

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC Nr. 2

Contract nr. 19SEE/30.06.2014

Denumirea Proiectului: Integrarea datelor de teledeteție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zăpadă și a hazardelor asociate în perspectiva schimbărilor climatice (SnowBall).

Perioada acoperita: 1.12.2014 - 31.12.2015 **Etapă (nr.):** II **Data prezentării:** **29.01.2016**

Elaborat de:

Contractor: Administratia Nationala de Meteorologie

Reprezentant autorizat: **Poziție:** Director General
Nume și prenume: Dr. SANDU Ion
Semnatura:

Director Economic: Nume și prenume: MATEESCU Margareta
Semnatura:

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

Declarăm, pe proprie răspundere, că datele furnizate prin prezentul Raport de activitate sunt reale și că toate cheltuielile s-au efectuat, atât din resursele de la bugetul Programului cât și, după caz, din cofinanțare privată, 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 dispoziția Autorității Contractante documentele primare de înregistrare.

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC Nr. 2

ETAPA DE EXECUȚIE NR. 2

TITLU PROIECT: Integrarea datelor de teledetecție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zăpadă și a hazardelor asociate în perspectiva schimbărilor climatice (SnowBall).

CUPRINS

1. Obiective generale	4
2. Obiectivele etapei de execuție	4
3. Rezumatul etapei	6
4. Descrierea științifică și tehnică	15
5. Anexe	87
6. Concluzii	122
7. Bibliografie	131
Lista de Acronime	136

1. OBIECTIVE GENERALE

Obiectivul general al proiectului:

Explorarea și dezvoltarea unei metodologii în sprijinul dezvoltării unui viitor serviciu care să ofere autorităților naționale, dar și publicului larg, informații consistente în timp cvasi real, pentru supravegherea caracteristicilor spațio-temporale stratului de zăpadă și a hazardelor asociate (inundații provocate de topirea bruscă a zăpezii și avalanșe), în condițiile climatului prezent și viitor, pe baza datelor de observare măsurate in-situ și a celor furnizate de sateliți.

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

Obiectivele proiectului:

- Îmbunătățirea rezoluției spațiale și temporale a măsurătorilor parametrilor de zăpadă, in-situ (WP2).
- Dezvoltarea de algoritmi și punerea în aplicare a unui sistem prototip de monitorizare pentru zăpadă prin combinarea datelor: Sentinel-1/-3 prin satelit, de la stațiile de date meteorologice și de modelare hidrologică pentru estimarea parametrilor de zăpadă (WP3).
- Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra resurselor legate de zăpadă și pericole (WP4).
- Definirea și testarea unei metodologie de încredere pentru componenta ciclului hidrogeologic de infiltrare din topire a zăpezilor (WP5).
- Dezvoltarea și implementarea unei proceduri de asimilare de date pentru ajustarea stratului de zăpadă legat de parametrii de stare în cadrul modulului de prognoză hidrologică (WP6).
- Dezvoltarea metodelor de detectare avalanșă, modelare, și de evaluare a riscurilor (WP7).

2. OBIECTIVELE ETAPEI DE EXECUȚIE

WP1 Management:

Activitatea 1.1. Managementul Proiectului

WP2 Măsurarea in-situ a parametrilor stratului de zăpadă

Activitatea 2.1. Proiectarea și implementarea unor noi instrumente și echipamente de măsurare a parametrilor stratului de zăpadă (grad de realizare 100%);

Activitatea 2.2. Observarea și măsurarea parametrilor stratului de zăpadă (grad de realizare 40%);

Activitatea 2.3. Crearea și configurarea bazei de date spațiale integrate în mediu GIS (grad de realizare 100%);

Activitatea 2.4. Elaborarea de produse folosind baza de date spațiale (grad de realizare 40%).

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

Activitatea 3.1. Algoritm bazat pe date de la un singur canal spectral adaptat la Sentinel (grad de realizare 100%);

Activitatea 3.2. Algoritm și produsul multi-sensor/multi-temporal de zăpadă umedă - MWS (grad de realizare 35%);

Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zăpadă în NOAH (grad de realizare 55%).

WP4 Impactul schimbărilor climatice asupra hazardelor legate de zăpadă

Activitatea 4.1. Variabilitatea și schimbările climatice ale stratului de zăpadă și impactul asociat (grad de realizare 55%);

Activitatea 4.2. Variabilitatea și schimbările din domeniul inundațiilor rapide produse cu contribuția topirii zăpezii asociat (grad de realizare 40%);

Activitatea 4.3. Variabilitate și schimbări în statistica avalanșelor (grad de realizare 55%).

WP5 Modelarea realimentării acviferelor din topirea zăpezii

Activitatea 5.1. Evaluarea infiltrației din topirea zăpezii în zona nesaturată (grad de realizare 95%);

Activitatea 5.2. Modelarea acviferelor (grad de realizare 95%).

WP6 Asimilarea parametrilor stratului de zăpadă în Sistemul Național de Prognoză și Avertizare a Viiturilor

Activitatea 6.1. Actualizarea hărții acoperirii/utilizării terenului pentru zona de studiu, utilizând imagini satelitare de rezoluție fină (grad de realizare 100%);

Activitatea 6.2. Proiectarea algoritmilor și metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică (grad de realizare 100%);

Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică (grad de realizare 55%).

WP7 Registrul avalanșelor și hărțile de hazard

Activitatea 7.1. Dezvoltarea algoritmilor de detectare a avalanșelor (grad de realizare 100%);

Activitatea 7.2. Algoritm de detectare a schimbării pe baza imaginilor Sentinel-1 și Sentinel 2 (grad de realizare 25%);

Activitatea 7.3. Simularea avalanșelor (grad de realizare 40%).

WP8 Promovare și Diseminare

Activitatea 8.1. Site-ul web al proiectului (grad de realizare 55%);

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

Activitatea 8.3. Acțiuni de diseminare și instruire (grad de realizare 45%).

3. REZUMATUL ETAPEI

WP1 Management

Activitatea 1.1. Managementul Proiectului

Asigurarea calității, luarea deciziilor și managementul proiectului au fost realizate prin luarea următoarelor măsuri: întâlniri de lucru via Skype, întâlniri ale grupurilor de lucru, comunicare prin internet între parteneri.

Întâlnire anuală a Proiectului 19 SEE/30.06.2014 SnowBall a avut loc la Universitatea de Vest din Timișoara, în data perioada 26 – 28 octombrie 2015. În cadrul întâlnirii a avut loc și ședința Comitetului de Conducere a Proiectului (Steering Committee) care a analizat stadiul de implementare al proiectului în concordanță cu planul de activități și au fost discutate problemele care pot afecta îndeplinirea obiectivelor proiectului. A fost verificat și actualizat Planul de Management al proiectului și au fost discutate ultimele instrucțiuni primite de la autoritatea contractantă, privind verificarea cheltuielilor suportate la nivel de proiect și realizarea indicatorilor din cadrul Raportului Științific și Tehnic anual 2015.

Administrația Națională de Meteorologie din România ca promotor al proiectului a continuat să asigure în cursul anului 2015 un management concret și eficient al proiectului, care a cuprins probleme administrative și financiare, de comunicare cu ministerul de resort precum și de exploatare a rezultatelor obținute.

WP2 Măsurarea in-situ a parametrilor stratului de zăpadă

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

A fost realizată versiunea 2 a prototipului pentru măsurarea temperaturii în stratul de zăpadă și are următoarele caracteristici:

- autonomie (din punctul de vedere al alimentării cu energie și al comunicațiilor);
- modularitate (se pot conecta toate traductoarele necesare, în configurații diferite);
- scalabilitate (se pot folosi platforme de dezvoltare pe 8 sau 32 bits).

Prototipul a fost realizat și testat în laborator; funcționarea este conformă specificațiilor. Două puncte de măsură sunt instalate în teren.

Stațiile mobile realizate au fost supuse testării în condiții reale pe platforma meteorologică experimentală Băneasa a Administrației Naționale de Meteorologie. A fost verificat comportamentul în funcționare a traductorilor folosiți pentru măsurarea următorilor parametri meteorologici care caracterizează și influențează evoluția stratului de zăpadă: temperatura solului măsurată pe 6 nivele de adâncime; temperatura stratului de zăpadă pe 5 nivele prestabilite; temperatura și umiditatea zăpezii pe nivele discrete; înălțimea stratului de zăpadă; temperatura la suprafața stratului de zăpadă și temperatura aerului.

Instalarea echipamentelor mobile de achiziție a datelor a debutat în două site-uri reprezentative: platformele stațiilor meteo Joseni și Târgu Secuiesc. Traductorii au fost distribuiți pe două sisteme de achiziție a datelor (datalogger-e), în două variante constructive pentru suport: 5 traductori pentru măsurarea profilului de temperatură a zăpezii, un traductor ultrasonic pentru măsurarea înălțimii stratului de zăpadă, 2 traductori pentru măsurarea temperaturii și umidității zăpezii pe nivele discrete; 6 traductori pentru măsurarea profilului de temperatură a solului, un traductor pentru măsurarea în domeniul spectral infraroșu a temperaturii suprafeței stratului de zăpadă și un traductor ultrasonic pentru măsurarea înălțimii stratului de zăpadă.

Rezultatele obținute până la această dată prin utilizarea stațiilor mobile relevă că sistemele utilizate au un grad de fiabilitate bun la nivel hardware. Pentru instalările ulterioare din locațiile selectate se are în vedere reconfigurarea distribuției traductorilor în concordanță cu specificul climatic al arealului și relevanța datelor de interes.

Activitatea 2.2. Observarea și măsurarea parametrilor stratului de zăpadă

Utilizarea teledetecției pentru determinarea parametrilor stratului de zăpadă – cum ar fi cantitatea de apă lichidă, necesită calibrarea/ validarea datelor satelitare cu măsurători in-situ, obținute de regulă în timpul campaniilor de măsurători ale proprietăților optice în spectrul vizibil și infraroșu ale stratului de zăpadă. În acest scop, se utilizează spectrometre portabile care pot măsura atât lumina reflectată în spectrul solar cât și emisia stratului de zăpadă în spectrul infraroșu.

În cadrul proiectului SnowBall, au fost prevăzute mai multe campanii de măsurători ale proprietăților stratului de zăpadă printre care și măsurători ale proprietăților optice ale zăpezii în spectrul solar și infraroșu. În luna martie 2015 a avut loc prima campanie de măsurători ce s-a desfășurat în zona Sinaia (Vârful cu Dor – Cota 1500), Babele și Poiana Brașov. Au fost efectuate măsurători atât de către ANM cât și de către NR, cu spectrometrul DSR (StellarNet) și respectiv cu spectrometrul FieldSpec Pro FR (ASD Inc.). În iarna 2016-2017, măsurătorile spectrale ale stratului de zăpadă vor continua în aceleași locații din zona test, iar datele obținute vor fi folosite în calibrarea/ validarea algoritmilor de calcul ai proprietăților stratului de zăpadă din date satelitare în domeniul optic.

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

Următoarele activități au fost derulate în etapa de proiectare și creare 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 cadrul proiectului;
- Analiza datelor spațiale necesare a fi reprezentate în geoportal;
- 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.

Baza de date geospațială include atât date recente cât și date istorice. Consorțiul implicat în dezvoltarea bazei de date GIS SnowBall s-a bazat în cea mai mare parte pe seturi de date existente. Acolo unde astfel de date nu au fost identificate 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 create de instituții ale statului; baze de date disponibile gratuit pe Internet; date produse în cadrul unor proiecte naționale la care există acces liber la date și date produse de membrii consorțiului SnowBall prin vectorizarea hărților topografice, ortofotoplanurilor, imaginilor satelitare sau prin măsurători cu receptoare GPS.

Datele vectoriale existente au fost obținute în diferite formate de fișier (ESRI Shapefile, ESRI Geodatabase, CAD), cu domenii spațiale variabile. Au fost efectuate o serie de operații pentru omogenizarea atributelor, corectarea geometrică și topologică, derivarea de straturi noi sau combinarea anumitor informații în cadrul aceluiași strat, definirea de relații între straturi și tabele, centralizarea datelor într-o bază de date.

Activitatea 2.4. – Elaborarea de produse folosind baza de date spațiale

S-au realizat seturi de date gridate zilnice, la o rezoluție spațială de 1000 x 1000 m, pentru perioada 01 octombrie 2005 - 30 aprilie 2015, pentru următorii parametri: temperatura aerului (minimă, medie și maximă); precipitațiile atmosferice; grosimea stratului de zăpadă (SD) și echivalentul de apă al stratului de zăpadă (SWE).

Procedura de interpolare spațială a datelor măsurate la stațiile meteorologice a presupus parcurgerea următoarelor etape:

- interpolarea spațială la o rezoluție spațială de 1000 x 1000m a valorilor medii multianuale (2005-2015) corespunzătoare fiecărei luni, calculate din datele extrase din baza de date climatologică;

- calcularea abaterilor zilnice/pentadice față de media lunară multianuală, pentru fiecare zi/pentadă și an din intervalul 2005-2015, și interpolarea spațială a acestora;
- obținerea seturilor de date spatio-temporale s-a realizat prin îmbinarea celor două suprafețe obținute în etapele 1 și 2.

În cazul temperaturilor, anomaliile au fost considerate ca fiind diferențele dintre valorile orare și mediile multianuale, iar în cazul precipitațiilor și stratului de zăpadă s-a utilizat raportul dintre valorile orare și climatologie. Pentru realizarea hărților cu normalele climatologice (mediile multianuale), s-a utilizat metoda de interpolare spațială Regression Kriging (RK). Pentru alegerea metodei optime aplicată în spațializarea abaterilor, au fost testate, prin aplicarea procedurii de validare încrucișată, trei metode de interpolare: multicuadratică (MQ), kriging normal (OK) și inversul distanței (IDW).

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

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

A fost prezentat algoritmul de validare al rezultatelor pentru zonele test din Norvegia și România pentru sezonul de iarnă 2015. Validarea a fost limitată la compararea cu temperaturile aerului măsurate la stațiile meteo, dar vor fi extinse la compararea cu date de apă lichidă din zăpadă ce vor fi măsurate in-situ în sezonul 2016.

Produsele de umiditatea zăpezii, obținute din date satelitare din domeniul optic (OWS) au fost generate din seriile temporale de date satelitare Terra MODIS, achiziționate în perioada 1 ianuarie – 30 iunie 2015 pentru zona test Jotunheimen din Norvegia și zonele din amonte ale bazinelor Argeș și Ialomița din România.

Hărțile OWS au în general bine corelate cu măsurătorile de temperatura aerului. Se remarcă deasemenea că rezultatele clasificărilor din hărțile OWS sunt în bună concordanță cu topografia și condițiile climatice locale, fără a fi alterate de efecte parazite de zgomot.

Hărțile SAR au fost generate din seriile temporale de date satelitare Sentinel-1 SAR (SWS) pentru zonele test din Norvegia și România din datele de 6 aprilie, 18 aprilie, 30 aprilie, 12 mai, 24 mai, 17 iunie și 29 iunie 2015.

Prin compararea hărților cu zăpadă umedă din date SAR (SWS) cu evoluția temperaturilor orare ale aerului la stațiile meteo, se poate concluziona că datele furnizate de satelitul Sentinel-1 sunt potrivite pentru cartografierea zăpezii umede în zonele montane. Utilizarea procedurilor de corecție de tip netezire gamma (flattening gamma) a terenului conduce la o reducere substanțială a efectelor induse de topografie; astfel s-au putut crea hărți cu mozaice zilnice, prin combinarea pasajelor ascendent și descendent.

Activitatea 3.2. – Algoritmul și produsul Multi-sensor / multi-temporal de zăpadă umedă - MWS

S-a dezvoltat un nou algoritm bazat pe date satelitare multi-sensor/multi-temporale pentru zăpadă umedă (MWS), care se bazează pe fuziunea datelor optice cu datele SAR într-un model nou, care simulează stările proprietăților suprafeței, pentru generarea de hărți fiabile ale umidității zăpezii. Algoritmul se bazează pe experiența partenerului norvegian NR de a combina date de la mai mulți senzori folosind modelul Modelul Markov Ascuns (Markov Model Hidden - HMM). Ideea de bază este aceea de a simula, cu un model de stare, stările prin care trece suprafața zăpezii în timpul sezonului rece. Modelul HMM este aplicat la nivel de pixel, astfel încât este modelată întreaga evoluție a fiecărui pixel din cursul sezonului rece.

Hărțile de zăpadă includ clasele tematice: zăpadă uscată, zăpadă puțin umedă, zăpadă umedă, zăpadă foarte umedă și zăpadă apoasă la care se adaugă clasele teren acoperit parțial cu zăpadă, teren fără zăpadă și nori.

Deasemenea a fost dezvoltat și s-a validat prima versiune prototip a produselor multi-sensor/multi-temporal pentru cartarea zăpezii umede. Componenta optică a algoritmului se bazează pe informații

despre proprietăților zăpezii (a stratului fracționat de zăpadă-FSC, a temperaturii suprafeței zăpezii-STS și a dimensiunii granulei de zăpadă-SGS) combinate cu măștile de nori realizate cu datele furnizate de senzorii «Ocean Land Colour Instrument (OLCI)» și «Sea Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR)» îmbarcați pe satelitul Sentinel-3. Produsul privind umiditatea zăpezii în domeniul SAR (SWS) se bazează pe date de la radarul cu apertură sintetică (SAR) îmbarcat la bordul satelitului Sentinel-1. Pentru validarea produselor MWS a fost elaborat „Planul de validare pentru produsele de evaluarea umidității zăpezii utilizând date satelitare”,

Analiza validării rezultatelor estimării umidității zăpezii din noul produs multi-sezonal/multi-temporal pare a fi foarte promițătoare, furnizând informații zilnice despre diferitele grade de umiditate a zăpezii, independent de acoperirea cu nori.

Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zăpadă în NOAH

A fost realizată proiectarea metodologiei de estimare a echivalentului de apă din stratul de zăpadă, prin fuziune de date, folosind modelul cu parametrii distribuiți NOAH, observații la stații și produse satelitare. În cadrul metodologiei, diferitele tipuri de date și informații sunt analizate comparativ, utilizând o serie de algoritmi de cros-validare automată, apoi de estimare a echivalentului în apă al stratului de zăpadă, în format grid la rezoluția de 1 km, prin parcurgerea unor etape succesive de interpolare și ajustare funcție de gradul de incertitudine asociat diferitelor tipuri de date.

Principalele etape de procesare în cadrul metodologiei de fuziune de date includ:

- a) Controlul automat de calitate al datelor de intrare:
 - Valori punctuale din observații și valori în celulele din grid din simulări ale modelului de zăpadă și produse satelitare;
 - Ca rezultat al acestei etape, toate datele disponibile vor fi clasificate în 3 categorii, pe baza rezultatelor testelor de validare/control de calitate: foarte bune, bune, acceptabile, iar toate valorile care nu trec testele de validare vor fi considerate date lipsă;
 - Testele se vor aplica atât pe ultimele valori cât și pe variația relativă față de valorile din ziua anterioară.
- b) Etapa generală de procesare, având ca obiectiv estimarea valorilor cele mai probabile, prin analiza iterativă a grupurilor de celule asociate diferitelor categorii de calitate:
 - Analiza celulelor în care cel puțin o sursă de date se afla în categoria “date foarte bune”;
 - Interpolarea valorilor estimate la pasul anterior la nivelul întregului grid;
 - Validare și ajustare rezultate interpolare folosind celulele în care cel puțin o sursă de date are valori în categoria “date bune”;
 - Validare și ajustare rezultate interpolare folosind celulele în care cel puțin o sursă de date are valori în categoria “date acceptabile”.

WP4 Impactul schimbărilor climatice asupra hazardelor legate de zăpadă:

Activitatea 4.1. Variabilitatea și schimbările climatice ale stratului de zăpadă și impactul asociat

Au fost finalizate analizele privind schimbările în grosimea stratului de zăpadă, a cantității de zăpadă și a cantității de zăpadă topită, 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. Intervalul de referință este 1971-2000. În cadrul Activității 4.1. au fost folosite la analiză rezultatele a 5 experimente numerice cu modele climatice regionale, realizate în cadrul programului EURO-CORDEX. Se observă că în condițiile de forțaj radiativ mai intens (scenariul RCP 8.5) diminuarea grosimii stratului de zăpadă, a cantității de zăpadă, precum și creșterea cantității de zăpadă topită în zonele de munte, în intervalele considerate, sunt mai mari. Acestea se accentuează și odată cu apropierea de sfârșitul secolului XXI, mai ales în cazul scenariului RCP 8.5.

Datele de intrare pentru modelul hidrologic au fost dezvoltate de Administrația Națională de Meteorologie, pornind de la experimente numerice în condițiile schimbării climatice (RCP 2.6 și RCP 8.5) cu modelul regional RCA4 (EURO-CORDEX), forțat cu câmpurile meteorologice la frontieră domeniului de la modelul global ICHEC-EC-EARTH (CMIP 5). Datele simulate cu modelul regional la rezoluția de 12,5 km au fost dezagregate spațial la rezoluția de 1 km, folosind metode geostatistice, pentru a putea fi folosite la scara bazinelor studiate și pentru a corecta diferențele dintre orografia modelului și orografia reală. Aceste date au fost analizate din perspectiva schimbării climatice în regiunea de interes a sub-bazinelor studiate.

Activitatea 4.2. – Variabilitatea și schimbările din domeniul inundațiilor rapide produse cu contribuția topirii zăpezii asociat

A fost realizată calibrarea modelului hidrologic cu simularea acumulării de zăpadă și a topirii ei pentru zona superioară a bazinelor Argeș și Ialomița. Pentru simularea scurgerii în partea superioară a bazinelor hidrografice ale râurilor Argeș și Ialomița s-a utilizat modelul hidrologic conceptual CONSUL, model dezvoltat în cadrul I.N.H.G.A. Principalele procese ploaie-scurgere considerate în modelul hidrologic sunt: acumularea și topirea stratului de zăpadă, interceptia, reținerea în depresiuni, evapotranspirația, infiltrația, percolația, scurgerea de suprafață, scurgerea hipodermică și scurgerea de bază.

Rezultatele simulărilor cu modelul CONSUL în bazinele hidrografice analizate au arătat că modelul oferă rezultatele cele mai bune în special în cazul viiturilor generate de precipitații uniform repartizate în spațiu. Abaterile dintre hidrografele de debit simulate cu modelul CONSUL și cele observate sunt datorate atât erorilor de model cât și insuficienței datelor meteorologice și hidrologice. Principala eroare este cauzată de determinarea ploii medii pe bazinul hidrografic și a distribuției temporale și spațiale variabile a acesteia.

Calibrarea parametrilor modelului hidrologic Consul s-a efectuat prin simularea celor mai importante evenimente ploaie-scurgere selectate în special în cursul tranziției de la iarnă la primăvară, din perioada de calibrare considerată, 2001-2005.

Rezultatele simulărilor cu modelul CONSUL în bazinele hidrografice analizate au arătat că modelul oferă rezultatele cele mai bune în special în cazul viiturilor generate de precipitații uniform repartizate în spațiu. Abaterile dintre hidrografele de debit simulate cu modelul CONSUL și cele observate sunt datorate atât erorilor de model cât și insuficienței datelor meteorologice și hidrologice. Principala eroare este cauzată de determinarea ploii medii pe bazinul hidrografic și a distribuției temporale și spațiale variabile a acesteia.

Activitatea 4.3. Variabilitate și schimbări în statistica avalanșelor

Au fost continuate primele analize pentru realizarea modelului empiric ce leagă caracteristicile de circulație atmosferică cu indicii ai avalanșelor. Astfel, a fost întocmită o lista cu date ale avalanșelor, începând din 1928 până în prezent. Sunt disponibile și informații asociate (de exemplu, locul, numărul de persoane surprinse, numărul de persoane decedate și sursa de informare) pentru aceste evenimente din masivele Ceahlău, Făgăraș, Bucegi, Lotru, Rodna, Retezat, Piatra Craiului, Căpățâni, Gutâi, Postăvaru, Țarcu, Vâlcan, Baiului. Cele mai frecvente avalanșe consemnate sunt în Făgăraș și Bucegi.

WP5 Modelarea realimentării acviferelor din topirea zăpezii:

Activitatea 5.1. Evaluarea infiltrației din topirea zăpezii în zona nesaturată

Au fost puse în evidență avantajele, sau dezavantajele folosirii modelelor bazate pe ecuația echilibrului energetic sau ale celor bazate pe metoda indicelui de temperatură. Astfel modelele bazate pe metoda indicelui de temperatură sunt ușor de aplicat conducând la rezultate rezonabile, dar sunt sensibile la condițiile meteo, în special la vânt și radiația solară. Pentru îmbunătățirea acestor modele și pentru creșterea acurateții rezultatelor se recomandă încorporarea vântului și a datelor despre umiditate. În cazul modelelor bazate pe ecuația echilibrului energetic acestea sunt

sensibile la erorile de estimare ale datelor de intrare tip vânt, radiație solară, albedo. Astfel o mai bună parametrizare a factorului albedo cât și a funcției de vânt, o îmbunătățire a estimării condițiilor meteorologice pot crește acuratețea rezultatelor.

Sunt deasemenea prezentate măsurătorile expediționare realizate pentru determinarea infiltrației din topirea zăpezii precum și modelul matematic de simulare a curgerii în zona nesaturată.

Activitatea 5.2. - Modelarea acviferelor

Au fost alese 3 zone de studiu reprezentative pentru care au fost descrise în detaliu condițiile geologice, hidrogeologice și climatice: 1. Zona de studiu Bolboci - Vf. Omu (bazinul superior al văii Ialomița); 2. Zona de studiu conul aluvionar Prahova-Teleajen; 3. Zona Colentina, Municipiul București.

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).

A fost elaborată structura modelului conceptual pentru relimentarea acviferelor din topirea zăpezii. În acest sens s-a realizat o schemă a proceselor și factorilor implicații privind determinarea infiltrațiilor din sol care includ: condițiile atmosferice, radiația solară globală, interceptia zonele împădurite cu zăpada și ploaia căzută, precum și pierderile din sublimare și evaporare la interfața cu pădurea, redistribuirea vântului asupra zăpezii, fenomenul de topire influențat de condițiile meteorologice dar și de căldura solului precum și fenomenul de sublimare cu trecere în stare de vapori.

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.

WP6 Asimilarea parametrilor stratului de zăpadă în Sistemul Național de Prognoză și Avertizare a Viiturilor

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

A fost elaborată metodologia care a condus la obținerea hărții actualizate a acoperirii/utilizării terenului (LC/LU) în zona de studiu din România. Metodologia constă în fuziunea datelor satelitare în vederea realizării clasificărilor, într-o primă fază, urmată de clasificările propriu-zise, utilizând trei surse de informații tematice: versiunea 2012 a bazei de date Corine Land Cover, sistemul de identificare LPIS (Land Parcel Identification System) și clasificarea supervizată și nesupervizată a imaginilor satelitare achiziționate. Accesarea și compararea unor informații recente referitoare la acoperirea/utilizarea terenului conduc la actualizarea și îmbunătățirea calității unor baze de date existente. În cadrul unui sistem GIS și prin integrarea cu ortofotoplanuri și/sau imagini satelitare, se poate realiza o mai bună gestionare și monitorizare a suprafețelor agricole și neagricole dintr-un teritoriu.

Harta actualizată a acoperirii/utilizării terenului pentru zona de studiu reprezentată de bazinele hidrografice Argeș și Ialomița este necesară pentru implementarea modelului hidrologic cu parametrii distribuiți NOAH-R, dezvoltat în cadrul pachetului de lucru WP3.

Activitatea 6.2. Proiectarea algoritmilor și metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică

A fost realizată metodologia de asimilare a parametrilor stratului de zăpadă în modelul hidrologic NWSRFS și în sistemul de estimare a riscului de producere a viiturilor rapide din România – ROFFG. Sistemele de prognoză hidrologică NWSRFS și ROFFG utilizează pentru modelarea evoluției stratului de zăpadă același model conceptual SNOW-17, iar valorile optime de echivalent în apă rezultate în urma aplicării procedurii de fuziune de date vor fi utilizate pentru asimilarea în mod specific în cadrul acestui model, pentru ajustarea parametrilor de stare.

Un aspect important care a fost luat în considerare este legat de faptul că în momentul în care se modifică valoarea echivalentului în apă al stratului de zăpadă simulat de modelul SNOW-17, în mod automat se modifică corespunzător în cadrul sistemului NWSRFS și procentul de acoperire cu strat de zăpadă la nivelul bazinului hidrografic. Această diferență de procedură internă de ajustare ține cont de faptul că pot exista variații ale curbei de epuizare a stratului de zăpadă de la un an la altul, respectiv de faptul că modelul poate utiliza o curbă de epuizare rezultată în urma procesului de calibrare care diferă semnificativ față de situația particulară de la un anumit moment dat, chiar dacă echivalentul în apă al stratului de zăpadă are o valoare apropiată de valoarea reală.

Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică

Au fost inventariate și selectate sistemele, modulele și utilitarele software necesare pentru implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modelele operative de prognoză hidrologică.

Cu ajutorul aplicațiilor software selectate a început realizarea de scripturi și programe de gestiune a operațiilor de export-import automat pentru fluxul de date, respectiv operațiile specifice de procesare pentru asimilarea parametrilor de zăpadă în modelele operative de prognoză hidrologică NWSRFS și ROFFG. În cadrul procesului de asimilare de date pentru aceste modele hidrologice operative se va realiza asimilarea directă a valorilor de echivalent de apă în stratul de zăpadă.

WP7 Registrul avalanșelor și hărțile de hazard:

Activitatea 7.1. Dezvoltarea algoritmilor de detectare a avalanșelor

S-a finalizat baza de date spațiale pentru validare din M-tii Făgăraș, obținându-se astfel primul inventar al avalanșelor pe baza imaginilor satelitare GeoEye-1. Acest set de date spațiale permite o estimare mai obiectivă a magnitudinii acestui fenomen, precum și o localizare precisă, comparativ cu datelor obținute de la persoane care au surprins avalanșe și de asemenea oferă date pe suprafețe mult mai extinse comparativ cu cele furnizate de stațiile meteorologice. Inventarul avalanșelor obținut reprezintă o premieră pentru Carpații Românești și totodată primul exemplu de utilizare a imaginilor GeoEye în analiza avalanșelor. Acesta demonstrează faptul că avalanșele din Carpați sunt mult mai numeroase decât se știa anterior, iar imaginile de teledetecție joacă un rol important în dezvoltarea unor baze de date spațiale consistente și care să acopere întreaga suprafață a ariilor montane în România.

A fost finalizat și validat algoritmul pentru detectarea avalanșelor pe baza imaginilor optice de înaltă rezoluție spațială (HR) și de foarte înaltă rezoluție spațială (VHR).

Partea esențială a algoritmului de detecție a avalanșelor implică analiza de textură pentru a distinge depozitele de zăpadă ce constituie avalanșe de alte tipuri de acoperire a terenului, cum este stratul de zăpadă nederanjată de avalanșe, stratul de zăpadă afectat de procese de vânt, copaci, roci. Caracteristica texturii zăpezii din depozitele de avalanșă este extrasă prin combinarea imaginii cu un set de 12 filtre multidirecționale și multi-scară. Șase din acestea sunt orientate în aceeași direcție cu aspectul (derivat din DEM) și șase sunt orientate vertical. Motivul utilizării filtrelor verticale este acela că experimentele anterioare au indicat că acestea oferă informații utile pentru a separa pădurea de depozitele de avalanșă

Algoritmul propus a fost testat cu date sateliare de foarte înaltă rezoluție spațială (40 – 60 cm): QuickBird, WorldView-1 și GeoEye-1.

Algoritmul propus a identificat bine (pana la 87% din avalanșe), pe imaginile test. Erorile de detectie a avalanșelor se datoreaza condițiilor fizico - geografice diferite de la un areal la altul precum și cele din momentul achiziției imaginii satelitare. Pentru a compensa acest neajuns există posibilitatea mării numărului de filtre din arhivă, de preferat cu filtre extrase din datele reale. De asemenea, delimitarea arealelor cu probabilitate mare de producere a avalanșelor, realizată în mediul GIS utilizând analiza multicriterială a factorilor, standardizați cu ajutorul funcțiilor fuzzy, poate furniza un strat tematic, specific fiecărei regiuni studiate, ce poate fi integrat în algoritmul de detectare al avalanșelor în vederea reducerii erorilor de supraestimare.

Activitatea 7.2. – Algoritm de detectare a schimbării pe baza imaginilor Sentinel-1 și Sentinel 2

S-au stabilit metodologia și etapele de dezvoltarea ale algoritmului de detectare a schimbărilor în imagini satelitare, fiind selectate imaginile din arhive și realizându-se corecțiile asupra imaginilor test. A fost testată abilitatea de a cartea a algoritmului pe un set de imagini Sentinel-1 și Radarsat-2 în arealele montane din Norvegia. Rezultatele preliminare au arătat că prin utilizarea acestui algoritm au fost detectate majoritatea avalanșelor din imagini, cu unele false detectări, dar limita acestora nu este întotdeauna corespunzătoare cu cea realizată de către experți.

Activitatea 7.3. – Simularea avalanșelor

În cadrul activității de simulare a traiectoriilor avalanșelor s-au selectat o serie modele ale altitudinii terenului și s-au testat parametri globali și de frecare a zăpezii. Modelul RAMMS a fost aplicat pentru o serie de avalanșe consemnate în statistici pentru M. Făgăraș și care au avut un grad de risc ridicat, având înregistrare victime, precum și date despre suprafața afectată de depozitele de avalanșă Astfel, simularea traiectoriilor pentru avalanșele din Valea Bâlea au permis reconstruirea grosimii și extinderii spațiale a depozitelor de zăpadă dizlocate, care au fost similare cu datele consemnate în statistică. Această activitate va continua în etapa viitoare, în care se vor genera hărțile de hazard la avalanșă pentru arealele test.

WP8 Promovare și Diseminare:

Activitatea 8.1. Situl web al proiectului

Site-ul web al proiectului (<http://snowball.meteoromania.ro>), a fost actualizat în permanență. Portalul SnowBall pune la dispoziție infrastructura de comunicare și diseminare.

Activitatea 8.2. Strategia de diseminare

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. Obiectivele principale ale ale strategiei de diseminare sunt:

- Conștientizarea comunității 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 dezvoltate în cadrul proiectului de către utilizatorii finali;
- Pregătirea materialelor suport pentru produsele create în cadrul proiectului (ex. documentații);
- Crearea unei rețele de potențiali beneficiari ai tehnologiilor și cunoștințelor rezultate în urma implementării proiectului;
- Asigurarea vizibilității proiectului la nivel național și internațional;

La crearea strategiei de diseminare au fost luate în considerare următoarele:

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

Au fost realizate o serie de produse pentru promovarea și vizibilitatea proiectului : leaflet-uri în limba română și engleză, broșura proiectului în limba română și engleză, postere, afișe, conform cu recomandările din ghidul de comunicare și design, furnizat de ANCSI.

Activitatea 8.3. Acțiuni de diseminare și instruire

Rezultatele obținute în cadrul proiectului au fost prezentate la conferințe/simpozioane naționale și internaționale precum: 3-rd Internațional Conference on Remote Sensing and Geoinformation of Environment – RSCY2015, Cipru, 16-19.03.2015; Conferința Internațională Apa și Aerul – Componente ale mediului, Cluj-Napoca, 20-22.03.2015; Conferința internațională “Methodological challenges în geography”, 15-16 mai 2015, Timișoara; Al XXXI-lea Simpozion Național de Geomorfologie, 21-24 mai 2015, Sf. Gheorghe Deltă; Workshop-ul “ESA Sentinel-3 for Science Workshop”, Veneția, 2-5 iunie 2015; Conferința EAWS – European Avalanche Warning Services, Romă, 4-6.06.2015; Conferința “Geobalcanica-Connects all geographers”, 5-7 iunie 2015, Skopje; 26-th General Assembly of the Internațional Union of Geodesy and Geophysics-IUGG 2015, Praga, 22 iunie - 2 iulie 2015; 33-rd Internațional Conference on Alpine Meteorology – ICAM, Innsbruck, 31 august - 4 septembrie 2015; EUMETSAT Meteorological Satellite Conference 2015, Toulouse, 21-25 septembrie 2015; Conferința științifică anuală a Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor, București, 2-3 noiembrie 2015; Sesiunea anuală de comunicări științifice a Administrației Naționale de Meteorologie, București, 19-20.11.2015.

La Conferința Internațională “Achievements and future steps” organizată de ANCSI în cadrul Programului RO14 - “Cercetare în Sectoare Prioritare”, Mecanismul Financiar EEA 2009-2014, care a avut loc la București în data de 10 decembrie 2015, au fost prezentate rezultatele obținute în prima jumătate a perioadei de implementare a proiectului.

4. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

4.1. WP1 Management

4.1.1. Activitatea 1.1 Managementul Proiectului

Administrația Națională de Meteorologie din România ca promotor al proiectului a continuat să asigure în cursul anului 2015 un management concret și eficient al proiectului, care a cuprins probleme administrative și financiare, de comunicare cu ministerul de resort precum și de exploatare a rezultatelor obținute. Comitetul de Conducere a Proiectului (PSC), compus din responsabili din instituțiile partenere (P1-Norsk Regnesentral, Norvegia, P2 – Universitatea Tehnică de Inginerie Civilă, București, P3 – Institutul Național de Hidrologie și Gospodărirea Apelor, București și P4 – Universitatea de Vest din Timișoara) și condus de managerul de proiect este organismul care decide în probleme importante ce țin de managementul proiectului.

Asigurarea calității, luarea deciziilor și managementul proiectului au fost realizate prin luarea următoarelor măsuri: întâlniri de lucru via Skype, întâlniri ale grupurilor de lucru, comunicare prin internet între parteneri.

Astfel, în data de 13.01.2015 a avut loc o întâlnire de lucru cu toți partenerii, via Skype tema fiind analiza și discutarea Planului de activitate pentru anul 2015. Agenda întâlnirii a cuprins :

- Prezentarea partenerilor participanți;
- Prezentarea situației proiectului după prima etapă finalizată în 2014;
- Prezentarea stadiului de implementare a obiectivelor proiectului;
- Descrierea Pachetelor de lucru (WP) și prezentarea activităților asociate prevăzute pentru anul 2015;
- Aspecte referitoare la organizarea administrativă și tehnică a proiectului: indicatorii, raportările științifice/tehnice și financiare și livrabilele prevăzute pentru 2015;
- Organizarea campaniilor comune de măsurători de teren pentru parametrii stratului de zăpadă;
- Stabilirea întâlnirilor preconizate din anul 2015, conferințele și lucrările științifice care vor fi prezentate;

În tabelul 4.1.1 sunt listați participanții la întâlnirea proiectului SnowBall.

Tabelul 4.1.1: Lista participanților la întâlnirea proiectului SnowBall, din 13.01.2015

Nume	Instituție	E-mail
Gheorghe Stăncălie	NMA	gheorghe.stancalie@meteoromania.ro
Andrei Diamandi	NMA	diamandi@meteoromania.ro
Roxana Bojariu	NMA	bojariu@meteoromania.ro
Bogdan Lucaschi	NMA	lucaschi@meteoromania.ro
Narcisa Milian	NMA	narcisa.milian@gmail.com
Vasile Crăciunescu	NMA	vasile.craciunescu@meteoromania.ro
Anișoara Irimescu	NMA	anisoara.irimescu@meteoromania.ro
Denis Mihăilescu	NMA	denis.mihailescu@meteoromania.ro
Oana Nicola	NMA	oana.nicola@meteoromania.ro
Alina Ristea	NMA	alina.ristea@meteoromania.ro

Rune Solberg	NR	rune.solberg@nr.no
Arnt-Borre Salberg	NR	arnt-borre.salberg@nr.no
Marius Mătreacă	NIHWM	marius.matreata@hidro.ro
Ciprian Corbuș	NIHWM	ciprian.corbus@hidro.ro
Ada Pandele	NIHWM	ada.pandele@hidro.ro
Dragos Găitanăru	UTCB - CCIAS	dragos.gaitanaru@gmail.com
Radu Gogu	UTCB - CCIAS	radu.gogu@utcb.ro
Mircea Voiculescu	WUT	mircea.voiculescu@e-uvv.ro
Florina Ardelean	WUT	florina.ardelean@e-uvv.ro

În cadrul întâlnirii s-au stabilit responsabilii de activități precum și echipele de lucru pentru realizarea obiectivelor propuse. De asemenea au fost nominalizați responsabilii livrărilor pentru perioada raportată.

În data de 3 februarie 2015 a avut loc o întâlnire de lucru via Skype dedicată discutării în detaliu a activităților prevăzute în cadrul WP 3 – «Integrarea datelor de teledetecție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zăpadă», referitoare la metodele de calibrare/validare a produselor satelitare privind caracteristicile stratului de zăpadă (în special cele asociate cu umiditatea zăpezii) cu date măsurate in-situ.

Agenda întâlnirii a cuprins :

- Discuții privind Activitățile 3.1. (Algoritm bazat pe date de la un singur canal spectral adaptat la sateliții din seria Sentinel) și 3.2. (Algoritm și produsul multi-sensor / multi-temporal de zăpadă umedă (MWS)), referitoare la metodele /procedurile de validare și datele necesare ce trebuie măsurate in-situ.
- Propuneri și discuții pentru campaniile comune (cu participarea unei echipe din Norvegia) de măsurători de teren: perioade, descrierea zonelor test, instrumente de măsură folosite, corelarea măsurătorilor cu pasajele satelitare, probleme de logistică.

Lista participanților la întâlnire este prezentată în tabelul 4.1.2.

Tabelul 4.1.2: Lista participanților la întâlnirea proiectului SnowBall, din 03.02.2015

Nume	Instituție	E-mail
Gheorghe Stăncălie	NMA – Proiect director	gheorghe.stancalie@meteoromania.ro
Andrei Diamandi	NMA	diamandi@meteoromania.ro
Narcisa Milian	NMA	narcisa.milian@gmail.com
Vasile Crăciunescu	NMA	vasile.craciunescu@meteoromania.ro
Anișoara Irimescu	NMA	anisoara.irimescu@meteoromania.ro
Denis Mihăilescu	NMA	denis.mihailescu@meteoromania.ro
Oana Nicola	NMA	oana.nicola@meteoromania.ro
Rune Solberg	NR	rune.solberg@nr.no
Arnt-Borre Salberg	NR	arnt-borre.salberg@nr.no

Întâlnire anuală a Proiectului 19 SEE/30.06.2014 SnowBall a avut loc la Universitatea de Vest din Timișoara, în data perioada 26 – 28 octombrie 2015. Agenda întâlnirii este prezentată în Anexa 1.

La întâlnire au participat cercetători de la toate cele cinci instituții implicate în proiect: Administrația Națională de Meteorologie, Norwegian Computing Center (Departamentul de Earth Observing) din Oslo, Universitatea Tehnică din București, Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor din București și Universitatea de Vest din Timișoara, Departamentul de Geografie. Dl. Prorector Prof. dr. Viorel Negru, a adresat un mesaj de bun venit participanților și a subliniat suportul oferit de UVT în derularea acestui proiect, prezentând totodată deschiderea instituției pentru viitoare colaborări. Lista de participanți este prezentată în tabelul 4.1.3.

Tabelul 4.1.3: Lista participanților la întâlnirea anuală a proiectului SnowBall, din 26-28.10.2015

Nume	Instituție	E-mail
Gheorghe Stăncălie	NMA – Director de proiect	gheorghe.stancalie@meteoromania.ro
Prof. Dr. Viorel Negru	WUT - Prorector	
Andrei Diamandi	NMA	diamandi@meteoromania.ro
Anișoara Irimescu	NMA	anisoara.irimescu@meteoromania.ro
Narcisa Milian	NMA	narcisa.milian@gmail.com
Vasile Crăciunescu	NMA	vasile.craciunescu@meteoromania.ro
Roxana Cică	NMA	roxana.cica@meteoromania.ro
Rune Solberg	NR – Responsabil P1	rune.solberg@nr.no
Arnt-Børre Salberg	NR	arnt-borre.salberg@nr.no
Radu Gogu	UTCB/CCIAS – Responsabil P2	radu.gogu@utcb.ro
Dragoș Găitănar	UTCB/CCIAS	dragos.gaitanaru@utcb.ro
Codrina Ilie	UTCB/CCIAS	codrinamariailie@gmail.com
Marius Mătreață	NIHWM – Responsabil P3	marius.matreata@hidro.ro
Ada Pandele	NIHWM	ada.pandele@hidro.ro
Mircea Voiculescu	WUT – Responsabil P4	mircea.voiculescu@e-uvt.ro
Florina Ardelean	WUT	florina.ardelean@e-uvt.ro
Marcel Török-Oance	WUT	marcel.torok@e-uvt.ro

În cadrul întâlnirii a avut loc și ședința Comitetului de Conducere a Proiectului (Steering Committee) care a analizat stadiul de implementare al proiectului în concordanță cu planul de activități și au fost discutate problemele care pot afecta îndeplinirea obiectivelor proiectului. A fost verificat și actualizat Planul de Management al proiectului și au fost discutate ultimele instrucțiuni primite de la autoritatea contractantă, privind verificarea cheltuielilor suportate la nivel de proiect și realizarea indicatorilor din cadrul Raportului Științific și Tehnic anual 2015.

Discuțiile din cadrul întâlnirii anuale au fost axate pe pregătirea Raportului științific și tehnic precum și Raportului financiar intermediar și final din 2015. S-a subliniat respectarea elaborării documentelor conform cu ghidurile și instrucțiunile de la autoritatea contractantă.

A fost analizată activitatea de promovare și diseminare a rezultatelor proiectului și s-au stabilit acțiunile concrete care trebuie realizate cum ar fi organizarea unui workshop cu potențialii utilizatori ai beneficiilor proiectului.

În vederea pregătirii vizitei de monitorizare a proiectului din data de 2 noiembrie 2015 Comitetul de Conducere al Proiectului și Directorul de proiect, au verificat și analizat documentele cerute de operatorul de program, aferente raportării din anul 2014, conform cu “Ghidul pentru verificarea cheltuielilor efectuate în cadrul proiectelor finanțate prin mecanismul financiar al spațiului economic european 2009 – 2014 și mecanismul financiar norvegian 2009 – 2014”.

Obiectivele vizate de misiunea de monitorizare au constat în verificarea implementării proiectului în conformitate cu Regulamentul privind implementarea MFSEE, contractul de finanțare și acordurilor încheiate. Au fost verificate bunurile achiziționate și exploatarea acestora în conformitate cu regulile acordării finanțării și cu scopul pentru care au fost achiziționate și a fost evaluat gradul de realizare a obiectivelor și indicatorilor proiectului.

Vizita de monitorizare a constatat că progresul tehnic realizat este în concordanță cu progresul financiar și că situația descrisă în rapoartele științifice, tehnice și financiare trimise către autoritatea contractantă corespunde cu realitatea din teren.

Au fost pregătite centralizatoarele de cheltuieli aferente activităților proiectului pentru perioada 1.12.2015 – 31.10.2015 și s-a elaborat Raportarea financiară intermediară din data de 9 noiembrie 2015, cerută de autoritatea contractantă.

Reprezentanți ai promotorului de proiect au participat la Întâlnirea de lucru RO-14 «Cercetare în Domenii prioritare», organizată de ANCSI la sediu său din București, în data de 26.11.2015. Agendă întâlnirii a cuprins:

- Pregătirea raportării pentru anul 2015;
- Pregătirea actului adițional la contract;
- Rezultatul vizitelor de monitorizare efectuate până la data ședinței;
- Publicare și promovarea rezultatelor proiectelor;
- Informații despre Conferința “Achievements and future steps” de la București din 10 decembrie 2015.

Informațiile prezentate și discutate la Întâlnirea de lucru au fost transmise tuturor partenerilor, împreună cu prezentările furnizate de ANCSI.

Au fost sintetizate rezultatele obținute în prima jumătate a perioadei de implementare a proiectului Snowball, în vederea pregătirii prezentării la Conferința “Achievements and future steps” din cadrul Programului RO14-“Cercetare în Sectoare Prioritare”, Mecanismul Financiar EEA 2009-2014, care a avut loc la București în data de 10 decembrie 2015.

Responsabilii de activități și-au stabilit echipele de lucru pentru realizarea obiectivelor propuse. De asemenea au fost nominalizați responsabilii livrabilelor pentru perioada raportată (tabelul 4.1.4).

Tabelul 4.1.4: Lista livrabilelor pentru perioada raportată

LISTA LIVRABILELOR - 2015					
Nr. livr.	Nume Livrabil	Nr. WP	Conducator WP	Data livrării	Responsabil
1	D1.2. Rapoarte anuale de proiect	1	CO	În fiecare an	Gheorghe Stăncălie
2	D2.2 Prototipul testat în laborator pentru măsurarea profilului temperaturii zăpezii – versiunea 2	2	CO	6	Cătălin Dumitrache

3	D2.3 Seturile de date de grosimea zăpezii (SD), echivalentul în apă din zăpadă (SWE) (furnizate de stațiile automate)	2	CO	9	Vasile Crăciunescu
4	D2.5 Seturi de date ale reflectanței spectrale a zăpezii (versiunea 1)	2	CO	8	Andrei Diamandi
5	D2.9 Seturi de date ale parametrilor stratului de zăpadă (versiunea 1)	2	CO	9	Vasile Crăciunescu
6	D2.11 Prototipul bazei spațiale de date cu parametrii aferenți zăpezii	2	CO	6	Vasile Crăciunescu
7	D2.12 Baza de date spațială pentru zona test, în mediul SIG	2	CO	10	Vasile Crăciunescu
8	D2.13 Seturi de date meteorologice și hidrologice in-situ și istorice (versiunea 1)	2	CO	9	Vasile Crăciunescu
9	D2.15 Cartografierea produselor derivate din baza de date spațiale (versiunea 1)	2	CO	10	Alexandru Dumitrescu
10	D3.1 Algoritmii validați de evaluare a umidității zăpezii din date satelitare optice și SAR (SWS)	3	P1	9	Rune Solberg
11	D3.2 Algoritm validat de evaluare a zăpezii umede din date satelitare multi-sensor/multi-temporale (MWS)	3	P1	15	Rune Solberg
12	D3.3 Produse-prototip umiditatea zăpezii din date satelitare multi-sensor/multi-temporale (MWS) pentru avertizările de producere a inundațiilor și avalanșelor	3	P1	16	Rune Solberg
13	D3.5 Metodologia fuziunii datelor pentru estimare a echivalentului de apă din stratul de zăpadă (SWE), utilizând simulări distribuite ale modelului nivologic, observații terestre și produse satelitare	3	P3	15	Marius Mătreacă
14	D4.1 Evaluarea în condiții prezente (1981-2000) și viitoare (2021-2050) a parametrilor legați de zăpadă din arhiva CMIP5, redusă la scară pentru analiza hazardelor și resurselor selectate în zona de interes	4	CO	12	Roxana Bojariu
15	D4.2. Modelul hidrologic al acumulării și topirii zăpezii - calibrat în partea superioară a bazinului râurilor Argeș și Ialomița	4	P3	18	Ciprian Corbuș
16	D5.1 Descrierea amplasamentelor și modelele conceptuale	5	P2	12	Gogu Radu
17	D6.1 Harta actualizată a acoperirii/utilizării terenului pentru zona de studiu	6	CO	18	Simona Catană

18	D6.2 Proiectarea metodologiei de asimilare a parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică	6	P3	18	Marius Mătreacă
19	D7.1 Algoritm validat pentru detectarea avalanșelor din imagini satelitare optice HR și VHR	7	P4	18	Mircea Voiculescu
20	D8.2. Strategia de diseminare	8	CO	6	Gheorghe Stăncălie
21	D8.3. Broșura proiectului - Versiunea 1	8	CO	16	Denis Mihăilescu
22	D8.6. Produse pentru vizibilitate (bannere, postere etc.)	8	CO	la fiecare sesiune de diseminare	Denis Mihăilescu
23	D8.7. Pachete de prezentare a proiectului la conferințe	8	CO	la fiecare sesiune de diseminare	Vasile Crăciunescu
24	D8.8. Raport al acțiunii de diseminare	8	CO	În fiecare an	Oana Nicola
25	D8.9. Newsletter al proiectului (e-zine) - format digital	8	CO	În fiecare an	Vasile Crăciunescu

4.2. WP2 Măsurarea in-situ a parametrilor stratului de zăpadă

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

Pentru măsurarea parametrilor stratului de zăpadă 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 selecționat două tipuri de traductoare pentru măsurarea înălțimii stratului de zăpadă. Principiul de măsurare se bazează pe reflexia undelor acustice din domeniul ultrasonic la întâlnirea unui obstacol solid. Ambele tipuri de traductoare se pot interfața cu data logger-ele folosite la stațiile meteorologice automate.

