardelor asociate în perspectiva schimbarilor climatice - SnowBall***, contract nr. 19SEE/2014, Dr. Gheorghe STANCALIE si Responsabilul de proiect din partea partenerului cu ocazia predarii lucrarilor efectuate de partenerul nr., în cadrul etapei nr. 1, care fac obiectul Acordului de parteneriat încheiat cu Administratia Nationala de Meteorologie (ANM) în 5.06.2014, se constata urmatoarele:

- a. Lucrarile executate corespund clauzelor contractuale;
- b. Toate documentele necesare efectuarii platii exista si sunt corect întocmite;
- c. Concluziile lucrarii, principalele rezultate obtinute si datele privind efectuarea cheltuielilor se vor integra în Raportul intermediar de activitate si în documentele sale însoţitoare de catre Coordonatorul de proiect prin directorul de proiect.

Se enumera urmatoarele neconformitati si modul lor de rezolvare (daca este cazul)

Numele si prenumele, semnatura Directorului de proiect

Dr. Gheorghe STANCALIE

Numele si prenumele, semnatura Responsabilului de proiect al Partenerului P