Principalele caracteristici tehnice ale traductorului pentru înălțimea stratului de zăpadă SR50A (figura 4.2.1) sunt:

- timpul de măsurare < 1 s
- tipul de interfață 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 4.2.1: Traductorul SR50A

Principalele caracteristici tehnice ale traductorului pentru înălțimea stratului de zăpadă IRU-9429 (figura 4.2.2) sunt:

- timpul de măsurare > 45 ms
- tipul de interfață RS-232
- tensiune de alimentare 12..28 V cc
- consum 60 mA (în măsurare)
- domeniu de măsură 0,15..10,67 m
- rezoluție 2,5 mm
- precizie $\pm 0,25$ % din valoarea măsurată
- domeniul de temperatură - 40° C..+ 60° C

Figura 4.2.2: Traductorul IRU-9429S

Pentru realizarea de profile de temperatură ale stratului de zăpadă s-a selecționat un traductor etanș (figura 4.2.3) bazat pe un circuit integrat DS18B20. Principalele caracteristici tehnice ale traductorului pentru măsurarea temperaturii zăpezii sunt:

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



Figura 4.2.3: Traductorul de temperatura zăpezii

Pentru măsurarea umidității volumetrice a zăpezii (conținutul de apă lichidă în stratul de zăpadă) a fost ales un traductor capacitiv (Figura 4.2.4) care măsoară umiditatea indirect prin intermediul măsurării permitivității dielectrice a mediului. În plus față de umiditate, traductorul măsoară și temperatura mediului. Principalele caracteristici tehnice ale traductorului de umiditate volumetrică sunt:

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

Figura 4.2.4: Traductorul pentru umiditate volumetrică 5TM

Pe parcursul derulării proiectului, a devenit necesar să se măsoare noi parametri implicați în evoluția stratului de zăpadă (temperatura suprafeței stratului de zăpadă, profilul de temperatură în sol) și să se instaleze puncte de măsură cu o structură a traductoarelor specifică zonei în care se instalează.

În plus față de traductoarele prezentate a fost selecționat traductorul MLX90614, termometru IR (figura 4.2.5) în capsulă TO-39. Principalele caracteristici tehnice sunt:

- rezoluție 0.02 °C
- precizie 0.5 °C
- domeniul de temperatură - 40...+ 85 °C
- interfață SMBus (I2C)



Figura 4.2.5: Termometrul IR

Pentru realizarea sistemelor portabile s-a decis utilizarea unor platforme de dezvoltare “open source” bazate microcontroller-e pe 8 sau 32 biți. Alegerea de sisteme “open source” a fost motivată de disponibilitatea atât a resurselor “hardware”, cât și a celor “software”, precum și de experiența anterioară. Au fost selecționate două platforme pe 32 biți, bazate una pe microcontroller-ul Freescale Kinetis KL25Z, iar cealaltă pe Microchip PIC32MX440F256H și o platformă pe 8 biți Olimex 328.

Componentele descrise au fost achiziționate în vederea realizării echipamentelor menționate la începutul capitolului. Au fost achiziționate și componente necesare alimentării cu energie electrică (acumulatori cu Pb etanși, panouri solare) și cele pentru realizarea mecanică a prototipului (casete IP 65, presteupe, șuruburi, piulițe, distanțieri).

În conformitate cu cerințele noi identificate au fost realizate două stații “de referință” cu o configurație diferită de traductoare.

Stația de referință 1 (figura 4.2.6) este destinată măsurării profilului de temperatură în sol (6 nivele echidistanțe), temperaturii suprafeței zăpezii și înălțimii stratului de zăpadă.

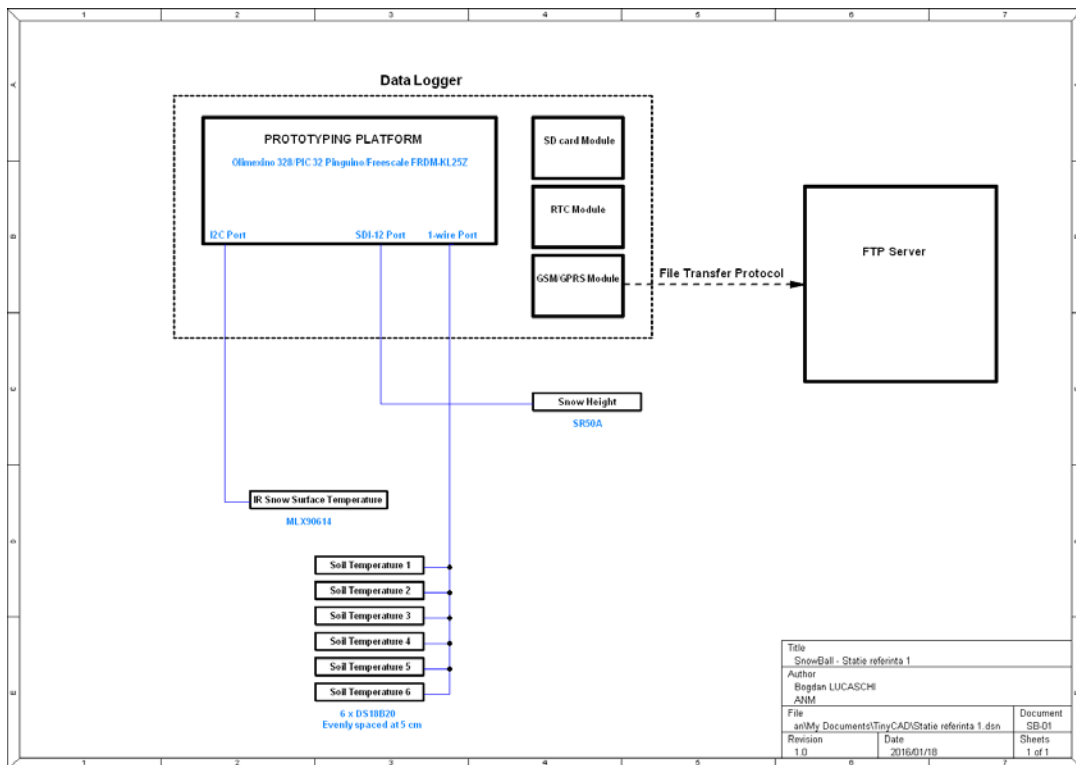


Figura 4.2.6: Stație de referință 1

Stația de referință 2 (figura 4.2.7) este destinată măsurării profilului de temperatură în stratul de zăpadă (5 nivele echidistanțe), a umidității volumetrică a zăpezii (2 nivele) și înălțimii stratului de zăpadă.

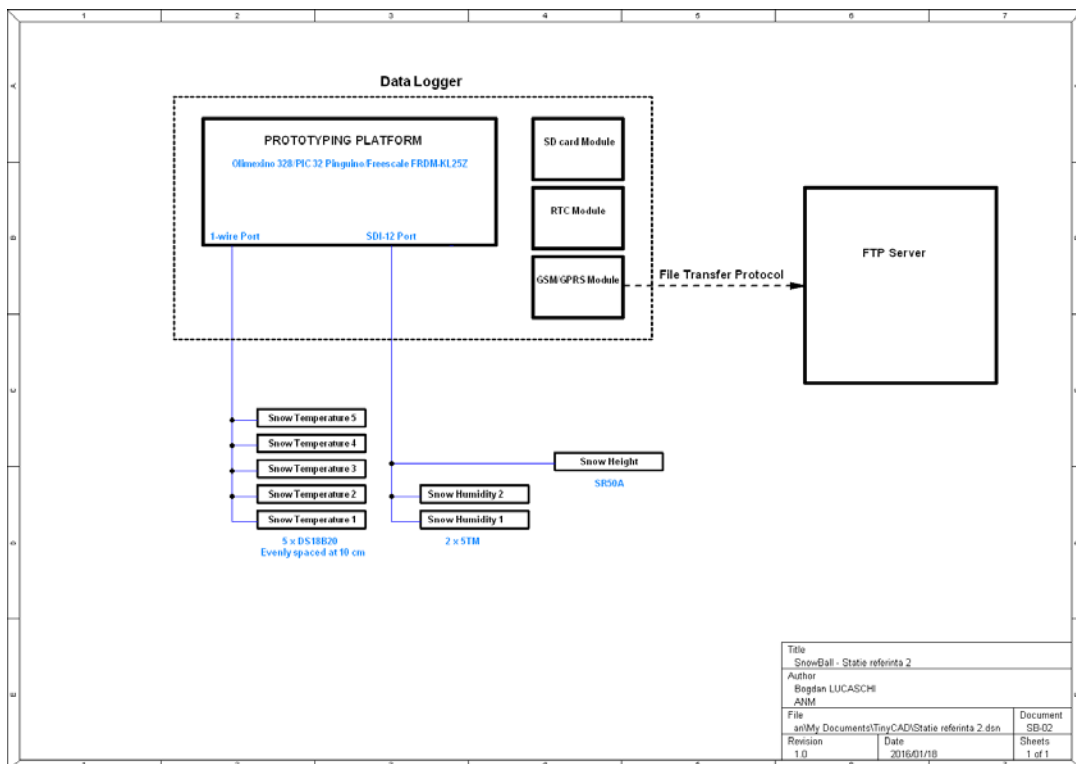


Figura 4.2.7: Stație de referință 2

Prototipul permite conectarea, în funcție de necesități, a unuia sau a mai multe traductoare din următoarele tipuri:

- SR50A (Campbell Scientific) pentru măsurarea înălțimii stratului de zăpadă;
- 5TM (Decagon Instruments) pentru măsurarea umidității stratului de zăpadă;
- MLX90614 (Melexis) pentru măsurarea temperaturii suprafeței zăpezii în IR;
- DS18B20 (Dallas Semiconductor) pentru măsurarea profilelor de temperatură a solului sau a zăpezii în mai multe puncte.

Modul de funcționare (pe scurt):

- traductoarele sunt conectate la porturile specifice (SDI-12, I2C, 1-wire);
- sub controlul software-ului instalat în memoria flash a microcontroller-ului se măsoară parametri stratului de zăpadă și se memorează pe un cârd SD împreună cu un marcaj de timp;
- periodic (o dată pe zi) datele măsurate sunt transmise prin protocol FTP pe serverele ANM;
- ceasul de timp real al sistemului este sincronizat cu ceasul rețelei GSM/GPRS;
- sistemul este alimentat din acumulator cu Pb care este încărcat cu ajutorul unui panou solar, sub controlul programului.

Modul de amplasare al traductoarelor pentru cele două stații de referință este dat în figura 4.2.8.

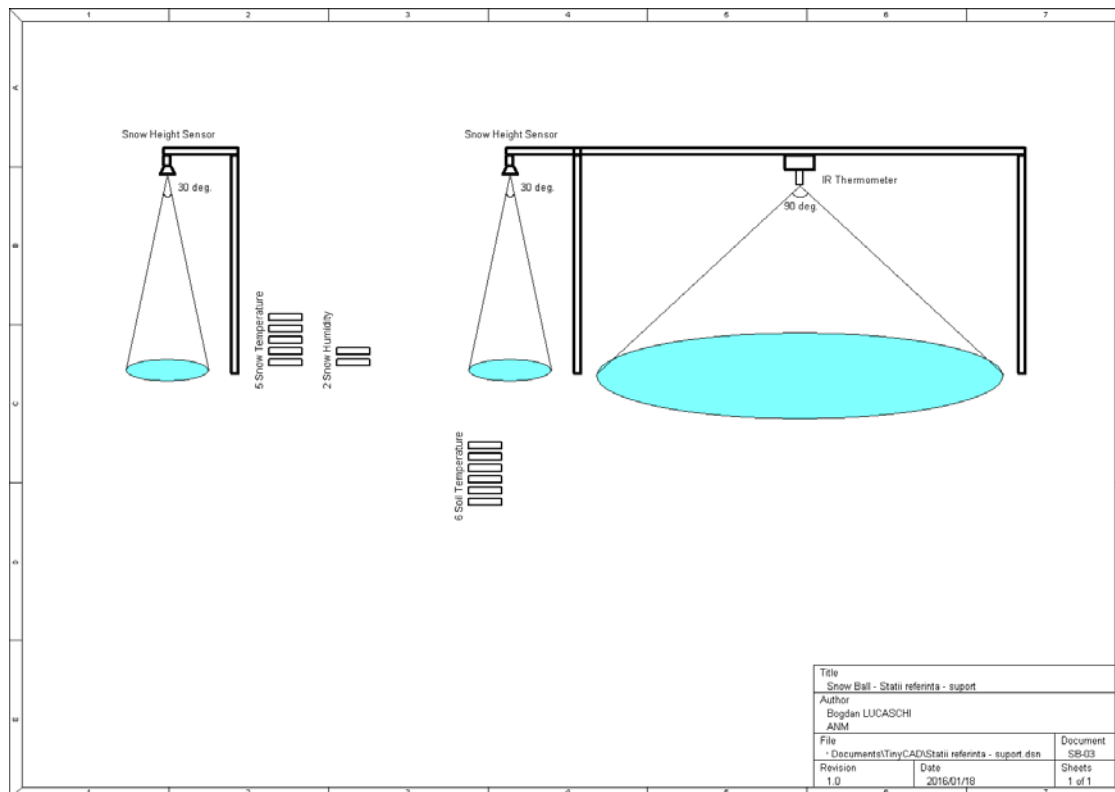


Figura 4.2.8: Modul de amplasare al traductoarelor

Proiectul propriu-zis (schema electrică) este dată în livrabilul D2.2. Prototipul a fost realizat și testat în laborator; funcționarea este conformă specificațiilor. Două puncte de măsură sunt instalate în teren.

4.2.2. Activitatea 2.2. Observarea și măsurarea parametrilor stratului de zăpadă

Înțelegerea absorbției, transmisiei și reflexiei luminii de către zăpadă este importantă pentru două mari categorii de aplicații. Prima este calcularea bugetului radiației stratului de zăpadă și a bugetului radiației planetare a suprafețelor terestre acoperite cu zăpadă. Acest lucru este important atât pentru hidrologie – deoarece radiația este principala componentă a bugetului energiei la suprafața stratului de zăpadă, și pentru modelarea climatică globală. A doua aplicație este utilizată în planificarea măsurării de la distanță a proprietăților stratului de zăpadă cu rezoluție spectrală mare. În ultimii ani, a fost realizat un progres considerabil în ceea ce privește înțelegerea proprietăților optice ale zăpezii în spectrul solar și infraroșu.

Utilizarea teledetecției pentru determinarea parametrilor stratului de zăpadă – cum ar fi cantitatea de apă lichidă, necesită calibrarea/ validarea datelor satelitare cu măsurători in situ, obținute de regulă în timpul campaniilor de măsurători ale proprietăților optice în spectrul vizibil și infraroșu ale stratului de zăpadă. În acest scop, se utilizează spectrometre portabile care pot măsura atât lumina reflectată în spectrul solar cât și emisia stratului de zăpadă în spectrul infraroșu.

În cadrul proiectului SnowBall, au fost prevăzute mai multe campanii de măsurători ale proprietăților stratului de zăpadă printre care și măsurători ale proprietăților optice ale zăpezii în spectrul solar și infraroșu. În luna Martie 2015 a avut loc prima campanie de măsurători ce s-a desfășurat în zona Sinaia (Vârful cu Dor – Cota 1500), Babele și Poiana Brașov (figura 4.2.9). Au fost efectuate măsurători atât de către ANM cât și de către NR, cu spectrometrul DSR (StellarNet) și respectiv cu spectrometrul FieldSpec Pro FR (ASD Inc.).

În iarna 2016-2017, măsurătorile spectrale ale stratului de zăpadă vor continua în aceleași locații din zona de test, iar datele obținute vor fi folosite în calibrarea/ validarea algoritmilor de calcul ai proprietăților stratului de zăpadă din date satelitare în domeniul optic.

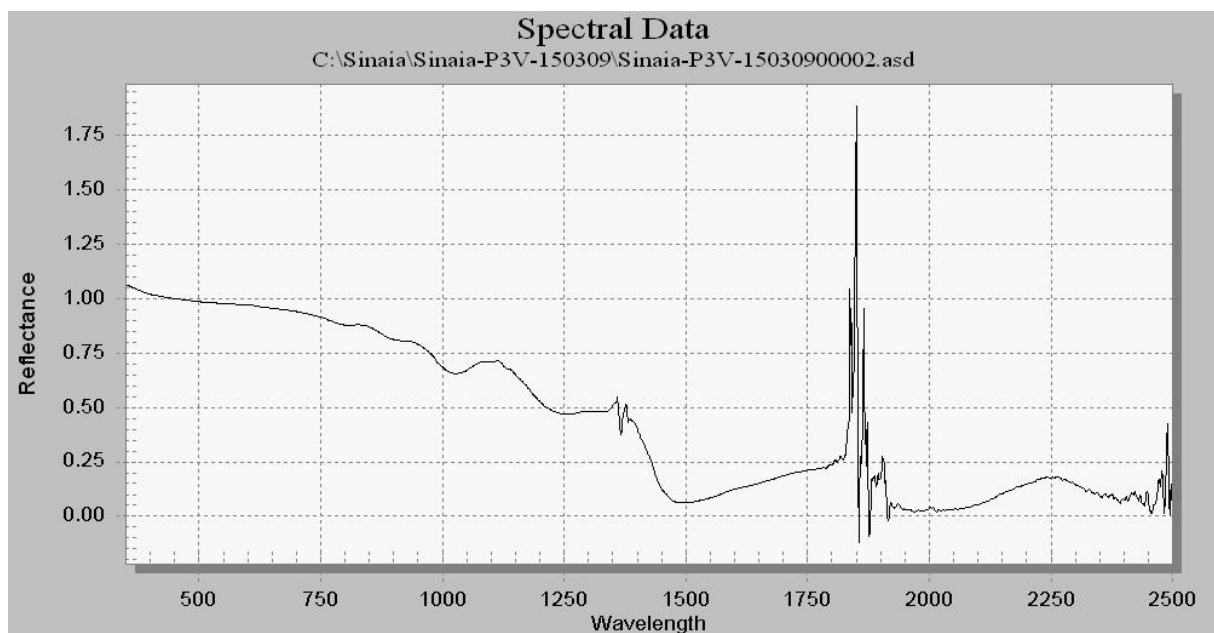


Figura 4.2.9: Spectrul solar, Sinaia Varful cu Dor – Cota 1500, punctul de măsurători "S3", 09/03/2015

De asemenea, în cadrul acestei activități a fost stabilită, împreună cu partenerul norvegian, metodologia de realizare a observațiilor și măsurătorilor asupra stratului de zăpadă. Astfel, s-au realizat două tipuri de măsurători: măsurători in-situ ale parametrilor suprafeței zăpezii (tabelul 4.2.1) și măsurători in-situ ale grosimii stratului de zăpadă (tabelul 4.2.2).

Tabelul 4.2.1: Model NMA pentru măsurătorile in-situ ale parametrilor suprafeței zăpezii

Observator: Data:..... Ora: 06.00 UTC												
Grup	Observație	Valoare										
iii	Indicativul Stației										
H	Înălțimea bazei norului deasupra stației (h)										
VV	Vizibilitatea (VV)										
N	Acoperirea noroasă totală										
Dd	vânt -direcție (dd)										
ff	- viteză (ff) (m/s)										
± TTT	Temperatura aerului (0°C)										
ww	Stare atmosferică în prezent (ww)										
W ₁	Stare atmosferică în trecut (W ₁)										
W ₂	Stare atmosferică în trecut (W ₂)										
N _h	Nori joși										
C _L	Tipul de nori joși										
C _M	Tipul de nori medii										
C _H	Tipul de nori înalți										
± T _x T _x T _x	Temperatura maximă a aerului în ultimele 24 de ore ($^{\circ}\text{C}$)										
± T _n T _n T _n	Temperatura minimă a aerului în ultimele 24 de ore ($^{\circ}\text{C}$)										
sss	Grosimea stratului de zăpadă (cm)										
RRRR	Precipitații în ultimele 24 de ore (mm)										
s's'	Înălțimea stratului de zăpadă proaspătă în ultimele 24 de ore (cm)										
-T _s T _s T _s	Temperatura zăpezii mai jos de suprafață ($^{\circ}\text{C}$)										
E _n	Tipul zăpezii la suprafață (E _n)										
P _s P _s	Adâncimea de penetrare a sondei (P _s) (cm)										
N _v	Nori în vale (N _v)										
C _n	Alunecari de zapada (C _n)										
L ₁	Avalanșe observate: -număr de avalanșe observate (L1)										
L ₂	-tipul avalanșei (L2)										
L ₃	-altitudinea de declanșare (L3)										
L ₄	-panta de expunere a avalanșei (L4)										
L ₅	-estimarea riscului local de avalanșă (L5)										
2 dd	Vântul la altitudine: -Direcție (dd)										
ff	-viteză (ff) (m/s)										
sss s's'	Zăpada la altitudine:-grosimea stratului de zăpadă (sss) -grosimea stratului de zăpadă proaspătă (s's')										
3 UU	Umiditatea relativă a aerului (UU) - în %										
T _L T _L	Conținutul de apă din zăpadă (T _L T _L - în %) (if T _s T _s T _s ≈ 0 $^{\circ}\text{C}$)										
4	Tipul de cristale de zăpadă la suprafață (F ₁ ; F ₂)										
F ₁ (tipul dominant de cristale)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>1: + zăpadă proaspătă</td> <td>6: ○ zăpadă topită</td> </tr> <tr> <td>2: λ zăpadă descompusă</td> <td>7: — crustă de gheață</td> </tr> <tr> <td>3: ● zăpadă circulară</td> <td>8: V brumă la suprafață</td> </tr> <tr> <td>4: □ zăpadă fațetată</td> <td>9: * mazărice</td> </tr> <tr> <td>5: ^ grosimea stratului de brumă</td> <td></td> </tr> </table>	1: + zăpadă proaspătă	6: ○ zăpadă topită	2: λ zăpadă descompusă	7: — crustă de gheață	3: ● zăpadă circulară	8: V brumă la suprafață	4: □ zăpadă fațetată	9: * mazărice	5: ^ grosimea stratului de brumă	
1: + zăpadă proaspătă	6: ○ zăpadă topită											
2: λ zăpadă descompusă	7: — crustă de gheață											
3: ● zăpadă circulară	8: V brumă la suprafață											
4: □ zăpadă fațetată	9: * mazărice											
5: ^ grosimea stratului de brumă												
F ₂ (tipul următor de cristale)											
D _m D _m	Diametrul mediu al cristalelor dominante de zăpadă la suprafață (mm)										
5 i	Indicatorul omogenității suprafeței stratului de zăpadă i = (0-1-2)										
M _v M _v M _v	Masa volumetrică M _v M _v M _v (kg/m ³)										

Tabelul 4.2.2: Model pentru măsurătorile in-situ ale grosimii stratului de zăpadă

Temperatura zăpezii		H	F1 F2	Dm	d	U	MV	TEL	CISA	(h)	H – înălțimea stratului de zăpadă (cm)	
H (cm)	°C	cm	simbol	mm			kg/m ³	%	∅	C	cm	
												Pentru temperatură: H indică nivelul unde a fost făcută măsurătoarea. Pentru stratigrafie: H indică nivelele între care au fost examinate cristalele de gheață.
												F1 F2 - forma cristalelor 1. + zăpadă proaspătă 2. λ zăpadă descompusă 3. ● zăpadă circulară 4. □ zăpadă fațetată 5. ^ grosimea stratului de brumă 6. o zăpadă topită 7. – crustă de gheață 8. v brumă la suprafață 9. * măzăriche
												Dm - Diametrul mediu al cristalelor dominante de zăpadă la suprafață (o zecime de mm. ex.: 0.5/1.0)
												d – duritatea zăpezii 1. pumn: foarte moale 2. 4 degete: moale 3. 1 deget: dură 4. stilou: foarte dura 5. lama de cuțit: compactă
												U – umezeala zăpezii 1. uscată ($T \leq -1^{\circ}\text{C}$, sau nu se pot face bulgări de zăpadă) $T \geq -1^{\circ}\text{C}$; se pot face ușor bulgări de zăpadă: 2. ușor umedă (mănușile rămân uscate) 3. umedă (mănușile sunt ude) 4. udă (curge apă atunci când se strânge pumnul) 5. foarte udă (amestec de apă și zăpada)
												MV - masa volumetrică (kg/m³) MV = greutatea netă x 2 (greutatea în grame) (măsurată cu un cilindru de 500 cm ³)

Măsurătorile in-situ ale parametrilor suprafeței zăpezii includ următorii parametrii:

- temperatura aerului;
- temperatura zăpezii (la 2 cm sub suprafață, cu termometru digital);
- cristalele de zăpadă (tip și diametru, cu placheta pentru zăpadă și lupă);

- densitatea zăpezii (cu un tub de aluminiu și dinamometru);
- grosimea zăpezii (cu sonda nivologică gradată);
- umiditatea zăpezii (se determină empiric sau cu umidometrul);
- înclinația pantei (cu inclinometrul).

Măsurătorile in-situ ale grosimii stratului de zăpadă (**profilul stratigrafic și de rezistență al zăpezii**) vizează măsurarea următorilor parametri:

- rezistența stratului de zăpadă la afundarea sondei (sondaj prin batere);
- temperatura suprafeței stratului de zăpadă;
- temperatura stratului de zăpadă: în primii 20 cm la fiecare 5 cm, apoi din 10 în 10 cm;
- numărul straturilor interne de zăpadă. Pentru fiecare din acestea se identifică:
 - tipul de cristale;
 - diametrul mediu al cristalelor dominante;
 - umiditatea zăpezii;
 - duritatea zăpezii;
 - densitatea zăpezii;

Sondajul prin batere se face cu sonda nivologică gradată, obținându-se profilul de rezistență al stratului de zăpadă. Profilul stratigrafic presupune măsurarea temperaturii din strat, din 10 în 10 cm (primii 20 cm și din 5 în 5 cm), determinarea fiecărui strat intern, precum și a caracteristicilor sale (tipul cristalelor, diametrul cristalelor dominante, duritatea, umezeala și densitatea). Datele sunt ulterior înscrise în programul GELINIV V 3.3.2, al CEN Météo France.

Scopul efectuării sondajului și profilului stratigrafic constă în studierea rezistenței și structurii straturilor de zăpadă depuse în timp, care împreună formează stratul total de zăpadă, pentru a determina zonele de instabilitate care pot sta la baza declanșării avalanșelor. Pentru executarea acestora este necesară prezența a minim două persoane: una care să lucreze cu sonda, iar cealaltă care să noteze datele în formularele specifice. Se folosesc instrumente specifice: sondă de zăpadă, termometru electronic pentru măsurarea temperaturii în strat (figura 4.2.10), plachetă pentru zăpadă (figura 4.2.11), lupă (pentru determinarea tipurilor de granule de zăpadă), carotieră, dinamometru, lopată de avalanșă (cu rezistența mare și coada scurtă),

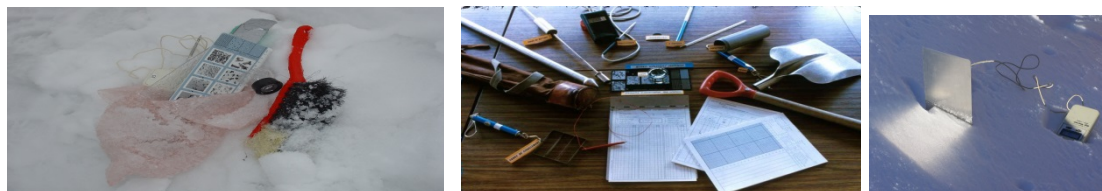


Figura 4.2.10: Instrumentarul folosit pentru observațiile nivologice

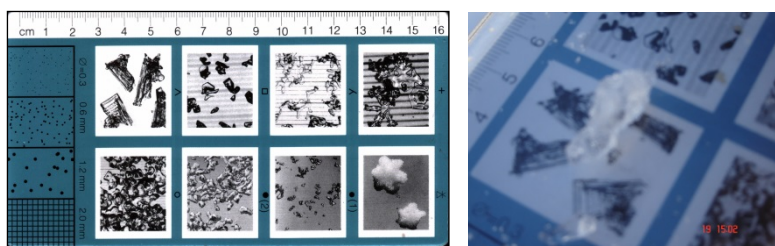


Figura 4.2.11: Placheta pentru determinarea tipurilor de granule de zăpadă

Campania de măsurători a cuprins:

- Bâlea-Lac, în 2015.02.19:
 - În 3 locații, Au fost efectuate măsurători nivologice: sondajul prin batere și profilul stratigrafic.
- Sinaia , în 2015.03.09 :

- În 3 locații, Au fost efectuate măsurători de temperatură, umiditate, stratigrafie și densitate, conform metodologiei norvegiene, în 5 locuri, măsurători nivologice: sondajul prin baterie și profilul stratigrafic.
- Poiana Brașov și Postăvaru, în 2015.03.09:
 - În 3 locații, Au fost efectuate măsurători de temperatură, umiditate, stratigrafie și densitate, conform metodologiei norvegiene, în 5 locuri, măsurători nivologice: sondajul prin baterie și profilul stratigrafic.
- Bâlea-Lac, în 2015.04.16:
 - În 3 locații, Au fost efectuate măsurători de temperatură, umiditate, stratigrafie și densitate, conform metodologiei norvegiene, în 5 locuri, măsurători nivologice: sondajul prin baterie și profilul stratigrafic.

La stația meteorologică Bâlea-Lac, au fost făcute măsurători de temperatură, umiditate, stratigrafie și densitate, conform metodologiei stabilite de comun acord, în 5 locuri, corelate cu trecerea satelitului:

- 2015.04.04: tipul granulelor, temperatura, masa volumică și echivalentul în apă în 5 puncte
- 2015.05.05
- 2015.05.16
- 2015.05.23

La stațiile meteorologice Sinaia, Predeal, Vârfu Omu (bazinul Ialomiței) și Bâlea-Lac (bazinul Argeșului), au fost efectuate măsurători nivologice (observații zilnice și săptămânal sondajul prin baterie și profilul stratigrafic) pe tot parcursul sezonului de iarnă.

Prelucrarea permanentă a datelor de la măsurătorile nivologice – ce include temperatura la suprafața zăpezii, umiditatea (empiric), tipul și mărimea cristalelor, precum și stratigrafia internă – la Serviciul Regional de Prognoza Vremii de la Sibiu.

În figura 4.2.12 este prezentat un exemplu de profil de rezistență, temperatură și stratigrafic realizat la data de 16.04.2015 la stația meteorologică Bâlea-Lac.

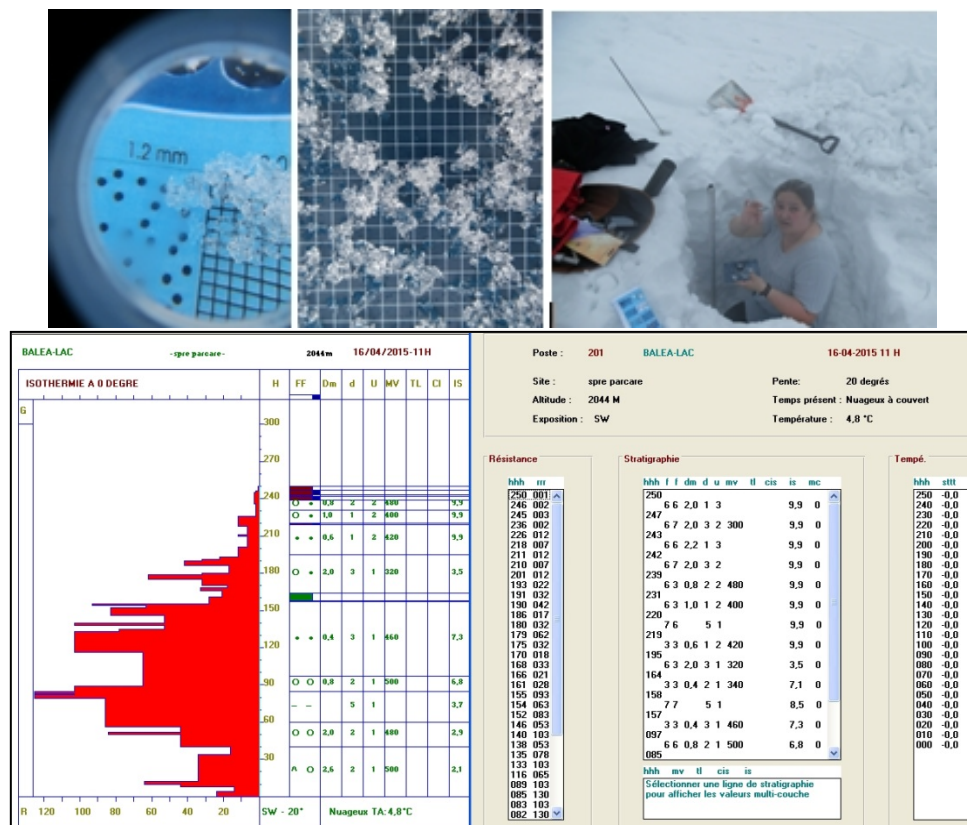


Figura 4.2.12: Determinarea tipului de granule din profilul stratigrafic (rotunde și mari, sus), graficul rezistenței, de temperatură și stratigrafic obținut prin introducerea datelor măsurate în programul GELINIV (jos)

În figura 4.2.13 este prezentat un exemplu de profil de rezistență, temperatură și stratigrafic realizat la data de 09.03.2015 la Sinaia, de-a lungul părții Drumul de Vară, în zonele neamenajate.

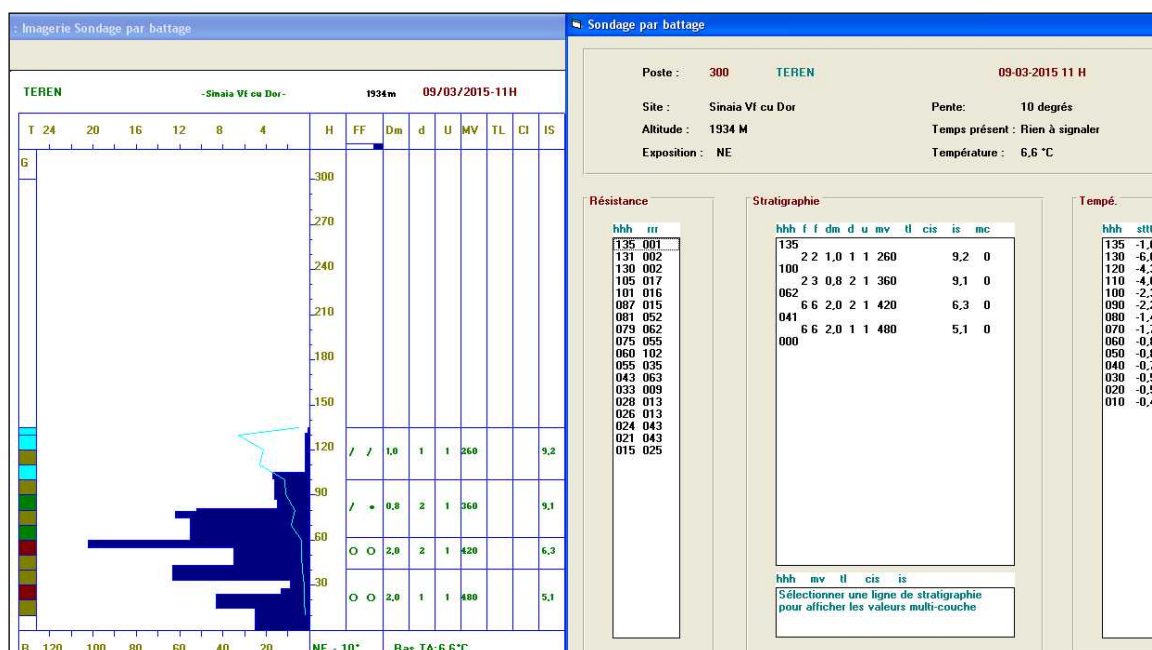


Figura 4.2.13. Profilul rezistenței, temperaturii, stratigrafia și datele de observație înscrise

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

Baza de date spațiale integrate în mediu GIS, pentru proiectul SnowBall, cuprinde: date geospațiale clasice (hărți, imagini satelitare, măsurători) sau alte tipuri de date (fotografii, grafice, date statistice, documente descriptive).

Primul pas a constat în inventarierea tuturor datelor necesare, proiectarea modelelor de date adecvate și stabilirea procedurilor clare de integrarea a acestora în baza de date GIS. Următoarele activități au fost derulate în etapa de proiectare și crearea 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 cadrul proiectului;
- Analiza datelor spațiale necesare a fi reprezentate în geoportal;
- 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.

4.2.3.1. Conținutul bazei de date

Baza de date geospațială include atât date recente cât și date istorice. Diagrama din figura 4.2.14 prezintă tipurile de date geospațiale stocate în baza de date.

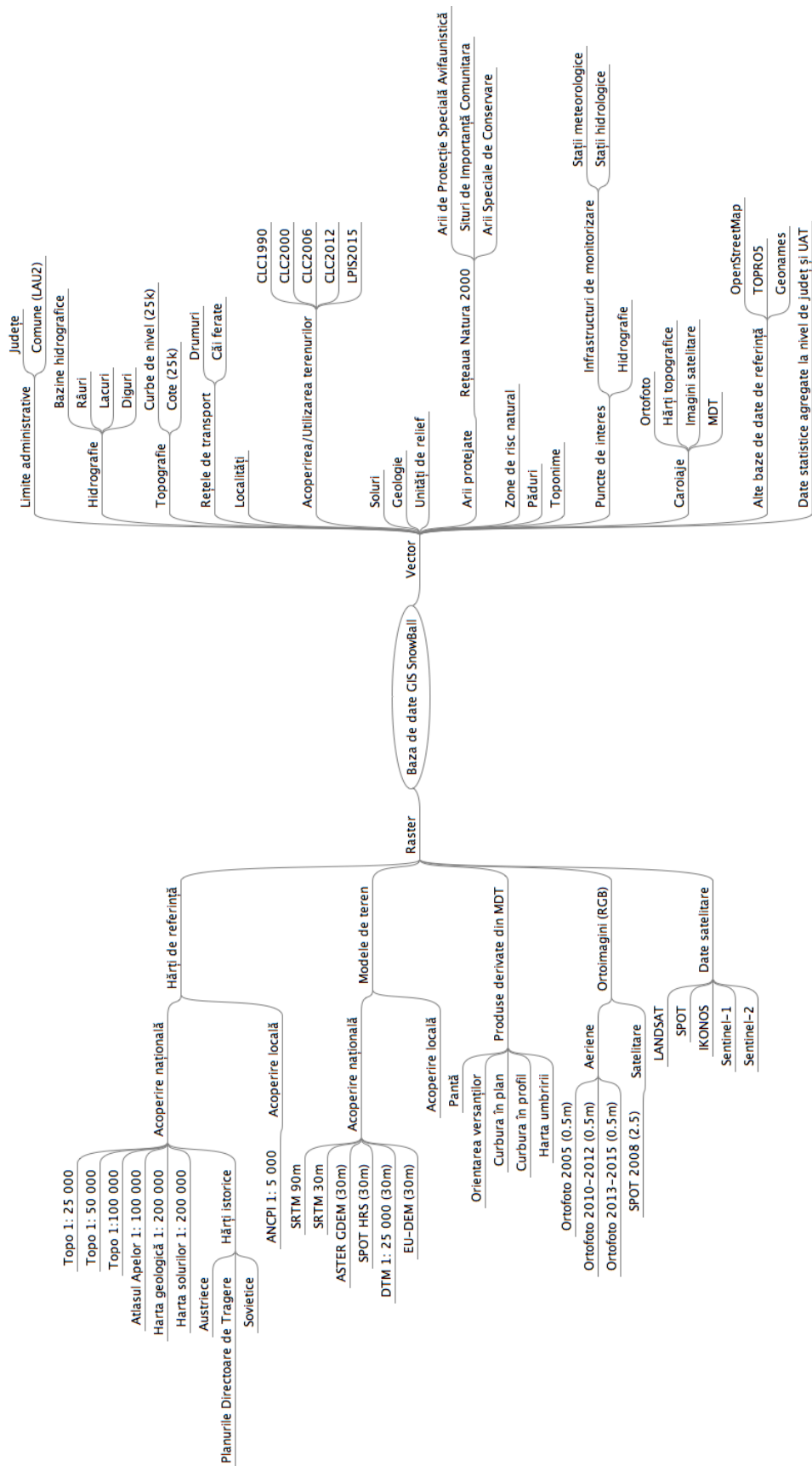


Figura 4.2.14: Conținutul bazei de date GIS SnowBall

4.2.3.2. Surse de date

Structura descrisă la punctul anterior presupune un volum extrem de mare de date cu caracter spațial. Consorțiul implicat în dezvoltarea bazei de date GIS 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 create de instituții ale statului (ex: Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară, Direcția Topografică Militară, Agenția de Plăți și Intervenție pentru Agricultură, Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Institutul Național de Statistică, Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor, Ministerul Mediului și Schimbărilor Climatice, etc).
- 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 Pădurilor (actual Ministerul Mediului și Schimbărilor Climatice).
- Date produse de membrii consorțiului SnowBall prin vectorizarea hărților topografice, ortofotoplanurilor, imaginilor satelitare sau prin măsurători cu receptoare GPS.

4.2.3.3. Operațiuni aplicate datelor existente

Datele vectoriale existente au fost obținute în diferite formate de fișier (ESRI Shapefile, ESRI Geodatabase, CAD), cu domenii spațiale variabile, prezentând o serie de erori la nivel geometric și topologic. S-a impus omogenizarea atributelor, corectarea geometrică și topologică, derivarea de straturi noi sau combinarea anumitor informații în cadrul aceluiași strat, definirea de relații între straturi și tabele, centralizarea datelor într-o bază de date.

4.2.3.3.1. ConverSnowBall Shapefile>PostGIS

Marea majoritate a datelor existente erau stocate în format ESRI Shapefile. ConverSnowBall Shapefile>PostGIS s-a realizat destul de ușor datorită similarităților la nivel geometric și atribut între cele două formate. Există totuși și diferențe, mai ales în partea de informație tabelară (tabelul 4.2.3).

Tabelul 4.2.3 Corespondența între tipurile de date tabelare atribut Shapefile (fișier dBASE) și PostGIS

Tip câmp format Shapefile	Tip câmp PostGIS
date	date
string 1 - 254	text
boolean	boolean
number 1 – 4 (fara zecimale)	smallinteger

number 5 – 9 (fara zecimale)	integer
number 10 – 19 (fara zecimale)	bigint
float 1 - 13	real
float 14 -19	double precision
number 1 – 8 (cu zecimale)	real
number 9 – 19 (cu zecimale)	double

În continuare este exemplificată lista de comenzi folosită pentru a converti stratul de drumuri din format ESRI Shapefile în format PostgreSQL+PostGIS:

- Creare bază de date PostGIS

```
sudo su postgres
```

```
createdb postgistemplate
```

```
createlang plpgsql postgistemplate
```

```
psql -d postgistemplate -f /usr/share/postgresql-9.3-postgis/lwpostgis.sql
```

```
psql -d postgistemplate -f /usr/share/postgresql-9.3-postgis/spatial_ref_sys.sql
```

```
createdb -T postgistemplate -O gis romania
```

- Încărcare date

```
shp2pgsql -I -s 31700 drumuri.shp drumuri > drumuri.sql
```

```
psql -d romania -h localhost -U gis -f drumuri.sql
```

- Rezultat server

```
BEGIN
```

```
psql:drumuri.sql:4: NOTICE: CREATE TABLE will create implicit sequence "drumuri_gid_seq" for serial column "drumuri.gid"
```

```
psql:drumuri.sql:4: NOTICE: CREATE TABLE / PRIMARY KEY will create implicit index "drumuri_pkey" for table "drumuri"
```

```
CREATE TABLE
```

```
addgeometrycolumn
```

```
-----
```

```
drumuri.the_geom SRID:32633 TYPE:POINT DIMS:2
```

```
(1 row)
```

```
CREATE INDEX
```

```
COMMIT
```

Secvența de încărcare a fost repetată pentru toate straturile vectoriale din baza de date.

4.2.3.3.2. Taierea/decuparea datelor (clip)

O parte din datele vectoriale se gasesc în fișiere cu acoperire națională. Pentru acestea se impune aplicarea unor operații de decupare (clip) pentru a le aduce la extinderea spațială dorită (zona de studiu a proiectului). Acest lucru se realizează folosind drept mască limita vectorială a zonei de interes (figura 4.2.15).



Figura 4.2.15: Decuparea datelor cu extindere națională folosind limita zonei de interes

4.2.3.3.3. Combinarea datelor (merge)

Au existat cazuri în care informația de același tip este disponibilă în fișiere separate. Cel mai bun exemplu este cel al drumurilor, separate pe două straturi: (a) drumuri naționale și județene; (b) drumuri comunale.

Pentru un acces optim, aceste date vor fi aduse în același strat, iar separarea pe categorii (naționale, județene, comunale) se va realiza la nivel de atribute (figura 4.2.16).

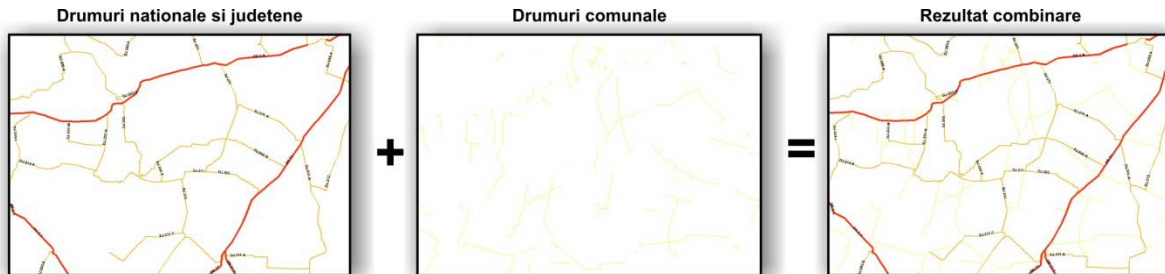


Figura 4.2.16: Combinarea datelor

4.2.3.3.4. Corectarea topologica a datelor

Topologia este modelul care descrie modul în care straturile de informații geospațiale își partajează geometriile, funcționând ca un mecanism ce permite definirea și păstrarea relațiilor geometrice între entitățile aceluiași strat sau din straturi diferite. Regulile topologice relevante pentru datele stocate în baza de date sunt: (a) „nu trebuie să conțină spații goale” (în engleză, must not have gaps) și „nu trebuie să se suprapună” (în engleză, must not overlap) pentru datele de tip poligon; (b) „nu trebuie să se suprapună” (în engleză, must not overlap) și „nu trebuie să aibă discontinuități” (în engleză, must not have dangles) cele liniare (figura 4.2.17).

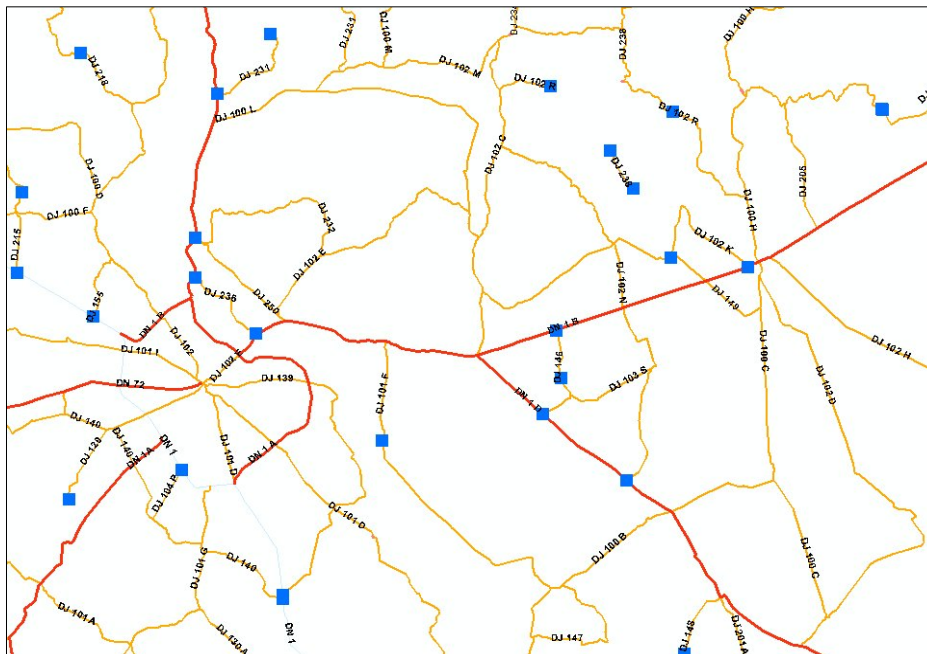


Figura 4.2.17: Evidențierea (cu albastru) erorilor topologice de tip „nu trebuie să aibă discontinuități” pentru stratul cu drumuri

4.2.3.3.5. Conversie tip geometrie

Din considerente de reprezentare cartografică, anumite straturi de date necesită prezența mai multor tipuri de geometrii. Astfel, pentru localități este utilă o geometrie de tip punct pentru vizualizarea/reprezentarea la scări mici și o geometrie de tip poligon pentru

vizualizarea/reprezentarea la scări mari (figura 4.2.18). Similar, pentru diferitele limite, se impune prezența unei geometrii de tip poligon pentru operațiuni de interogare, geoprosesare, calcul de perimetre sau arii și o geometrie de tip linie pentru reprezentări cartografice complexe.

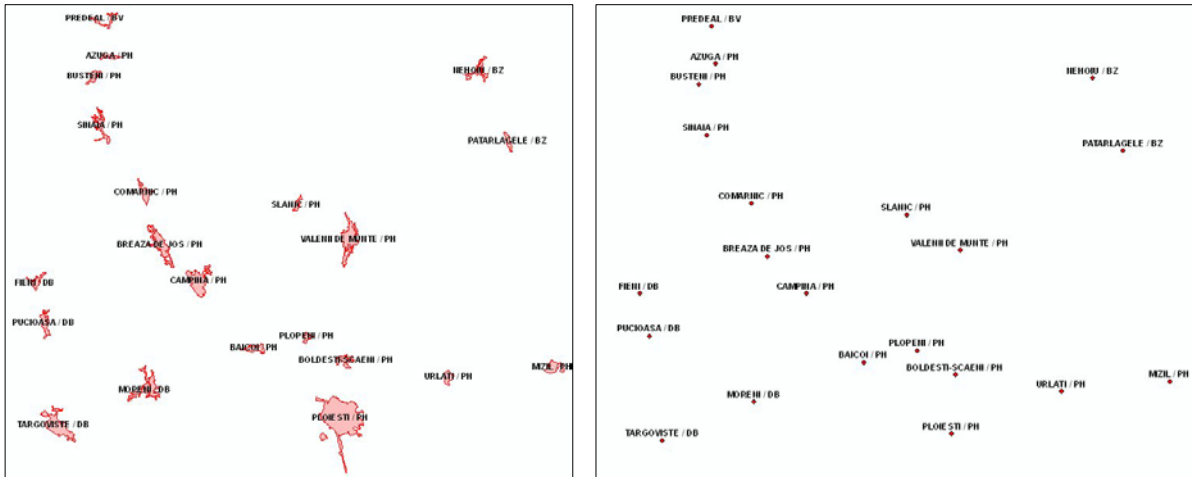


Figura 4.2.18: Exemplu conversie geometrie tip poligon în geometrie tip punct

4.2.3.4. Sisteme de coordonate și metadate

4.2.3.4.1. Sisteme de coordonate

Fiecare set de date are asociat un anumit sistemul de coordonate de referință sau sistem de referință spațială. Baza de date GIS SnowBall stochează și gestionează atât informații cu privire la sistemul de coordonate nativ al stratului, precum și informații cu privire la extinderea spațială exprimată în grade, minute, secunde. De asemenea, se pot efectua reproiectari ale datelor prin definirea sistemului de referință nativ și a altuia solicitat. Sistemul folosește Registrul de Parametri Geodezici EPSG pentru definirea sistemului de coordonate și transformare. SnowBall are capacitatea de a oferi date geospațiale în mai multe sisteme de coordonate de referință.

Sistemul de coordonate folosit în mod implicit pentru SnowBall este Stereo 70, cod EPSG 31700 (figura 4.2.19).

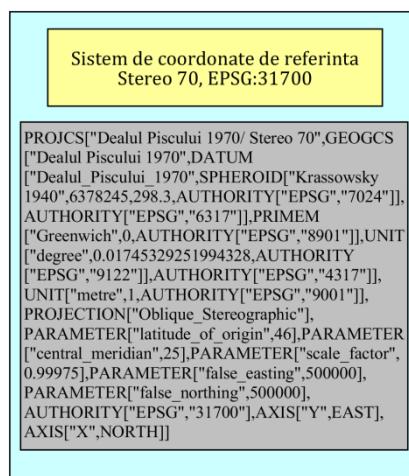


Figura 4.2.19: Sistemul de coordonate de referință

4.2.3.4.2. Metadata

Potrivit U.S. Federal Geographic Data Comitee (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. 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 Sistemelor Informaționale Geografice (SIG), 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 attribute metadata 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 bazei de date GIS SnowBall, este utilizat formatul GeoTIFF în cazul datelor tip rastru 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: mozaic_spot.tif

Size is 300000, 212000

Coordinate System is:

```
PROJCS["Dealul Piscului 1970/ Stereo 70",
  GEOGCS["Dealul Piscului 1970",
    DATUM["Dealul_Piscului_1970",
      SPHEROID["Krassowsky 1940",6378245,298.29999999999985,
        AUTHORITY["EPSG","7024"]],
      TOWGS84[28,-121,-77,0,0,0,0],
      AUTHORITY["EPSG","6317"]],
    PRIMEM["Greenwich",0],
    UNIT["degree",0.0174532925199433],
    AUTHORITY["EPSG","4317"]],
  PROJECTION["Oblique_Stereographic"],
  PARAMETER["latitude_of_origin",46],
  PARAMETER["central_meridian",25],
  PARAMETER["scale_factor",0.99975],
  PARAMETER["false_easting",500000],
  PARAMETER["false_northing",500000],
  UNIT["metre",1,
    AUTHORITY["EPSG","9001"]],
  AUTHORITY["EPSG","31700"]]
```

Origin = (130000.0000000000000000,760000.0000000000000000)

Pixel Size = (2.5000000000000000,-2.5000000000000000)

Metadata:

AREA_OR_POINT=Area

Image Structure Metadata:

COMPRESSION=YCbCr JPEG

INTERLEAVE=PIXEL

SOURCE_COLOR_SPACE=YCbCr

Corner Coordinates:

Upper Left (130000.000, 760000.000) (20d 1' 5.72"E, 48d13'58.18"N)

Lower Left (130000.000, 230000.000) (20d25'36.72"E, 43d28'35.61"N)

Upper Right (880000.000, 760000.000) (30d 6'57.33"E, 48d13'37.30"N)

Lower Right (880000.000, 230000.000) (29d41'47.01"E, 43d28'17.18"N)

Center (505000.000, 495000.000) (25d 3'52.23"E, 45d57'17.95"N)

Band 1 Block=256x256 Type=Byte, ColorInterp=Red

Overviews: 150000x106000, 75000x53000, 37500x26500, 18750x13250, 9375x6625, 4688x3313, 2344x1657, 1172x829, 586x415, 293x208, 147x104

Band 2 Block=256x256 Type=Byte, ColorInterp=Green

Overviews: 150000x106000, 75000x53000, 37500x26500, 18750x13250, 9375x6625, 4688x3313, 2344x1657, 1172x829, 586x415, 293x208, 147x104

Band 3 Block=256x256 Type=Byte, ColorInterp=Blue

Overviews: 150000x106000, 75000x53000, 37500x26500, 18750x13250, 9375x6625, 4688x3313, 2344x1657, 1172x829, 586x415, 293x208, 147x104

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

- Nume
- Titlu
- Abstract
- Cuvinte cheie
- Adrese pentru metadata
- Sistem de coordonate de referință
- Limitele stratului
- Opțiuni de publicare (metoda de interpolare, formatul, stilul aplicat în mod implicit, identificatorii stratului)

4.2.3.5. Implementarea serviciilor de rețea INSPIRE

Serviciile de geospațiale de rețea funcționează după principii și protocoale de comunicație similare serviciilor web clasice (XML-RPC, UDDI, WSDL, SOAP). Rolul acestor este deosebit de important în contextul actual, când asistăm, pe de o parte, la o expansiunea continuă a surselor și cantității de date geospațiale stocate, iar pe de altă parte, la o creștere a nevoii de a accesa aceste date. În cadrul geoportalei SnowBall a fost implementat un server GIS cu următoarele servicii de rețea:

4.2.3.5.1. Serviciul de vizualizare

Permite afișarea, navigarea, mărirea/micșorarea, rotirea panoramică, suprapunerea vizuală a seturilor de date spațiale, precum și afișarea informațiilor explicative și a oricărui conținut pertinent al metadatelor. Serviciul a fost implementat conform standardului ISO 19128 (Geographic information - Web map server interface), cunoscut și sub numele de WMS (Web Map Service). Serviciul implementat oferă trei metode:

- GetCapabilities - permite interogarea serviciului pentru a obține o listă a tipului de informații pe care îl poate livra;
- GetMap – permite solicitarea și transferarea unei hărți/set de date;
- GetFeatureInfo – permite obținerea atributelor asociate unei hărți/entități.

Serviciul de vizualizare oferă suport pentru două versiuni ale standardului WMS:

- 1.1.1(<http://snowball.meteoromania.ro:8080/geoserver/ows?service=wms&version=1.1.1&request=GetCapabilities>)
- 1.3.0(<http://snowball.meteoromania.ro:8080/geoserver/ows?service=wms&version=1.3.0&request=GetCapabilities>).

Serviciul de vizualizare SnowBall poate produce hărți georeferențiate în format digital (raster: PNG, GIF, JPEG sau vector: SVG, WebCGM). Acestea pot fi vizualizate sau interogate în diferite contexte. Prin utilizarea formatelor vectoriale sau a celor raster ce suportă transparență (GIF, PNG) este posibilă combinarea mai multor seturi de date pentru a forma o singură hartă. Mecanismul de simbolizare a datelor este bazat pe standardul SLD (Styled Layer Descriptor). SLD permite crearea unui fișier de tip XML care, pentru fiecare tip de element geospațial din baza de date, cuprinde regulile de simbolizare (formă, culoare, textură, dimensiune etc.). Testarea serviciului s-a făcut atât cu aplicații desktop (QSIG, uDig, gvSIG) și web (OpenLayers).

4.2.3.5.2. Serviciul de descărcare a datelor

Permite descărcarea de copii ale seturilor de date spațiale sau ale unor părți ale acestora, precum și accesarea directă a acestora. Serviciul a fost implementat conform standardelor ISO 19142 pentru datele de tip vector și OGC 07-067 pentru cele de tip raster. Pentru datele vectoriale serviciul oferă următoarele metode:

- **GetCapabilities** - permite obținerea informațiilor despre operațiunile pe care serviciul le poate executa, tipurile de date și metadatele asociate;
- **DescribeFeatureType** - permite furnizarea de informații despre structura fiecărui tip de date, sub formă de schemă XML;
- **getFeature** - permite transferarea unui element al unui set de date specificat după criteriile spațiale sau non-spațiale (atribute);
- **LockFeature** - permite blocarea unuia sau mai multor elemente dintr-un set de date spațiale (de exemplu, în vederea editării spațiale);
- **Spatial Operators and Filters** - permite aplicarea unor operatori spațiali sau filtre pentru ușurarea accesului la date sau analiza datelor;
- **Transaction** - permite formularea de tranzacții în cadrul cărora datele pot fi modificate prin operațiuni de creare, actualizare sau ștergere.

Pentru datele raster serviciul oferă următoarele metode:

GetCapabilities - permite obținerea informațiilor despre operațiunile pe care serviciul le poate executa, tipurile de date și metadatele asociate;

- **DescribeCoverage** - permite furnizarea de informații despre structura fiecărui tip de date, sub formă de schemă XML;
- **GetCoverage** - permite transferarea unui grid de date sau a unui subset din acesta.

Serviciul de descărcare oferă suport pentru mai multe versiuni ale standardelor WFS și WCS:

WFS 1.0.0

(<http://snowball.meteoromania.ro:8080/geoserver/ows?service=wfs&version=1.0.0&request=GetCapabilities>)

WFS 1.1.1

(<http://snowball.meteoromania.ro:8080/geoserver/ows?service=wfs&version=1.1.0&request=GetCapabilities>)

WFS 2.0.0

(<http://snowball.meteoromania.ro:8080/geoserver/ows?service=wfs&version=2.0.0&request=GetCapabilities>)

WCS 1.0.0

(<http://snowball.meteoromania.ro:8080/geoserver/ows?service=wcs&version=1.0.0&request=GetCapabilities>)

WCS 1.1.0

(<http://snowball.meteoromania.ro:8080/geoserver/ows?service=wcs&version=1.1.0&request=GetCapabilities>)

WCS 1.1.1

(<http://snowball.meteoromania.ro:8080/geoserver/ows?service=wcs&version=1.1.1&request=GetCapabilities>)

WCS 1.1

(<http://snowball.meteoromania.ro:8080/geoserver/ows?service=wcs&version=1.1&request=GetCapabilities>)

Serviciul de descărcare SnowBall poate livra date în următoarele formate de fișier: ArcGrid, GeoTiff, Gtopo30, JPEG, PNG, TIFF, GIF pentru seturile raster și GML, KML, CSV, TAB, MIF, Shapefile pentru cele vectoriale. Serviciul a fost testat folosind aplicația QGIS.

4.2.3.5.3. Serviciul de prelucrare a datelor

Definește cum modele sau calcule cu dimensiune geospațială (numite procese) pot fi descoperite și executate prin intermediul unei arhitecturi software bazate pe servicii (SOA), folosind instanțe expuse către protocoale gen HTTP-GET, HTTP-POST sau SOAP. Serviciul a fost implementat conform standardului OGC 05-007, cunoscut și sub numele de OGC WPS (Web Processing Service). Serviciul de prelucrare portalului SnowBall oferă trei metode:

- GetCapabilities – listează procesele pe care serviciul le oferă;
- DescribeProcess – descrierea completă a proceselor, incluzând parametrii de intrare și ieșire;
- Execute – comandă executarea unui proces ce folosește parametrii de intrare furnizați și returnează rezultatele procesării.

Serviciile WPS SnowBall pot lucra cu trei tipuri majore de date:

- Complex Data – XML (GML), CSV, Shapefile, GeoTiff, HDF;
- Literal Data – valori numerice, șiruri alfanumerice;
- Bounding Box Data – coordonate cu extinderea geografică a unei zone de interes.

Serviciul de procesare oferă suport pentru versiunea 1.0.0 a standardului WPS (<http://snowball.meteoromania.ro:8080/geoserver/ows?service=wps&version=1.0.0&request=GetCapabilities>). Serviciul a fost testat folosind aplicația QGIS.

4.2.4. Activitatea 2.4. Elaborarea de produse folosind baza de date spațiale

În această activitate s-au realizat seturi de date gridate zilnice, la o rezoluție spațială de 1000 x 1000 m, perioada 01 octombrie 2005 - 30 aprilie 2015, pentru următorii parametri:

- temperatura aerului (minimă, medie și maximă);
- precipitațiile atmosferice;
- grosimea stratului de zăpadă (SD);
- echivalentul de apă al stratului de zăpadă (SWE).

Procedura de interpolare spațială a datelor măsurate la stațiile meteorologice a presupus parcurgerea următoarelor etape:

- a) interpolarea spațială la o rezoluție spațială de 1000 x 1000m a valorilor medii multianuale (2005-2015) corespunzătoare fiecărei luni, calculate din datele extrase din baza de date climatologică;
- b) calcularea abaterilor zilnice/pentadice față de media lunară multianuală, pentru fiecare zi/pentadă și an din intervalul 2005-2015, și interpolarea spațială a acestora;
- c) obținerea seturilor de date spatio-temporale s-a realizat prin îmbinarea celor două suprafețe obținute în etapele a) și b).

În cazul temperaturilor, anomaliile au fost considerate ca fiind diferențele dintre valorile orare și mediile multianuale, iar în cazul precipitațiilor și stratului de zăpadă s-a utilizat raportul dintre valorile orare și climatologie. Pentru realizarea hărților cu normalele climatologice (mediile multianuale), s-a utilizat metoda de interpolare spațială Regression Kriging (RK). Pentru alegerea metodei optime aplicată în spațializarea abaterilor, au fost testate, prin aplicarea procedurii de validare încrucișată, trei metode de interpolare: multicuadratică (MQ), kriging normal (OK) și inversul distanței (IDW).

4.2.4.1. Normalele climatologice (2005-2015)

În această etapă (realizarea climatologiei gridate) s-au utilizat ca date principale valorile medii lunare multianuale (01 octombrie 2005 - 30 aprilie 2015) ale parametrilor de interes. De asemenea, următoarele date auxiliare, derivate din Modelul Numeric Altimetric (MNA), au fost luate în calcul în procedura de spațializare: altitudinea, altitudinea medie pe o rază de 20 km, latitudinea, distanța față de Marea Neagră și distanța față de Marea Adriatică.

Hărțile reprezentând normalele climatologice au fost obținute cu ajutorul metodei RK, care poate lua în calcul una sau mai multe variabile cu o distribuție continuă în spațiu (modelul numeric altimetric, imagini satelitare etc.).

Datorită existenței efectului de coliniaritate (variabile independente corelate între ele), predictorii derivați din MNA au fost supuși procesului filtrare prin analiza componentelor principale. Filtrarea predictorilor prin analiza componentelor principale (PCA) se realizează prin transformarea variabilelor inițiale într-un set nou de variabile, necorelate între ele și de dimensiune mai mică.

Într-o primă etapă, pentru fiecare lună au fost identificate relațiile statistice dintre valorile de temperatură minimă și variabilele auxiliare (predictorii PCA). Prin aplicarea metodei *stepwise regression* de tip retrograd, s-au selectat, pentru fiecare caz în parte (parametru/lună), predictorii semnificativi din punct de vedere statistic.

Prin aplicarea metodei RK au fost obținute hărți lunare la o rezoluție spațială de 1000x1000m, reprezentând mediile multianuale ale parametrilor de interes (figura 4.2.20).

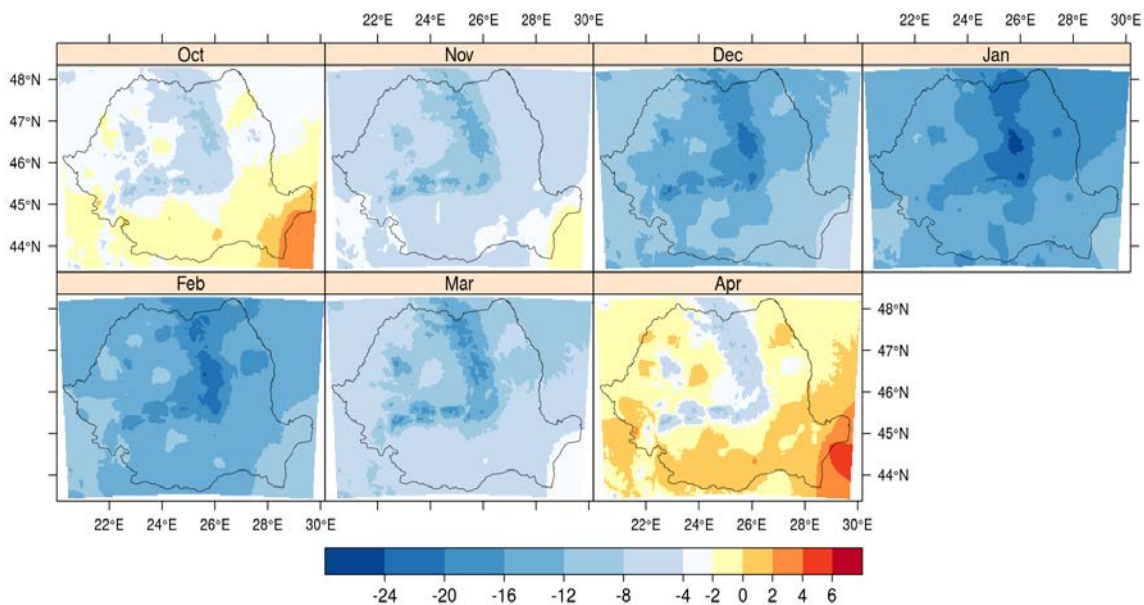


Figura 4.2.20: Temperaturi (°C) minime medii multianuale 2005-2015

4.2.4.2. Date zilnice gridate

În această etapă, pentru alegerea metodei optime de interpolare a anomaliilor zilnice față de mediile multianuale, au fost testate următoarele metode de interpolare: distanța inversă ponderată (IDW), multicuadratică (MQ) și kriging normal (OK).

Pentru alegerea metodei optime de interpolare a abaterilor, s-a aplicat procedura de **validare încrucișată**. Aceasta presupune eliminarea pe rând a unei valori din mulțimea valorilor observate și determinarea valorii punctului exclus pe baza celorlalte date observate. Diferența dintre datele estimate P și cele măsurate O reprezintă eroarea experimentală ε :

$$\varepsilon_i = P(s_i) - O(s_i)$$

Cuantificarea diferențelor dintre estimări și datele observate s-a realizat cu ajutorul indicatorilor de măsurare a erorilor :

- eroarea medie (ME);
- eroarea medie absolută (MAE);
- eroarea pătratică medie (RMSE).

De asemenea s-au mai utilizat și diagramele de tip box-plot și Taylor.

În cazul tuturor parametrilor analizați, procedura de validare încrucișată a fost aplicată anomaliilor calculate pentru intervalul 2005-2015. Din analiza rezultatelor validării încrucișate, obținute în urma aplicării celor trei metode de interpolare, s-a constatat că, pentru toți parametri analizați, metoda MQ reușește să estimeze valorile cele mai apropiate de setul de date original, prin urmare s-a decis ca această metodă să fie aplicată în interpolarea spațială a anomaliilor. Seturile de date gridate zilnice au fost obținute prin îmbinarea hărților anomaliilor cu hărțile reprezentând climatologia.

Utilizându-se datele gridate zilnice, se pot calcula alți parametri ca: numărul de zile cu strat de zăpadă, prima zi și ultima zi cu strat de zăpadă, grosimea maximă a stratului de zăpadă, precipitații maxime căzute în 24 de ore etc. Pentru exemplificare, mai jos sunt prezentate hărțile cu grosimea maximă lunară a stratului de zăpadă calculată pentru fiecare punct de grilă din seriile de date zilnice (figura 4.2.21). Valorile cele mai mari ale acestui parametru corespund zonelor montane înalte (peste 200 cm începând cu luna ianuarie), acestea persistând, datorită temperaturilor medii negative, până în luna aprilie. De asemenea, strat considerabil de zăpadă se regăsește și în regiunile extra carpatice (mai mari de 50 cm), consecință a episoadelor de viscol specifice lunilor ianuarie și februarie.

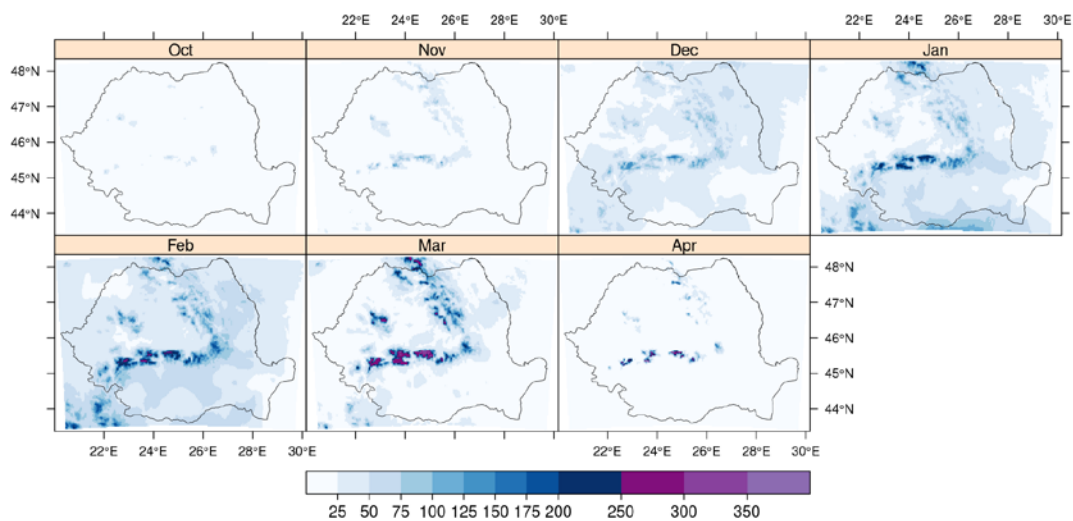


Figura 4.2.21: Grosimea maximă (cm) a stratului de zăpadă (2005-2015)

Hărțile obținute în cadrul acestei etape oferă o imagine de ansamblu a variabilelor analizate, dar a căror precizie este direct influențată de scara la care au fost realizate, de erorile de estimare spațială specifice metodelor geostatistice și de densitatea punctelor cu măsurători (stațiile meteorologice exploatare de Administrația Națională de Meteorologie). Pentru anumite zone, unde sunt specifice condiții climatice deosebite și nu se efectuează măsurători meteorologice, se recomandă realizarea unor studii detaliate privind variabilitatea spațio-temporală a parametrilor de interes, care să pună accent pe caracterul local de manifestare în timp și spațiu a fenomenelor meteorologice.

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

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

În cadrul acestei activități au fost adaptați și validați algoritmi pentru cartografierea zăpezii umede. Algoritmul pentru produsul de umiditate a zăpezii din domeniul optic (OWS) se bazează pe informații despre proprietățile zăpezii (a stratului fracționat de zăpadă-FSC, a temperaturii suprafeței zăpezii-STS și a dimensiunii granulei de zăpadă-SGS) combinate cu măștile de nori realizate cu datele furnizate de senzorii „Ocean Land Colour Instrument (OLCI)” și „Sea Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR)” imbarcați pe satelitul Sentinel-3. Produsul de umiditate a zăpezii în domeniul SAR (SWS) se bazează pe date de la radarul cu apertură sintetică (SAR) imbarcat la bordul satelitului Sentinel-1.

4.3.1.1. Date satelitare utilizate

Sateții utilizați pentru cartografierea zăpezii umede sunt Sentinel-3, pentru datele optice și Sentinel-1 pentru datele SAR. Întrucât Sentinel-3 va furniza date în mod operațional doar din vara anului 2016, am utilizat datele de la Terra MODIS pentru dezvoltarea și validarea algoritmului. Adaptarea și validarea finală pentru Sentinel-3 vor avea loc de îndată ce datele vor fi disponibile.

4.3.1.2. Datele de validare

Validarea s-a realizat cu date din iarna/primăvara anului 2015, din Norvegia și din România. Algoritmii precursori și produsele pentru zăpada umedă au fost validate anterior în site-ul de validare Jotunheimen al NR și au fost apoi demonstrate și aplicate în întreaga Norvegie. Algoritmul SnowBal a fost validat și la Jotunheimen și, ulterior, în zona test Sinaia, din Munții Bucegi, România.

Norvegia

Valdresflya și partea de vest a regiunii muntoase Jotunheimen au fost alese, în anul 1997, ca amplasamente (cu o suprafață totală de 265 km²) pentru dezvoltarea, calibrarea și validarea algoritmului pentru teledetecția zăpezii.

România

Site-urile pentru colectarea datelor diagnostice și pentru validarea algoritmului cal/val în anul 2015 au fost alese în bazinele superioare ale râurilor Argeș și Ialomița, cu altitudini cuprinse între aproximativ 500-2.500 m.

4.3.1.3. Algoritmii pentru date optice

Abordarea ideală pentru evaluarea umidității suprafeței zăpezii este aceea de a aplica un algoritm de estimare a conținutului de apă lichidă din zăpadă, abordare cum este cea propusă și demonstrată de către Green și Dozier (2006). Această abordare necesita utilizarea unui spectrometru cu producere de imagini, dotat cu benzi spectrale alocate în mod optim pentru măsurarea caracteristicilor absorbției moleculare a apei lichide. Asemenea senzori nu sunt disponibili în mod curent pe sateliți, ci doar ca senzori experimentali la bordul aeronavelor. Scopul proiectului este acela de a dezvolta un algoritm care să fie utilizat operațional, pe bază de date satelitare.

Experimentele cu algoritmii pentru umiditatea zăpezii au confirmat faptul că o combinație a temperaturii la suprafața zăpezii cu dimensiunea granulelor de zăpadă, analizată într-o serie temporală de observații, poate fi utilizată pentru a presupune existența zăpezii umede și poate furniza avertizări timpurii asupra începerii topirii zăpezii. Observațiile asupra temperaturii au dat o bună indicație în legătură cu locurile unde ar putea fi prezentă zăpada umedă, dar nu sunt suficient de precise pentru a furniza dovezi suficiente de puternice asupra zăpezii umede. În orice caz, dacă se observă o creștere rapidă a dimensiunii granulelor de zăpadă, simultan cu o temperatură a suprafeței zăpezii de aproximativ 0°C, aceasta este o indicație puternică a faptului că suprafața zăpezii este umedă.

4.3.1.3.1. Algoritmul pentru temperatura suprafeței zăpezii

Algoritmul pentru temperatura la suprafața zăpezii (STS) se bazează pe o abordare propusă de către Key. Într-un studiu comparativ realizat de către Amlien și Solberg, acest algoritm a fost identificat ca fiind una dintre cele mai bune tehnici de tip „single view” pentru determinarea STS în zona polară și poate fi aplicat cu câțiva senzori de rezoluție moderată, cum sunt MODIS, AVHRR, AATSR și OLCI/SLSTR.

Absorbția radiației în atmosferă depinde de lungimea de undă, iar diferența dintre temperaturile de strălucire în două canale va da informații despre atenuarea atmosferică (Strove et al. 1996; Coll et al. 1994). Tehnica „split-window” urmărește eliminarea efectelor atmosferice prin utilizarea acestei diferențe. Temperatura T a suprafeței este estimată ca sumă (sau diferență) ponderată a temperaturilor de strălucire observate. Ecuația „split-window” utilizează T_{11} măsurată la 11 μm (MODIS banda 31, SLSTR banda 7) și T_{12} măsurată la 12 μm (MODIS banda 32, SLSTR banda 8):

$$T = b_0 + b_1 T_{11} + b_2 T_{12}$$

Tehnica „split-window” este sensibilă numai la efectul vaporilor de apă din atmosferă și nu la alte gaze sau aerosoli din atmosferă. Influența atmosferei asupra ecuației „split window” depinde de compoziția atmosferei și de aceea metoda trebuie calibrată pentru diferite tipuri de atmosferă.

Modificarea lui Coll în algoritmul „split-window” a fost propusă pentru a se evita nevoia unor seturi de calibrări. Aceasta este o ecuație globală neliniară destinată aplicațiilor la scară globală. Derivarea algoritmilor liniari regionali optimizați a fost demonstrată pentru condițiile de la latitudinile medii, dar nu pentru atmosfera din regiuni mai reci. Ecuațiile lui Coll sunt date de:

$$\begin{aligned} T &= T_{11} + A(T_{11} - T_{12}) + B \\ A &= b_0 + b_1(T_{11} - T_{12}) \\ b_0 &= 1.00 \quad b_1 = 0.58 \quad B = 0.51 \end{aligned}$$

Algoritmul lui Key (Key et al. 1997) reprezintă o modificare a tehnicii simple „split-window”. Un termen suplimentar de corecție se adresează variației unghiului de vizualizare θ , de-a lungul unei linii de scanare și efectului său asupra lungimii traseului atmosferic. Algoritmul exprimă temperatura la suprafață, sub forma:

$$T_s = b_0 + b_1 T_{11} + b_2 (T_{11} - T_{12}) + b_3 (T_{11} - T_{12})(\sec \theta - 1)$$

Coefficienții de calibrare depind de intervalul temperaturii și de senzorul satelitar.

4.3.1.3.2. Algoritmul pentru dimensiunea granulelor de zăpadă

Pentru dimensiunea granulelor de zăpadă (SGS), a fost utilizat indicele normalizat al granulelor de zăpadă, pe baza activității desfășurate de Dozier (1989), urmată de experimentele lui Fily et al. (1997). Au fost utilizate benzile 2 și 7 ale Modis, întrucât acest indice s-a dovedit a fi mai puțin sensibil la impuritățile din zăpadă.

Algoritmul propus de către Dozier (1989) s-a bazat pe datele Landsat Thematic Mapper (TM). Problema efectelor radiometrice ale terenului, influența pantelor asupra luminii reflectate, este minimizată prin utilizarea raportului dintre cele două canale, ca indicator al dimensiunii granulelor de zăpadă. Au fost testate proporții de forma:

$$R_{ij} = \frac{TM_i - TM_j}{TM_i + TM_j}$$

Raportul benzilor spectrale 4 și 7 (R47) este selectat ca fiind cel mai bun. Fily (1997) a raportat că datele măsurate fitează cel mai bine curba teoretică.

4.3.1.3.3. Algoritmul pentru umiditatea suprafeței zăpezii

Abordarea pentru a determina zăpada umedă dintr-o combinație de măsurători ale STS și SGS, sub forma unor șiruri temporale de observații, a fost elaborată atunci când NR a analizat date in-situ și date MODIS referitoare la diferiți parametri ai zăpezii în zona test din Jotunheimen.

O versiune simplificată a algoritmului aplicat este prezentată mai jos (s-a renunțat la indexarea pixelilor, pentru o mai mare claritate; *MSSW* este umiditatea suprafeței zăpezii din șirurile temporale multi-senzor):

dacă $SGS(\text{today}) - SGS(\text{recently}) > SGStresh$ AND $-2 < STS(\text{today}) < 1$ then $MSSW = WET_SNOW$

else if $SGS(\text{today}) < BareGroundSGStresh$ then $MSSW = BARE_GROUND$

else if $STS(\text{today}) > 1$ then $MSSW = BARE_GROUND$

else $MSSW = DRY_SNOW$

4.3.1.4. Algoritmul pentru date radar

Sistemul imagistic SAR are potențialul să măsoare proprietățile fizice ale terenului cu o rezoluție spațială înaltă. Microundele permit penetrarea norilor și, întrucât SAR este un sistem activ, este posibilă transmiterea de imagini zi și noapte. Datorită modalităților în care microundele interacționează cu caracteristicile suprafeței terenului, informația cuprinsă în semnalele radar retroîmprăștiate poate da o indicație asupra conținutului de umezeală, a salinității și a caracteristicilor fizice (formă, mărime, orientare).

Utilizarea SAR pentru cartografia stratului de zăpadă prezintă niște limitări. Un strat de zăpadă uscată are o influență minoră asupra semnalelor SAR, iar semnalele reflectate sunt dominate de contribuția interfeței zăpadă/sol. Atunci când zăpada este umedă, semnalele nu pot penetra zăpada, iar semnalul retroîmprăștiat este dominat de contribuția interfeței aer/zăpadă. Adesea, semnalul reflectat este mai slab când provine de pe suprafețe acoperite cu zăpadă umedă, decât atunci când zăpada lipsește sau este uscată.

4.3.1.4.1. Algoritmul pentru cartarea zăpezii umede

Zăpada umedă poate fi detectată în imagistică SAR, prin compararea valorilor coeficientului de retroîmprăștiere cu coeficienții corespunzători de retroîmprăștiere dintr-o imagine de referință obținută în condiții cu zăpadă uscată sau fără zăpadă (Nagler and Roth, 2000). Astfel, algoritmul pentru cartarea zăpezii umede se bazează pe detectarea schimbării prin utilizarea raportului dintre suprafețele acoperite cu zăpadă umedă față de suprafețele fără zăpadă (sau cu zăpadă uscată).

4.3.1.5. Validarea rezultatelor

Pentru validarea produselor OWS și SWS a fost elaborat „Planul de validare pentru produsele de evaluarea umidității zăpezii utilizând date satelitare”, prezentat în Anexa II.

În continuare sunt prezentate rezultatele algoritmilor de validare pentru zonele test din Norvegia și România. Validarea este limitată la compararea cu temperatura aerului pentru sezonul de iarnă 2015, dar va fi extinsă la compararea cu măsurătorile in-situ de umiditatea a zăpezii, pentru sezonul 2016, când aceste măsurători vor fi disponibile.

4.3.1.5.1. Norvegia

4.3.1.5.1.1. Umiditatea zăpezii obținută din date satelitare din domeniul optic (OWS)

Hărțile OWS au fost generate din seriile temporale de date satelitare Terra MODIS, achiziționate în perioada 1 ianuarie – 30 iunie 2015 pentru zona test Jotunheimen. Fiecare achiziție a fost prelucrată independent de acoperirea cu nori. Un subset de date OWS a fost selectat pentru a arăta dinamica temporală și evoluția suprafeței acoperite cu zăpadă în sezonul de iarnă. Hărțile selectate sunt fără nori sau cu o acoperire noroasă moderată.

4.3.1.5.1.2. Umiditatea zăpezii din date satelitare SAR

Hărțile SAR au fost generate din seriile temporale de date satelitare SAR (SWS) pentru zona test din datele de 6 aprilie, 18 aprilie, 30 aprilie, 12 mai, 24 mai, 17 iunie și 29 iunie 2015.

În data de 6 aprilie 2015 (figura 4.3.1) se observă că aproape toată suprafața acoperită cu zăpadă este clasificată drept “zăpadă uscată” sau “teren fără zăpadă”. Deoarece imaginea acoperă o regiune muntoasă, mare parte din zonele “verzi” corespund clasei “zăpadă uscată”.

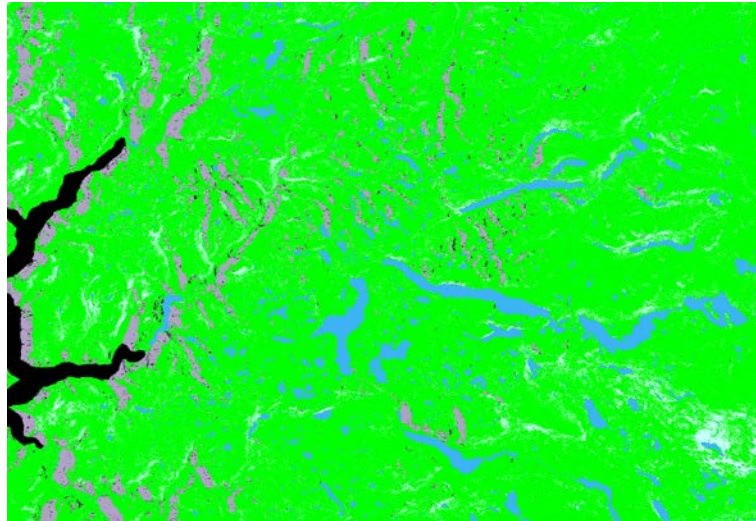


Figura 4.3.1: Harta SWS pentru zona test în data de 6 aprilie 2015, ora 17:02 UTC

4.3.1.5.2. Romania

4.3.1.5.2.1. Umiditatea zăpezii obținută din date satelitare din domeniul optic (OWS)

Produsele OWS au fost generate din seriile temporale de date satelitare Terra MODIS, achiziționate în perioada 1 ianuarie – 30 iunie 2015 pentru zonele din amonte ale bazinelor Argeș și Ialomița (exemplu figura 4.3.2 din data de 17.01.2015). Folosind date MODIS, rezoluția spațială a produselor OWS este de 1 km². În vederea prezentării dinamicii temporale și evoluțiilor stării zăpezii, au fost selectate un număr de produse OWS. Au fost preferate imaginile cu acoperire noroasă redusă și cu cer senin (tabelul 4.3.1).

Tabelul 4.3.1.: Rezultatele estimărilor umidității zăpezii (W) din hărți satelitare optice (OSW) și măsurătorile corespunzătoare ale temperaturii aerului dimineața (08:00), efectuate aproape de timpul de achiziție al imaginilor satelitare (Ac) și temperaturile aerului măsurate după amiază (14:00), la cele cinci stații meteo. Timpul este UTC. Rezultatele sunt prezentate în coduri color precum și cu litere (D = zăpadă uscată, M = zăpadă ușor umezită, W = zăpadă umedă, V zăpadă foarte umedă, S = zăpadă apoasă). În cazul în care nu există nici un rezultat al OSW, sunt prezentate : “+” = nor, “-” sol parțial acoperit cu zăpadă, “=” sol fără zăpadă.

Satellite ac.		Vf. Omu				Balea				Sinaia 1500				Fundata			
Date	Time	W	8:00	Ac	14:00	W	8:00	Ac	14:00	W	8:00	Ac	14:00	W	8:00	Ac	14:00
17.01	9:00	-	-0.9	0.6	-1.1	-	2.6	2.5	2.7	=	8.2	10.1	8.5	=	4.8	6.2	7.8
4.02	8:50	+	-13.9	-14.1	-12.7	+	-9.6	-9.7	-9.3	+	-5.6	-3.8	-5.1	-	-5.3	-3.5	-3.0
10.02	9:50	+	-20.8	-19.7	-19.7	+	-15.9	-15.0	-15.3	-	-10.7	-9.8	-9.9	-	-11.5	-9.2	-9.0
11.02	8:55	D	-20.8	-20.6	-20.4	D	-15.6	-14.4	-16.1	-	-12.2	-11.1	-10.2	-	-12.3	-11.4	-9.0
14.02	9:25	D	-8.7	-7.0	-7.0	D	-6.5	-4.4	-4.2	-	2.8	2.8	-0.9	-	2.6	3.7	4.0
21.02	9:30	D	-2.2	-3.1	-3.3	D	-0.6	1.1	-1.2	D	-0.9	2.1	1.7	W	-0.8	0.5	3.2
9.03	9:30	D	-1.7	-0.8	-2.3	-	0.1	1.1	-0.9	D	4.9	5.4	5.2	-	3.5	4.1	6.3
11.03	9:20	+	-4.6	-3.5	-5.2	D	-4.5	-3.0	-4.0	D	-1.6	1.7	4.2	-	-2.1	0.6	3.8
10.04	9:30	D	-9.0	-7.6	-4.9	D	1.3	0.6	6.3	-	3.4	4.9	8.2	S	3.7	5.3	7.7
23.04	9:00	D	-8.9	-7.7	-2.2	D	-0.1	-0.1	2.2	-	4.4	5.9	8.7	=	2.4	5.8	10.2
24.04	9:45	-	-2.0	-0.1	0.8	-	3.9	6.5	7.2	-	10.2	13.7	13.2	=	10.5	12.5	14.0
25.04	8:50	-	0.7	1.3	2.4	-	5.3	6.7	6.7	=	13.0	13.5	11.2	=	13.2	14.0	13.5
20.05	8:40	=	8.1	8.9	6.8	-	11.0	10.6	9.4	=	18.5	19.0	15.5	=	17.2	18.8	16.5
6.06	9:25	=	5.9	8.3	8.5	-	10.3	10.8	12.5	=	15.0	17.8	17.0	=	14.5	15.8	18.5
15.06	9:20	=	7.2	9.6	10.8	+	12.6	14.1	10.9	+	12.6	19.5	18.4	=	16.0	18.3	15.0

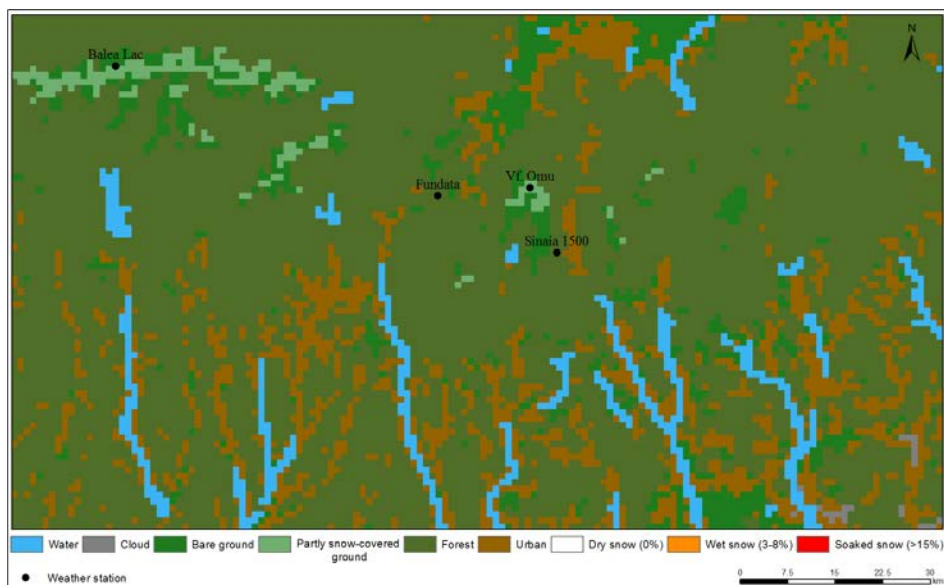


Figura 4.3.2: Harta OWS obținută din date MODIS la data de 17 ianuarie 2015, ora 9:00 UTC.

4.3.1.5.2.2. Umiditatea zăpezii din date satelitare SAR

Temperaturile orare ale aerului, măsurate la stațiile meteo în timpul sau în apropierea pasajului satelitar și rezultatele estimărilor de umiditate a zăpezii (SWS) sunt listate în tabelul 4.3.2, iar în figura 4.3.3 este prezentat un exemplu de hartă a umidității zăpezii obținută din date SAR (Sentinel-1), pentru zona test din România la data de 30 ianuarie 2015 .

Tabelul 4.3.2: Rezultatele estimărilor umidității zăpezii (W) din date satelitare SAR (SWS) și măsurătorile corespunzătoare ale temperaturii aerului după amiază (16:00 și 17:00), efectuate aproape de timpul de achiziție al imaginilor satelitare la opt stații meteo din zona test. Timpul este UTC. Rezultatele sunt prezentate în coduri de culoare (zăpadă umedă = albastru deschis și verde deschis = suprafețele acoperite cu zăpadă uscată sau terenul fără zăpadă), precum și cu litere (W = zăpadă umedă, DB = zăpadă uscată sau teren fără zăpadă).

Data achiziției	Vf. Omu			Bălea Lac			Sinaia 1500			Fundata		
	W	16:00	17:00	W	16:00	17:00	W	16:00	17:00	W	16:00	17:00
30.01	DB	-9.1	-9.3	DB	-5.4	-5.3	DB	-2.8	-2.3	DB	-0.5	-0.4
23.02	DB	-4.0	-4.2	DB	-1.1	-1.8	DB	1.0	0.5	DB	2.0	1.9
19.03	DB	-14.7	-15.2	DB	-11.8	-11.6	DB	-6.6	-7.8	DB	-4.8	-5.5
31.03	W	-7.5	-7.9	DB	-2.4	-1.1	DB	2.0	1.7	DB	4.6	3.6
12.04	DB	-0.4	-1.4	DB	2.6	1.2	DB	8.1	8.0	DB	11.0	9.7
24.04	DB	0.2	-0.4	DB	4.9	4.0	DB	8.6	7.8	DB	13.4	11.5
6.05	DB	6.7	6.3	DB	11.7	11.7	DB	12.2	12.1	DB	15.8	15.0
18.05	DB	5.2	4.2	DB	6.3	5.8	DB	12.2	10.2	DB	15.0	14.0
Data achiziției	Predeal			Câmpulung			Câmpina			Curtea de Argeș		
	W	16:00	17:00	W	16:00	17:00	W	16:00	17:00	W	16:00	17:00
30.01	DB	1.7	1.5	DB	4.0	3.8	DB	2.2	2.6	DB	5.9	5.6
23.02	DB	3.9	2.7	DB	6.5	6.0	DB	5.9	5.8	DB	7.9	7.2
19.03	DB	-3.6	-3.7	DB	0.9	0.0	DB	0.1	-0.6	DB	2.5	1.2
31.03	DB	5.6	4.9	DB	10.3	8.8	DB	13.1	11.4	DB	10.1	9.1
12.04	DB	13.7	9.9	DB	17.9	16.0	DB	18.5	15.4	DB	18.8	17.8
24.04	DB	15.3	13.8	DB	18.7	17.3	DB	18.9	17.2	W	20.7	18.4
6.05	DB	17.4	16.7	DB	20.7	20.0	DB	20.3	19.6	DB	23.4	22.5
18.05	DB	18.8	16.8	DB	21.0	20.3	DB	21.7	20.6	DB	22.8	21.6

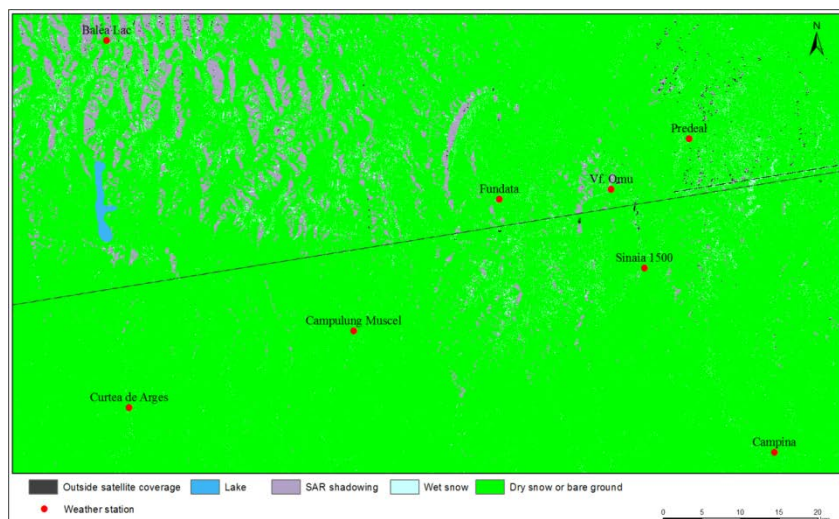


Figura 4.3.3: Harta SWS obținută din date Sentinel-1 pentru zona test din România la data de 30 ianuarie 2015

A fost prezentat algoritmul de validare al rezultatelor pentru zonele test din Norvegia și România pentru sezonul de iarnă 2015. Validarea a fost limitată la compararea cu temperaturile aerului măsurate la stațiile meteo, dar vor fi extinse la compararea cu date de apă lichidă din zăpadă ce vor fi măsurate in-situ în sezonul 2016.

Mai multe detalii despre rezultatele validării produselor OWS și SWS obținute din date satelitare sunt prezentate în deliverabilul D3.1: „Algoritmii validați de evaluare a umidității zăpezii din date satelitare optice și SAR (SWS)”.

4.3.2. Activitatea 3.2. Algoritmul și produsul multi-sensor/multi-temporal de zăpadă umedă - MWS

În cadrul acestei activități s-a avansat și s-a dezvoltat un algoritm multi-sensor/multi-temporal pentru zăpadă umedă (MWS), care se bazează pe fuziunea datelor optice cu datele SAR într-un model nou, care simulează stările proprietăților suprafeței, pentru generarea de hărți fiabile ale umidității zăpezii. Algoritmul se bazează pe experiența partenerului norvegian NR de a combina date de la mai mulți senzori folosind modelul Hidden Markov Model (HMM).

4.3.2.1. Datele de validare

Validarea s-a realizat cu date din iarna/primăvara anului 2015, din Norvegia și din România. Algoritmii precursori și produsele pentru zăpada umedă au fost validate anterior în site-ul de validare Jotunheimen al NR și au fost apoi demonstrate și aplicate în întreaga Norvegie. Algoritmul SnowBal a fost validat și la Jotunheimen și, ulterior, în zona test Sinaia, din Munții Bucegi, România.

Pentru măsurătorile din iarna anului 2016, vor fi incluse două noi amplasamente din România: Târgu Secuiesc (566 m) și Joseni (747 m). În aceste amplasamente se află stații meteo bine echipate, ceea ce va permite o validare extinsă cu date de validare colectate oră de oră.

4.3.2.1.1. Norvegia

Valdresflya și partea de vest a regiunii muntoase Jotunheimen au fost alese, în anul 1997, ca amplasamente pentru dezvoltarea, calibrarea și validarea algoritmului pentru teledetecția zăpezii.

4.3.2.1.2. România

Site-urile pentru colectarea datelor diagnostice și pentru validarea algoritmului cal/val în anul 2015 au fost alese în bazinele superioare ale râurilor Argeș și Ialomița, cu altitudini cuprinse între aproximativ 500-2.500 m.

4.3.2.2. Algoritm bazat pe date multi-senzor/multi-temporale

În timp ce utilizarea senzorilor optici este limitată de existența norilor, senzorii actuali SAR se limitează la detectarea zăpezii în curs de topire. Algoritm bazat pe date multi-senzor/multi temporal pentru zăpada umedă (MWS) este un algoritm cu totul nou care a fost dezvoltat în cadrul acestui proiect. Algoritm se bazează pe fuzionarea de date din domeniul optic și date SAR, pentru cartografierea suprafețelor cu zăpadă umedă. Ideea noastră este de a combina observațiile multi-temporale ale temperaturii la suprafața zăpezii (STS), mărimea granulelor de zăpadă (SGS) și zăpada umedă din date SAR (SWS), într-un model de fuziune care să genereze o acoperire semnificativ îmbunătățită în spațiu și timp, față de posibilitățile existente utilizând un singur senzor. Algoritm pe care l-am dezvoltat fuzionează observațiile optice cu cele SAR, utilizând un Model Markov Ascuns (HMM). Abordarea HMM bazată pe modelare și asimilare (fuzionarea datelor la “nivelul radiațiilor electromagnetice” în loc de nivelul tematic) a fost propusă de către Solberg et al. (2008) pentru reconstituirea stratului fracționat de zăpadă (FSC). Este definit un set de stări ale zăpezii și pentru fiecare stare a zăpezii este asociată o reflectanță corespunzătoare și un model de retroîmprăștiere.

Ideea de bază este aceea de a simula, cu un model de stare, stările prin care trece suprafața zăpezii în timpul sezonului rece. Modelul HMM este aplicat la nivel de pixel, astfel încât este modelată întreaga evoluție a fiecărui pixel din cursul sezonului rece.

Conform claselor tematice de umiditate a zăpezii, aplicate algoritmului OWS în modelul Markov ascuns (figura 4.3.4) au fost definite cinci stări corespunzătoare ale umidității zăpezii. Suplimentar, există definită câte o stare pentru: zăpada peticită, zăpada în topire, (< 100% FSC) și zăpada temporară (un strat subțire de zăpadă, care acoperă complet solul o scurtă perioadă de timp, strat numit și “strat efemer”).

Restricțiile în ceea ce privește trecerile de la o stare la alta pot părea, într-o oarecare măsură, artificiale. Legăturile dintre stări sunt, de asemenea, motivate de observațiile in situ asupra comportamentului unui strat sezonier de zăpadă tipic, în cursul unui sezon de topire.

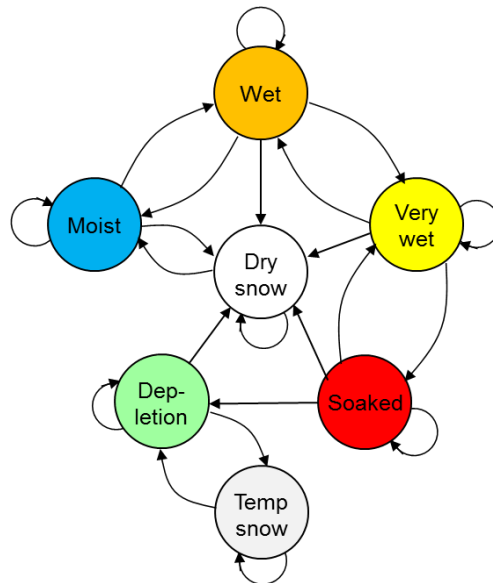


Figura 4.3.4: Modelul Markov Ascuns pentru umiditatea zăpezii, cu reprezentativitatea fuziunii observațiilor din domeniul optic și SAR.

În continuare sunt descrise bazele formalismului Modelului Markov Ascuns (HMM). Cu ajutorul acestui model se analizează un sistem capabil să treacă printr-o serie de stări diferite. În timp ce se află într-o anumită stare, sistemul va produce observabile cu o anumită densitate a probabilității. Vom nota setul de stări discrete Q ale sistemului intern cu:

$$Q = \{S_1, S_2, \dots, S_v\}$$

unde v este numărul de stări. Mai mult, șirurile temporale de observații, \bar{X} , vor fi notate:

$$\bar{X}^T = \{X^1, X^2, \dots, X^T\}$$

unde T este numărul de elemente ale succesiunii. Starea necunoscută a procesului la momentul t va fi notată cu E^t , astfel că $E^t = S_i$ indică faptul că procesul se află în starea S_i la momentul t . Stările nu sunt observabile în mod direct, ci sunt legate de observația X^t la momentele t , ($t = 1, 2, \dots, T$) printr-o distribuție probabilistică a măsurătorilor:

$$p(X^t | E^t = S_i), i = 1, 2, \dots, v$$

De asemenea, pentru o perioadă de timp dată, modelul este descris printr-un set de probabilități de tranziție între fiecare pereche de stări:

$$p(E^t = S_i | E^{t-1} = S_j), i, j = 1, 2, \dots, v$$

Evident, probabilitățile tranzițiilor între diferite stări depind în mare măsură de sezon și de aceea procesul nu este staționar, iar probabilitățile tranzițiilor sunt dependente de timp.

Parametrii finali ai modelului sunt condițiile inițiale, definite de probabilitatea de a se afla într-o stare dată, la momentul inițial:

$$p(E^1 = S_i), i = 1, 2, \dots, v$$

În cazul HMM, scopul nostru este să asociem fiecare pixel acestui model care explică cel mai bine evoluția pixelului în timp. Soluțiile la acest tip de problemă sunt importante în multe aplicații și pentru rezolvare sunt disponibili câțiva algoritmi. În problema noastră, am ales să utilizăm algoritmul Viterbi.

Algoritmul Viterbi este un algoritm dinamic de programare pentru găsirea celei mai probabile succesiuni de stări ascunse (traectoria Viterbi), care să devină o succesiune de observabile. Algoritmul necesită ca datele de intrare (input) să fie funcțiile probabilistice de densitate ale stărilor, probabilitățile de tranziție între diferitele stări și probabilitatea inițială a fiecărei stări.

Fie $V_{t,k}$ probabilitatea celei mai probabile succesiuni responsabile pentru primele t observații care au ca stare finală k , atunci:

$$V_{1,k} = p(X^1 | k) p(E^1 = S_k)$$

$$V_{t,k} = p(X^t | k) \max_i (p(E^t = S_i | E^{t-1} = S_j) V_{t-1,k})$$

Traectoria Viterbi poate fi reconstituită prin salvarea indicatorilor care reamintesc ce stare si a fost utilizată în cea de-a doua ecuație.

Algoritmul folosește ca date de intrare harta umidității zăpezii din date optice (OWS), care conține probabilitățile de apariție a claselor zăpezii umede și o hartă a umidității zăpezii din date SAR (SWS), care include probabilitățile de apariție a zăpezii umede.

Pentru a aplica HMM, sunt folosite informații de climatologie la scară locală. Scopul urmărit este acela de a estima probabilitățile de producere a fiecărei stări și probabilitățile tranzițiilor pe unitate de timp (zi) în cursul sezonului de zăpadă. Pentru Norvegia se utilizează șiruri temporale de date zilnice pe o durată de 15 ani (2000-2015), ale stării zăpezii de la suprafața stratului, pe o suprafață de 1 km^2 , pe baza unui model în care datele de la stațiile meteorologice și de prognoză numerică a vremii ce sunt combinate într-un produs la scară națională, furnizat prin portalul web seNorge (Saloranta 2012). Pentru România, climatologia este estimată dintr-un șir de date pe 10 ani (2005-2015), cu reanaliza grosimii stratului de zăpadă și a temperaturii aerului, într-o grilă cu rezoluția de 1 km (Dumitrescu et al. 2015).

4.3.2.3. Validarea rezultatelor

În acest capitol sunt prezentate rezultatele validării algoritmului multi-senzor/multi-temporal pentru zonele test din Norvegia și România. Validarea este limitată la compararea cu temperatura aerului din sezonul de iarnă 2015, dar va fi extinsă la compararea cu măsurătorile in-situ de umiditatea a zăpezii, pentru sezonul 2016, când aceste măsurători vor fi disponibile.

Pentru validarea produselor MWS a fost elaborat „Planul de validare pentru produsele de evaluarea umidității zăpezii utilizând date satelitare”, prezentat în Anexa II.

4.3.2.3.1. Norvegia

Având în vedere că datele optice sunt limitate de acoperirea cu nori, iar datele SAR sunt limitate de frecvența temporală de 12 zile, este dificil să se găsească hărți pentru comparare în aceeași zi. Harta multi-senzor este, totuși, disponibilă în fiecare zi și permite compararea cu fiecare hartă obținută din date optice și SAR.

Rezultatele validării Produsul multi-senzor/multi-temporal de umiditate a zăpezii

Hărțile multi-senzor ale umidității zăpezii au fost generate pentru zilele de 23 martie, 9, 11 și 21 aprilie, 9 și 17 mai și din 6 iunie 2015.

Pentru început s-a comparat starea de umiditate a zăpezii în locația stațiilor meteorologice cu media pe 24 de ore a temperaturii aerului pentru aceiași zi (tabelul 4.3.3).

Tabelul 4.3.3: Comparația între media pe 24 de ore a temperaturii aerului cu starea de umiditate a zăpezii. Numerele de la 0-6 indică stările zăpezii: zăpadă uscată, zăpadă umezită, zăpadă umedă, zăpadă foarte umedă, zăpadă îmbibată cu apă, respectiv zăpadă temporară sau sol gol. Deviațiile aparente sunt marcate cu roșu.

		23 Martie	9 Aprilie	11 Aprilie	21 Aprilie	9 Mai	17 Mai	6 Iunie
Valdresflya	Temperatura	-0.3	1.4	-3.6	2.7	-0.7	-2.1	2.2
	Clasa de zăpadă	0	0	0	2	0	0	2
Bygdin	Temperatura	-0.2	0.4	-4.7	2.8	-3.0	-0.1	4.1
	Clasa de zăpadă	0	0	2	5	3	5	5
Eidsbugarden	Temperatura	0.5	1.3	-6.2	3.4	-2.5	-0.3	5.2
	Clasa de zăpadă	0	1	3	3	0	2	5
Vinsteren-Bjørnhølen	Temperatura	-0.2	-1.3	-4.2	-4.2	-5.6	-0.4	4.3
	Clasa de zăpadă	0	6	5	5	3	5	5
Bitihorn	Temperatura	-4.0	-5.5	-3.5	1.5	-8.3	-6.6	1.1
	Clasa de zăpadă	0	0	0	3	0	5	5

Întrucât imaginile satelitare pe baza cărora este realizată harta multi-senzor sunt, de obicei achiziționate între 10:00 și 12:00 UTC, media pe 24 de ore a temperaturii aerului nu este întotdeauna bună pentru analiza și evidențierea claselor de umiditate a zăpezii.

Un studiu intercomparativ a celor trei produse OWS, SWS și MWS ar fi de interes, însă până acum nu a fost realizat. Dificultatea acestui studiu este determinată de achiziția imaginilor SAR în aceleași zile în care există imagini optice cu acoperirea noroasă moderată. Situația s-ar putea îmbunătăți din 2016 când vor fi disponibile imagini de la sateliții Sentinel-1.

În figura 4.3.5 este prezentat un exemplu în care a fost achiziționată o imagine SAR, la o zi după achiziția unei imagini optice în condiții favorabile. Regimul de temperatură a fost similar pentru cele două zile, iar suprafețele de la altitudini joase nu înregistrează valori de îngheț pe timpul nopții. Hărțile MWS și OWS sunt aproape similare, astfel că s-ar putea spune că produsul optic ar putea influența rezultatul produsului multi-senzor destul de mult. Harta MWS include două clase de umiditate mai mult decât produsul OWS. Zăpada umedă în produsul SAR reprezintă o suprafață mai

mare decât în celelalte produse. Aceasta era de așteptat, deoarece rezoluția spațială a produsului din date optice este de 1 km, în timp ce rezoluția produsului SAR este de 50 m.

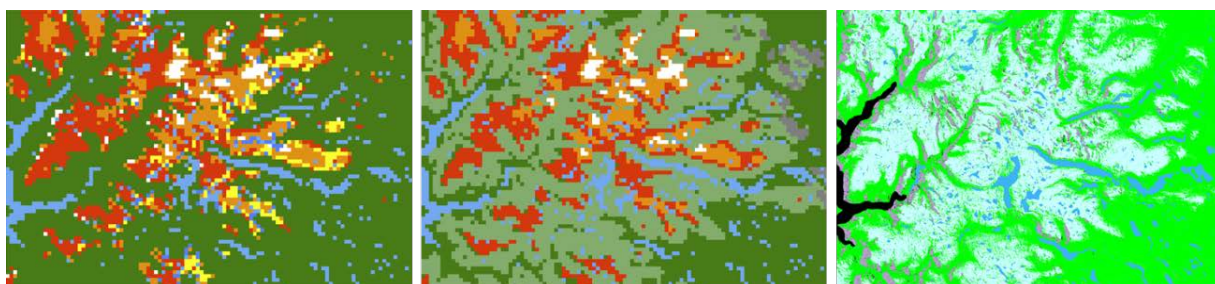


Figura 4.3.5: Harta multi-senzor de umiditate a zăpezii (stânga), harta cu produsul din date optice de umiditate a zăpezii (centru) și produsul SAR de umiditate a zăpezii (dreapta) din 17 iunie 2015

4.3.2.3.2. România

În această secțiune sunt prezentate rezultatele produsului multi-senzor pentru zona de studiu aleasă.

Rezultatele validării produsul multi-senzor/multi-temporal de umiditate a zăpezii

Hărțile multi-senzor ale umidității zăpezii au fost generate pentru datele de 19 și 23 februarie, 2, 10, 25 și 28 martie, respective 23 și 25 aprilie 2015. În tabelul 4.3.4 este prezentată comparația între media pe 24 de ore a temperaturii aerului cu starea de umiditate a zăpezii.

Tabelul 4.3.4: Comparația între media pe 24 de ore a temperaturii aerului cu starea de umiditate a zăpezii. Numerele de la 0-6 indică stările zăpezii: zăpadă uscată, zăpadă umezită, zăpadă umedă, zăpadă foarte umedă, zăpadă îmbibată cu apă, respectiv zăpadă temporară sau sol gol. Deviațiile aparente sunt marcate cu roșu

		19 Feb	23 Feb	2 Mar	10 Mar	25 Mar	28 Mar	23 Apr	25 Apr
Bâlea Lac	Temperatura	-10.8	-2.3	-3.2	-3.6	-0.1	-0.5	-5.0	3.5
	Tipul de zapadă	0	2	6	0	1	4	1	3
Fundata	Temperatura	-6.9	1.1	1.1	0.2	4.5	2.1	3.2	11.0
	Tipul de zapadă	6	6	6	6	6	6	6	6
Sinaia 1500	Temperatura	-7.9	0.4	1.8	-0.6	3.7	2.1	2.0	7.6
	Tipul de zapadă	6	6	6	6	6	6	6	6
Vf. Omu	Temperatura	-14.0	-5.0	-6.2	-7.1	-2.5	-2.7	-6.7	-1.1
	Tipul de zapadă	6	0	0	0	0	3	2	4

Pentru a avea o viziune completă asupra evoluției zăpezii este necesară realizarea unui studiu intercomparativ între cele trei produse OWS, SWS și MWS. Zăpada umedă reprezentată pe imaginea SAR este bine corelată cu clasele de umiditate a zăpezii din imaginea optică. Sezonul de topire a zăpezii este vizibil pe harta MWS ca pixeli acoperiți parțial cu zăpadă (figura 4.3.6).

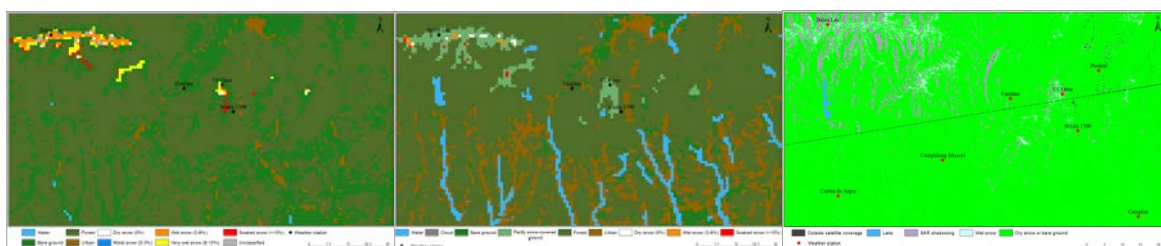


Figura 4.3.6: Harta multi-senzor de umiditate a zăpezii (stânga), harta de umiditate a zăpezii obținută din date optice (centru) și produsul de umiditate a zăpezii din date SAR (dreapta) din 25 aprilie 2015

Ca o concluzie generală, se poate afirma că analiza validării rezultatelor estimării umidității zăpezii din noul produs multi-senzor/multi-temporal pare a fi foarte promițătoare, furnizând informații

zilnice despre diferitele grade de umiditate a zăpezii, independent de acoperirea cu nori. Abordarea a aratat că lipsa observațiilor duce la o lipsă a calității. Observațiile vor deveni însă mai dense odată ce sateliții Sentinel-1A și Sentinel-1B vor fi disponibili (în toamna lui 2016, conform programului de lansare ESA) și satelitul Sentinel-3 va oferi observații zilnice (dar limitate de acoperirea noroasă).

Doar utilizarea temperaturii aerului ca indicator pentru umiditatea zăpezii măsurată in-situ este o limitare. Clasele de umiditate a zăpezii reies din însuși definiția lor în termenii conținutului de apă din zăpadă. Calibrarea algoritmilor trebuie realizată pentru zonele test de calibrare/validare, urmată de o validare ce include și măsurători in-situ ale conținutului de apă din zăpadă, pentru sezonul 2016.

Mai multe detalii despre rezultatele validării produsului MWS obținut din date satelitare sunt prezentate în deliverabilele D3.2: „Algoritmul validat de evaluare a zăpezii umede din date satelitare multi-sensor/multi-temporale (MWS)” și D3.3: „Produce-prototip umiditatea zăpezii din date satelitare multi-sensor/multi-temporale (MWS) pentru avertizările de producere a inundațiilor și avalanșelor – versiunea 1”.

4.3.3. Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zăpadă în NOAH

În cadrul acestei activități a fost realizată proiectarea metodologiei de estimare a echivalentului de apă din stratul de zăpadă, prin fuziune de date, folosind modelul cu parametrii distribuiți NOAH, observații la stații și produse satelitare (a fost elaborat deliverabilul D3.5.).

În cadrul metodologiei, diferitele tipuri de date și informații sunt analizate comparativ, utilizând o serie de algoritmi de cros-validare automată, apoi de estimare a echivalentului în apă al stratului de zăpadă, în format grid la rezoluția de 1 km, prin parcurgerea unor etape succesive de interpolare și ajustare funcție de gradul de incertitudine asociat diferitelor tipuri de date.

Pentru realizarea modelării evoluției stratului de zăpadă se va utiliza un model de zăpadă multistrat cu parametrii distribuiți, abordare care va îmbunătăți în mod semnificativ simulările distribuite ale modelului în privința evoluției SWE, dar va permite de asemenea investigarea beneficiilor utilizării produselor satelitare pentru parametrii suprafeței stratului de zăpadă în metodologia de fuziune a datelor și testarea implementării unor algoritmi de complexitate ridicată pentru ajustarea simulărilor realizate de către model.

Principalele tipuri de intrare care vor fi utilizate în cadrul metodologiei de fuziune de date sunt următoarele:

- Simulări ale evoluției SWE realizate cu noul model multistrat de zăpadă, format grid (1 km rezoluție spațială).
- Observații de la stații: grosime strat de zăpadă, echivalent în apă al stratului de zăpadă, densitatea zăpezii, cantități de precipitații zilnice, temperatura aerului (media și extremele zilnice)
- Produse satelitare: acoperirea cu strat de zăpadă, umiditatea stratului de zăpadă.
- Observații detaliate din zonele pilot vor fi utilizate pentru testarea și validarea algoritmilor de fuziune de date.

Principalele etape de procesare în cadrul metodologiei de fuziune de date

I. Control automat de calitate al datelor de intrare:

- Valori punctuale din observații și valori în celulele din grid din simulări ale modelului de zăpadă și produse satelitare.
- Ca rezultat al acestei etape, toate datele disponibile vor fi clasificate în 3 categorii, pe baza rezultatelor testelor de validare/control de calitate: foarte bune, bune, acceptabile, iar toate valorile care nu trec testele de validare vor fi considerate date lipsă.
- Testele se vor aplica atât pe ultimele valori cât și pe variația relativă față de valorile din ziua anterioară.

- II. Etapa generală de procesare, având ca obiectiv estimarea valorilor cele mai probabile, prin analiza iterativă a grupurilor de celule asociate diferitelor categorii de calitate.
- Analiza celulelor în care cel puțin o sursă de date se afla în categoria “date foarte bune”.
 - Interpolarea valorilor estimate la pasul anterior la nivelul întregului grid.
 - Validare și ajustare rezultate interpolare folosind celulele în care cel puțin o sursă de date are valori în categoria “date bune”.

Validare și ajustare rezultate interpolare folosind celulele în care cel puțin o sursă de date are valori în categoria “date acceptabile”.

4.4. WP4 Impactul schimbărilor climatice asupra hazardelor legate de zăpadă

4.4.1. *Activitatea 4.1. Variabilitatea și schimbările climatice ale stratului de zăpadă și impactul asociat*

În această etapă au fost continuate activitățile legate de analiza variabilității și schimbării climatice asociate cu stratul de zăpadă și impactul asociat. Au fost folosite la analiză rezultatele celor 5 experimente numerice cu modele climatice regionale, la rezoluția de 12,5 km, din arhiva EURO-CORDEX (Jacob și colaboratorii, 2014), folosite și în etapa anterioară. Se observă că în condițiile de forță radiativă mai intensă (scenariul RCP 8.5) diminuarea grosimii stratului de zăpadă, a cantității de zăpadă, precum și a cantității de zăpadă topită, în intervalele considerate, sunt mai mari. Acestea se accentuează și odată cu apropierea de sfârșitul secolului XXI, mai ales în cazul scenariului RCP 8.5.

În figura 4.4.1 este ilustrată cantitatea de zăpadă topită 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. Se observă că zăpada topită în sezonul rece (octombrie-aprilie) prezintă o creștere mai importantă în cantitate tocmai în zona de interes, cea montană, a sub-bazinelor analizate ceea ce teoretic sugerează o creștere a riscului inundațiilor în această regiune. Există și alte regiuni montane din România care prezintă creșteri ale cantității topite de precipitații în sezonul rece, cum sunt cele nord-estul țării. Și în aceste cazuri, riscul de inundații în sezonul rece ar putea crește în condițiile schimbării climei. Au fost folosite mediile ansamblului de 5 modele prezentate în tabelul 4.4.1.

Tabelul 4.4.1. Modelele globale și regionale folosite în experimentele numerice analizate

Centrul de modelare climatică globală	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

Tot în cadrul acestei etape, o linie de investigație vizează folosirea unui model hidrologic (exploatat de Partenerul 3 - INHGA) cu o componentă ce reprezintă aportul zăpezii topite pentru a identifica impactul schimbărilor legate de stratul de zăpadă asupra proceselor hidrologice, în special în perioada de tranziție de la iarnă la primăvară.

Datele de intrare pentru modelul hidrologic au fost prelucrate de Administrația Națională de Meteorologie, pornind de la experimente numerice în condițiile schimbării climatice (RCP 2.6 și RCP 8.5) cu modelul regional RCA4 (EURO-CORDEX), forțat cu câmpurile meteorologice la frontiera domeniului de la modelul global ICHEC-EC-EARTH (CMIP 5).

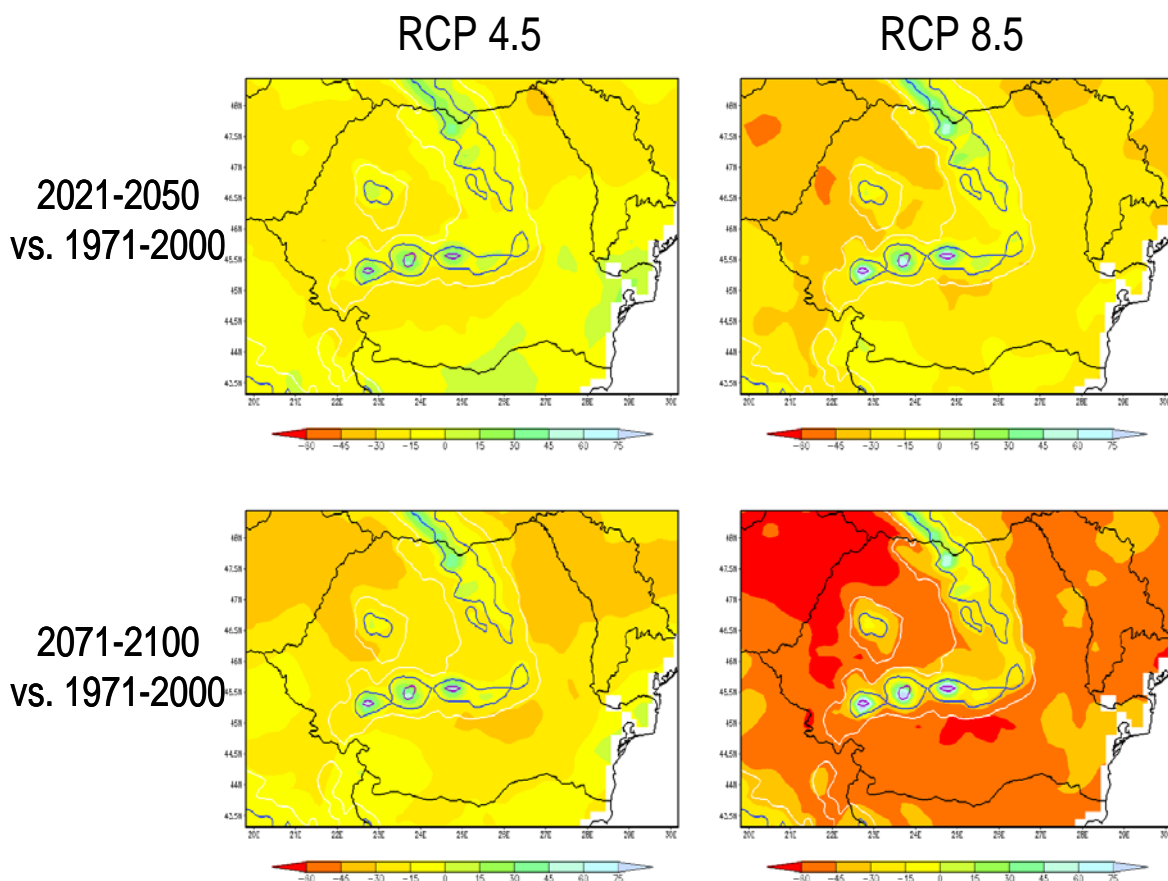


Figura 4.4.1: Schimbările medii cantitatea de zăpadă topită (în %) în intervalul octombrie-aprilie, la nivelul României, în condițiile scenariilor RCP 4.5 și 8.5, pentru orizontul de timp 2021-2050 față de intervalul de referință 1971-2000. Au fost folosite mediile ansamblului de 5 modele prezentate în tabelul 4.4.1.

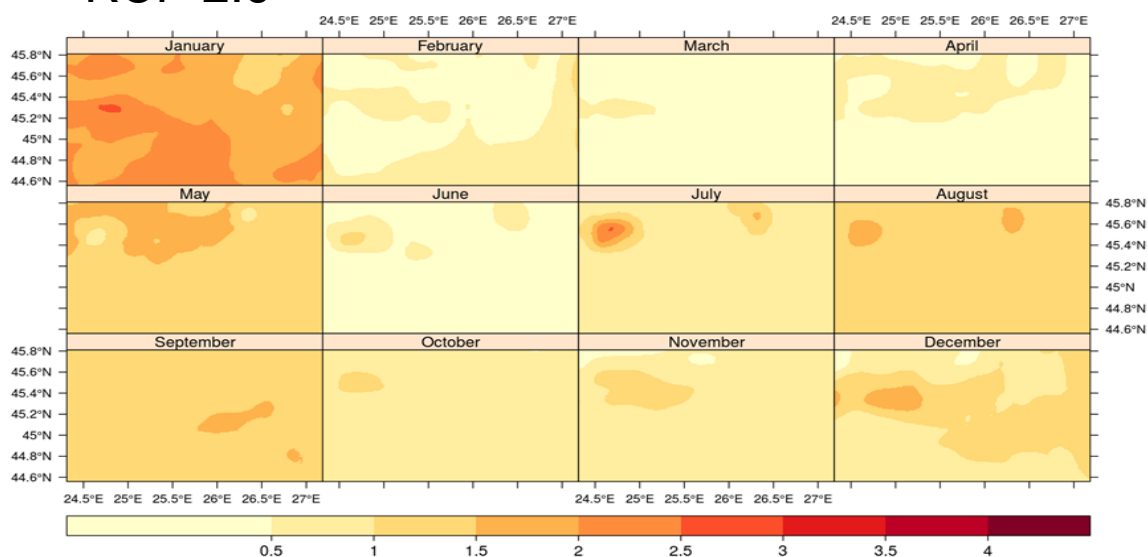
Datele simulate cu modelul regional la rezoluția de 12,5 km au fost dezagregate spațial la rezoluția de 1km, folosind metode geostatistice, pentru a putea fi folosite la scară bazinelor studiate și pentru a corecta diferențele dintre orografia modelului și orografia reală.

Se observă în cazul scenariului RCP 8.5 o creștere a temperaturii mult mai accentuată în anotimpul de iarnă. Explicația este legată de reducerea numărului de zile cu strat de zăpadă, reducere accentuată în condițiile scenariului cu concentrația cea mai mare de gaze cu efect de seră (RCP 8.5) (figura 4.4.2). Spre deosebire de cazul temperaturii, schimbările în cantitatea medie de precipitații sunt mai puțin coerente din perspectiva forțajului radiativ global-nu apar diferențe sistematice între cele 2 scenarii climatice RCP 2.6 și RCP 8.5 (figura 4.4.3).

Aceste seturi de date prelucrate pentru aria de interes vor fi folosite în etapele ulterioare atât ca date de intrare în modelul hidologic ce va fi exploatat în cadrul Activității 4.2, cât și pentru identificarea răspunsului mecanismelor locale la schimbarea climatică.

Folosind datele dezagregate spațial la rezoluția de 1km de echipa Administrației Naționale de Meteorologie, modelul hidologic a fost calibrat de echipa INHGA și au început pregătirile pentru folosirea lui la Activitatea 4.2 privind variabilitatea și schimbarea climatică în inundațiile rapide asociate cu topirea zăpezii.

RCP 2.6 2021-2050 vs. 1981-2010



RCP 8.5 2021-2050 vs. 1981-2010

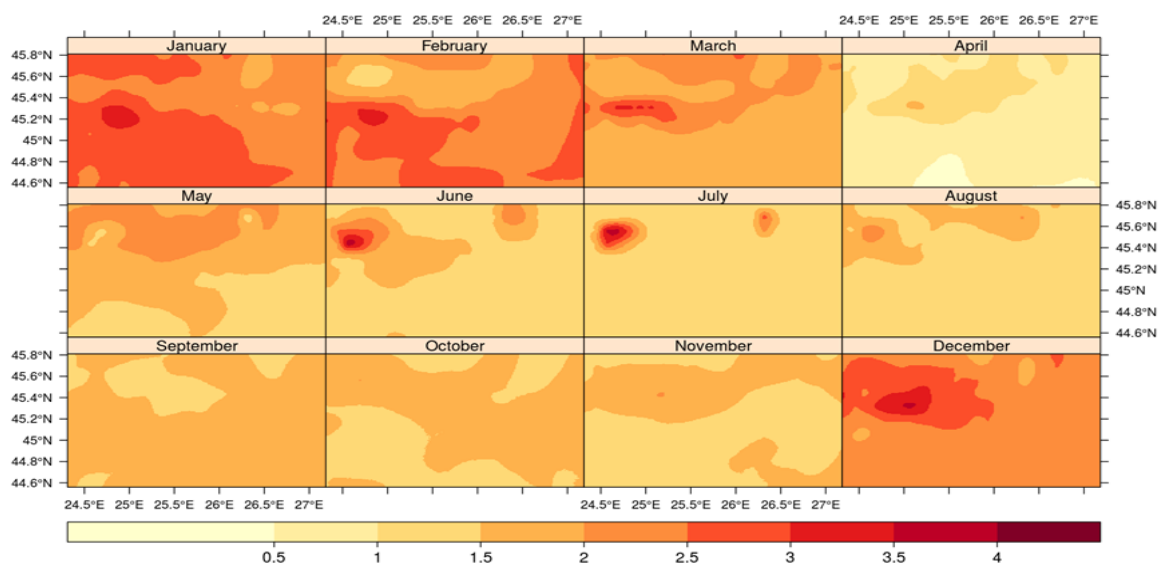


Figura 4.4.2: Schimbări termice în condițiile scenariilor RCP 2.6 și RCP 8.5 pentru intervalul 2021-2050, perioada de referință 1981-2010, la rezoluția 1km x 1km. Datele folosite din experimentele EURO-CORDEX pentru aria de interes au fost cele simulate de modelul regional RCA4 cu câmpurile la frontiera domeniului de la modelul global ICHEC-EC-EARTH.

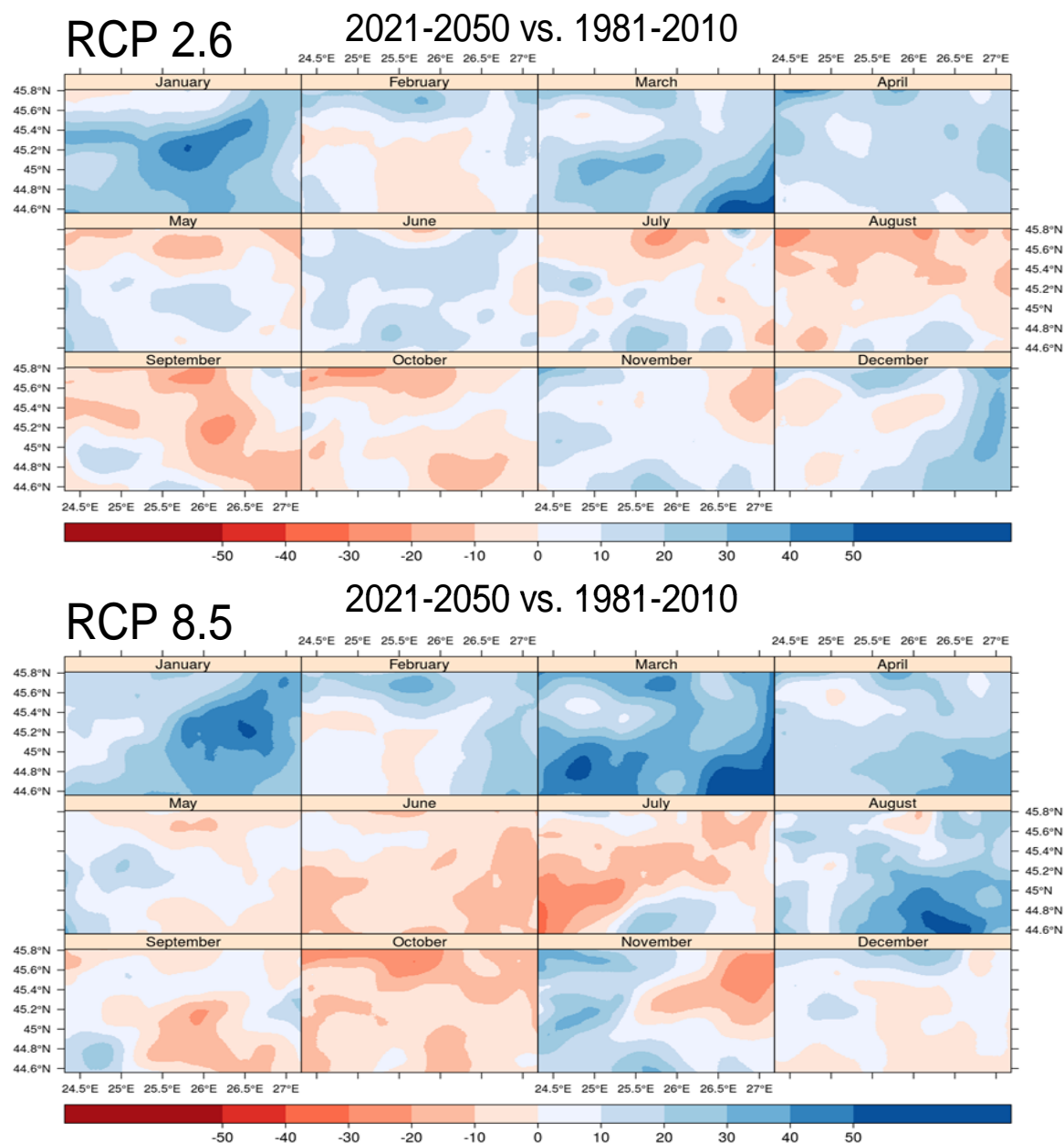


Figura 4.4.3: Schimbări în cantitatea de precipitații în condițiile scenariilor RCP 2.6 și RCP 8.5 pentru intervalul 2021-2050, perioada de referință 1981-2010, la rezoluția 1km x 1km. Datele folosite din experimentele EURO-CORDEX pentru aria de interes au fost cele simulate de modelul regional RCA4 cu câmpurile la frontiera domeniului de la modelul global ICHEC-EC-EARTH.

4.4.2. Activitatea 4.2. Variabilitatea și schimbările din domeniul inundațiilor rapide produse cu contribuția topirii zăpezii asociat

În cadrul acestei activități a fost realizată calibrarea modelului hidrologic cu simularea acumulării de zăpadă și a topirii ei pentru zona superioară a bazinelor Argeș și Ialomița (mai multe detalii sunt prezentate în livrabilul D4.2.).

Pentru simularea scurgerii în partea superioară a bazinelor hidrografice ale râurilor Argeș și Ialomița se utilizează modelul hidrologic conceptual CONSUL, model dezvoltat în cadrul I.N.H.G.A.

Modelul hidrologic CONSUL este un model conceptual care permite simularea scurgerii într-un bazin hidrografic complex, iar principalele procese ploaie-scurgere considerate în modelul hidrologic sunt:

acumularea și topirea stratului de zăpadă, interceptația, reținerea în depresiuni, evapotranspirația, infiltrația, percolația, scurgerea de suprafață, scurgerea hipodermică și scurgerea de bază.

În modelul hidrologic bazinul hidrografic este împărțit în subbazine în funcție de schema de integrare a scurgerii, iar pentru fiecare subbazin hidrografic:

- se utilizează metoda grad-zi pentru determinarea cedării apei din stratul de zăpadă;
- se calculează afluxul mediu de apă prin ponderarea valorilor de ploaie și de apă provenită din topirea stratului de zăpadă înregistrate în rețeaua meteorologică la posturile pluviometrice și stațiile meteorologice;
- se estimează ploaia netă (stratul scurs) prin extragerea din afluxul mediu de apă a pierderilor prin infiltrație și evapotranspirație utilizând un model conceptual de tip rezervoare;
- se integrează ploaia netă pe versanți și în rețeaua hidrografică primară, având ca rezultat final formarea hidrografului debitelor pe fiecare subbazin, cu ajutorul integralei de convoluție care conține ca funcție de transfer a sistemului hidrologic hidrograful unitar instantaneu.

Zona de studiu pe care se va aplica modelul hidrologic de simulare a scurgerii este reprezentată de zonele superioare ale râurilor Argeș și Ialomița având în secțiunile de închidere stații hidrometrice.

Astfel, zona de studiu este formată din cinci bazine hidrografice corespunzătoare râurilor: Argeș până la stația hidrometrică Căteasca, Dâmbovița (afluent de stânga al râului Argeș) până la stația hidrometrică Lungulețu, Ialomița până la stația hidrometrică Băleni, Prahova (afluent de stânga al râului Ialomița) până la stația hidrometrică Prahova și Teleajen (afluent de stânga al râului Prahova) până la stația hidrometrică Moara Domnească.

În figura 4.4.4. se prezintă ca exemplu de schemă de calcul și configurare a sub-bazinelor în cadrul modelului hidrologic schema de calcul a propagării scurgerii în bazinului hidrografic Dâmbovița până în secțiunea stației hidrometrice Lungulețu.

Calibrarea parametrilor modelului hidrologic CONSUL s-a efectuat prin simularea celor mai importante evenimente ploaie-scurgere selectate în special în cursul tranziției de la iarnă la primăvară, din perioada de calibrare considerată, 2001-2005.

În figura 4.4.5 se prezintă, spre exemplificare, compararea hidrografelor de debit simulate în cadrul procesului de calibrare cu modelul CONSUL cu cele măsurate, pentru stația hidrometrică Bughea de Jos de pe râul Bughea, situată în partea superioară a bazinului hidrografic al râului Argeș.

Rezultatele simulărilor cu modelul CONSUL în bazinele hidrografice analizate au arătat că modelul oferă rezultatele cele mai bune în special în cazul viiturilor generate de precipitații uniform repartizate în spațiu.

Abaterile dintre hidrografele de debit simulate cu modelul CONSUL și cele observate sunt datorate atât erorilor de model cât și insuficienței datelor meteorologice și hidrologice. Principala eroare este cauzată de determinarea ploii medii pe bazinul hidrografic și a distribuției temporale și spațiale variabile a acesteia.

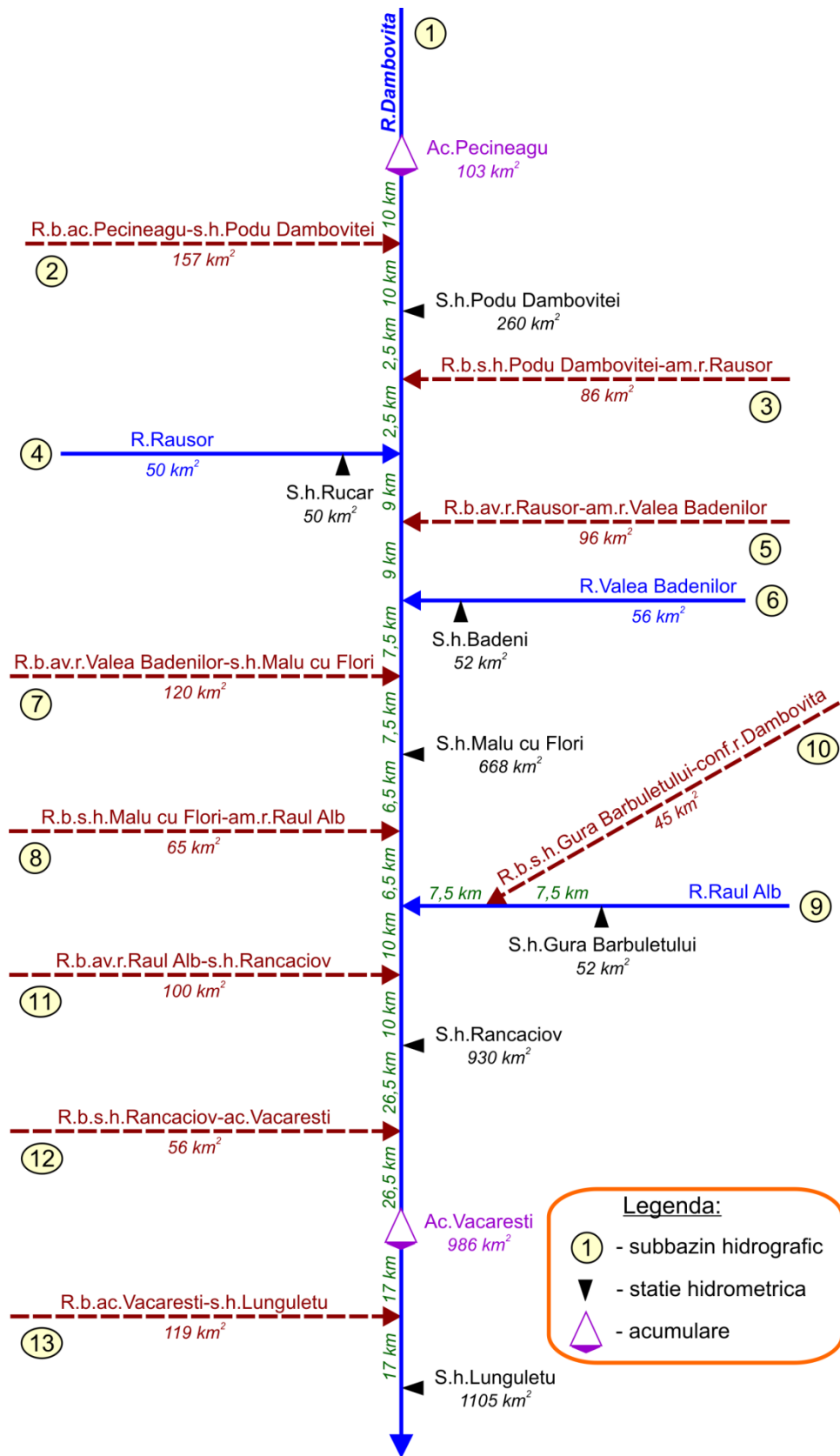


Figura 4.4.4. Schema de calcul a propagării scurgerii în bazinului hidrografic Dâmbovița până în secțiunea stației hidrometrice Lungulețul

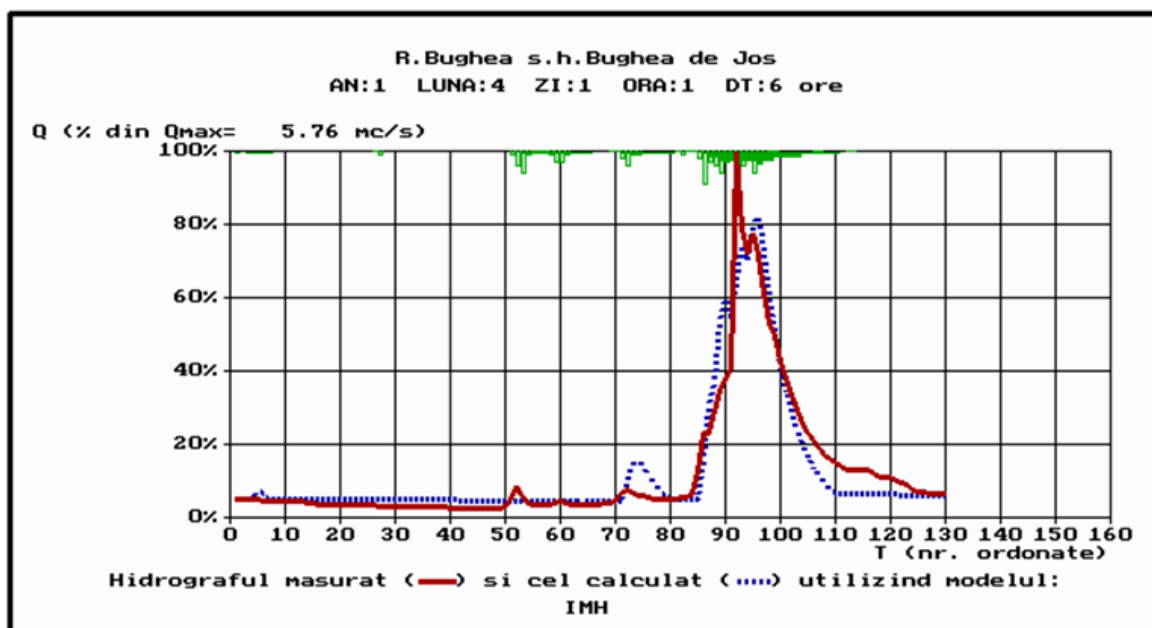


Figura 4.4.5: Hidrografele de debite înregistrate și simulate la stația hidrometrică Bughea de Jos de pe râul Bughea în luna aprilie 2001

4.4.3. Activitatea 4.3. Variabilitate și schimbări în statistica avalanșelor

În cadrul Activității 4.3 au fost continuate primele analize pentru realizarea modelului empiric ce leagă caracteristicile de circulație atmosferică cu indici ai avalanșelor. Astfel, a fost întocmită o listă cu date ale avalanșelor, începând din 1928 până în prezent. Sunt disponibile și informații asociate (de exemplu, locul, numărul de persoane surprinse, numărul de persoane decedate și sursa de informare) pentru aceste evenimente din masivele Ceahlău, Făgăraș, Bucegi, Lotru, Rodna, Retezat, Piatra Craiului, Căpățâni, Gutii, Postăvaru, Țarcu, Vâlcan, Baiului. Cele mai frecvente avalanșe consemnate sunt în Făgăraș și Bucegi.

4.5. WP5 Modelarea realimentării acviferelor din topirea zăpezii

4.5.1. Activitatea 5.1. Evaluarea infiltrației din topirea zăpezii în zona nesaturată

În cadrul acestei activități sunt puse în evidență avantajele, sau dezavantajele folosirii modelelor de infiltrație din topirea zăpezii în zona nesaturată, bazate pe ecuația echilibrului energetic sau ale celor bazate pe metoda indicelui de temperatură.

Astfel, modelele bazate pe metoda indicelui de temperatură sunt ușor de aplicat conducând la rezultate rezonabile, dar sunt sensibile la condițiile meteo, în special la vânt și radiația solară. Pentru îmbunătățirea acestor modele și pentru creșterea acurateții rezultatelor se recomandă încorporarea vântului și a datelor despre umiditate.

În cazul modelelor bazate pe ecuația echilibrului energetic acestea sunt sensibile la erorile de estimare ale datelor de intrare tip vânt, radiația solară, albedo. Astfel o mai bună parametrizare a factorului albedo cât și a funcției de vânt, o îmbunătățire a estimării condițiilor meteorologice pot crește acuratețea rezultatelor.

Pe parcursul desfășurării activității s-au efectuat măsurători expediționare realizate pentru determinarea infiltrației din topirea zăpezii precum și modelul matematic de simulare a curgerii în zona nesaturată.

Măsurătorile au fost realizate în perioada 14 -18 aprilie 2015 în zona Padina, Masivul Bucegi. Pentru realizarea măsurătorilor s-a utilizat aparatul TDR pentru măsurarea conținutului volumetric de apă, temperatură și conductivitate electrică. Măsurătorile de conținut volumetric de apă s-au realizat pe

un profil de sol de 45 de cm. Au fost utilizați 5 senzori la adâncimile: 0 cm (la interfața zăpadă – sol), 5 cm, 10 cm, 15 cm, 30 cm și 44 cm ce au măsurat la interval orar. Datele măsurate în intervalul menționat (78 de ore) se regăsesc în graficul următor.

Pentru zona Padina s-a dezvoltat de asemenea un model de simulare a infiltrației din topirea zăpezii. Pentru estimarea infiltrațiilor din topirea zăpezii se poate utiliza programul Hydrus 1D, program bazat pe metoda elementului finit. Hydrus nu lucrează cu grosimea stratului de zăpadă ci cu echivalentul în apă din zăpadă (SWE). Pentru a permite evaluarea acumulării stratului de zăpadă este necesară introducerea temperaturii aerului, considerând ca și condiții la limita superioară condițiile atmosferice. Programul Hydrus utilizat pentru estimarea evoluției stratului de zăpadă utilizează modulul de curgere care rezolvă numeric ecuația Richards pentru debite de apă în zone saturate – nesaturate și modulul de transfer al căldurii rezolvând ecuația de convecție – dispersie.

4.5.2. Activitatea 5.2. Modelarea acviferelor

Activitatea cuprinde descrierea condițiilor geologice, hidrogeologice și climatice pentru zonele de studiu analizate. În cadrul proiectului SnowBall au fost alese 3 zone de studiu reprezentative. 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).

4.5.2.1. Zona de studiu bolboci - vf. Omu (bazinul superior al văii Ialomița).

Din punct de vedere geomorfologic zona de studiu aparține masivului Bucegi și parțial Munților Leaota. Zona de studiu aparține, din punct de vedere hidrogeologic, hidrostructurii Bucegi. În acest areal se dezvoltă depozite detritice (conglomerate, gresii) în care este cantonat un acvifer de tip fisural și depozite calcaroase în care este localizat un acvifer de tip fisural carstic. Acumularea și curgerea apei subterane este favorizată și de existența unui sistem de fracturi bine dezvoltat. Din punct de vedere al alimentării acviferelor, aria masivului Bucegi se caracterizează printr-un regim favorabil al precipitațiilor, atât lichide cât și solide.

4.5.2.2. Zona de studiu conul aluvionar Prahova-Teleajen.

Relieful conului aluvionar Prahova-Teleajen, 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 lui paleogeografice. Sub aspect hidrogeologic în zonă 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 Cândești;
- 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.

4.5.2.3. Zona Colentina, Municipiul 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. 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 Mostiștea.

Cea de a doua parte a activității se referă la construcția unui model conceptual pentru realimentarea acviferelor din topirea zăpezii. 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. Cele mai importante procese ce fac parte din modelul conceptual sunt:

- Condițiile atmosferice precum: temperatură, viteza vântului, umiditatea relativă, presiunea atmosferică, precipitații, gradul de acoperire cu nori și radiația solară;
- Intercepția zonele împădurite cu zăpada și ploaia căzută, precum și pierderile din sublimare și evaporare la interfața cu pădurea;
- 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;
- 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 suprafața;
- Evapoarea apei;
- Realimentarea apelor subterane are loc prin percolare din stratele de sol sau direct din depozitele depresionale prin macropori. Parte din apa din sol se evaporă, o parte este consumată de plante prin evapotranspirație iar o parte realimentează acviferul.

4.6. WP6 Asimilarea parametrilor stratului de zăpadă în Sistemul Național de Prognoză și Avertizare a Viiturilor

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

În continuarea activităților legate de obținerea unei hărți actualizate a acoperirii/utilizării terenului în zona de studiu, a fost elaborată metodologia pe baza căreia să se poată ajunge la rezultate cât mai concludente și din surse cât mai variate, pentru validare. Aceasta a constat în fuziunea datelor satelitare în vederea realizării clasificărilor, într-o primă fază, urmată de clasificările propriu-zise, utilizând trei surse de informații tematice: versiunea 2012 a bazei de date Corine Land Cover, sistemul de identificare LPIS (Land Parcel Identification System) și clasificarea supervizată și nesupervizată a imaginilor satelitare achiziționate.

Metodologia utilizată în vederea obținerii hărții actualizate LC/LU

Pregătirea imaginilor satelitare. Alegerea unor scene Landsat 8 OLI din anii 2013-2014, fără acoperire noroasă semnificativă, pe zona bazinelor Argeș-Ialomița, au condus la obținerea unor imagini satelitare de bună calitate, cu o rezoluție spațială înaltă (15 m), prin fuziunea benzilor spectrale la 30 m și, ulterior, a imaginii multispectrale cu banda 8 pancromatic. Acestea au stat la baza realizării clasificărilor (supervizată și nesupervizată) din acest studiu, pe zona bazinelor hidrografice Argeș și Ialomița (figura 4.6.1).

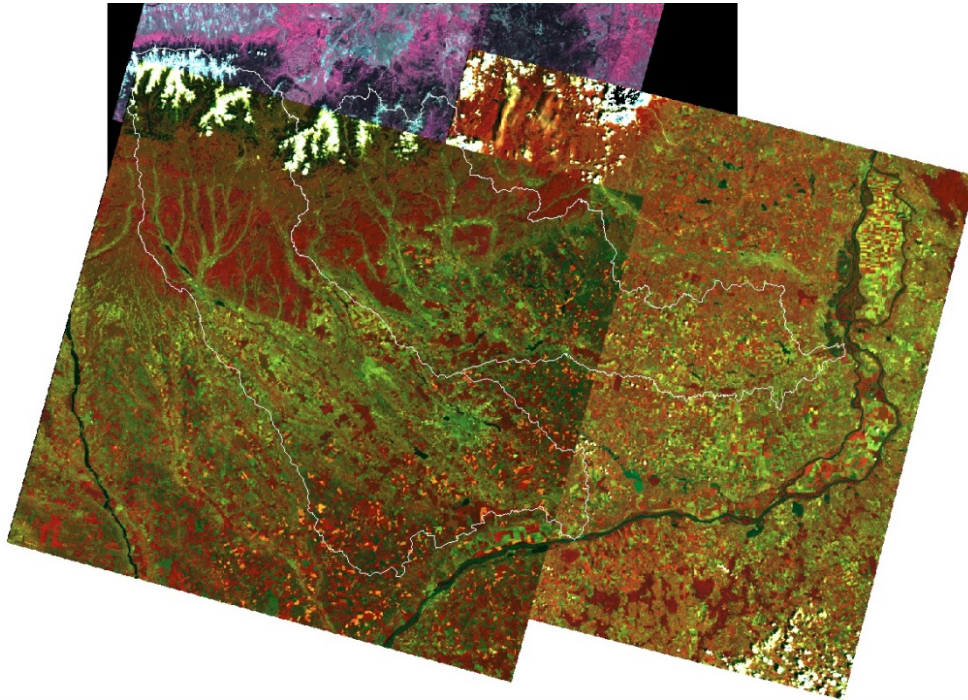


Figura 4.6.1. Mozaicarea imaginilor Landsat 8 OLI fuzionate (rezoluție 15 m), cu suprapunerea zonei de studiu : bazinele Argeș și Ialomița (combinație de benzi 5-4-2)

Reprezentări LC/LU pentru zona de studiu. Diferențierea și, în același timp, actualizarea tipurilor de acoperire/utilizare a terenurilor poate fi realizată prin mai multe metode: accesând ultima versiune a bazei de date Corine Land Cover (varianta 2012), sistemul de identificare a parcelelor (LPIS - Land Parcel Identification System), prelucrând imaginile satelitare Landsat 8 OLI cu funcțiile clasificare supervizată și nesupervizată.

Baza de date CLC a furnizat, din 1990 încoace, informații referitoare la acoperirea și utilizarea terenurilor la nivel european, pe baza unor date satelitare tot mai precise, aceste informații conducând și la identificarea schimbărilor survenite în peisaj. Versiunea 2012 a fost cea care stă la baza studiului în această fază. Din cele 44 de clase ale nomenclaturii CLC, categoriile selecționate ca reprezentative în cazul celor două bazine, sunt următoarele : teren arabil, teren agricol (incluzând și alte culturi), livezi, vii, păduri, pășuni, ape, sol gol (incluzând zonele artificiale). Acestea sunt însoțite de ponderile aferente, exprimate în km² și procente.

LPIS (Land Parcel Identification System). Au fost analizate doar categoriile de utilizare a terenului, excluzându-se în acest caz așezările, suprafețele neagricole (unde sunt incluse pădurile, apele) și cele neacoperite, pentru toată suprafața bazinelor.

Clasificările supervizate și nesupervizate au fost realizate prin prelucrarea fiecărei imagini satelitare Landsat 8 OLI în parte (din cauza signaturilor spectrale diferite la preluare), iar rezultatul final a fost unul satisfăcător din punct de vedere al îmbinării tipurilor de acoperire/folosință a terenurilor. Analiza acestor categorii s-a făcut în cazul clasificării nesupervizate pe o arie de studiu mai restrânsă, din partea de sud a bazinului hidrografic Argeș.

Pentru acea zonă din sudul ariei de studiu a fost realizată o analiză comparativă a produselor informaționale tematice obținute. Subsetul ales include o mare parte a tipurilor de acoperire /utilizare a terenului din zona celor două bazine hidrografice, dar suprafața este de 294 km². S-au analizat pe rând cele 3 surse de informații tematice : Corine Land Cover 2012 (figura 4.6.2), LPIS (figura 4.6.3) și rezultatul clasificării nesupervizate al imaginii Landsat 8 OLI (din luna mai 2013)(figura 4.6.4). S-a urmărit actualizarea, validarea și o analiză a datelor care să conducă la o cât mai apropiată realitate.

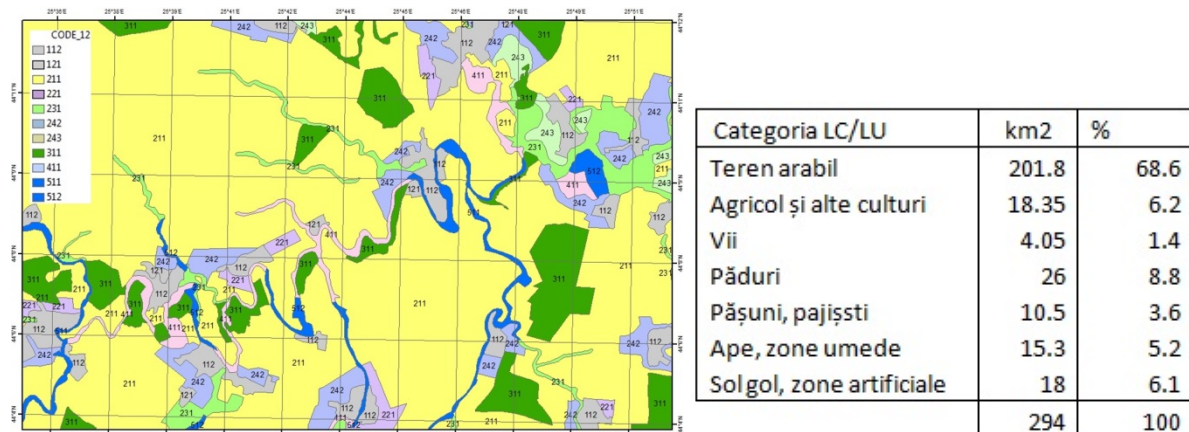


Figura 4.6.2: Harta acoperirii/utilizării terenului în aria-test - CLC 2012 subset ; categorii LC/LU și ponderi

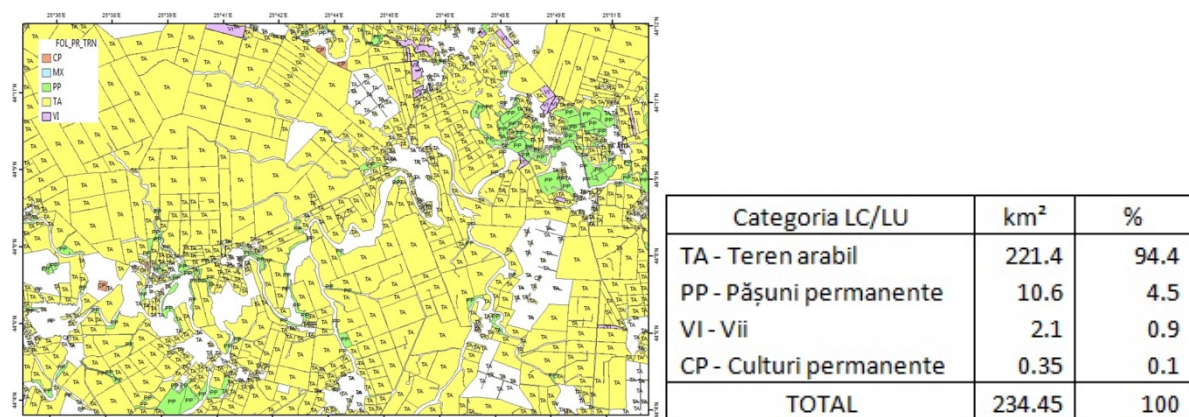


Figura 4.6.3: Harta acoperirii/utilizării terenului în aria-test - LPIS subset ; categorii LC/LU și ponderi

Diferența de 60 km² o reprezintă pădurile și localitățile, extrase din LPIS, pentru această aplicație, rămânând doar masca utilizării agricole a terenului.

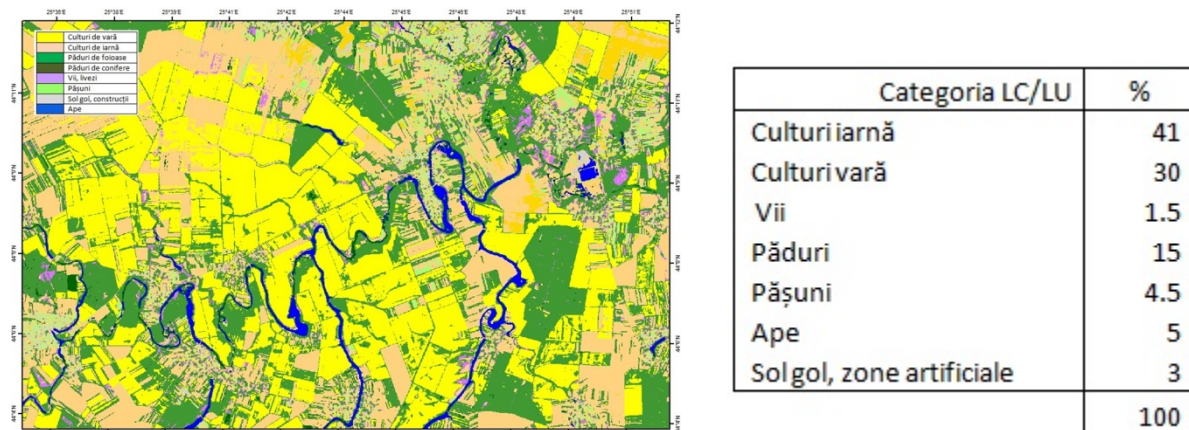


Figura 4.6.4: Harta acoperirii/utilizării terenului în aria-test - clasificare nesupervizată subset ; categorii LC/LU și ponderi
 În cazul clasificării nesupervizate, o parte dintre pixelii asignați pădurilor de foioase ar fi trebuit să fie incluși la categoria parcelelor agricole, reprezentând culturile de vară (din cauza semnăturii spectrale asemănătoare). Astfel se explică ponderea mai mare pe care o au pădurile în această ultimă clasificare, față de celelalte două planuri informaționale.

Rezultatele comparării celor 3 produse informaționale ce conțin ponderile fiecărei categorii de acoperire/folosință a terenului sunt satisfăcătoare și reprezintă o nouă abordare în analiza datelor

spațiale. Centralizarea acestor date, dar și aducerea lor la categorii asemănătoare de acoperire /utilizare a terenului pentru cele trei tipuri de clasificări analizate, pot fi urmărite în tabelul 4.6.1.

Tabelul 4.6.1: Principalele categorii LC/LU și ponderile lor (%) pentru cele 3 produse tematice

Categoria LC/LU	CLC_2012 (%)	LPIS (%)	Clasificare nesupervizată (%)
Teren agricol	74.8	94.5	71
Vii	1.4	0.9	1.5
Păduri	8.8	-	13
Pășuni	3.6	4.5	4.5
Ape	5.2	-	5
Sol gol, zone artificiale	6.2	-	5
Total	100	100	100

Accesarea și compararea unor informații recente referitoare la acoperirea vegetală/utilizarea solurilor conduc la actualizarea și îmbunătățirea calității unor baze de date existente. În cadrul unui sistem GIS și prin integrarea cu ortofotoplanuri și/sau imagini satelitare, se poate realiza o mai bună gestionare și monitorizare a suprafețelor agricole și neagricole dintr-un teritoriu.

4.6.2. Activitatea 6.2. Proiectarea algoritmilor și metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică

În cadrul acestei activități a fost realizată metodologia de asimilare a parametrilor stratului de zăpadă în modelul hidrologic NWSRFS și în sistemul de estimare a riscului de producere a viiturilor rapide din România – ROFFG (detalii în livrabilul D6.2).

Sistemul național de modelare și prognoză hidrologică HFMS-DESWAT este un sistem informatic complex, modular, integrat și care are componente hardware și software de procesare și modelare instalate atât la nivel național (nivel INHGA – Centrul Național de Prognoze Hidrologice) cât și la nivelul Administrațiilor Bazinale de Apă (la Centrele Bazinale de Prognoze Hidrologice, Servicii Dispecerat și Stații Hidrologice)

Sistemul operativ de prognoză hidrologică este format din componente specializate pentru simularea și prognozarea proceselor hidrologice la diferite scări spațio-temporale:

- Modelul de prognoză hidrologică conceptual cu parametrii globali NWSRFS - pentru bazine hidrografice medii și mari;
- Modelul de prognoză hidrologică cu parametrii distribuiți NOAH-R pentru modelarea detaliată a proceselor hidrologice cu parametrii distribuiți;
- Sistemul ROFFG - pentru estimarea în timp real a riscului de producere a viiturilor rapide în România (Romania – Flash Flood Guidance System) specializat pentru problematica viiturilor rapide.

Simulările realizate cu ajutorul modelului cu parametrii distribuiți NOAH-R vor fi utilizate ca date de intrare în cadrul procedurii de fuziune de date pentru estimarea echivalentului în apă al stratului de zăpadă, iar valorile ajustate final în urma aplicării procedurii vor fi asimilate în cadrul modelului, pentru ajustarea parametrilor de stare.

Celelalte două sisteme importante de prognoză hidrologică (NWSRFS și ROFFG) utilizează pentru modelarea evoluției stratului de zăpadă același model conceptual SNOW-17, iar valorile optime de echivalent în apă rezultate în urma aplicării procedurii de fuziune de date vor fi utilizate pentru asimilarea în mod specific în cadrul acestui model, pentru ajustarea parametrilor de stare.

SNOW-17 este un model conceptual, majoritatea proceselor fizice importante care au loc în stratul de zăpadă sunt incluse explicit în cadrul modelului, dar doar într-o formă simplificată. Acest model de acumulare și topire a zăpezii a fost descris pentru prima oară de către Anderson în 1973, ca una din componentele de modelare din cadrul Sistemului de Prognoză pe Râuri al Serviciului de Vreme din SUA (Anderson, 1976).

Modelul SNOW-17 face parte din familia modelelor de zăpadă de tip index, utilizând temperatura aerului ca index unic pentru a determina și caracteriza procesele de schimb energetic care au loc la interfața zăpadă – aer. În afară de datele privind temperatura aerului, singura dată de intrare suplimentară necesară pentru rularea modelului o reprezintă cantitățile de precipitații.

Considerarea temperaturii aerului ca index reprezentativ pentru procesele de schimb energetic are la bază rezultatele obținute în cadrul unor studii experimentale, care au demonstrat faptul că temperatura aerului reprezintă un indicator foarte bun pentru procesele de topire a zăpezii, de altfel majoritatea modelelor operative de evoluție a stratului de zăpadă utilizează factorul grad-zi pentru estimarea cedării apei din stratul de zăpadă. De asemenea măsurătorile de temperatura aerului sunt disponibile în timp real, fiind incluse în programele standard de observații de la stațiile meteorologice și majoritatea stațiilor hidrometrice, iar procedurile de interpolare și respectiv de estimare a variației spațiale a acestui parametru au asociat un grad mult mai scăzut de incertitudine comparativ cu alți parametri meteorologici, prezentând și avantajul unei dependențe semnificative cu altitudinea, ceea ce permite extrapolarea câmpului de temperatura aerului și la altitudini ridicate, unde în general densitatea rețelelor de observații este mai redusă, dar unde simularea evoluției stratului de zăpadă este foarte importantă pentru regimul hidrologic.

De asemenea, gradul de precizie al prognozelor și predicțiilor de medie și lungă durată realizate cu ajutorul modelelor numerice meteorologice și climatice este mai ridicat pentru estimările privind evoluția posibilă a acestui parametru (temperatura aerului) decât pentru alți parametri meteorologici, implicați în procesele de schimb energetic de la interfața strat de zăpadă - aer.

Modelul SNOW-17 a fost proiectat în principal pentru utilizare în activitățile de prognoze hidrologice operative, respectiv să utilizeze ca date de intrare necesare date care sunt disponibile în timp real, dar și date care sunt disponibile pentru o perioadă istorică reprezentativă necesară pentru calibrarea corespunzătoare a parametrilor modelului. Chiar dacă modelul a fost utilizat cu succes în aplicații de simulare a evoluției stratului de zăpadă punctual (de exemplu în locația unei stații meteorologice), modelul este utilizat de obicei la scara unui basin hidrografic, iar în funcție de variabilitatea din punct de vedere altitudinal, modelul poate fi configurat în 2 – 3 zone specifice, pe ecarturi de altitudine.

Abordarea utilizată la dezvoltarea modelului a inclus două etape, respectiv o primă etapă în care au fost analizate și incluse reprezentări ale proceselor fizice care se produc într-o coloană de zăpadă, apoi structura și configurația modelului au fost dezvoltate pentru aplicarea la nivelul unei suprafețe de bazin hidrografic.

Astfel, principalele procese incluse în model pentru o coloană de zăpadă sunt următoarele:

- Forma precipitațiilor
- Acumularea stratului de zăpadă
- Schimbul de energie la interfața zăpadă – aer
- Evoluția stării interne a stratului de zăpadă
- Transmisia apei în stratul de zăpadă
- Schimbul de căldură la interfața sol – zăpadă

Pentru aplicarea modelului la nivelul unei suprafețe de bazin hidrografic, extinderea suprafeței cu strat de zăpadă la nivelul întregii suprafețe este calculată și utilizată pentru a determina procentul

suprafeței la nivelul bazinului hidrografic care contribuie prin cedare de apă din stratul de zăpadă la formarea scurgerii.

Pentru estimarea acestei suprafețe parțiale, în cadrul modelului sunt estimate valorile medii ale echivalentului în apă și respectiv a grosimii stratului de zăpadă. În figura 4.6.5 este prezentată schematic diagrama de flux a modelului SNOW-17.

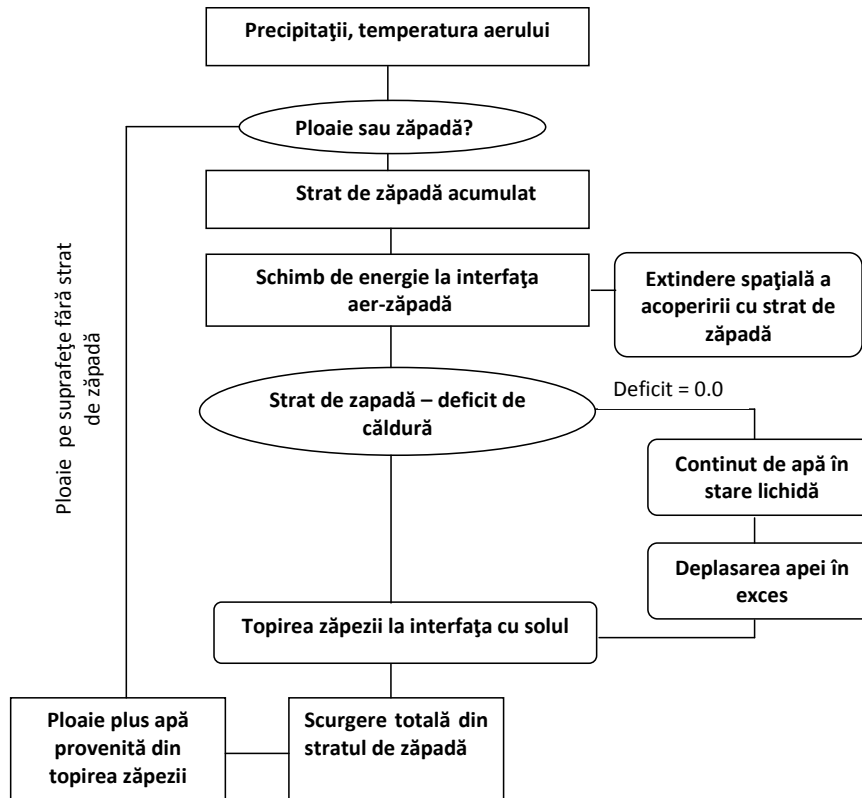


Figura 4.6.5: Diagrama generală de flux a modelului SNOW-17

În regim operativ de utilizare a modelului SNOW-17, se pot realiza o serie de ajustări și modificări ale variabilelor de stare pentru a obține o mai bună simulare comparativ cu situația reală, sau pentru a încerca o comensare a limitărilor modelului, pe baza evoluției înregistrate sau prognozate a parametrilor meteorologici.

Un aspect important care trebuie avut în vedere, este faptul că în momentul în care se modifică valoarea echivalentului în apă al stratului de zăpadă simulat de modelul SNOW-17, în mod automat se modifică corespunzător în cadrul sistemului NWSRFS și procentul de acoperire cu strat de zăpadă la nivelul bazinului hidrografic (exceptând situația în care se menține la 100%), spre deosebire de situația în care se modifică direct gradul de acoperire cu zăpadă, caz în care nu există o modificare implicită și la nivelul echivalentului în apă (figurile 4.6.6 și 4.6.7).

Această diferență de procedură internă de ajustare ține cont de faptul că pot exista variații ale curbei de epuizare a stratului de zăpadă de la un an la altul, respectiv de faptul că modelul poate utiliza o curbă de epuizare rezultată în urma procesului de calibrare care diferă semnificativ față situația particulară de la un anumit moment dat, chiar dacă echivalentul în apă al stratului de zăpadă are o valoare apropiată de valoarea reală.

În cazul modificării valorii de acoperire cu strat de zăpadă, la nivelul bazinului hidrografic, doar variabilele de stare implicate în calculul extinderii spațiale a stratului de zăpadă sunt modificate, Nu se realizează nici o modificare la nivelul echivalentului în apă al stratului de zăpadă, sau pentru alte variabile de stare ale modelului SNOW-17.

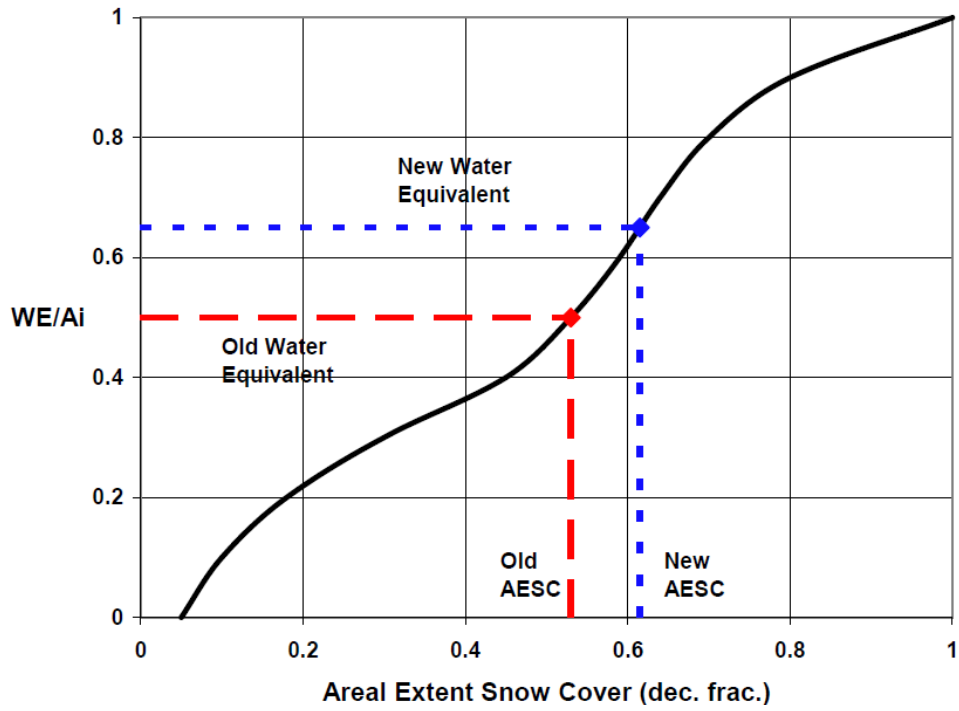


Figura 4.6.6: Efectul schimbării echivalentului de apă, în cadrul procesului de asimilare date, asupra gradului de acoperire cu strat de zăpadă la nivelul bazinului hidrografic

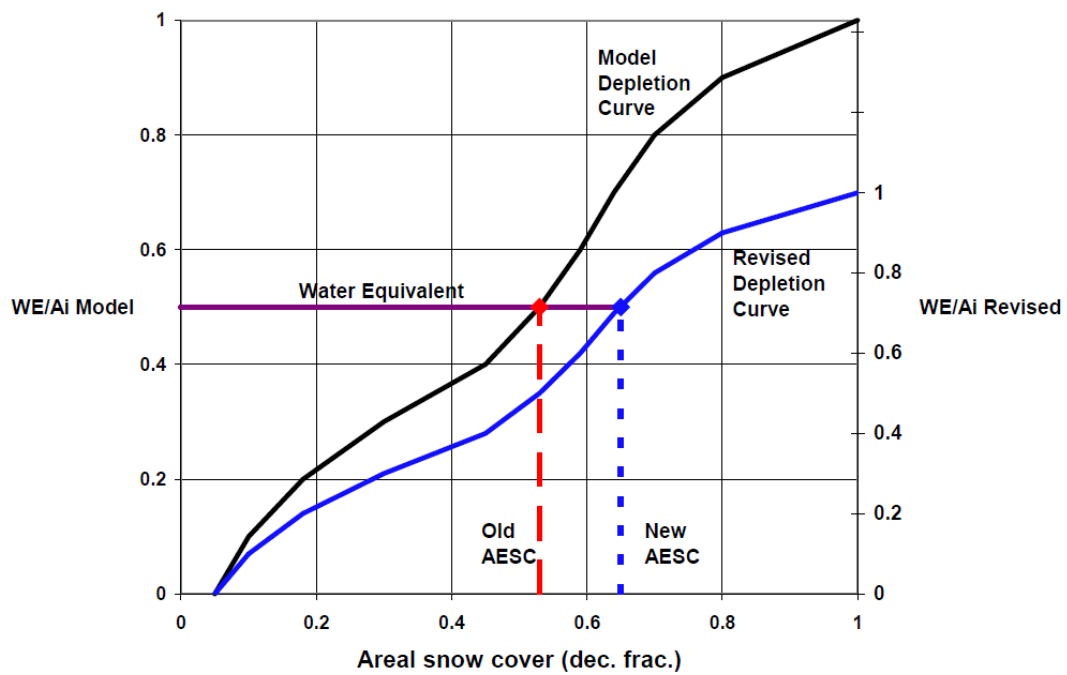


Figura 4.6.7: Efectul schimbării gradului de acoperire cu strat de zăpadă, în cadrul procesului de asimilare date, asupra curbei de epuizare

4.6.3. Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică

În această etapă au fost inventariate și selectate sistemele, modulele și utilitarele software necesare pentru implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modelele operative de prognoză hidrologică.

Cu ajutorul aplicațiilor software selectate a început realizarea de scripturi și programe de gestiune a operațiilor de export-import automat pentru fluxul de date, respectiv operațiile specifice de procesare pentru asimilarea parametrilor de zăpadă în modelele operative de prognoză hidrologică NWSRFS și ROFFG.

Așa cum a fost prezentat în cadrul activității 6.2, modelele de prognoză NWSRFS și ROFFG utilizează ca modul pentru simularea evoluției stratului de zăpadă modelul conceptual SNOW-17.

În cadrul procesului de asimilare de date pentru aceste modele hidrologice operative se va realiza asimilarea directă a valorilor de echivalent de apă în stratul de zăpadă, iar într-o a doua etapă de asimilare, în situațiile în care se vor constata diferențe semnificative între gradul de acoperire cu strat de zăpadă la nivelul bazinului hidrografic simulat de model pe baza curbei de epuizare și cel indicat de procedura de fuziune de date se va asimila tot prin procedură directă și acest parametru, în cadrul modelului de zăpadă SNOW-17.

4.7. WP7 Registrul avalanșelor și hărțile de hazard

4.7.1. Activitatea 7.1. Dezvoltarea algoritmilor de detectare a avalanșelor

4.7.1.1. Realizarea inventarului avalanșelor pe baza imaginilor satelitare GeoEye-1

Pentru o mai bună delimitare a avalanșelor de pe scenele GeoEye ce acoperă partea centrală a M. Făgăraș, imagini achiziționate în aprilie 2012, a fost realizat un model al altitudinii terenului DSM cu ajutorul unei drone (UAV), fiind obținută o rezoluție spațială de 0.5 m. Imaginea GeoEye-1 a fost ortorectificată utilizând acest model realizat prin stereofotogrammetrie. Astfel, pe lângă informația de natură spectrală au fost integrate și informații auxiliare legate de morfometria terenului prin utilizarea parametrilor derivați din DSM.

Cu toate că avalanșele se văd destul de bine în banda pancromatică, arealele puternic umbrite precum și cele supraexpuse au ridicat mari probleme în identificarea vizuală a acestora (figurile 4.7.1 și 4.7.2). Pentru îmbunătățirea vizualizării arealelor afectate de avalanșe s-au testat diferite combinații de benzi precum și analiza componentelor principale (PCA) (figurile 4.7.3, 4.7.4, 4.7.5 și 4.7.6). Diferența matematică dintre banda NIR și banda albastră a permis o mai bună vizualizare a depozitelor de avalanșă (figura 4.7.3). Cea mai bună vizualizare a fost obținută prin realizarea unei imagini fals-color obținută prin combinarea benzii pancromatice, NIR-blue și a PCA (figura 4.7.6).

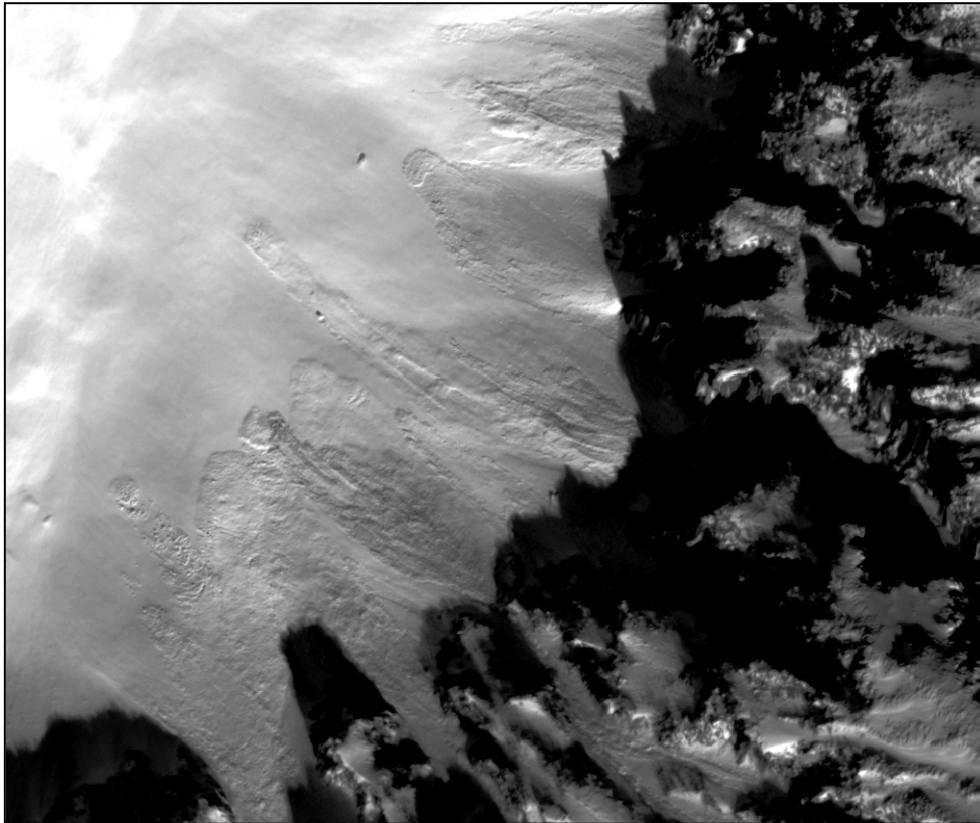


Figura 4.7.1: Avalanșe surprinse pe imaginea GeoEye-1 (aprilie 2012) în Valea Arpașului (Munții Făgăraș), banda pancromatica. Avalanșele se disting în principal prin textura mai grosieră în comparație cu cea a zăpezii neafectate

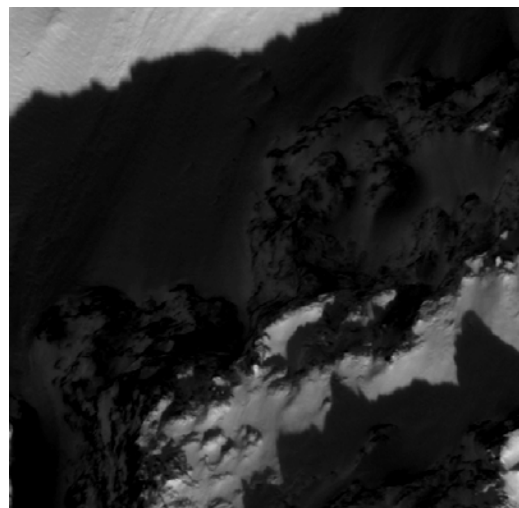
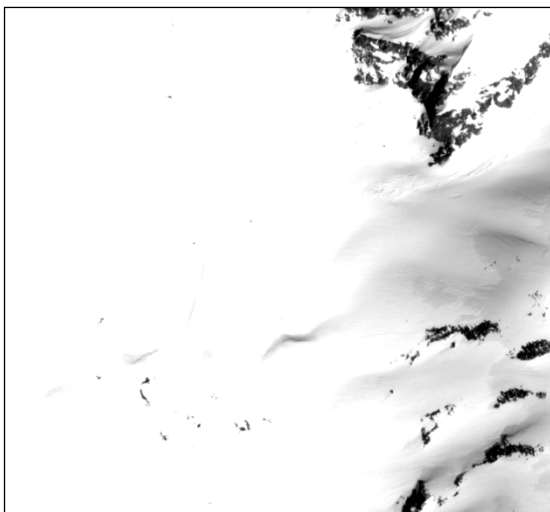


Figura 4.7.2: Aree supraexpuse și areale puternic umbrite în care detectarea avalanșelor se face cu foarte mare dificultate sau este imposibilă - banda pancromatică (GeoEye-1)

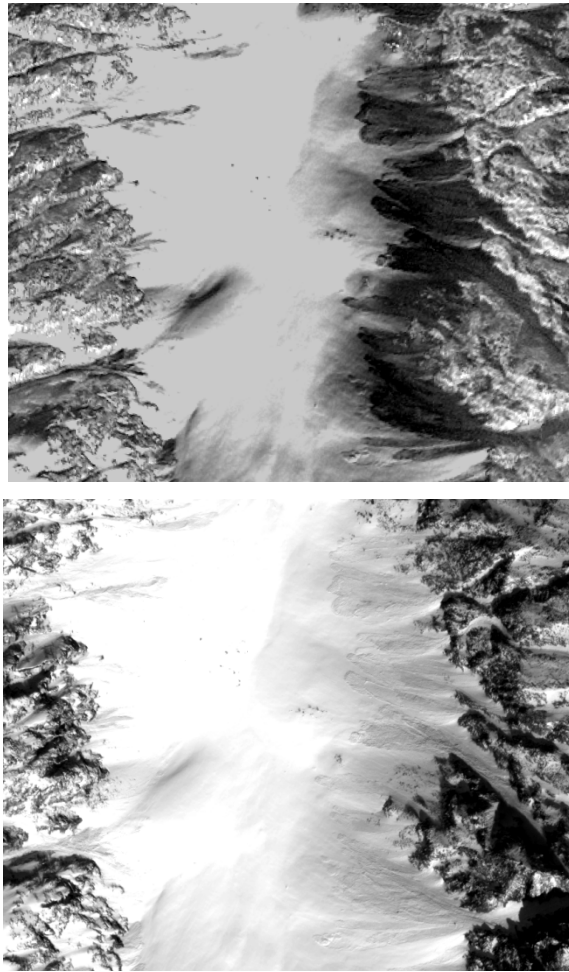


Figura 4.7.3: Comparație între imaginea-diferență dintre banda NIR și banda albastră (sus) și banda pancromatică (jos). Avalanșele apar pe imaginea diferență în tonuri închise

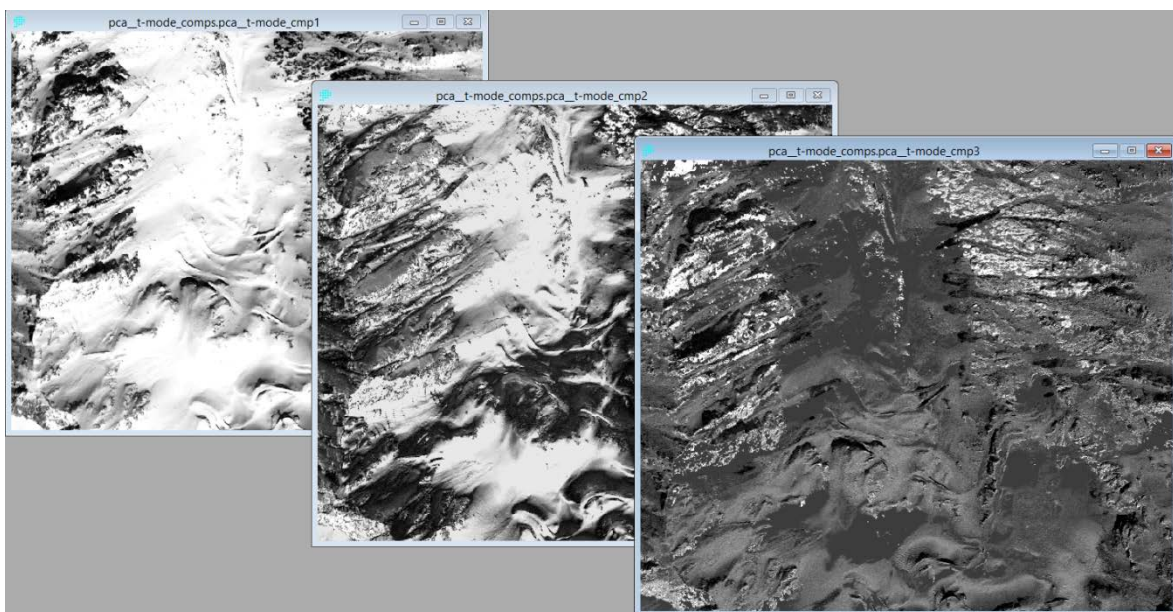


Figura 4.7.4: Cele trei imagini (componente) rezultate prin analiza componentelor principale (PCA)

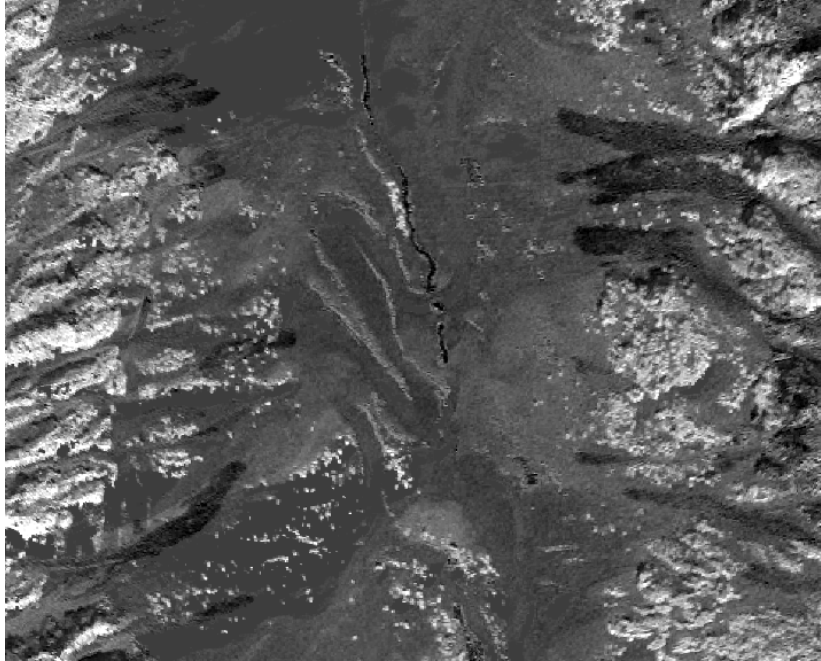


Figura 4.7.5: Componenta PCA - 3 pe care se remarcă o îmbunătățire a vizualizării depozitelor de avalanșă (tonuri mai întunecate)

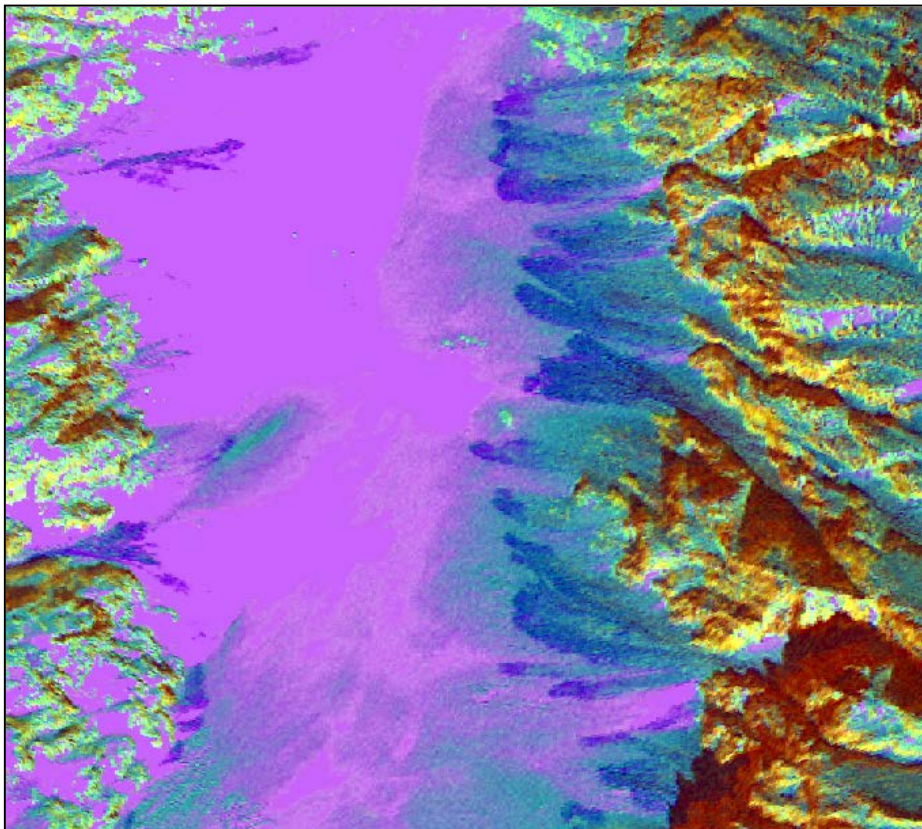


Figura 4.7.6: Imagine fals-color realizată prin combinarea benzii pancromatice, a imaginii-diferență dintre banda NIR și banda albastră și PCA - 3. Avalanșele apar în culoarea albastru închis

Pe imaginea fals color a fost posibilă astfel chiar identificarea a două generații diferite de avalanșe produse pe același culoar de avalanșă. Avalanșa mai nouă este caracterizată prin culori mai saturate și mai închise ca urmare a caracteristicilor fizice diferite ale masei de zăpadă a avalanșei (figura 4.7.7).

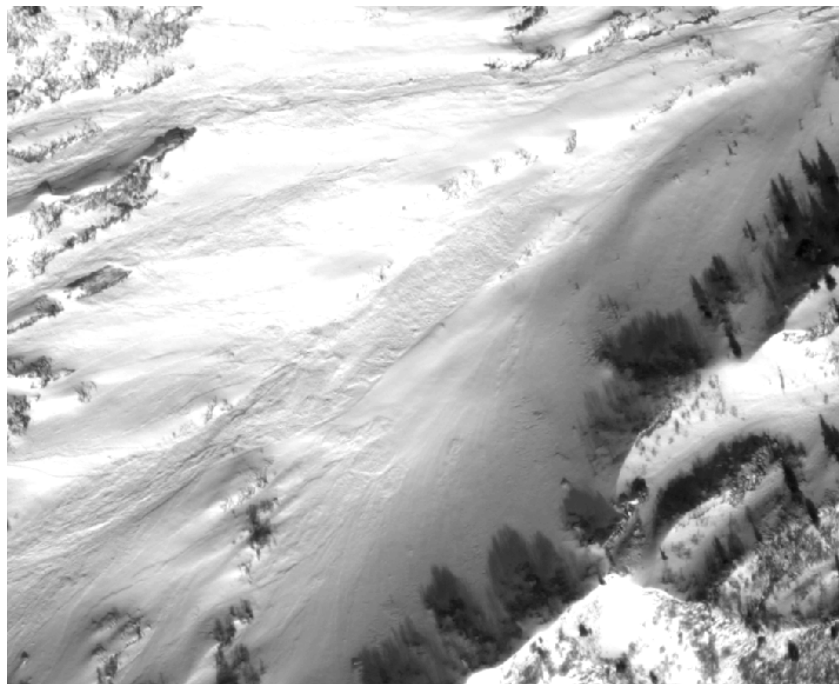
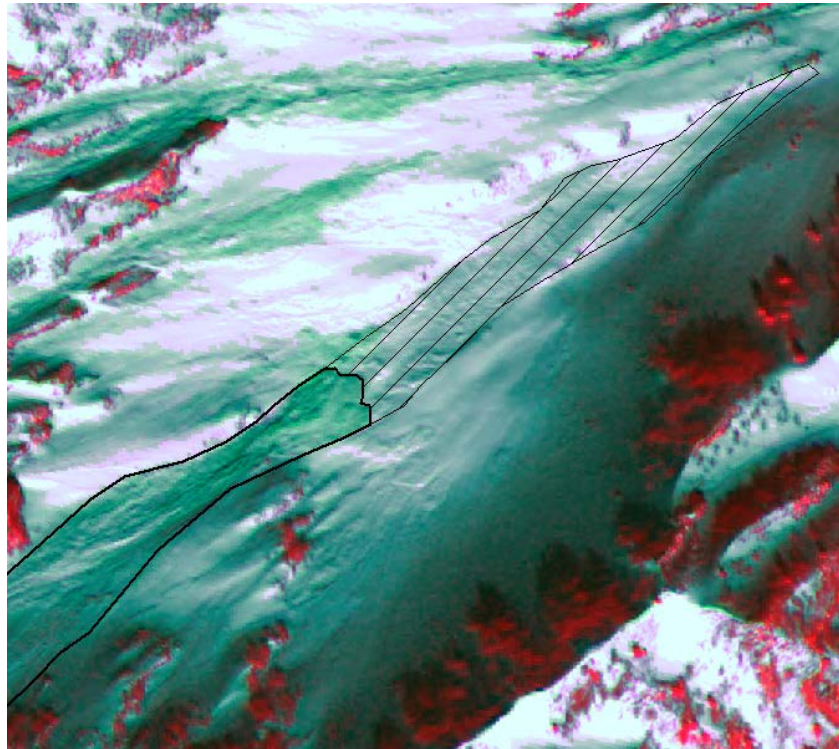


Figura 4.7.7: Imaginea fals color a permis identificarea a două generații diferite de avalanșe produse pe același culoar de avalanșă (imaginea de sus) în timp ce în banda pancromatică (jos) acestea nu se pot diferenția. Avalanșa mai nouă este caracterizată prin culori mai saturate și mai închise (poligonul cu contur negru), în contrast cu cea mai veche (poligonul hașurat, imaginea de sus).

Pentru imaginea GeoEye-1 ce acoperă sectorul central al Munților Făgăraș au fost identificate și digitizate 542 de avalanșe pe o suprafață de 55 kmp, cu o densitate de 9,85 avalanșe/kmp. Pentru fiecare dintre acestea au fost extrase caracteristicile spectrale, dimensionale (lungime, lățimea minimă, maximă și medie, coeficientul de formă) și morfometrice (valori maxime, minime, media, amplitudinea și abaterea standard la altitudine, pantă, curbura medie, curbura în plan, curbura în profil, aspectul), precum și reflectanța în banda pancromatică și în benzile multispectrale (figura

4.7.8). Lungimea avalanșelor identificate este cuprinsă între 34.16 m și 2643.67m, cu o valoare medie de 444.95 m (figura 4.7.9).

Comportamentul spectral al depozitelor de avalanșă este foarte asemănător cu cel al zăpezii neafectate de avalanșă, în toate benzile spectrale, ceea ce face dificilă detectarea avalanșelor doar pe baza informației spectrale.

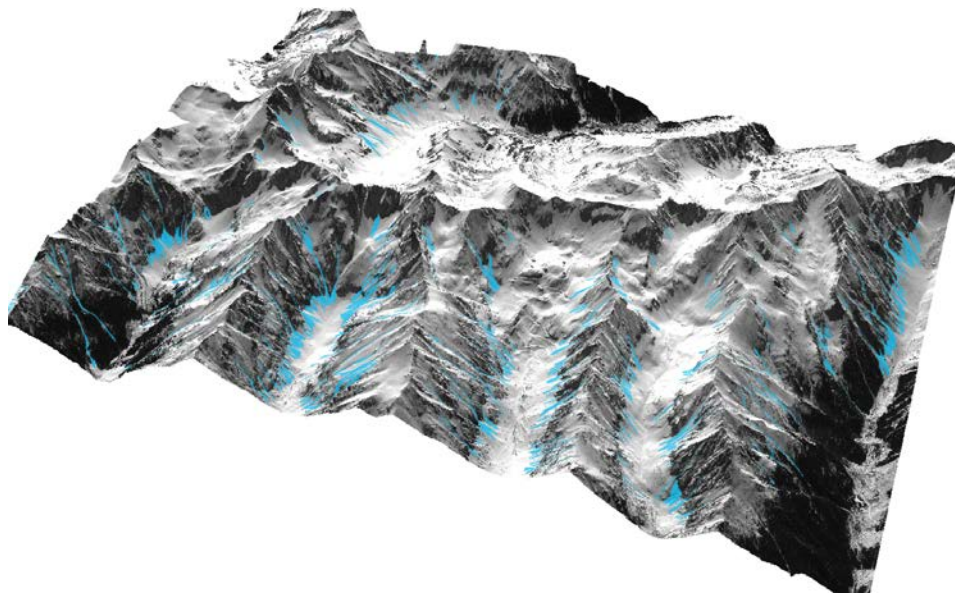
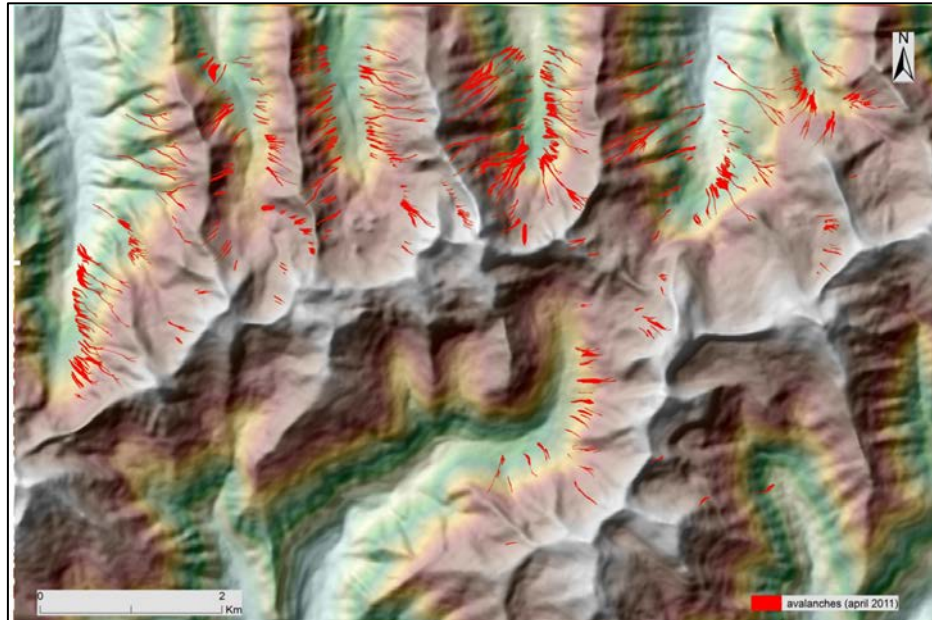


Figura 4.7.8: Distribuția spațială a avalanșelor cartate din imaginea satelitară GeoEye-1 (aprilie 2012) suprapuse pe DEM-ul corespunzător sectorului central al Munților Făgăraș; jos, reprezentare 3D a benzii pancromatice și a poligoanelor corespunzătoare avalanșelor (cu albastru).

Inventarul avalanșelor cartate și parametrii extrași a fost utilizat pentru validarea algoritmului de detectare automată a acestora prin utilizarea texturii și pe baza analizei orientată obiect, precum și pentru simularea producerii avalanșelor prin modele matematice.

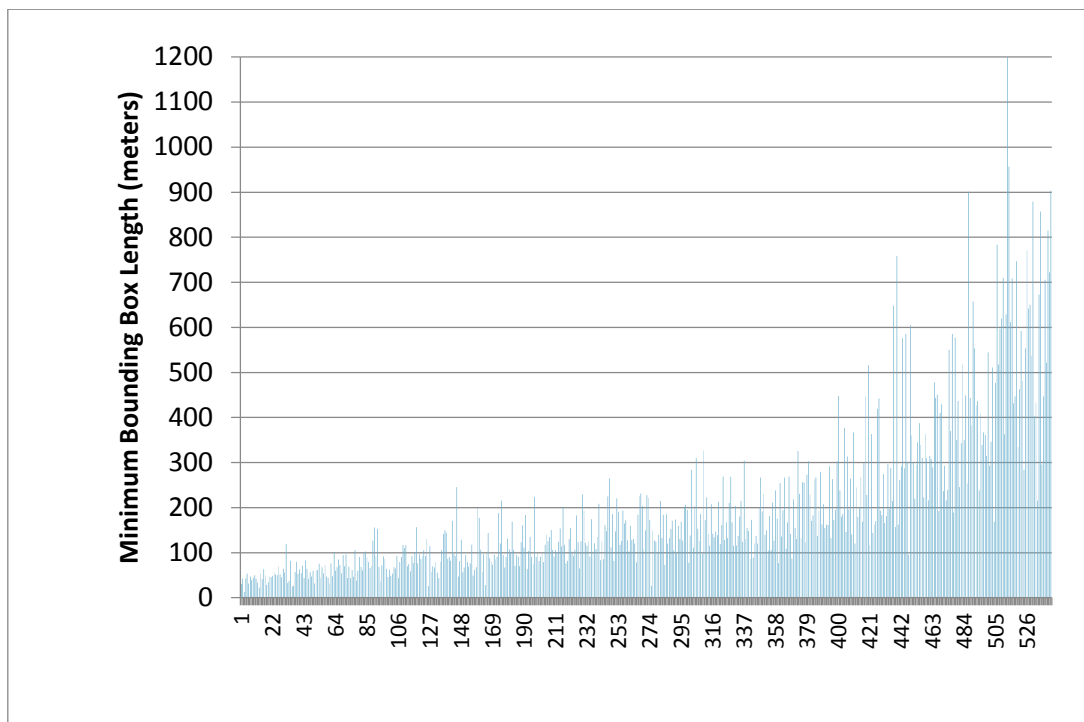


Figura 4.7.9: Distribuția valorilor dimensionale ale avalanșelor cartate

Pe cea de-a doua imagine GeoEye-1, tot din 11 aprilie 2012, care acoperă partea central - estică a Munților Făgăraș s-au putut identifica 345 de avalanșe (figurile 4.7.10 și 4.7.11).

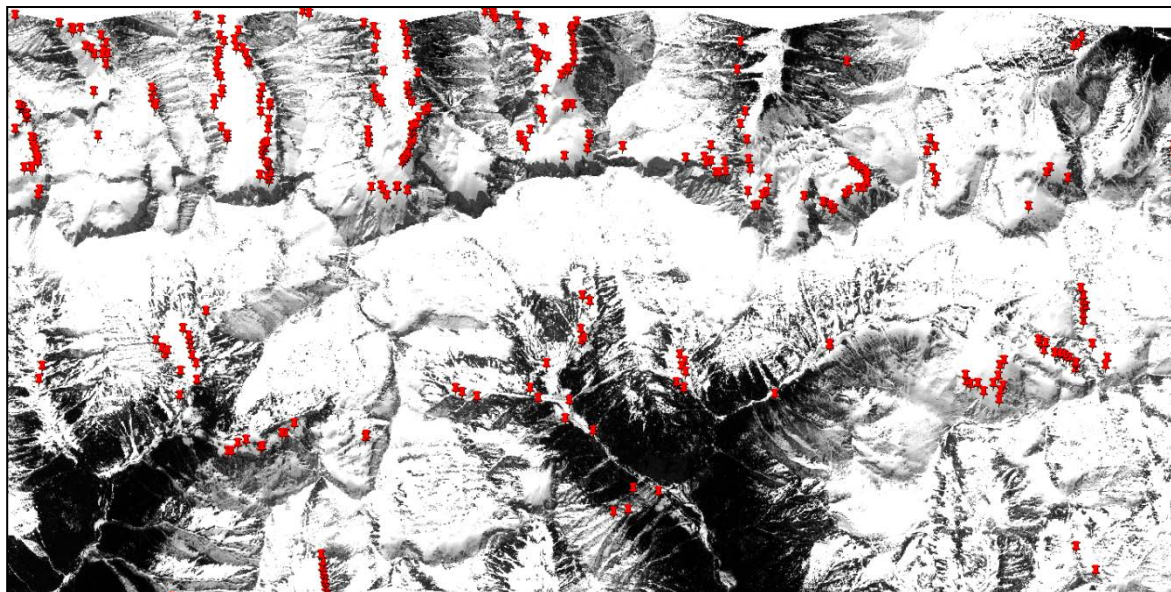


Figura 4.7.10: Cele 345 de avalanșe identificate pe cea de-a doua scenă satelitară GeoEye-1 (11.04.2012), în partea estică a Munților Făgăraș (banda pancromatică).

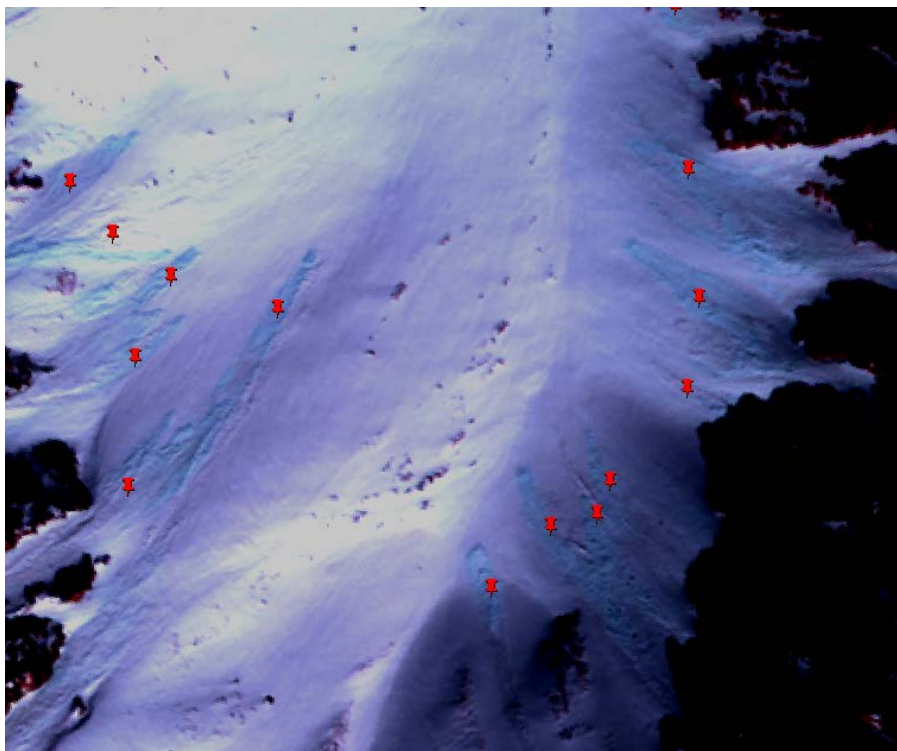


Figura 4.7.11: Avalanșe identificate pe cea de-a doua scenă satelitară GeoEye-1 (11.04.2012), în partea estică a Munților Făgăraș (imagine fals-color) - detaliu din bazinul superior al văii Viștișoara.

4.7.1.2. Analiza de textură din cadrul algoritmului de detectare automată a avalanșelor

În cadrul acestei activități, colaboratorul norvegian a dezvoltat abordarea bazată pe filtre de textură pentru detectarea automată a avalanșelor de pe imagini satelitare optice de înaltă rezoluție spațială (Larsen et al., 2013). Partea esențială a algoritmului de detecție implică analiza de textură pentru a distinge depozitele de zăpadă ce constituie avalanșe de alte tipuri de acoperire a terenului, cum este stratul de zăpadă neafectată de avalanșe, stratul de zăpadă afectat de procese de vânt, pădure, stânci. Caracteristica texturii zăpezii din depozitele de avalanșă este extrasă prin combinarea imaginii cu un set de 12 filtre multidirecționale și multi-scară. Șase din acestea sunt orientate în aceeași direcție cu aspectul (derivat din DEM) și șase sunt orientate vertical (figura 4.7.12). În faza de antrenament, rezultatele aplicării filtrelor corespunzătoare aceleiași clase texturale sunt utilizate pentru a forma textonii. Datele din faza de antrenament pentru clasele: avalanșe, zăpadă uniform, zăpadă rugoasă, pădure, stânci, zăpadă umbrată, și altele, sunt selectate din imaginile filtrate din diferite areale și în condiții diferite de zăpadă. Texturile mostră sunt identificate prin realizarea unor areale de interes (ROIs) în imagini. În etapa de antrenament (construcție) imaginile sunt prelucrate folosind o metodă bazată pe matricea de filtrare pentru a genera răspunsuri de filtrare. Răspunsurile de filtrare corespunzătoare aceleiași clase sunt apoi agregate folosindu-se un algoritm de clasificare K-Mean (Varma and Zisserman, 2005), iar mediile rezultate din agregare sunt selecționate ca textoni. Sunt creați până la 10 textoni pentru fiecare clasă și pentru fiecare imagine de antrenament. Textonii, din diferite clase de textură și imagini, sunt combinați pentru a forma dicționarul de textoni. Informațiile legate de pantă sunt adăugate ca date auxiliare la imaginile filtrate. O hartă a imaginilor texton este apoi construită prin intermediul unei clasificări bazată pe pixel, a datelor de imagine din clusterul texton. Au fost evaluate mai multe metode de clasificare, dar a fost folosită metoda implicită, Bayes, care a oferit un bun compromis între acuratețe și viteza de procesare.

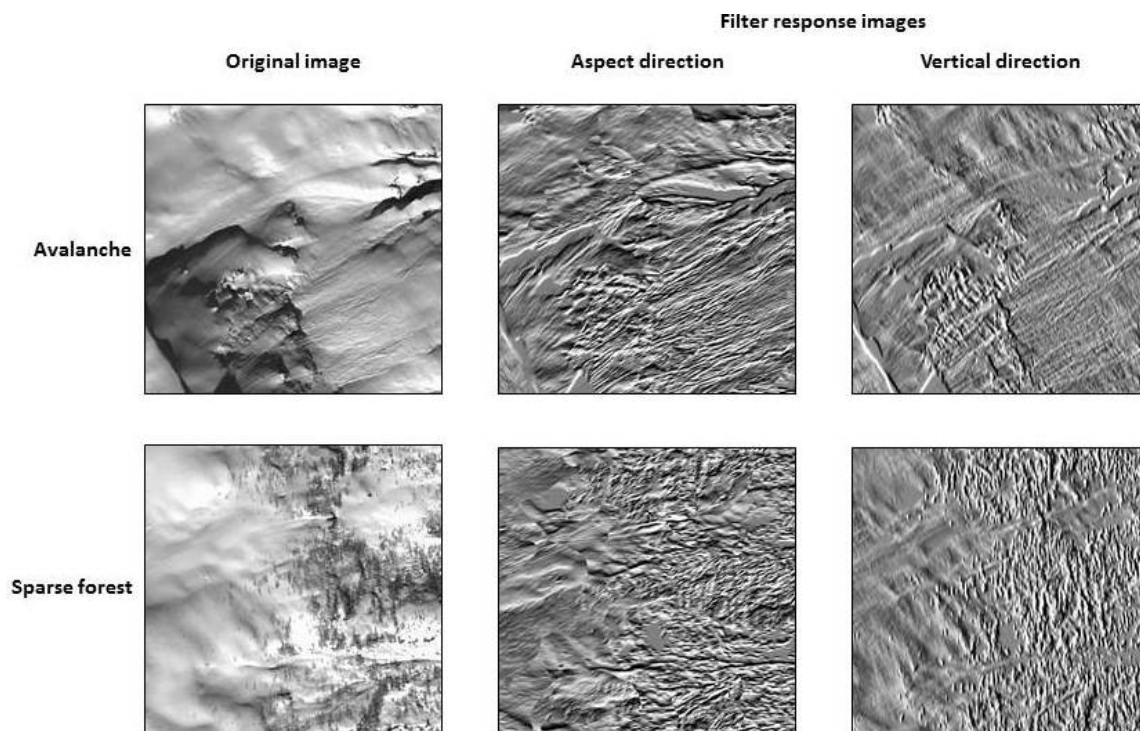


Figura 4.7.12: Comparație între răspunsurile date de aplicarea filtrelor pentru două clase de textură – avalanșe și pădure rară – în direcția aspectului și direcție verticală. Avalanșele sunt evidențiate în direcția aspectului, în timp ce pădurea este mai bine evidențiată în direcție verticală

4.7.1.3. Rezultate ale aplicării algoritmului în arealele test

Algoritmul a fost aplicat pe imagini WorlView, QuickBird și GeoEye având rezoluții între 0,4 – 0,6 m pentru o serie de areale test și au fost validate rezultatele cu date obținute prin digitizare de către experți (figurile 4.7.13 și 4.7.14)

S-a observat în mod special că atât zonele umbrite cât și cele netede nu sunt identificate ca făcând parte din avalanșă. În cazul unor imagini s-a observat că părți din cadrul avalanșelor nu sunt identificate, în special atunci când segmentele avalanșelor sunt foarte subțiri și netede. Pentru M. Făgăraș s-a observat faptul că algoritmul a dat rezultate bune în cazul unor avalanșe, și rezultate mai slabe în cazul altor avalanșe. Probleme de detectare apar în condițiile de zăpadă cu textură rugoasă – cu apariția unor tipare în suprafață zăpezii, care au fost generate de vânt (figura 4.7.15).

Pentru a cuantifica performanța algoritmului pe imaginile test, s-au definit următorii parametrii: ANF (aria fals negativ): partea de suprafață incorect clasificată ca avalanșă în raport cu suprafața totală clasificată ca avalanșă; APF (aria fals pozitiv): partea de suprafață clasificată incorect ca non-avalanșă în raport cu suprafața totală a avalanșelor; ONF (obiect fals negativ): numărul de segmente incorect clasificate ca avalanșă în raport cu numărul total de segmente clasificate ca avalanșă; OPF (obiect fals pozitiv): numărul de segmente incorect clasificate ca non-avalanșă în raport cu numărul total de avalanșe. Pentru arealul M. Făgăraș s-au obținut valori de performanțe medii (57-77%) comparativ cu celelalte areale test, mai ales datorită faptului că erori de detectare au apărut în areale cu depozite de zăpadă afectate de vânt sau cele cu dimensiuni foarte mici și cu segmente foarte înguste. Pentru a compensa acest neajuns există posibilitatea măririi numărului de filtre din arhivă, de preferat cu filtre extrase din date.

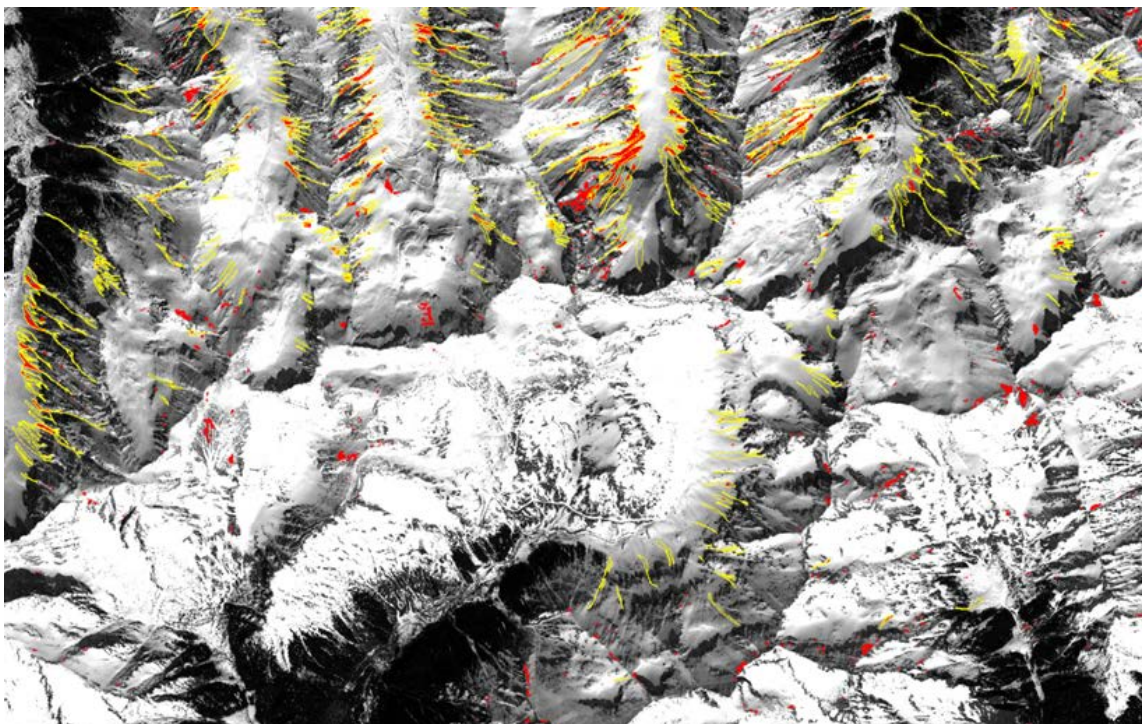


Figura 4.7.13: Avalanșe detectate (zone roșii) din imaginea Făgăraș. Zonele cu contur galben reprezintă avalanșele digitizate manual pe imagine

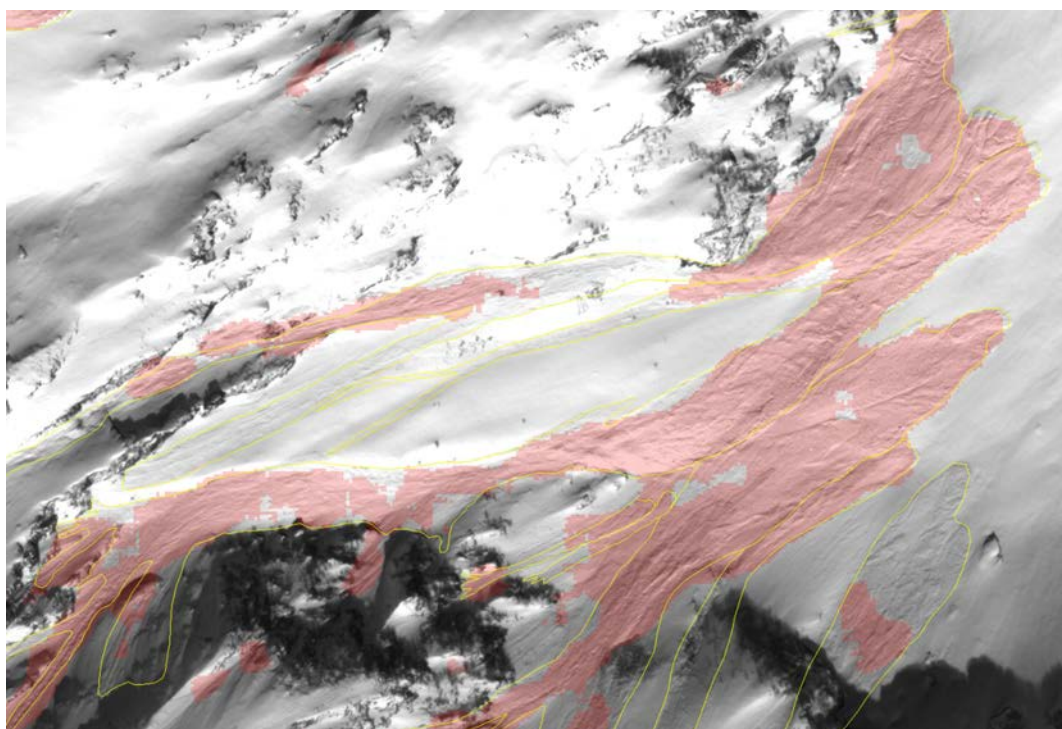


Figura 4.7.14: Imagine de detaliu a unor avalanșe din imaginea Făgăraș. Zonele cu contur galben reprezintă avalanșele digitizate manual pe imagine

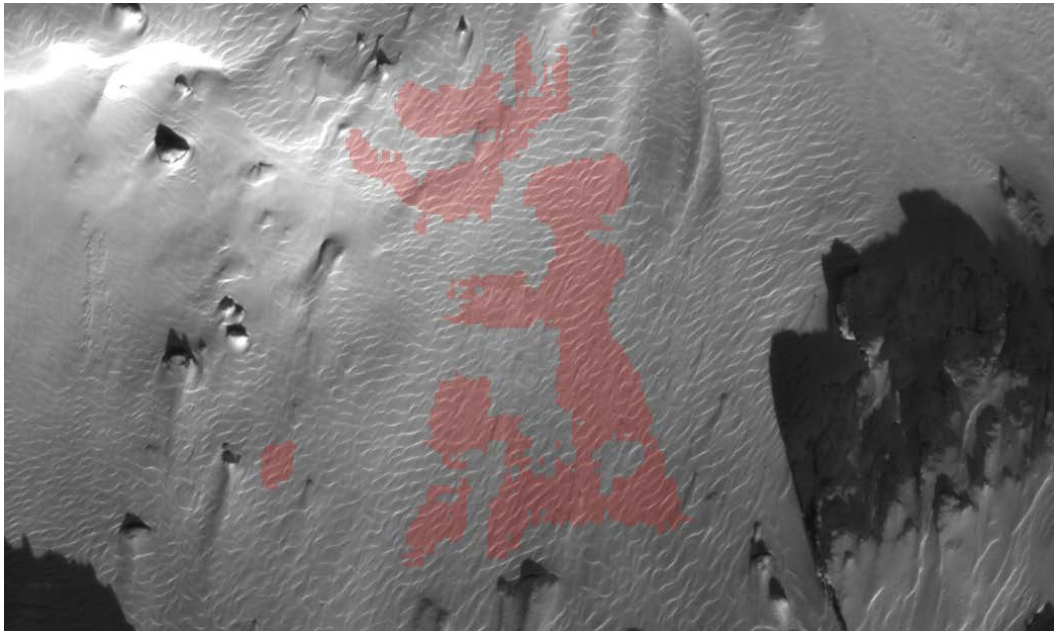


Figura 4.7.15: Imagine de detaliu a unor arii detectate greșit ca avalanșe în M. Făgăraș, acestea fiind suprafețe de zăpadă afectată de vânt

4.7.2. **Activitatea 7.2.** – Algoritm de detectare a schimbării pe baza imaginilor Sentinel-1 și Sentinel 2

Metoda propusă pentru detectarea avalanșelor în imagini Sentinel 1 se bazează pe ipoteza că zăpada rugoasă din depozitele create de avalanșe are un indice de reflecție (σ^0) foarte ridicat comparativ cu stratul de zăpadă nederanjat sau cu terenul necoperit de zăpadă, chiar dacă zăpada este umedă (Wiesmann et al., 2001). Acest principiu a mai fost utilizat de Malnes et al. (2013). După cum sugerează Wiesmann et al. (2001), algoritmul propus este bazat pe utilizarea mai multor imagini SAR. Astfel, se realizează o comparație bazată pe analiza a două imagini SAR, în care pixelii reprezintă intensitatea reflecției, o imagine conținând un eveniment de tip avalanșă, iar cealaltă fiind imagine de referință. Algoritmul aplicat de Malnes et al. (2013) și Wiesmann et al. (2001), presupune ca ambele imagini (cea cu avalanșa și cea de referință) să fie achiziționate în același tip de mod, aceeași direcție și același ciclu de achiziție. Pentru a evita necesitatea imaginii de referință achiziționate în același ciclu și cu aceeași geometrie, a fost implementată o metodă alternativă pentru detectarea avalanșelor în imagini SAR. Aceasta se bazează pe corecția radiometrică a terenului pe baza unui filtru – flattening gamma. Fără preprocesare, variațiile radiometrice în arealele cu pantă mare induc diferențe în valorile indicelui de reflecție, iar comparația acestora din multiple imagini satelitare, cu moduri diferite și traiectorii diferite nu își are sensul. Metodologia SAR – flattening gamma - reduce o mare parte din variația intensității luminozității în imaginile SAR, cauzată de variația terenului, astfel reducându-se și variațiile radiometrice în arealele cu pantă (Small, 2011).

Etapile algoritmului de detectare a avalanșelor pot fi sintetizate astfel (figura 4.7.16):

- calibrare radiometrică - presupune calibrarea imaginilor SLC la gamma-naught (γ^0).
- multilooking - realizarea unor medii ale pixelilor din imaginile SAR. Pentru Sentinel-1 modul IW, s-a realizat o medie în ferestre de 2x2, iar pentru Radarsat-2, imagini SAR foarte detaliate, s-a realizat o medie în ferestre de 7x7.
- corectarea terenului cu gamma naught – conversia imaginilor multi-looked în imagini cu normalizate ce conțin indicele de reflecție
- realizarea unor măști cu arealele umbrite

- geocodarea celor două imagini – cea care surprinde avalanșe și cea de referință, utilizând algoritmul de geocodare Doppler. Imaginile SAR geocodate sunt aduse la rezoluția DEM-ului, în acest caz fiind de 20 m pentru Sentinel-1 și 10 m pentru Radarsat-2.
- mosaic zilnic (etapă opțională) – realizarea unui mosaic din toate imaginile ce acoperă arealul de studiu care au fost achiziționate într-o zi.
- calcul raportului/diferenței – calculul raportului (pixelilor) dintre imaginea cu avalanșe corectată și cea de referință corectată (mosaic pe arealul de interes).
- detectarea schimbării – un pixel este considerat ca fiind schimbare dacă diferența minus o valoare locală medie, normalizată în raport cu deviația standard locală este mai mare decât o valoare prag. Valoarea locală medie și deviația standard sunt calculate într-o fereastră de $1 \times 1 \text{ km}^2$. Valoarea prag este determinată dintr-o bază de date cu avalanșe delimitate manual din imagini SAR. Pentru a integra contextual spațial (ex. avalanșele sunt în general de forma unor obiecte alungite), s-a aplicat MRF (Markov random field) pentru a netezi marginile. În prima fază s-au realizat două distribuții de densitate cu probabilitate Gaussiană, una centrată pe valoarea prag plus 1 și a doua centrată pe valoarea prag minus 1, ambele cu deviația standard egală cu 2, și apoi s-au calculat valorile de probabilitate logaritmice pentru fiecare pixel. Acestea sunt folosite ca input în algoritm pentru a aplica filtrarea MRF.
- extragerea obiectelor – presupune extragerea unor obiecte din cele potențiale a fi avalanșe, incluzând: diferența medie (în dB) imaginea cu avalanșe și cea de referință, media pantei, panta maximă, media pantei în arealul de starting zone, suprafața obiectelor, media contrastului dintre obiect și fundal în imaginea de referință
- clasificarea obiectelor – presupune asocierea obiectelor potențiale la clasele avalanșă/non-avalanșă utilizând clasificatorul Random Forest (Breiman, 2001).

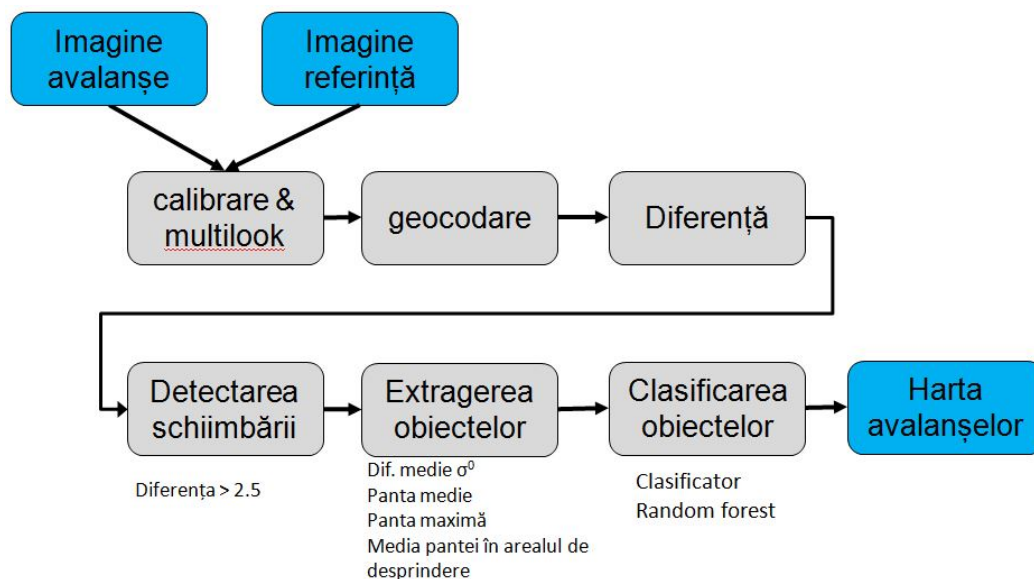


Figura 4.7.16 : Schema de clasificare a depozitelor de avalanșă în imagini SAR

Comparativ cu cel propus de Malnes et al. (2013) și Wiesmann et al. (2001), avantajul acestui algoritm este acela că este nevoie doar de o singură imagine de referință pentru arealul de interes.

În cadrul acestei etape a fost testată abilitatea de a cartea a algoritmului pe un set de imagini Radarsat-2 (figura 4.7.17) și Sentinel-1 (figura 4.7.18) în arealele montane din Norvegia. Hărțile cu avalanșele detectate automat au fost comparate cu avalanșe delimitate manual de către experți. Rezultatele preliminare au arătat că prin utilizarea acestui algoritm au fost detectate majoritatea avalanșelor din imagini unde există un contrast bun, cu unele false detectări, dar limita acestora nu este întotdeauna corespunzătoare cu cea realizată de către experți.

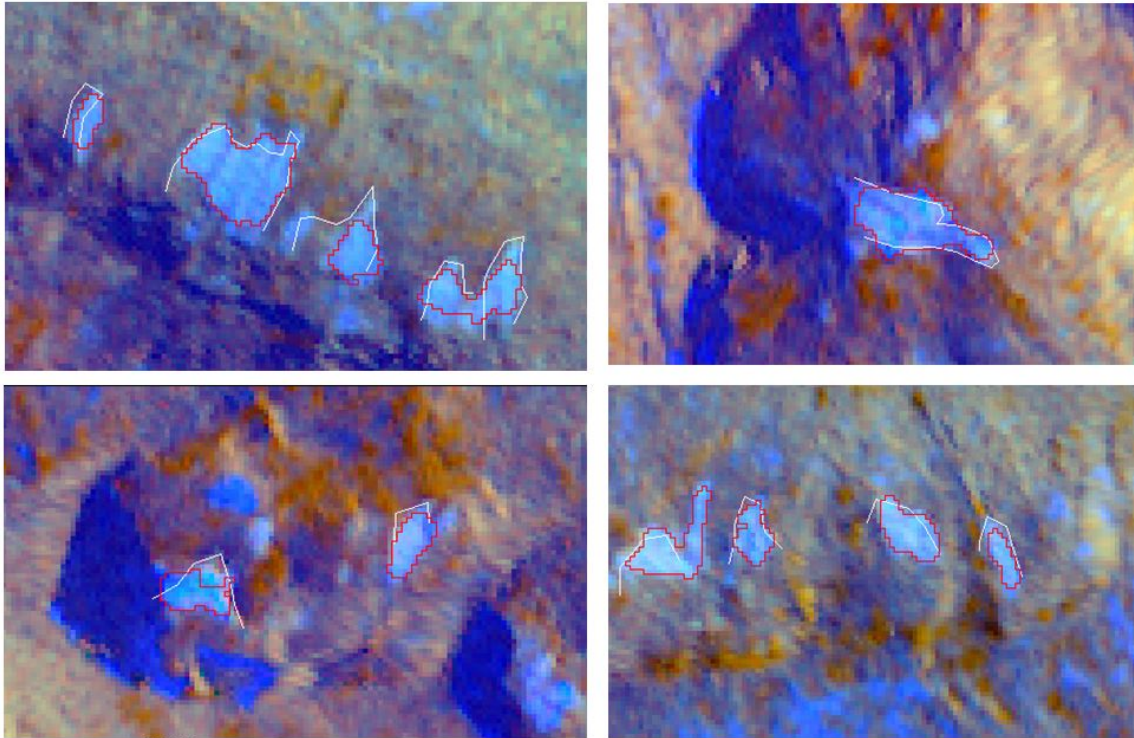
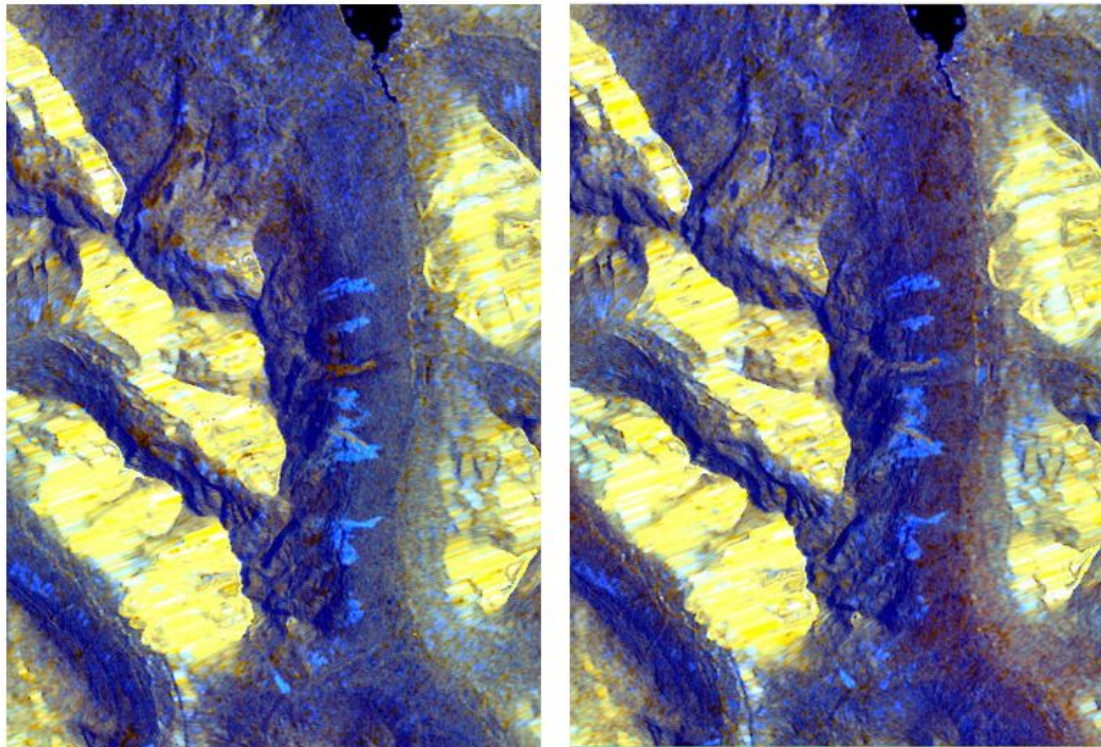


Figura 4.7.17: Detectarea avalanșelor în imagine Radarsat-2 (depozitele de avalanșă sunt cu albastru, iar cu linie roșie/albă sunt delimitările realizate manual)



8 ianuarie 2015

13 ianuarie 2015

Figura 4.7.18: Depozite de avalanșă identificate în imagini Sentinel-1 din ianuarie 2015 (rezultatele au indicat diferențe mici între cele două imagini)

În următoarea fază, algoritmul va fi aplicat pe un set de imagini din zonele montane Făgăraș și Bucegi și va fi adaptat condițiilor locale pentru a obține rezultate îmbunătățite.

4.7.3. Activitatea 7.3. Simularea avalanșelor

Această activitate a demarat în luna a opta și se va încheia în luna 36 și are ca obiectiv final completarea și validarea hărților de hazard la avalanșe.

În această etapă a început calibrarea modelului numeric de simulare a avalanșelor utilizând diferite modele numerice ale altitudinii terenului și diferite evenimente trecute consemnate în statistici.

Astfel, pentru simulare s-a utilizat RAMMS (Rapid Mass Movement Simulation), un model numeric bidimensional de simulare a deplasării materialelor (avalanșe, debris, căderi de pietre, alunecări) de la zona de start la zona de acumulare în reprezentare 3-D. Modelul numeric pentru simularea dinamicii avalanșelor folosește legea de frecare Voellmy (Salm 1993, Bartelt et al., 1999), care este un model simplificat și ia în considerare factorii ce intervin în deplasarea zăpezii pe pantă: greutatea, presiunea, inerția, frecarea cu suprafața topografică.

Acest model împarte rezistența la frecare în două părți, un model de frecare în medii uscate - coeficientul μ din legea Coulomb pentru frecare în cazul zăpezii uscate, și frecare în mediu umed-vâscos - coeficientul ξ .

Coeficienții de frecare determină comportamentul deplasării depozitelor de zăpadă (ξ este responsabil de deplasarea la viteze mari, iar μ pentru deplasarea în zona de depunere, când depozitele de zăpadă sunt aproape de a se opri, modelul fiind utilizat în mod current în Elveția, existând și o serie de parametri testați pentru arealele alpine de aici (Bartelt et al., 2013).

Parametri de frecare menționați pot fi utilizați ca valori constant (când nu se ia în considerare topografia variabilă și acoperirea cu areale forestiere) sau cu valori variabile, cu recomandare de a se folosi a doua variantă când se cunosc aceste date.

Calculul și clasificarea valorilor parametrilor de frecare se realizează pe baza datelor derivate din DEM (altitudine, pantă, curbura), suprafețele ocupate de păduri (dacă există în arealul test) și parametri globali (perioada de revenire și volumul zăpezii) (figura 4.7.19). Parametri globali sunt foarte importanți, fiind necesară alegerea unei perioade de revenire și unui volum al avalanșei conform cu clasificarea din tabelul x (Bartelt et al., 2013).

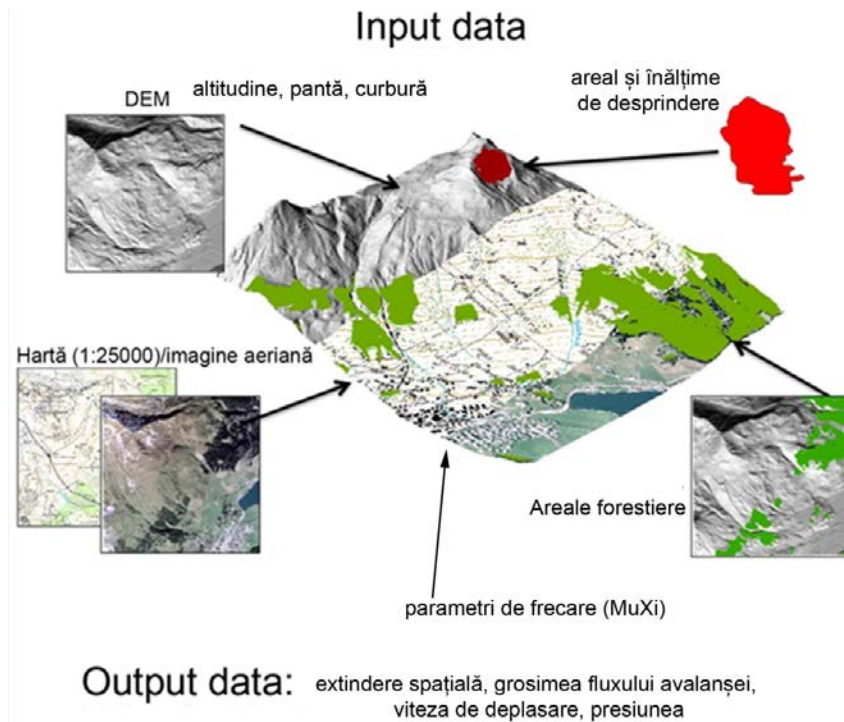


Figura 4.7.19: Schema datelor de intrare și ieșire pentru simularea traiectoriilor avalanșelor (după Bartelt et al., 2013)

Testele s-au realizat în principal în zona din arealul șoselei Transfăgărășan, acolo fiind înregistrate cele mai multe evenimente de avalanșă cu victime și care au afectat infrastructura de transport. De asemenea arealul a mai fost studiat anterior din punct de vedere al potențialului de producere al avalanșelor (Voiculescu et al., 2011)

Pentru M. Făgăraș s-au selectat o serie de modele ale altitudinii terenului și s-au testat parametri globali și de frecare a zăpezii. S-au folosit rezoluții de 20, 10 și 5 m, derivate din modelul DSM obținut cu ajutorul unei drone.

Pentru perioada de revenire a avalanșelor în arealele test s-au folosit și date obținute din analiză și reconstrucție dendrocronologică (Voiculescu et al., 2016, Voiculescu and Onaca, 2014). Abordări similare de utilizare a reconstrucțiilor dendrocronologice în simularea avalanșelor au mai fost folosite și pentru evenimente cu impact asupra populației și infrastructurii pentru areale montane din Anzii din Argentina (Casteller et al., 2008).

Modelul RAMMS a fost rulat pentru o serie de avalanșe consemnate în statistici pentru M. Făgăraș și care au avut un grad de risc ridicat, având înregistrare victime, precum și date despre suprafața afectată de depozitele de avalanșă. Astfel, simularea traiectoriilor pentru avalanșele din Valea Bâlea au permis reconstituirea grosimii și extinderii spațiale a depozitelor de zăpadă dizlocate, care au fost similare cu datele consemnate în statistică.

Simularea avalanșei din valea glaciară Bâlea din aprilie 1974, din datele consemnate s-au utilizat valorile de 1,5 m pentru grosimea stratului în zona desprinderii, pe o tipologie parțial constrânsă, cu perioadă de revenire de aproximativ 10 ani și un volum estimat de până la 60000 m³

Acest eveniment s-a soldat cu victime în zona actualei șosele Transfăgărășan, care era în construcție la vremea respectivă. Din distribuția spațială a depozitelor de zăpadă în zona de depunere se observă că au atins pe alocuri 4 m grosime (figura 4.7.20), îngropând victimele.

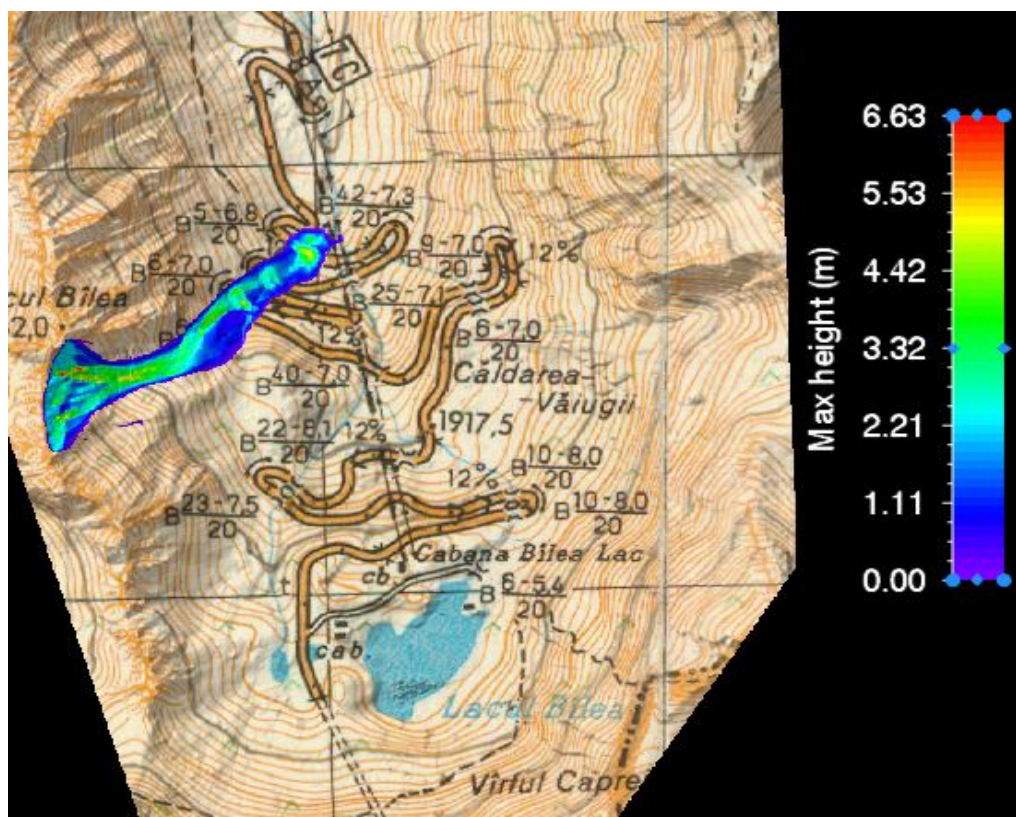


Figura 4.7.20 : Simularea traiectoriei și grosimii startului de zăpadă pentru avalanșa din Valea Bâlea, iunie 1974

Un alt caz simulate se referă la avalanșa din data de 17.04.1977 când au murit 23 persoane cu vârste între 13 și 53 ani. În ziua evenimentului au fost înregistrați următorii parametri climatici: $t_{\min}=-11.2^{\circ}\text{C}$; $t_{\max}=-3.9^{\circ}\text{C}$; $pp=28.7\text{ mm}$; grosime strat zăpadă=146 cm; viteză max. vânt=20 m/s. Pentru simularea avalanșei din cirul Bâlea din aprilie 1977 s-au definit o serie de areale de desprindere și s-au utilizat valori similare cu cele ale avalanșei precedente, cu grosime în zona desprinderii de 1,4 m, respectiv o valoare de revenire de 10 ani și volum de până la 60000m^3 . În cazul acestui eveniment topografia a fost neconstrânsă.

Rezultatele obținute au arătat o extindere a depozitelor de zăpadă până la nivelul malurilor lacului Bâlea și chiar mai departe (figura 4.7.21), însă fără o grosime foarte mare, așa cum s-a întâmplat în cazul avalanșei constrânsă.

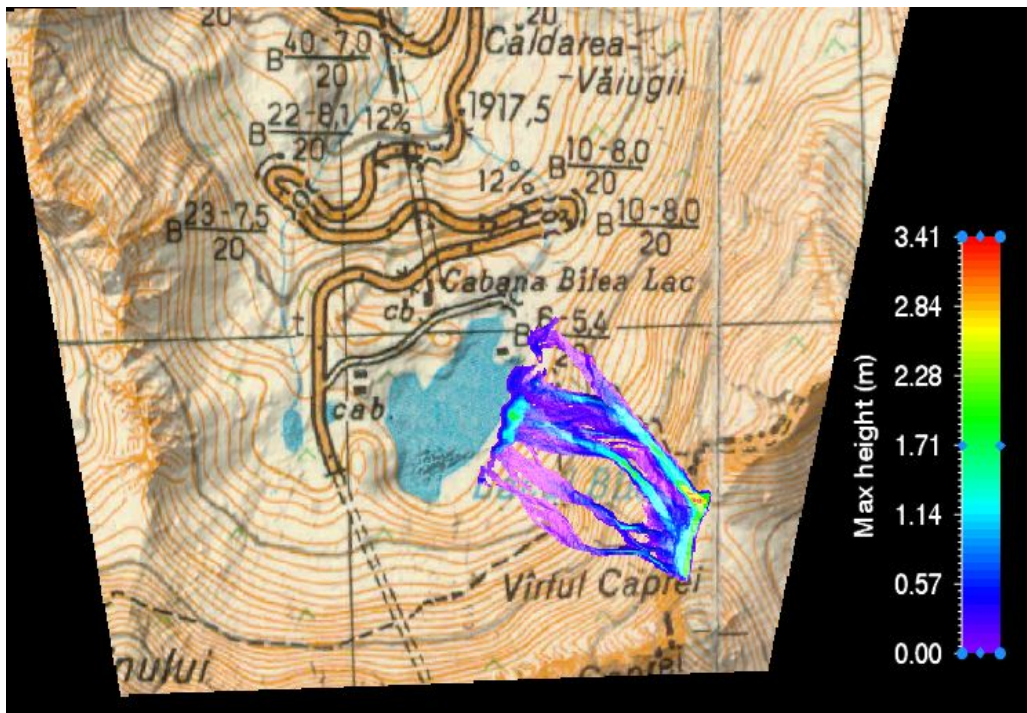


Figura 4.7.21: Simularea traiectoriei și grosimii startului de zăpadă pentru avalanșa din cirul Bâlea, aprilie 1977

Această activitate de simulare a traiectoriilor avalanșelor va continua și în etapa următoare, fiind urmată de generarea hărților de hazard la avalanșă pentru arealele test și extinderea pentru tot arealul montan al Carpaților Meridionali.

4.8. WP8 Promovare și Diseminare

4.8.1. Activitatea 8.1. Situl web al proiectului;

Site-ul web al proiectului (<http://snowball.meteoromania.ro>) a fost actualizat, fiind incluse informații cu privire la activitatea consorțiului SnowBall în etapa curentă: rezultatele obținute, întâlniri, diseminare, etc. (figura 4.8.1). De asemenea, a fost realizată și versiunea în limba română a întregului site.

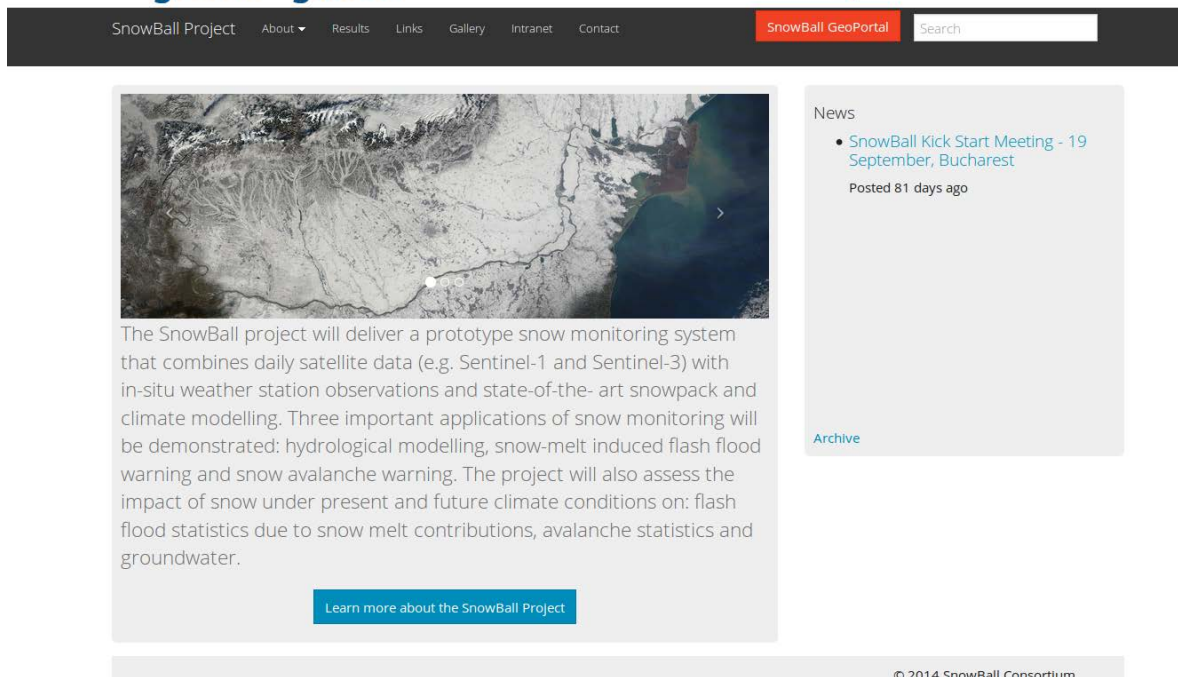


Figura 4.8.1 : Pagina web a proiectului SnowBall

4.8.2. Activitatea 8.2. Strategia de diseminare

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.

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:

- a) Identificare grupului țintă de utilizatori;
- b) Crearea unor mesaje adecvate care să atragă atenția grupului de audiență țintă;
- c) Selectarea canalelor de comunicare prin intermediul cărora mesajele sunt trimise către grupul țintă.

4.8.2.1. 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.**

4.8.2.2. 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.

4.8.2.3. 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 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?

4.8.3. Activitatea 8.3. Acțiuni de diseminare și instruire.

Următoarele principii sunt 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.

4.8.3.1. 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 a participat cu prezentări orale și postere la manifestările relevante tematicilor abordate în cadrul proiectului. De asemenea, au fost trimise spre publicare articole la reviste relevante pentru obiectivele proiectului. La finalul proiectului se va organiza o conferință dedicată prezentării rezultatelor obținute.

4.8.3.2. Broșura proiectului

Broșura proiectului 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 primă versiune bilingvă a fost realizată. Versiunea finală va fi distribuită înainte de încheierea oficială a proiectului.

4.8.3.3. Newsletter

Primul newsletter-e (format electronic) a fost elaborat și încărcate pe site-ul proiectului și distribuit pe către lista de utilizatori finali ai proiectului SnowBall.

5. ANEXE

- **Anexa 1. Annual Progress Meeting (2015) – AGENDA;**
- **Anexa 2. Planul de validare pentru produsele de evaluarea umidității zăpezii utilizând date satelitare**

SnowBall – Remote sensing, model and in-situ data fusion for snowpack parameters and related hazards in a climate change perspective

Annual Progress Meeting (2015) - AGENDA

Date: 26-28 of October 2015

Venue: Timișoara, West University of Timișoara, Bd. Vasile Pârvan, 4, 300223-Timișoara, Room A01

26th of October 2015

16:30 – 17:30	Project management Technical / Financial Reporting, Deliverables, Templates	NMA / All
17:30 – 18:30	Steering committee meeting	NMA

27th of October 2015

9:00 – 9:10	Welcome NMA; Welcome WUT Round Table Introduction of Partners	
WPs Progress Reports		
9:10 – 9:55	WP2 – In-situ snow parameters measurements Activity 2.1 – Design and implementation of new snow measuring devices and equipment. Activity 2.2. – Snowpack parameters observation and measurements Activity 2.3. – Create and set-up of a spatial database managed by GIS software Activity 2.4. – Elaboration of spatial products using the spatial database	NMA, NR, NIHWM, WUT
9:55 – 10:40	WP3 – Satellite remote sensing, data fusion and modelling of snow parameters (snow wetness products) Activity 3.1. – Single sensor algorithm porting to Sentinel Activity 3.2. – MWS algorithm and product Activity 3.3. – New multilayer snow model module in NOAA	NR, NMA, NIHWM
10:40 – 11:25	WP4 – Climate change impact on snow-related hazards Activity 4.1. – Snow-related climate variability and change and associated impact Activity 4.2. – Variability and change in flash floods with snow melt contribution Activity 4.3. – Variability and change in avalanche statistics	NMA, UTCB, NIHWA, WUT
11:25 – 11:40	Coffee break	
11:40 – 12:25	WP5 – Aquifer replenishment modelling from snow melt infiltration Activity 5.1. Snowmelt infiltration assessment for the unsaturated zone. Activity 5.2. – Aquifer modelling Activity 5.3. – Pattern matching and climate scenarios	UTCB, NIHWA

12:25 – 14:00	Lunch	
14:00 – 14:45	WP6 – Assimilation of snowpack parameters in the National Flood Forecasting and Warning System Activity 6.1. – Update the LC/LU map for the study area using high spatial resolution satellite images Activity 6.2. – Design of the algorithms and methodology for data assimilation of snow pack parameters in the main operational hydrological forecasting models	NIHWM, NMA, NR
14:45 – 15:30	WP7 – Avalanche inventory, release and hazard mapping Activity 7.1. – Develop avalanche detection algorithms Activity 7.2. – Change- detection algorithm for Sentinel-1 and Sentinel-2 Activity 7.3. – Avalanche simulation	WUT, NR, NMA
15:30 – 15:45	Coffee Break	
15:45 – 16:15	WP 8 Promotion and Dissemination Activity 8.1. – Project website Activity 8.2. – Dissemination strategy Activity 8.3 – Dissemination and training actions	NMA / All
16:15 -18:00	Discussions	All

28th of October 2015

9:00 – 11:00	Progress report in 30 November 2015 Next 2016 meeting Field campaigns	NMA / All
11:00 – 12:00	Final discussion / End of Meeting	All

Plan de validare pentru produsele de evaluarea umidității zăpezii utilizând date satelitare

1 Introducere

Obiectivul general al proiectului SnowBall este explorarea și dezvoltarea unei metodologii în sprijinul dezvoltării unui viitor serviciu care să ofere autorităților naționale un suport în timp real privind stratul de zăpadă și informații privind avalanșele pe baza datelor de observare a Pământului. Proiectul SnowBall își propune să furnizeze și să demonstreze metodele necesare pentru ca un serviciu de nivologie să poată furniza, la rândul său, produse geospațiale legate de stratul sezonier de zăpadă (extinderea stratului de zăpadă, situația topirii zăpezii, echivalentul de apă al zăpezii), derivate din date satelitare, către comunitatea științifică din România, către factorii de decizie politici, către utilizatorii de informații despre zăpadă și către populație. Aceste obiective-cheie, precum și sub-obiectivele conexe sunt identificate direct, în cadrul sarcinilor asumate în fiecare pachet de lucru:

- Îmbunătățirea rezoluției spațiale și temporale a măsurătorilor in-situ a parametrilor stratului de zăpadă (WP 2).
- Dezvoltarea unor algoritmi și implementarea unui sistem prototip de monitorizare a zăpezii, prin combinarea datelor de la Sentinel-1/-3, a datelor de la stațiile meteorologice și a datelor de modelare hidrologică pentru estimarea parametrilor stratului de zăpadă (WP 3).
- Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra resurselor și hazardelor legate de zăpadă (WP 4).
- Definirea și testarea unei metodologii fiabile pentru evaluarea contribuției topirii și infiltrării zăpezii din ciclul hidrogeologic (WP 5)
- Dezvoltarea și implementarea unei proceduri de asimilare a datelor pentru ajustarea parametrilor legați de starea stratului de zăpadă, în cadrul modulului cu modelele pentru zăpadă, aparținând modelelor de prognoza hidrologică (WP 6).
- Dezvoltarea de metode pentru detectarea avalanșelor, modelare și pentru evaluarea riscului (WP 7).

În cadrul WP 3 se va dezvolta un algoritm și un produs pentru reconstituirea umidității stratului de zăpadă. Sub-obiectivele acestei activități sunt:

- Adaptarea algoritmului optic al umidității stratului de zăpadă la senzorii Sentinel-3 OLCI și SLSTR
- Adaptarea algoritmului SAR pentru umiditatea stratului de zăpadă la Sentinel-1 SAR
- Pe baza algoritmilor senzorului unic, dezvoltarea unui algoritm multi-senzor / multi-temporal pentru reconstituirea umidității suprafeței zăpezii
- Validarea algoritmilor pentru suprafața stratului de zăpadă, pe baza măsurătorilor in-situ
- Dezvoltarea unui lanț de procesare pentru ca produsul pre-operațional referitor la umiditatea stratului de zăpadă care să fie ulterior testat pe scară largă în România

Algoritmii vor fi implementați, validați și demonstrați în mod sistematic, din aproape în aproape. Activitatea începe de la algoritmii optici ai senzorului unic și SAR. Aceștia vor fi validați în mod individual înainte de pasul următor- dezvoltarea unui algoritm multi-senzor / multi-temporal. Un lanț de procesare de mare performanță va fi implementat pentru acest algoritm, pentru a putea fi realizate produse care să acopere zilnic suprafața României. Produsele vor fi validate în mod extensiv și apoi vor fi demonstrate în cadrul aplicațiilor pentru avertizările de inundație și pentru avertizările privind riscul producerii de avalanșe.

Produsul optic zăpadă umedă (OWS) furnizează cinci clase de umiditate de la zăpadă uscată, la zăpadă îmbibată cu apă, conform *Clasificării internaționale a zăpezii sezoniere depuse pe sol* (Fierz, 2009) (figura 1.1). Acest produs își propune să utilizeze Sentinel-3 OLCI și SLSTR ca surse de date și, de asemenea, este dezvoltat și validat pentru utilizarea datelor Terra MODIS și Suomi NPP VIIRS. Produsul SAR zăpadă umedă (SWS) furnizează două clase, una pentru zăpadă umedă și una- fie pentru solul fără zăpadă, fie pentru zăpadă uscată (figura 1.2). Un produs absolut nou multi-senzor/ multi-temporal, bazat pe fuziunea senzorială a datelor de la Sentinel-3 și Sentinel-1 furnizează aceleași cinci clase pentru zăpadă ca și produsul optic.

Code	Class [vol. %]	Colour
220	Dry snow (0%)	
221	Moist snow (0-3%)	Blue
222	Wet snow (3-8%)	Orange
223	Very wet snow (8-15%)	Yellow
224	Soaked snow (>15%)	Red

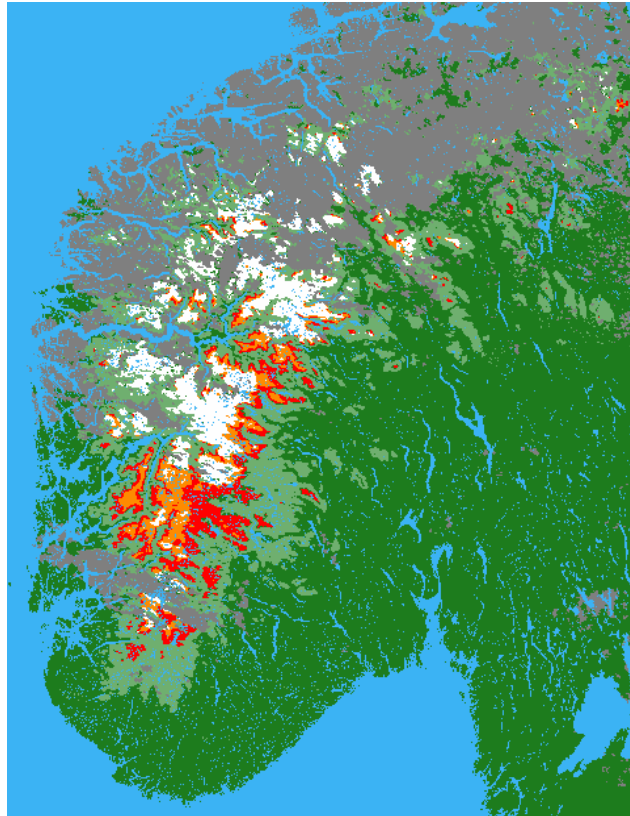


Figura 1.1. Clasele OWS (stânga) și un exemplu de produs OWS pentru sudul Norvegiei (dreapta)

O parte importantă a dezvoltării produsului o reprezintă calibrarea și validarea. Această activitate poate fi defalcată pe trei sarcini principale:

- Algoritmul de calibrare și validare (cal/val)
- Analiza datelor de diagnoză
- Validarea produsului pe scară largă.

Scopul acestui raport este să documenteze planurile pentru activitatea de validare pentru algoritmi de reconstituire a zăpezii umede și pentru produsele din cadrul proiectului SnowBall. Capitolul 2 începe cu o descriere generală a abordării validării. Aceasta este urmată, în Capitolul 3, de o descriere a domeniilor produsului, a amplasamentelor pentru testare și a surselor de date. Urmează, în Capitolul 4, o descriere a analizei planificate a datelor pentru diagnoză, iar în Capitolul 5, o descriere a activității de calibrare și validare, pe baza stațiilor cal/val. Urmează Capitolul 6, cu o descriere a activității de validare a produsului pe scară largă. Raportul se încheie cu Capitolul 7, care cuprinde concluziile generale. Anexele A și B cuprind protocoalele măsurătorilor din teren și modelele rapoartelor din teren.

Code	Class	Colour
230	Wet snow	Light blue
231	Dry snow or bare ground	Yellow

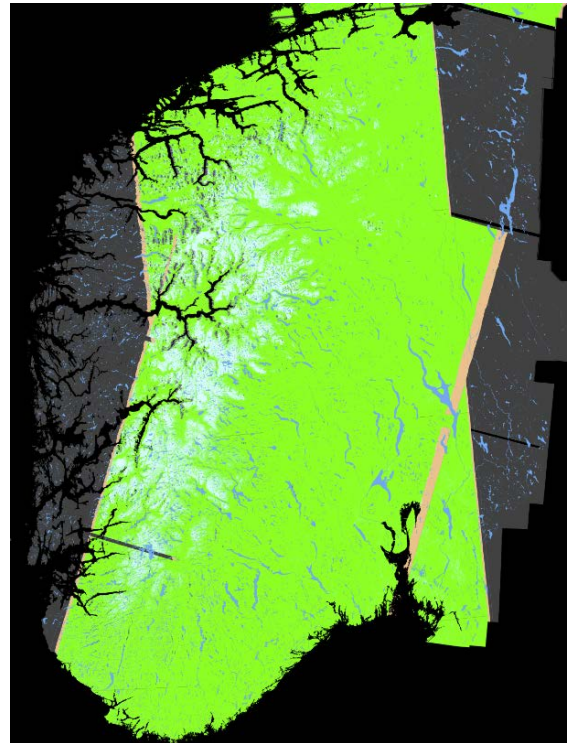


Figura 1.2. Clasele SWS (stânga) și un exemplu de produs SWS pentru sudul Norvegiei (dreapta).

2 Abordarea validării

Dezvoltarea unui produs de teledetecție – în cazul produsului pentru umiditatea zăpezii – include diferite etape și seturi de date pentru dezvoltare și validare:

1. Analiza datelor pentru diagnoză
2. Calibrarea și validarea algoritmului
3. Validarea produsului

Datele vor fi colectate în ambele țări.

Scopul analizei pentru diagnoză este de a obține o înțelegere a condițiilor geofizice din spatele semnalului măsurat la distanță pentru determinarea performanței și limitelor algoritmului. Rezultatele algoritmilor-candidați sunt analizate în conformitate cu variabilitatea naturală și a relațiilor cu datele de diagnoză studiate. Datele pentru diagnoză reprezintă toate variabilele relevante care pot fi măsurate (în practică), și care ar trebui să fie colectate astfel încât să includă variabilitatea naturală cât mai mult posibil, cum ar fi variabilitatea sezonieră și pentru diferite acoperiri ale terenului și topografie.

Când se ajunge la o înțelegere corespunzătoare a modului în care algoritmii-candidați funcționează în diferite condiții, poate fi ales un algoritm. În general pasul următor constă în calibrarea și validarea algoritmului. Acesta se poate realiza printr-o analiză comparativă a rezultatelor obținute prin aplicarea algoritmului imaginilor satelitare și a măsurătorilor independente de înaltă calitate, în general măsurători in-situ.

Etapa finală este reprezentată, în general, de validarea produsului. Scopul este studierea și cuantificarea calității produsului în general, pe întregul domeniu al produsului. Pentru produsul de umiditate a zăpezii, comportamentul general poate fi validat în mod rezonabil cu variația temporală a temperaturii aerului. Măsurătorile suplimentare ale grosimii stratului de zăpadă pot fi utile pentru control astfel încât produsul să arate doar valorile de umiditate a zăpezii pentru ariile acoperite cu zăpadă. De preferat este utilizarea unui număr mare de puncte în situ (stații meteorologice), care acoperă întreg domeniul al produsului (România și Sudul Norvegiei).

Cele trei etape majore descrise mai sus nu sunt urmărite neapărat într-un mod strict secvențial. De exemplu, calibrarea și validarea pot fi urmate de studii de diagnoză suplimentare pentru a determina limitările algoritmului de recuperare și pentru a obține o înțelegere mai aprofundată a proceselor fizice care afectează performanța algoritmului.

3 Zone de test, locații și surse de date

3.1 Zone de test

Zonele de test pentru România și Norvegia au fost stabilite astfel încât să aibă dimensiuni comparabile. Pentru România întreaga țară este acoperită, în timp ce pentru Norvegia este inclusă doar partea de sud (Figura 3.1).

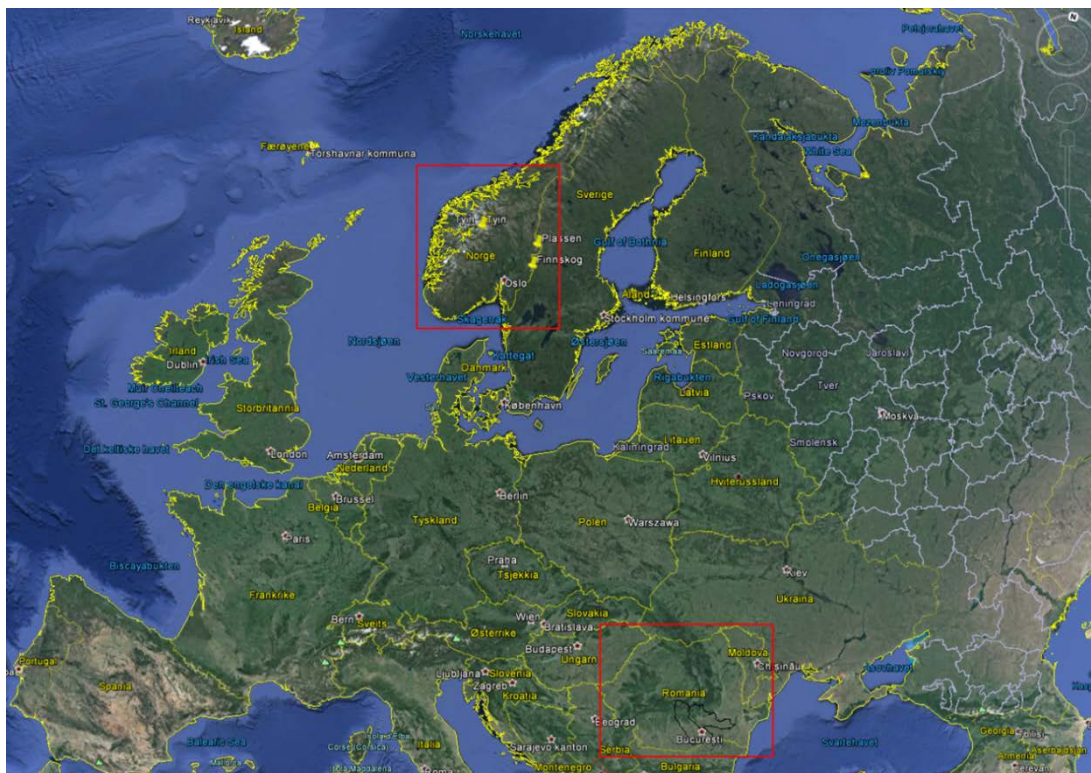


Figura 3.1: Zone de test în România și Norvegia.

Produsele au o rezoluție spațială de 1 km, proiecție UTM, datum WGS 84. Coordonatele colțurilor sunt listate în Tabel 3.1

Tabel 3.1: Coordonatele colțurilor pentru domeniile produsului

	România	Norvegia
UTM	35	33
NV	426543, 5321643	-76000, 7060000 N
SE	713487, 4830826	400000, 6440000 N

3.2 Locații și surse de date în România

ANM a analizat partea superioară a cursului râului Argeș pentru măsurători ale grosimii și densității stratului de zăpadă din ultimii 35 de ani – cu scopul de a evalua cantitatea de apă din zăpadă utilizată ulterior în evaluările hidrologice (resurse de apă). O arie extinsă care cuprinde zona Argeșului și partea superioară a cursului râului Ialomița a fost analizată pentru colectarea de date pentru diagnoză.

3.2.1 Locațiile pentru date de diagnoză

Locația selectată pentru colectarea de date de diagnoză (Figura 3.2) este sectorul superior al cursurilor râurilor Argeș și Ialomița (locațiile Argeș și Ialomița), cu altitudini cuprinse între 500 și 2500 m.

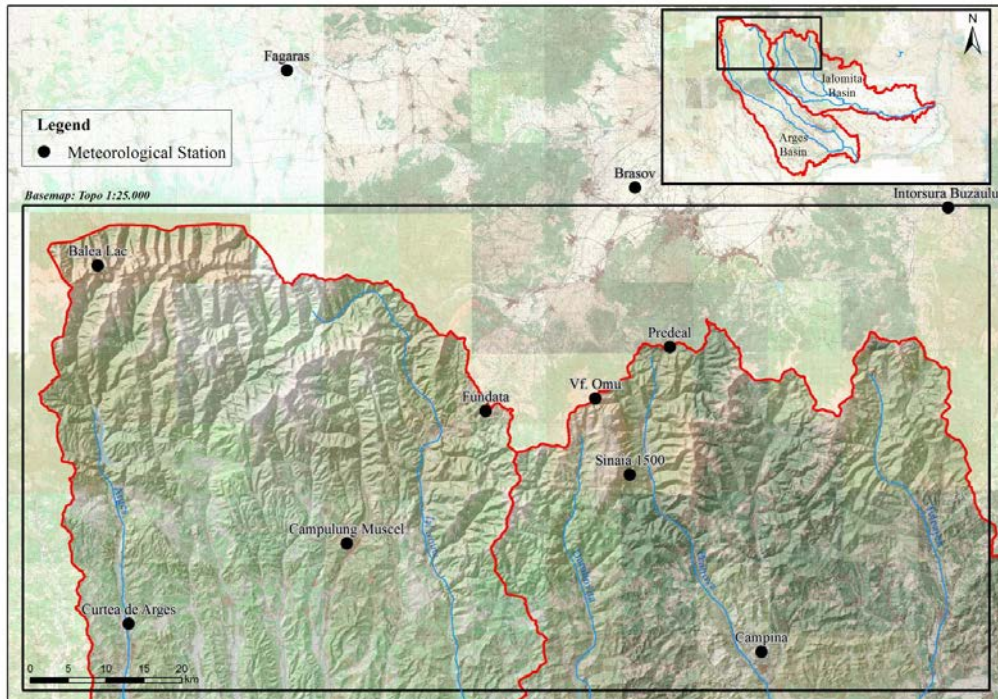


Figura 3.2. Zona de test în România

Bazinul Râului Argeș, localizat în sudul României, este un afluent al fluviului Dunărea, cu o suprafață totală de 12,550 km², din care sectorul superior este de 3,158 km². Sectorul superior al râului Argeș este reprezentat de munți, inclusiv altitudinile cele mai mari din țară: Vârful Moldoveanu (2544) și Vârful Negoiu (2535 m) aflate pe versantul sudic al Munților Făgăraș. Densitatea drenajului este între 1.1-1.4 km/ km² și pantele râului sunt între 80-150‰, în timp ce altitudinea medie variază între 1000 și 1200 m. Principalii afluenți în sectorul superior al râului Argeș sunt Vâlsan, Doamnei și Târgului. 70% din volumul de apă cumulat este conținut în sectorul de râu superior. În această parte sunt lacuri naturale și rezervoare (lacuri de acumulare). Principalele clase de utilizare a terenului/acoperire sunt: pădurile (66%), agricultura (26%), suprafețele artificiale (7%) și rețeaua hidrografică – râuri și lacuri (1%).

Bazinul râului Ialomița, localizat în sudul Carpaților Meridionali, este un afluent al fluviului Dunărea, cu o suprafață totală de 10,350 km². Bazinul este compus din trei niveluri principale de relief: munți, dealuri și câmpii, însă, doar în primele două bazinul superior ocupă cea mai mare parte. Limita bazinului râului Ialomița, în sectorul superior, este reprezentată de culmile masive Leota, Bucegi, Clăbucet și Ciucaș din Carpații Meridionali și de dealurile subcarpatice. Ialomița Superioară se desfășoară între 2310 m și 600 m pe aproximativ 28 km. Densitatea de drenaj este de aproximativ 0.6-0.8 km/ km² iar panta râului este de 71‰.

Zona Argeșului a fost folosită din 1980 pentru campaniile de măsurători ale stratului de zăpadă (suprafața totală a celor doua bazine hidrografice este de aproximativ 5748 km²) favorizând dezvoltarea cercetării aplicate în teledetectie în zonă. Campania de măsurători (Figura 3.3), măsurătorile de grosime și densitate a zăpezii, sunt folosite pentru evaluarea conținutului de apă din zăpada, date utilizate în evaluarea hidrologică (resurse de apă) a lacurilor de acumulare.

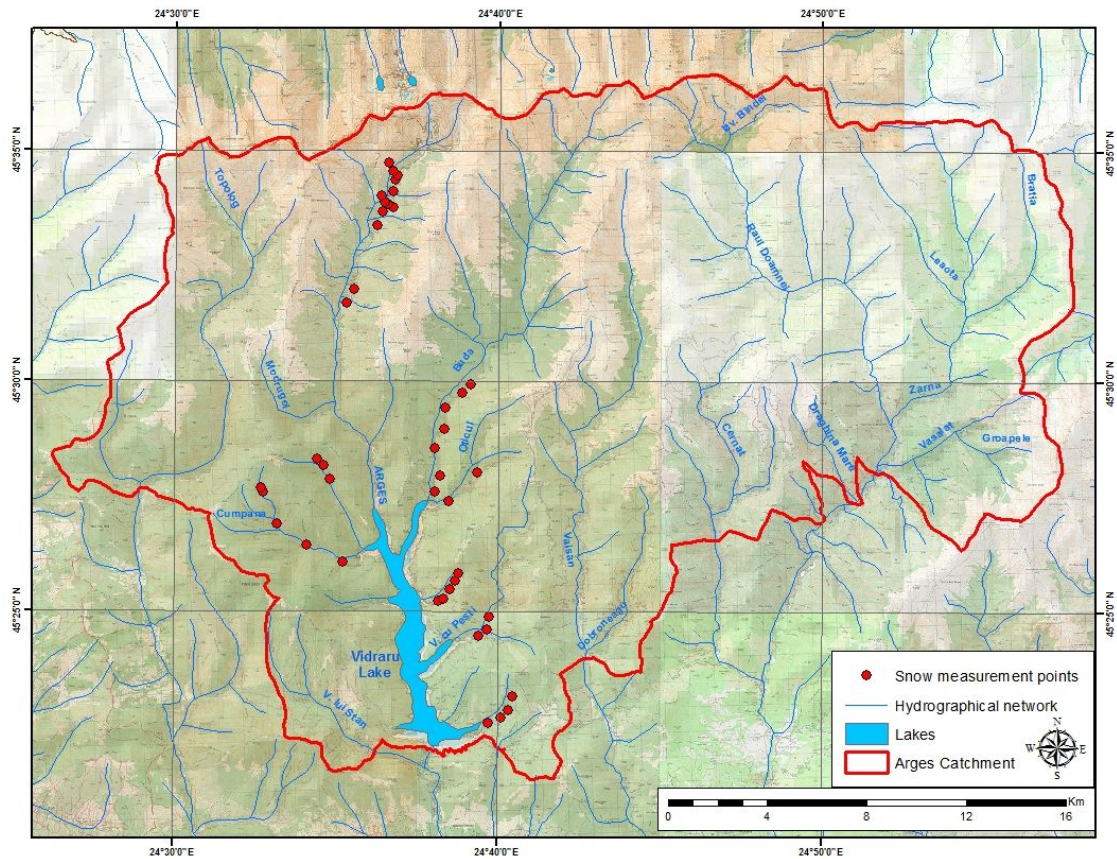


Figura 3.3. Campaniile de măsurători ale stratului de zăpadă

Există opt stații meteorologice în zona de diagnostic, toate operate de ANM, ale căror caracteristici sunt detaliate în tabelul 3.2. Acestea sunt situate la Curtea de Argeș (449 m.a.s.l.), Câmpina (461 m a.s.l.), Câmpulung Muscel (690 m a.s.l.), Fundata (1376 m.a.s.l.), Sinaia (1500 m a.s.l.), Predeal (1096 m a.s.l.), Bâlea Lac (2037 m a.s.l.) și Vârful Omu (2505 m a.s.l.). Datele suplimentare in-situ vor include măsurători din campaniile de teren care vor avea loc pe durata proiectului, și date meteorologice de la stațiile meteorologice mobile. Aproximativ 20 de senzori de temperatură a aerului vor fi instalați în iarna anului 2015-2016 în cadrul campaniei de teren în locația Sinaia.

Tabelul 3.2: Caracteristicile stațiilor meteorologice din zona de studiu din România

Nr. Crt.	Stația meteo	Informații generale	Coordonate	Parametri măsurați utilizați în proiect	Alte informații
1	Bâlea Lac	01.11.1978; Numeroase varfuri de 2500 m în jur; lacul glacial Bâlea (100 m)	Latitudine: 45° 36' 14"; Longitudine 24° 36' 53"; Altitudine: 2070 m; Situata în zona alpina	Temperatura aerului, grosimea stratului de zapada, densitatea și echivalentul de apa a zapezii; Observatii vizuale pentru: distributia stratului de zapada, acumularile de gheata	Sol: roci metamorfice, Spodisoluri. Rețea hidrografică: lacul glacial Bâlea se afla la 100 m de stație; Vegetatie alpina; Activitati antropice: turism, oierit
2	Vârful Omu	08.09.1927; Prima stație montana de varf; Cea mai înalta stație din România.	Latitudine: 45° 26' 45"; Longitudin 25° 27' 24"; Altitudine: 2504 m a.s.l.; Situata în zona alpina.	Temperatura aerului, grosimea stratului de zapada, densitatea și echivalentul de apa a zapezii; Observatii vizuale pentru: distributia stratului de zapada, acumularile de	Rețeaua hidrografică se afla la 2 km de stație; Alpine vegetation; Activitati antropice: turism, oierit .

				gheata	
3	Sinaia 1500	04.12.1960	Latitudine: 45° 21' 18"; Longitudine 25° 30' 51"; Altitudine: 1510 m; Statie de munte	Temperatura aerului, grosimea stratului de zapada, densitatea și echivalentul de apa a zapezii; Observatii vizuale pentru: distributia stratului de zapada, acumularile de gheata .	Reteaua hidrografica: 2 afluenti ai raului Prahova; Vegetatie de padure și alpina; Activitati antropice: turism, oierit .
4	Predeal	1927 – primul amplasament; Din 1985 - amplasamentul actual	Latitudine: 45° 30' 22"; Longitudine 25° 35'; Altitudine: 1090 m; Statie de munte	Din 14 ianuarie 1999 – statie meteorologica automata (MAWS), cu senzori pentru aproape toti parametrii meteorologici.	Reteaua hidrografica: raurile Prahova și Timis Rivers (+ afluentii); Vegetatia: Predominant paduri de conifere; Activitati antropice: turism (sporturi de iarna)
5	Fundata	01.12.1950 – primul amplasament; Din 22.12.1954- amplasamentul actual	Latitudine: 45° 25'53"; Longitudine 25° 16'18"; Altitudine: 1384 m; Statie aflata pe varful unui deal inconjurat de munti	Temperatura aerului, grosimea stratului de zapada, densitatea și echivalentul de apa a zapezii; Observatii vizuale pentru: distributia stratului de zapada, acumularile de gheata .	Vegetatia: padure de fag și brad în amestec cu pasuni alpine; cultures Activitati antropice: agro- turism, sivicultura, oierit.
6	Câmpulung Muscel	1943	Latitudine: 45° 16'29"; Longitudine 25° 02'12"; Altitudine: 681 m; Statie aflata pe varful unui deal	Temperatura aerului, grosimea stratului de zapada, densitatea și echivalentul de apa a zapezii; Observatii vizuale pentru: distributia stratului de zapada	Reteaua hidrografica: raurile Dâmbovița, Argesel, Râul Târgului, Bughea, Bratia Vegetatia: fioioase, conifere, paduri amestecate; Activitati antropice: activitati economice, fabrica de caramizi.
7	Curtea de Argeș	sept. 1952 – primul amplasament; Din mai 1973 – amplasamentul actual	Latitudine: 45° 10'44"; Longitudine 24° 40'11"; Altitudine: 448 m; Situata în dealurile subcarpatice	Temperatura aerului, grosimea stratului de zapada, densitatea și echivalentul de apa a zapezii; Observatii vizuale pentru: distributia stratului de zapada	Reteaua hidrografica: raul Arges și afluenti; lacuri artificiale Vegetatia: paduri de foioase, livezi; Activitati antropice: agricultura și activitati industriale, cresterea animalelor.
8	Câmpina	ianuarie 1948	Latitudine: 45° 08'37"; Longitudine 25° 44'00"; Altitudine: 462 m.	Temperatura aerului, grosimea stratului de zapada, densitatea și echivalentul de apa a zapezii; Masuratori actinometrice	Reteaua hidrografica network: raurile Prahova și Doftana rivers + afluenti Vegetatia: paduri de foioase, livezi; culture agricole Activitati industriale (procesarea petrolului)

3.2.2 Locațiile pentru algoritmul cal/val

Două locații cal/val au fost stabilite în depresiunile intra-carpătice. Locațiile sunt situate în regiunea Târgului Secuiesc și Joseni, respectiv, la câteva sute de metri distanță de stațiile meteorologice Târgu Secuiesc (566 m.a.s.l.) și Joseni (747 m.a.s.l.) ale ANM. Stațiile meteorologice Târgu Secuiesc și Joseni au fost instituite în anul 1954 și respectiv 1955.

Joseni este situat în depresiunea Giurgeu la o altitudine de 640-850 m.a.s.l, de-a lungul râului Mureș. Regiunea înconjurătoare stației Joseni are o altitudine de aproximativ 730-850 m m.a.s.l și o suprafață de aproximativ 1621 km². Versanții din jurul depresiunii au o altitudine de 800 până la 1200 m.a.s.l. Munții înconjurători pot ajunge până la 1800 m.a.s.l. Relieful este format din coline, terase și relief rezidual.

Târgu Secuiesc este localizat în Depresiunea Târgu Secuiesc la aproximativ 560 m.a.s.l. Relieful depresiunii coboară din nord (600 m.a.s.l) spre sud (530-550 m.a.s.l) pe aproximativ 35 km de la nord spre sud ; 15-20 km de la est spre vest, cu 600 km². Este înconjurată de munți cu altitudini care variază între 600 și 1640 m.a.s.l.

Ambele locații vor fi folosite pentru a studia performanța algoritmilor de recuperare în condiții 'controlate' fără influență topografică, combinând măsurătorile în situ și datele satelitare. Stațiile meteorologice furnizează date în situ de referință pentru trei zone de studiu și pentru stabilirea condițiilor limită a temperaturilor aerului în momentul recepției datelor satelitare, pentru alte zone. În plus, față de măsurătorile zilnice ale grosimii stratului de zăpadă și celor la 5 zile pentru densitatea stratului de zăpadă, o stație mobilă va oferi profilul temperaturii solului, umiditatea zăpezii, temperatura și grosimea cu o frecvență temporală mult mai mare. O cameră video va înregistra imagini în fiecare oră pentru a ajuta la evaluarea stratului de zăpadă la locația de cal/val.

3.2.3 Stațiile meteorologice utilizate pentru validarea produsului

Grosimea stratului de zăpadă, densitatea stratului de zăpadă și acoperirea cu zăpadă sunt date furnizate de către toate cele 158 de stații meteorologice ale rețelei ANM. Parametrii mășurați ai zăpezii, împreună cu temperatura aerului, vor fi utilizați pentru verificarea suplimentară a calității produselor de zăpadă. Harta rețelei de stații meteorologice este prezentată în **Error! Reference source not found.** Nu există sisteme de măsură specializate pentru zăpadă operate de către ANM. Totuși, pentru proiectul SnowBall, noi sisteme de măsură a caracteristicilor zăpezii vor fi instalate, în locațiile celor opt stații meteorologice selectate – și eventual la alte câteva locații din zona de diagnoză. Acestea vor fi echipate cu senzori ultrasonici de măsurare a grosimii stratului de zăpadă, a temperaturii zăpezii și a umidității zăpezii. Măsurătorile se vor face la fiecare oră. Datele vor fi transferate prin intermediul rețelelor celulare, iar stațiile vor fi alimentate de energia solară.

Măsurătorile datează încă din 1927, dar calitatea variază și datele pot lipsi pentru anumite perioade. Seria cea mai lungă de date cu privire la zăpadă datează din anul 1960. Calitatea măsurătorilor a crescut în timp, seria de date de cea mai înaltă calitate este din ultimii 30-40 de ani.

Instrumentele utilizate la stații sunt identice. Măsurătorile de grosime a stratului de zăpadă și acoperirea cu zăpadă sunt efectuate zilnic, iar la fiecare 5 zile este măsurată densitatea zăpezii. Datele sunt transmise prin rețeaua de comunicații a ANM către baza principală de date (Oracle).

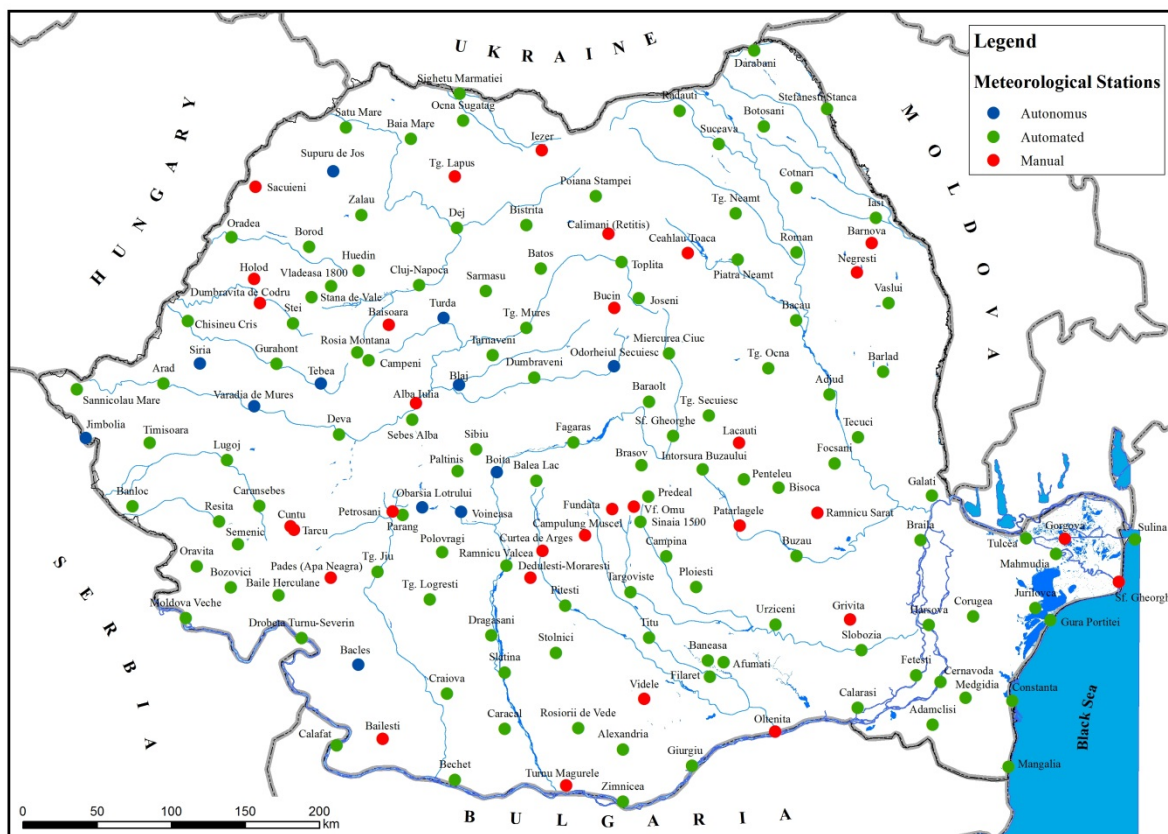


Figura 3.4. Rețeaua de stații meteorologice ale ANM (include și stațiile de măsurare a caracteristicilor zăpezii)

3.3 Zone și date în Norvegia

Locațiile bine stabilite ale NR pentru studiile cu privire la zăpada din Jotunheimen sunt folosite atât pentru colectarea de date de diagnoză, cât și pentru algoritmul de calibrare și validare.

3.3.1 Zone și date pentru diagnoză și cal/val

Valdresflya și partea de vest a regiunii muntoase Jotunheimen (figura 5.4) au fost stabilite ca zone pentru dezvoltarea algoritmului de monitorizare a zăpezii de către sateliți, calibrare și validare în 1997 (suprafață totală de aproximativ 265 km²). NR a efectuat de atunci numeroase campanii de teren, împreună cu colectarea datelor de la senzorii ‘airborne’ și ‘spaceborne’ de înaltă rezoluție, date folosite drept referință pentru recepții de date satelitare în paralel (Solberg și colab, 2010). Valdresflya este un platou montan la altitudini de aproximativ 1200-1400 m.a.s.l. Regiunea înconjurătoare din Jotunheimen este compusă atât din vârfuri abrupte, cât și erodate, cu văi sub forma literei U între acestea. Munții sunt mai abrupti în partea de vest comparativ cu partea estică. Majoritatea regiunii este situată deasupra înălțimii copacilor. Valdresflya a fost selectată ca principala locație pentru datele de diagnoză și calibrare/validare pentru că în zonă efectele topografice pot fi eliminate. Astfel se poate reduce decalajul de scară dintre măsurătorile în situ (puncte) și pixelii datelor satelitare (IFOV-urile sunt cuprinse între 0.01-1 km²) locația fiind foarte omogenă, nu doar în ceea ce privește topografia, dar și acoperirea terenului, acumularea de zăpadă și ablația produsă de zăpadă.

3.3.2 Stații de măsură ale caracteristicilor zăpezii și stații meteorologice pentru validarea produselor

Grosimea stratului de zăpadă este un parametru măsurat la multe dintre stațiile operate de Institutul Norvegian de Meteorologie (MET Norway), de NVE (Norwegian Water Resources and Energy Directorate), de SVV (Norwegian Public Roads Administration) și de JBV (Norwegian National Rail Administration). Stațiile localizate în partea de sud a Norvegiei sunt ilustrate în figura 3.5.

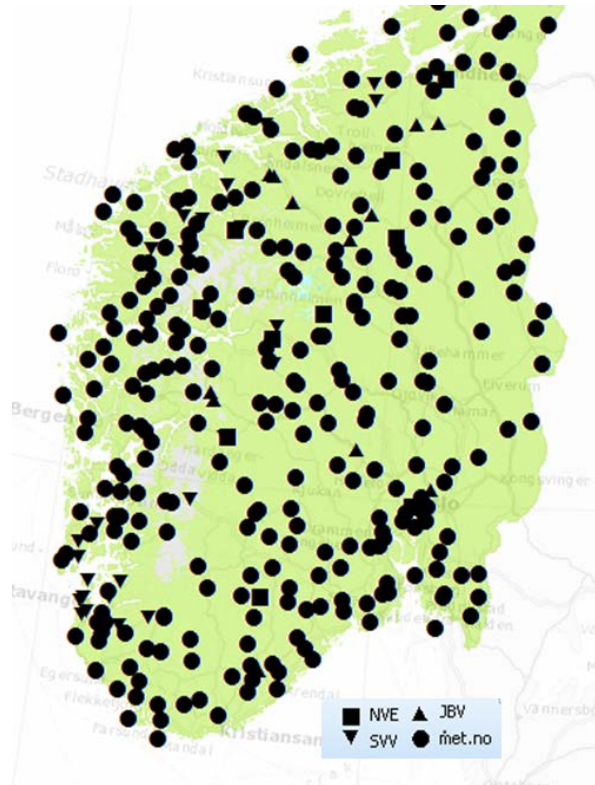


Figura 3.5: Stații de măsură ale caracteristicilor zăpezii situate în sudul Norvegiei.

Stațiile operate de NVE sunt dedicate măsurătorilor caracteristicilor zăpezii și sunt cele mai precise și sigure stații. În prezent NVE operează 26 de stații automate de măsură ale caracteristicilor zăpezii pentru hidrologie distribuite pe toată suprafața Norvegiei. 18 dintre aceste stații sunt localizate în sudul Norvegiei (figura 3.6). Majoritatea stațiilor sunt situate în zona montană, dar sunt de asemenea stații în zonele costale și de câmpie. Aceste stații măsoară SWE și SD, sau ambele. Măsurătorile acoperă o perioadă ce începe în anul 1957, dar calitatea datelor este variabilă și există perioade fără date. Cea mai lungă serie de date începe în anul 1967. Calitatea măsurătorilor a crescut în timp, datele cu calitatea cea mai bună acoperind ultimii 15-25 de ani.

Cele mai multe stații sunt dotate cu instrumente pentru măsurarea SWE, în mod obișnuit cel puțin o "pernă" albă de PVC cu diametrul de 2 m umplută cu etanol sau glycol, cu senzori de presiune ce măsoară presiunea hidrostatică. Câteva stații sunt dotate cu senzori pentru greutatea zăpezii și cu senzori gamma. Senzorii ultrasonici sunt folosiți pentru determinarea grosimii stratului de zăpadă. În mod obișnuit, măsurătorile sunt orare. Datele zilnice sunt derivate din datele orare. Datele sunt transferate utilizând rețele celulare, iar stațiile utilizează energie solară.

Unele stații sunt utilizate drept stații de cercetare. Cea mai completă stație este Filefjell Research Station, care este dotată cu instrumente de toate tipurile menționate mai sus, și de asemenea cu multe instrumente de același tip, dar provenite de la diferiți producători.

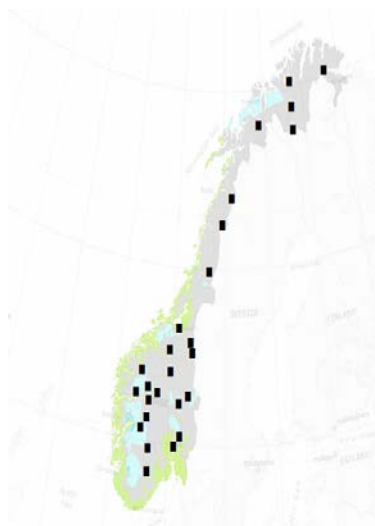


Figure 3.6: Rețeaua NVE de stații din Norvegia.

3.4 Date satelitare

Datele recepționate de la sateliții Terra MODIS (NASA) și Suomi NPP VIIRS (NAȘĂ/NOAA) au fost utilizate în studiul inițial și vor fi înlocuite cu datele Sentinel-3 (ESA) de îndată ce acesta va deveni operațional, în anul 2016. Datele Sentinel-1 SAR (ESA) au fost disponibile din primul an al proiectului și de aceea vor fi utilizate pe toată durata proiectului. Sensorii și datele furnizate sunt descrise pe scurt în cele ce urmează.

3.4.1 Terra și Aqua MODIS

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) este un instrument important îmbarcat pe sateliții Terra (EOS AM) și Aqua (EOS PM). Satelitul Terra descrie în jurul Pământului orbite de la nord la sud (orbită descendentă), ajungând la Ecuator dimineața (10:30 UTC), în timp ce Aqua descrie orbite de la sud la nord (orbită ascendentă), situându-se deasupra Ecuatorului după amiaza (13:30 UTC). Orele corespunzătoare din timpul nopții sunt 22:30 și 01:30 UTC (relevante pentru măsurători de temperatură). Sateliții MODIS Terra și Aqua acoperă întreaga suprafață a Pământului la fiecare 1-2 zile. Satelitul Terra a fost lansat în data de 18 decembrie 1999, iar Aqua pe 4 mai 2002.

Instrumentul MODIS recepționează date în 36 de benzi spectrale acoperind domeniul 405-14,385 nm. Rezoluțiile spațiale sunt: 250 m pentru benzile 1 și 2, 500 m pentru benzile 3-7 și 1000 m pentru benzile 8-36. Cuantificarea datelor este pe 12 bits, iar lățimea liniei de baleiaj este de 2330 km

3.4.2 Suomi NPP VIIRS

Satelitul Suomi NPP a fost lansat în octombrie 2011. Sensorul VIIRS poate fi privit ca reprezentând o variantă îmbunătățită a sensorului AVHRR. VIIRS operează în 22 de lungimi de undă, de la vizibil la termic. VIIRS include canalele AVHRR. Canalele din domeniul vizibil-termic sunt în număr de 5 și au rezoluția spațială de 375 m, în timp ce canalele cu rezoluția spațială de 750 m sunt în număr de 16 și acoperă aproximativ același domeniu spectral. În plus, există o bandă VIS-NIR pentru observațiile din timpul nopții. Lățimea liniei de baleiaj este 3040 km, satelitul trecând deasupra Ecuatorului, pe orbită descendentă, la ora 13:30 UTC.

3.4.3 Sentinel-1

Satelitul Sentinel-1 transportă un instrument radar avansat pentru a putea furniza în orice condiții de vreme, pe timp de zi și de noapte, imagini ale suprafeței Pământului. Radarul în bandă C SAR (Synthetic Aperture Radar) a fost construit pentru a continua misiunile ESA și ale Canadei ERS-1, ERS-

2, Envisat and Radarsat. Sentinel-1 a fost lansat în data de 3 aprilie 2014, iar Sentinel-2 este programat pentru anul 2016. Timpul de viață operațional este de 7 ani (cu rezervă pentru 12 ani). Satelitul are un ciclu de repetare de 12 zile. Radarul în bandă C SAR operează în 4 moduri: 1) Strip Map Mode (SMM), linie de baleiaj de 80 de km, 5 x 5 m rezoluție spațială; 2) Interferometric Wide Swath (IWS), linie de baleiaj de 250 km, 5 x 20 m rezoluție spațială; 3) Extra-Wide Swath Mode (EWSM), linie de baleiaj de 400 km, 25 x 100 m rezoluție spațială; and 4) Wave-Mode (WM), 20 km x 20 km, 5 x 20 m rezoluție spațială.

3.4.4 Sentinel-3 OLCI și SLSTR

Satelitul Sentinel-3A, planificat pentru a fi lansat în decembrie 2015, este în principal o misiune care vine în sprijinul serviciilor asociate mediului marin, cu capacitatea de a fi util, de asemenea, unor numeroase aplicații în domeniile atmosferei, uscatului și criosferei. Instrumentul OLCI (Ocean Land Colour Instrument) continuă misiunea instrumentului MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) a Envisat. OLCI operează în domeniul a 21 de lungimi de bandă de la UV la NIR și utilizează "optimise pointing" pentru a reduce efectul strălucirii soarelui. Lățimea liniei de baleiaj este de 1270 km, iar rezoluția spațială este de 300 m. Radiometrul SLSTR (Sea Land Surface Temperature Radiometer) continuă misiunea AATSR (Advanced Along-Track Scanning Radiometer) a Envisat. SLSTR utilizează tehnica de "dual-viewing" și operează în 8 benzi furnizând astfel o acoperire mai bună decât AATSR din cauza lărgimii mai mari a liniei de baleiaj (1675 km la nadir). Rezoluția spațială este de 500 m în domeniul vizibil și NIR și 1km pentru IR mediu și termic.

4 Date pentru diagnoză și analiză

În acest capitol sunt descrise datele utilizate pentru diagnoză și analiză acestora pentru România și Norvegia. Pentru multe din cele mai importante măsurători este dată și o descriere mai detaliată a principiilor de măsură și instrumentelor folosite.

Se consideră că ar fi ideal să fie folosite aceleași seturi de instrumente și protocoale de măsură în cele două țări. Totuși, datorită unor diferențe în instrumentația din cele două țări și protocoalelor de măsură folosite, există anumite diferențe. Aceste diferențe au fost luate în considerare pentru a putea face măsurătorile comparabile, în sensul efectuării de campanii de teren comune.

4.1 România

Datele pentru diagnoză colectate de Administrația Națională de Meteorologie în cadrul campaniilor de măsurători de teren sunt prezentate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1: Datele de diagnoză colectate în timpul campaniilor de teren efectuate de ANM.

Variabila	Principiile de măsură	Tipul instrumentelor
Caracteristicile spectrale ale zăpezii	Spectrometru de teren	StellarNet cu fibre optice libere
Apa lichidă din zăpadă	Reflectometria în domeniul de timp (TDR)	Instrument pentru probe dielectrice
Densitatea zăpezii	Cântărirea unei probe de 0.5 dm ³	Instrument din oțel pentru eșantionarea probelor de zăpadă de 0.5 dm ³ . Conținutul de zăpadă este cântărit cu o scară de tip tubular.
Grosimea stratului de zăpadă	Rigla de zăpadă	Rigla de fibră de carbon sau de lemn având o scară centimetrică.
Extinderea stratului de zăpadă	Imagini aeriene sau satelitare de foarte înaltă rezoluție.	Servicii pe bază de contract pentru imagini aeriene sau comandă pentru imagini satelitare, pentru o anumită zonă test și o anumită perioadă.

Măsurătorile DRS sunt cuprinse în domeniul spectral 200 – 1700 nm. Senzorii sunt constituiți dintr-o matrice de 2048 de fotoelemente diode (200 – 1150 nm) și o fotodiodă InGaAs cu index gradat răcit termoelectric (900 – 1700 nm). Intervalele de eșantionare sunt de 1.6 nm pentru domeniul spectral 200 – 1150 nm și de 2.5 nm pentru intervalul 900 – 1700 nm, cu rezoluții spectrale de 3 nm la 700 nm, 10 nm la 1500 nm și de 10 nm la 2100 nm.

Senzorul de umiditate a zăpezii (sau pentru conținutul de apă lichidă) constă dintr-un sensor 5TM de umiditate și temperatură.

În afara campaniilor de măsurători de teren, mai mulți senzori pentru temperatura aerului vor fi instalați la o distanță de 100 m pe versantul muntos de la Farful cu Dor până în orașul Sinaia. Senzorii vor putea stoca măsurătorile de temperatură care vor fi apoi colectate la fiecare 30 de zile.

4.2 Norvegia

Datele de diagnoză colectate de partenerul norvegian NR în campaniile de teren variază în funcție de scopul campaniei de măsurători, dar includ informațiile prezentate în tabelul 4.2. Cel puțin primele cinci au fost colectate în timpul campaniilor de teren.

Tabelul 4.2: Datele de diagnoza colectate în timpul campaniilor de teren efectuate de NR.

Variabila	Principiile măsurătorilor	Tipul instrumentelor
Caracteristicile spectrale ale zăpezii	Spectrometru de teren	Spectrometru de teren ASD Pro FR cu fibre optice cu bare
Dimensiunea granulelor de zapada	Spectroscopie de contact	Spectrometru de teren ASD Pro FR cu sistem ce eșantionaj ASD de probe de contact
Apa lichidă din zăpadă	Principiul dielectric de colectare probe	Sistemul Denoth de măsură a probelor de capacitanță pentru determinarea permitivității zăpezii pentru o suprafață de $13 \times 13.5 \text{ cm}^2$
Densitatea zăpezii	Cântărirea probelor de 1 dm^3	Sistem de eșantionare din oțel de 1 dm^3 . Conținutul zapazii este cântărit cu un dispozitiv tubular cu scară de măsură.
Grosimea stratului de zăpadă	Riglă de zăpadă	Rigla de zăpadă din fibră de carbon cu o scară centimetrică.
Extinderea stratului de zăpadă	Imagini aeriene sau satelitare de foarte înaltă rezoluție.	Servicii pe bază de contract pentru imagini aeriene sau comandă pentru imagini satelitare, pentru o anumită zonă test și o anumită perioadă.
Proba de zăpadă	Analiză chimică sau studiul particulelor	Servicii pe bază de contract pentru analize chimice ale ionilor și/sau mineralelor și/sau filtrarea particulelor mai mari

Spectrometrul de teren ASD Pro FR acoperă domeniul spectral 350 – 2500 nm. Senzorii sunt o matrice de 512 fotoelemente diode (350 – 1000 nm) și două sisteme fotodiodă InGaAs cu index gradat răcit termoelectric (1001 – 2500 nm). Intervalele de eșantionare sunt de 1.4 nm pentru domeniul spectral 350 – 1000 nm și de 2.0 nm pentru intervalul 1000 – 2500 nm, cu rezoluții spectrale de 3 nm la 700 nm, 10 nm la 1500 nm și de 10 nm la 2100 nm. Pentru întreg domeniul 350 – 2500 nm există 1512 canale spectrale.

Sistemul ASD de eșantionare a probelor de contact este proiectat pentru măsurători spectroscopice de contact asupra materialelor solide în stare brută. Sistemul include o sursă internă de lumină de la un bec cu halogen având temperatura de culoare de 2901 K. Sistemul permite măsurarea unei zone cu diametrul de 10 mm. A fost conceput un sistem de ecranare a luminii solare directe. Software a fost furnizat de Universitatea din California, Los Angeles, inclusiv constantele de calibrare, pentru transformarea măsurătorilor de radiant în mărimea reală a granulelor de zăpadă.

Sistemul Denoth metru permite măsurarea permitivității zăpezii asociate probelor de capacitanță, pentru o suprafață de $13 \times 13.5 \text{ cm}^2$ (Techel and C. Pielmeier , 2011). Pentru rezolvarea părții imaginare a permitivității, este necesară o măsurare separată a densității zăpezii, care astfel permite estimarea conținutului de apă lichidă. Precizia măsurătorilor efectuate prin metode dielectrice este de $\pm 0.5 \text{ vol. } \%$. O eroare suplimentară poate apărea dacă senzorii din apropierea suprafeței solului sunt afectați de radiația solară.

5 Algoritmul de calibrare și validare

În acest capitol sunt descrise datele și procedurile pentru calibrare și validare folosite în algoritmul dedicat. Obiectivele sunt de a calibra algoritmul pentru a obține rezultate cantitative cât mai precise și pentru a valida performanțele algoritmului în timpul sezonului de zăpadă. Zonele test pentru cal/val sunt descrise în continuare, precum și variabilele relevante care se măsoară, principiile de măsură și instrumentele folosite.

O zonă test ideală ar trebui să aibă următoarele caracteristici:

- Zonă plată deschisă, de cel puțin 5 × 5 km (teren plat fără vegetație sau cu vegetație de talie joasă; zone agricole, pășuni sau platou montan);
- Să includă o stație meteorologică;
- Zonă cu acumulare substanțială de zăpadă și acoperită cu zăpadă pentru o perioadă mai lungă;
- Măsurători de teren regulate (zilnice) pentru umiditatea zăpezii în timpul pasajelor satelitare.

Două astfel de zone test au fost identificate și stabilite în România în 2015. În Norvegia se folosește zona test de cal/val Jotunheimen (Valdresflya), stabilită din anii 1990.

5.1 Zonele de cal/val din România

Locațiile celor două zone stabilite sunt prezentate în figura 5.1. Fiecare locație este localizată în apropierea unei stații meteorologice.

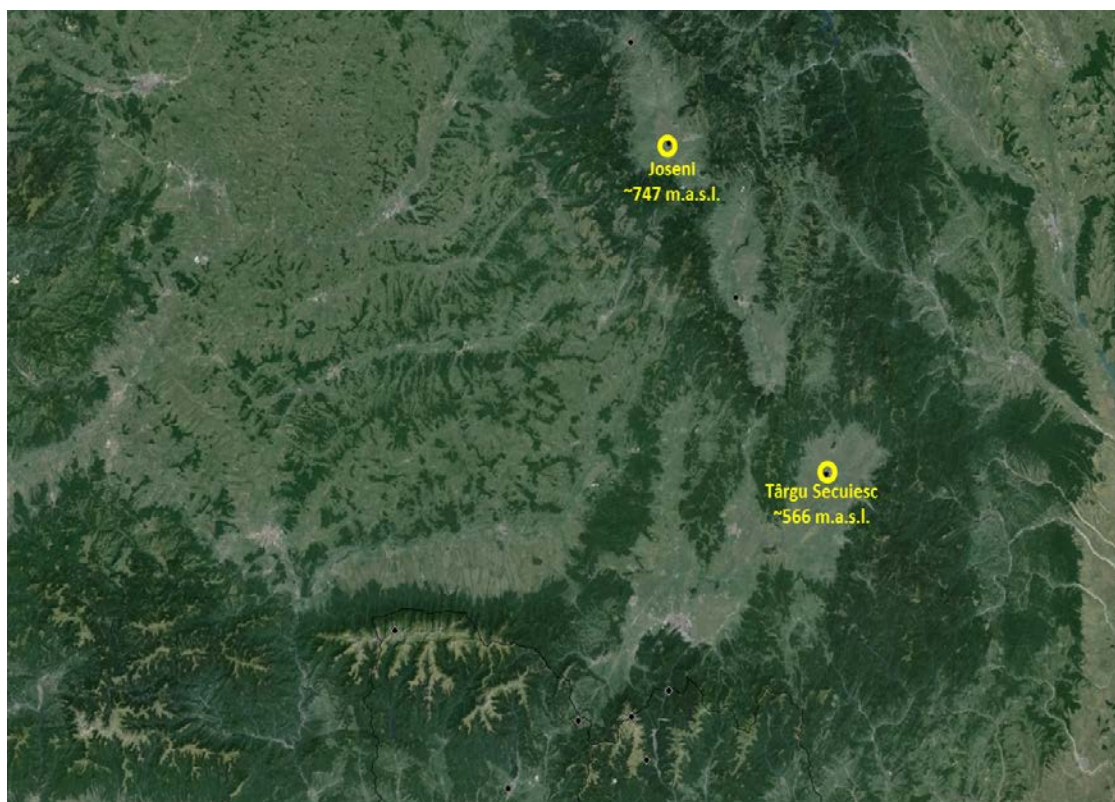


Figura 5.1: Zona de cal/val selectată pentru România care include stația meteorologică de la Târgu Secuiesc, special echipată pentru măsurători suplimentare ale caracteristicilor zăpezii.

Cele mai importante culturi agricole din zonele de cal/val Târgu Secuiesc și Joseni sunt cartoful, urmate de grâu, orz, porumb, sfeclă de zahăr și legume. Amplasarea zonelor de cal/val, care corespunde unui subset din imaginea Sentinel-3 SLSTR 1 × 1 km IFOVs (“pixels”), este prezentată în figurile 5.2 și 5.3, respectiv. Suprafața din interior de 3 × 3 pixeli (în verde) va fi folosită pentru

analiză, în timp ce suprafața de 5×5 pixeli (în albastru) reprezintă zona de incertitudine de poziționare care trebuie să aibă calități similare ca și suprafața din interior.

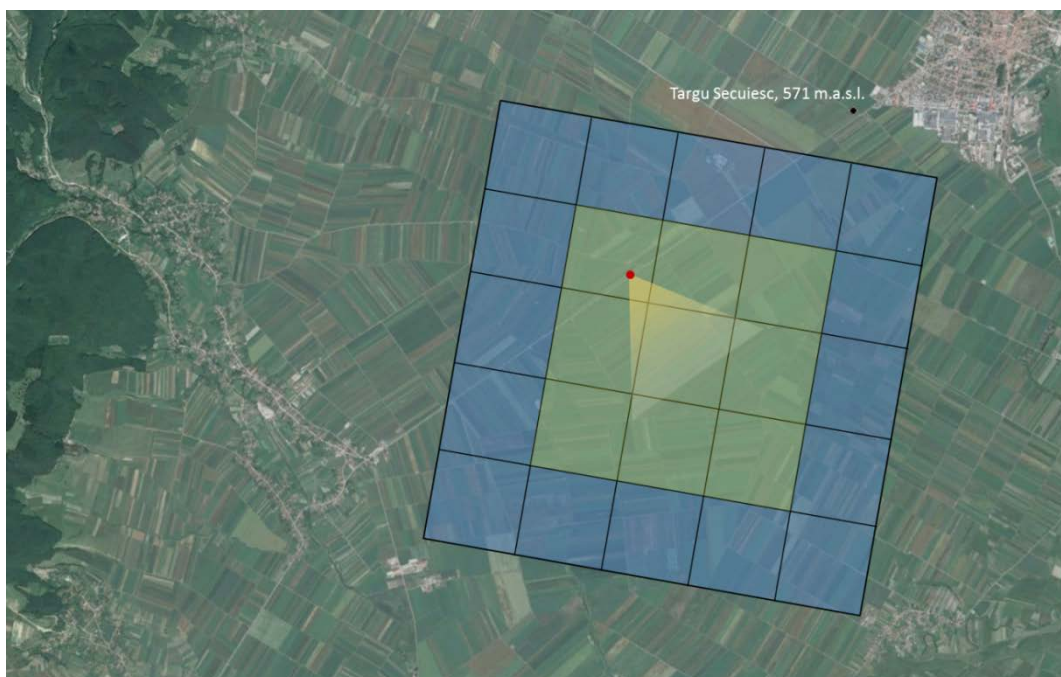


Figura 5.2: Localizarea stației meteorologice Târgu Secuiesc (punctul negru) și zona de cal/val reprezentată de imaginea satelitară. Pătratele sunt de 1 x 1 Km corespunzând pixelilor SLSTR. Punctul roșu și “sectorul iluminat” indică poziția și direcția ideală pentru supravegherea cu o cameră foto a acoperirii cu zăpadă.

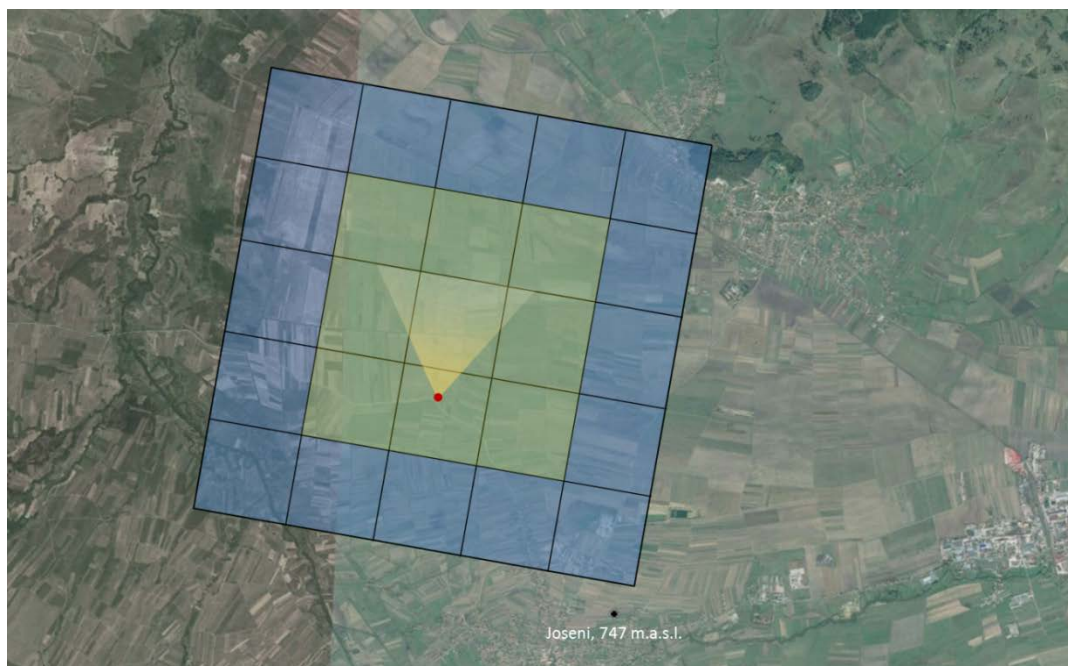


Figura 5.3: Localizarea stației meteorologice Joseni (punctul negru) și zona de cal/val reprezentată de imaginea satelitară. Pătratele sunt de 1 x 1 Km corespunzând pixelilor SLSTR. Punctul roșu și “sectorul iluminat” indică poziția și direcția ideală pentru supravegherea cu o cameră foto a acoperirii cu zăpadă.

Sistemele de măsură ale caracteristicilor zăpezii vor fi instalate în locația stațiilor meteo. Sistemele de măsură sunt alimentate de panouri solare și sunt dezvoltate de specialiștii din cadrul ANM și vor fi echipate cu senzori ultrasonici de măsură a grosimii stratului de zăpadă, temperaturii zăpezii, temperaturii solului și umidității zăpezii (tabelul 5.1). Măsurătorile vor fi orare. O cameră CCTV va

prelua imagini orare (în timpul zilei) ale zonei de cal/val pentru determinarea acoperirii terenului cu zăpadă. Datele vor fi transferate prin sistemul de telefonie mobilă.

Tabelul 5.1: Sistemele de măsură a zăpezii și achiziția datelor pentru zonele de cal/val

Nr	Parametrul	Sensor/ instrument	Montaj	Unitate de măsură
1	Grosimea zăpezii	2 senzori ultrasonici	La 2 m deasupra solului	cm
2	Profilul temperaturii zăpezii	5 termometre digitale	La +10,+20,+30,+40,+50 cm (Tg.Secuiesc) La +10, +19.5, +29, +38.5, + 48 (Joseni)	°C
3	Temperatura suprafeței zăpezii	1 termometru infraroșu	90° FOV, la 2m înălțime 30° FOV, la 2m înălțime	°C
4	Umiditatea zăpezii	2 sisteme de eșantionare a umidității zăpezii	La +15 și +25 cm (Tg.Secuiesc) La +15 și +24 cm (Joseni)	mc/mc ⁽¹⁾
5	Profilul temperaturii solului	6 termometre digitale	La -5, -10, -15, -20, -25cm	°C

Frecvența de achiziție a datelor: orară pentru toate instrumentele/senzorii; camera fixă va capta imagini odată pe zi în timpul pasajului satelitar.

Datele se transmit în serverul cu baza de date a proiectului SnowBall: zilnic, la ora 00:00 pentru ziua precedentă pentru datele măsurate la punctele 1-5 și cameră fixă și orar pentru datele achiziționate de camera CCTV.

5.2 Zonele de cal/val din Norvegia

Sistemele de cal/val vor fi folosite în site-urile Valdresflya și Jotunheimen din Norvegia. Acestea sunt situate în zona test Jotunheimen folosită pentru colectarea datelor de diagnoză. Descrierea generală a site-ului este prezentată în secțiunea 3.3.1. În continuare este prezentată o descriere mai detaliată a zonei cal/val Valdresflya și a instrumentației folosite.

Scopul principal este acela de a folosi site-ul Valdresflya (figura 5.4) pentru studiul performanțelor algoritmilor de evaluare a parametrilor zăpezii în condiții “controlate” fără influențe topografice și de corela scările spațiale ale măsurătorilor în situ cu datele satelitare. De asemenea regiunea situată la vest de Valdresflya este folosită pentru a studia efectele topografice, inclusiv influența altitudinii, pantelor și expunerii versanților. Stațiile meteo cu program continuu sunt folosite ca surse de date de referință pentru cele trei locații cât și pentru a stabili regimul temperaturilor aerului în zona test în timpul achizițiilor datelor satelitare.

Amplasamentul site-ului cal/val, care corespunde unui subset al imaginii Sentinel-3 SLSTR 1 x1 Km IFOV (“pixels”) este prezentat în figura 5.5. Suprafața din interior de 3 x 3 pixeli (în verde) va fi folosită pentru analiză, în timp ce suprafața de 5 x 5 pixeli (în albastru) reprezintă zona de incertitudine de poziționare care trebuie să aibe calități similare ca și suprafața din interior.

În regiune există 3 stații meteo cu program continuu; toate stațiile sunt operate de compania hidroelectrică Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB). Acestea sunt localizate în Vandrerhjemmet (în centrul zonei Valdresflya la 1389 m a.s.l.), în afara platoului montan în Bitihorn (1607 m a.s.l.) și în Bygdin (1060 m a.s.l.). Stațiile meteo măsoară numai temperatura aerului și vântul. Datele măsurate de GLB sunt furnizate NR.

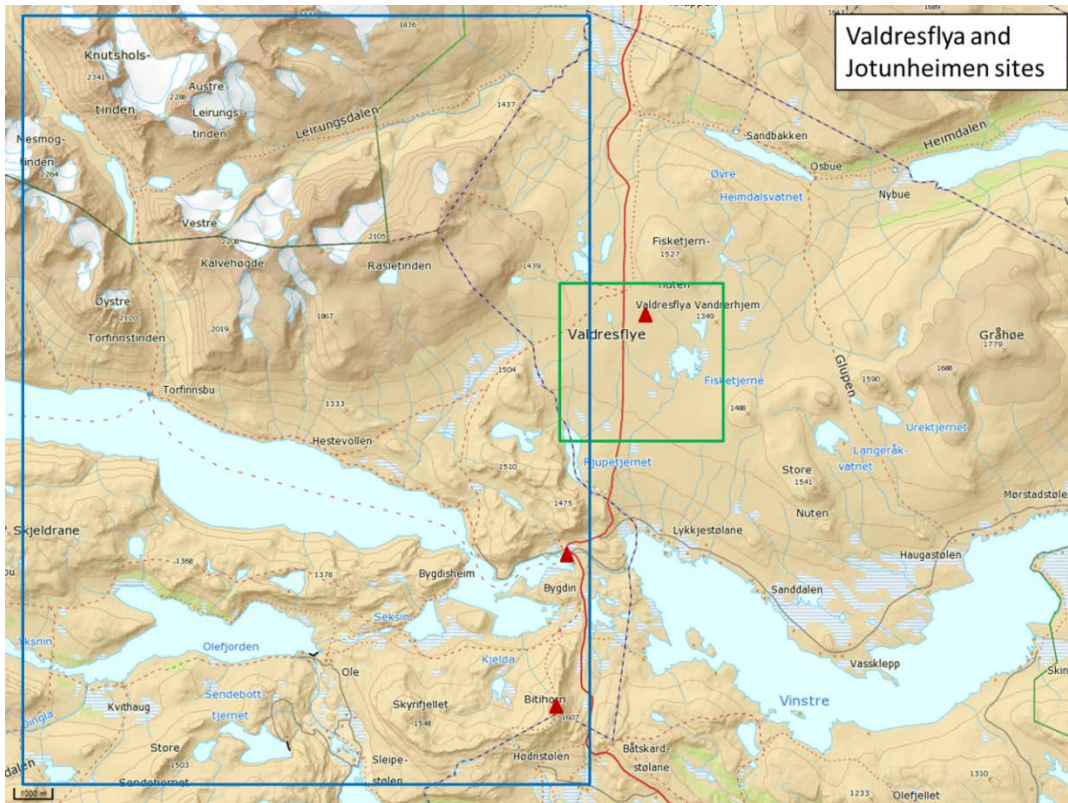


Figura 5.4: Zonele Valdresflya și Jotunheimen pentru colectarea datelor de diagnostică și cal/val un studiu aprofundat al performanțelor algoritmului. Locațiile stațiilor meteo sunt cu triunghiuri roșii. Pătratul verde reprezintă extinderea aproximativă a site-ului Valdresflya, iar cel albastru a site-ului Jotunheimen.

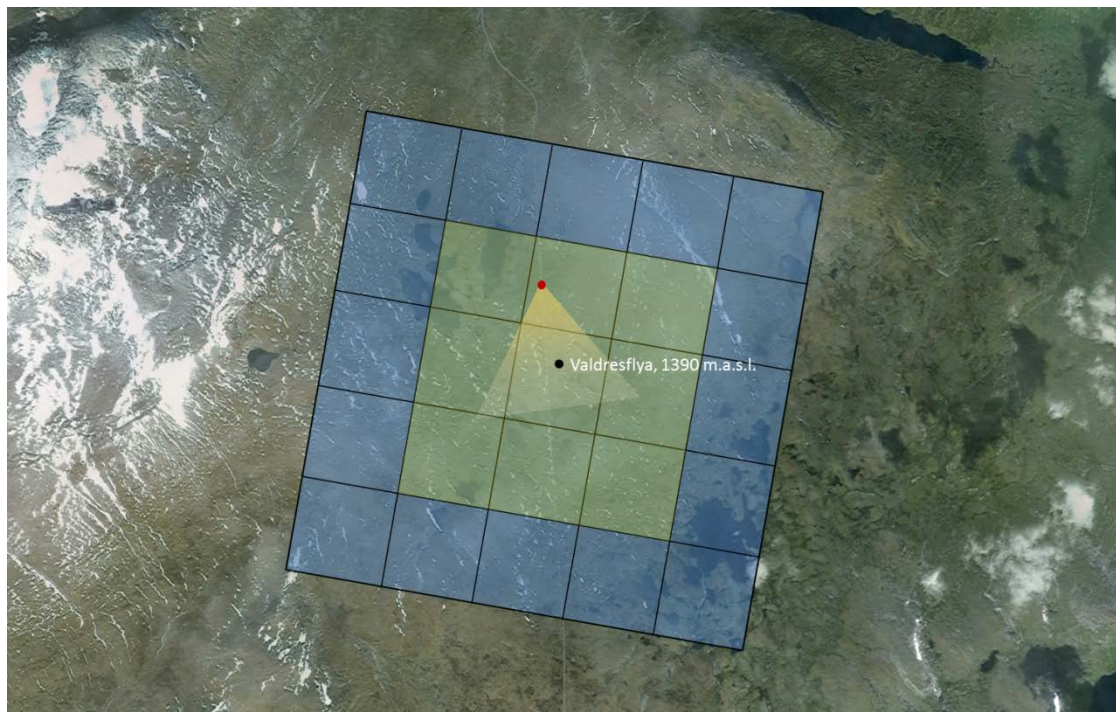


Figura 5.5: Localizarea stației meteorologice Valdresflya (punctul negru) și zona de cal/val reprezentată de imaginea satelitară. Pătratele sunt de 1 x 1 Km corespunzând pixelilor SLSTR. Punctul roșu și "sectorul iluminat" indică poziția și direcția ideală pentru supravegherea cu o cameră foto a acoperirii cu zăpadă.

NR mai operează o stație meteo mobilă pentru a suplimenta măsurătorile efectuate de stațiile fixe. Această stație este folosită în sezonul de topire a zăpezii pentru a suplimenta datele măsurate de

stațiile meteo permanente. Stația folosește HOBO Master Kit (M-TPA-KIT) și este alimentată cu un panou solar de 6 W (SOLAR-6W). Stația măsoară temperatura aerului, umiditatea aerului și radiația (tabelul 5.2). Kit-ul include un datalogger; datele sunt descărcate pe un laptop la intervale de timp stabilite

Tabelul 5.2: Stația meteo mobilă folosită la Valdresflya în timpul sezonului de topire.

Parametrul	Senzor/ instrument	Unitate de masura
Temperatura aerului, în zona superioară	1200093 HOBO S-THB-M002 Temperature/RH Smart Sensor	°C
Umiditatea relativă a aerului în zona superioară	1200093 HOBO S-THB-M002 Temperature/RH Smart Sensor	%
Temperatura aerului în zona inferioară	1200093 HOBO S-THB-M002 Temperature/RH Smart Sensor	°C
Umiditatea relativă a aerului în zona inferioară	1200093 HOBO S-THB-M002 Temperature/RH Smart Sensor	%
Vântul	1200191 HOBO Wind Direction and Speed	°, m/s
Vântul la rafală	1200055 HOBO Wind	m/s
Radiația solară ascendentă	1200058 HOBO Silicon Pyranometer 300 to 1100 nm	W/m ²
Radiația solară, descendentă	1200058 HOBO Silicon Pyranometer 300 to 1100 nm	W/m ²

NR operează și o stație mobilă de măsură a radiatelor spectrale, instrumentată cu un spectroradiometru Spectral Evolution UDS-1100SA ce măsoară simultan radiația ascendentă și descendentă (figura 5.5). Acesta este configurat pentru un meniu independent automat de colectare a scanărilor. Instrumentul folosește o matrice de 512 elemente fotodiodă pentru domeniul spectral 320 – 1100 nm. Sistemul este configurat cu o fereastră optică de 25°. Spectroradiometrul UDS-1100SA este alimentat cu o baterie solară de 12 V. Instrumentul include un datalogger. Datele sunt descărcate pe un laptop.



Figura 5.6: Stația meteo mobilă (în stânga) și stația mobilă de măsură a radiatelor spectrale (dreapta) în locația Valdresflya, în primăvara anului 2015.

6 Validarea produselor

În acest capitol se descrie validarea produselor, care se referă la validarea calității produselor în general pentru tot domeniul de valabilitate în tot cursul unui an. Deoarece umiditatea zăpezii nu poate fi măsurată în situ pentru tot domeniul unui produs (pentru toată țara, în cazul României), este nevoie să fie folosite date reprezentative pentru o înțelegere rezonabilă a performanțelor produselor în general. Înțelegerea cât mai precisă a performanțelor produselor este legată de activitatea de validare a algoritmilor de calcul. Măsurătorile suplimentare ale umidității zăpezii în site-uri „independente” sunt foarte utile și vor fi colectate – în particular în zonele test din România, dar aceste date vor fi totuși limitate, comparativ cu cele furnizate de rețeaua națională de stații meteorologice.

6.1 Abordarea

6.1.1 Validarea cu date măsurate la stațiile meteorologice

Rețeaua națională de stații meteo permite o evaluare destul de bună a calității generale a produselor, în special în zonele de câmpie și cu o topografie a terenului moderată. În zonele montane este necesar ca reprezentativitatea stațiilor meteo la o scară kilometrică să fie determinate pentru fiecare caz în parte.

Temperatura aerului oferă o indicație rezonabilă privind condiția zăpezii, uscată sau umedă. Dacă temperatura aerului este cu mult peste 0°C, atunci este foarte probabil ca zăpada să aibe un conținut ridicat de apă lichidă.

Produsele de umiditatea zăpezii pot furniza valori despre umiditate doar atunci când acoperirea cu zăpadă a terenului este apropiată de 100 % FSC. Parametri zăpezii mășurați manual sau cu stații automate sunt necesari pentru a determina dacă un produs redă precis caracteristicile de umiditate a zăpezi.

6.1.2 Validarea cu date măsurate în zone test

Zonele test vor fi echipate cu stații de măsură automate de diferite tipuri (vezi capitolul 3). Deoarece măsurătorile se fac de mai multe ori pe zi, rezoluția temporală permite comparări directe între datele corecte măsurate în situ și produsele satelitare. Această procedură este însă posibilă numai pentru suprafețe foarte limitate, în care stațiile sunt reprezentative, de regulă pentru o singură celulă de grid a produsului (1 km²).

Campaniile de măsurători în teren furnizează date importante pentru validarea produselor. Ținând cont că numărul campaniilor de teren este limitat, comparativ cu numărul de produse, și că distribuția spațială a măsurătorilor este deasemenea limitată, precizia fiecărei măsurători este ridicată.

6.2 România

6.1.1 Validarea cu date măsurate la stațiile meteorologice

În figura 6.1 este prezentată rețeaua stațiilor meteo din România care include 158 de stații. Temperatura aerului și vântul se măsoară automat și sunt furnizate date orare. Grosimea zăpezii (în cm) la stațiile meteo cu personal se măsoară zilnic la ora 06 UTC cu rigle fixe instalate în colțurile unui triunghi echilateral cu latura de 10 m (Clima României, 2008). Distribuția spațială a stratului de zăpadă este determinată prin observații vizuale. Densitatea zăpezii se măsoară pentadic utilizând densimetru de zăpadă la ora 06 UTC (dacă stratul de zăpadă are o grosime mai mare de 5 cm).

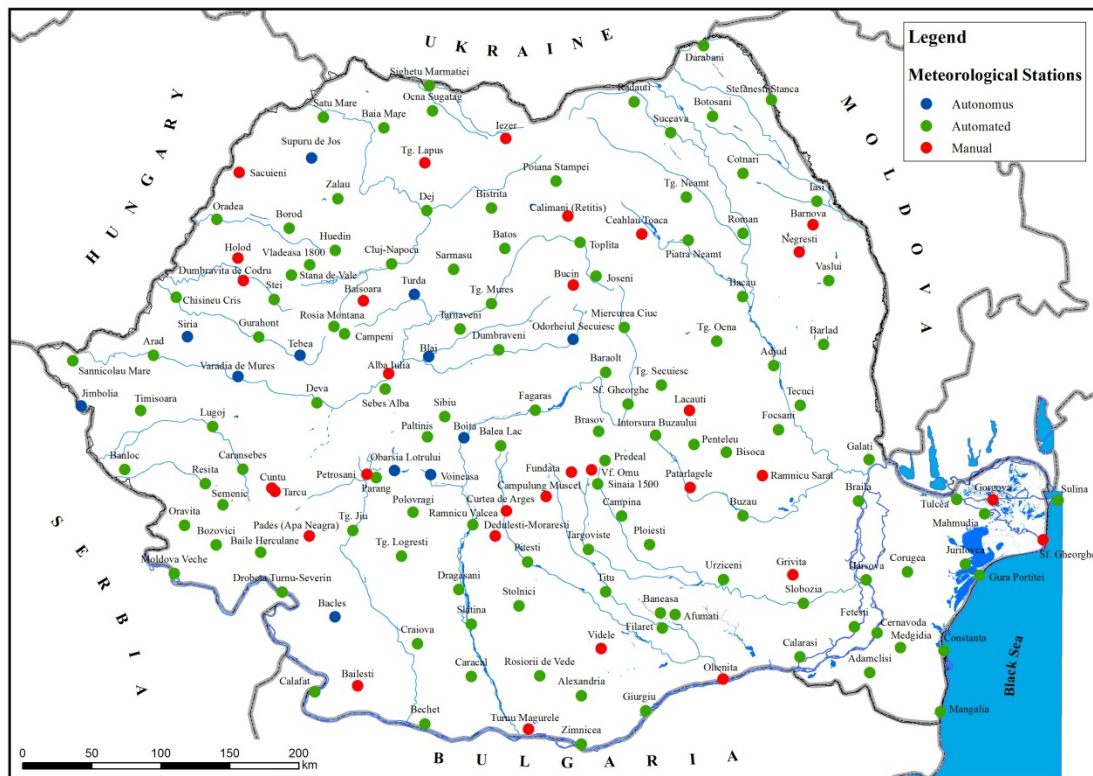


Figura 6.1: Rețeaua de stații meteorologice (inclusiv măsurătorile de zăpadă)

Stațiile meteo au o bună acoperire spațială a țării și a zonelor de altitudine de la 1 la 2505 m.a.s.l. (Bîrsan, 2014). În zonele montane (inclusiv depresiunile) există aproximativ 40 de stații meteo din care 24 sunt localizate la altitudini de peste 800 m.a.s.l. Rețeaua de stații permite o bună evaluare a calității produselor satelitare în zonele de câmpie.

6.2.1 Climatologia zăpezii

Teritoriul României este aproximativ egal distribuit între munți, dealuri și câmpii. Clima este una de tranziție de la temperat la continentală cu patru anotimpuri. Sezonabilitatea zăpezii este prezentată în hărțile de mai jos. Calculele se bazează pe datele înregistrate în perioada 1981 – 2010.

Apariția primei zăpezi (figura 6.2) este legată de instalarea regimului cu temperaturi scăzute (sub 4°C) toamna târziu și iarna devreme și depinde de latitudine, apropierea de Marea Neagră, dar mai ales de altitudine (Clima României, 2008). În general, în zonele montane, data apariției primei zăpezi apare în ultima zi a lunii octombrie. La latitudini de peste 2000 m, data medie de apariție a primei zăpezi se înregistrează la sfârșitul lui august.

Ultima zăpadă este legată de procesul de încălzire a aerului, odată cu instalarea primăverii. Distribuția spațială a ultimei zile cu zăpadă (figura 6.3) este relativ simetrică cu cea a primei zăpezi. Zona montană este limitată de izocrona de 11.IV.

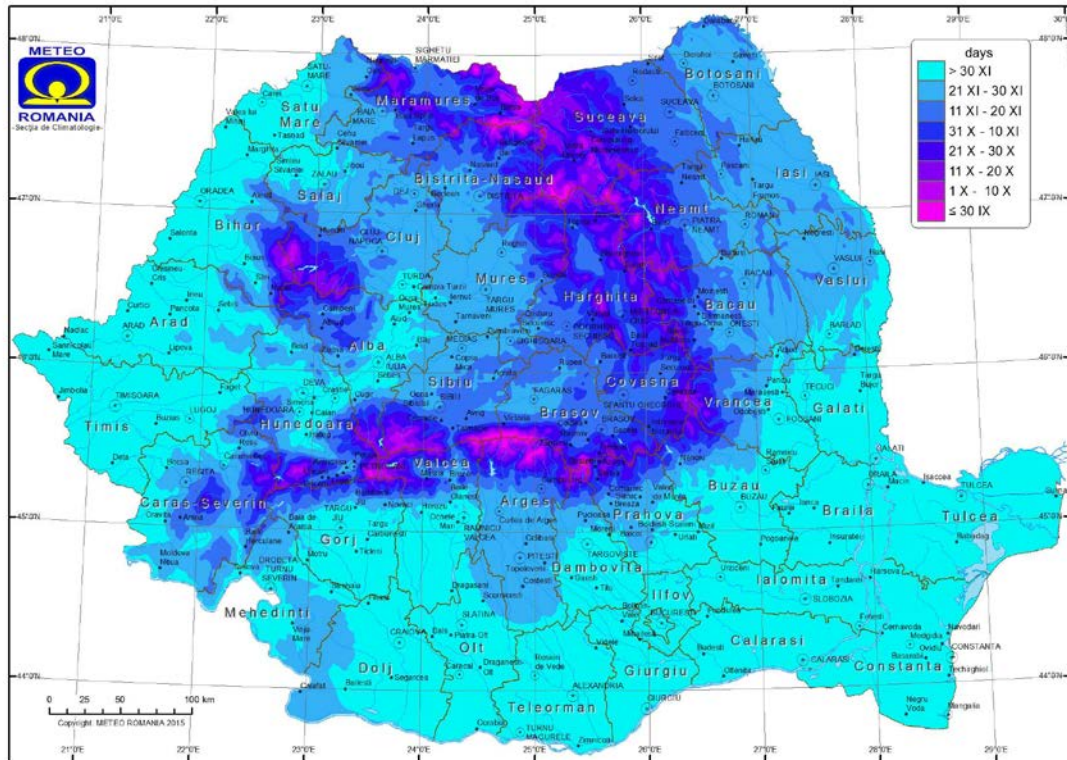


Figura 6.2: Distribuția mediei anuale a datei de apariție a primei zăpezi (1981 – 2010)

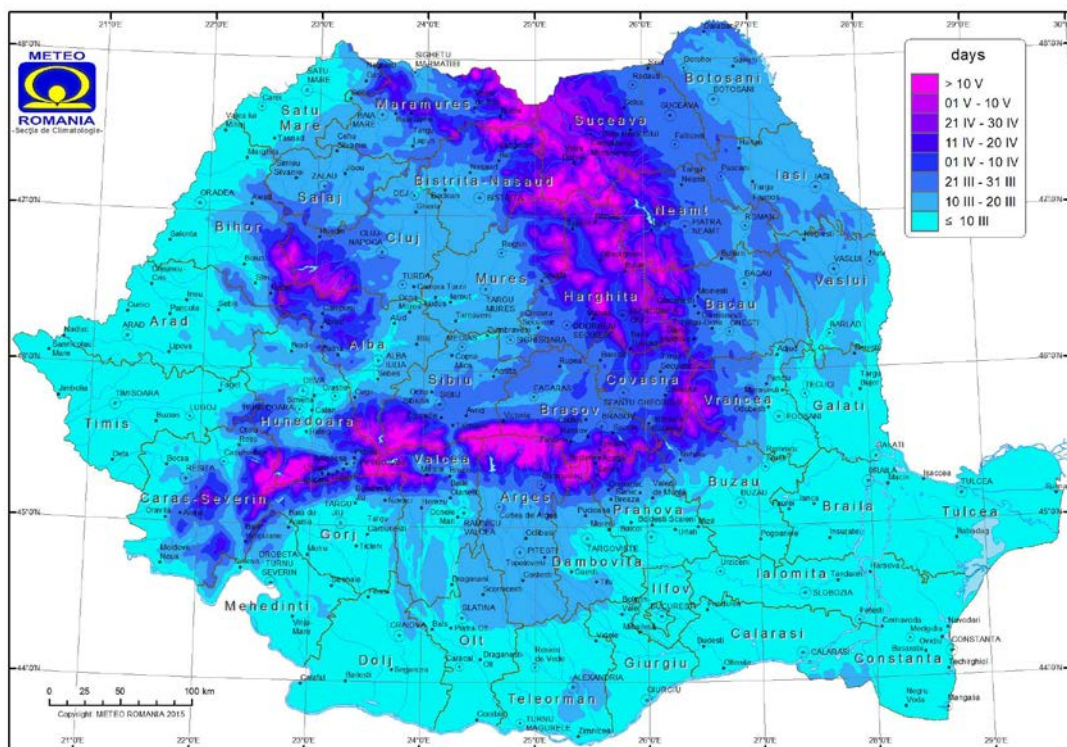


Figura 6.3: Distribuția mediei anuale a datei ultimei zăpezi (1981 – 2010)

Distribuția spațială a numărului mediu anual de zile cu ninsori (figura 6.4) este în principal determinată de altitudine și de panta versanților, de temperatura locală, dar și de circulația atmosferică la scară mare (Clima României, 2008).

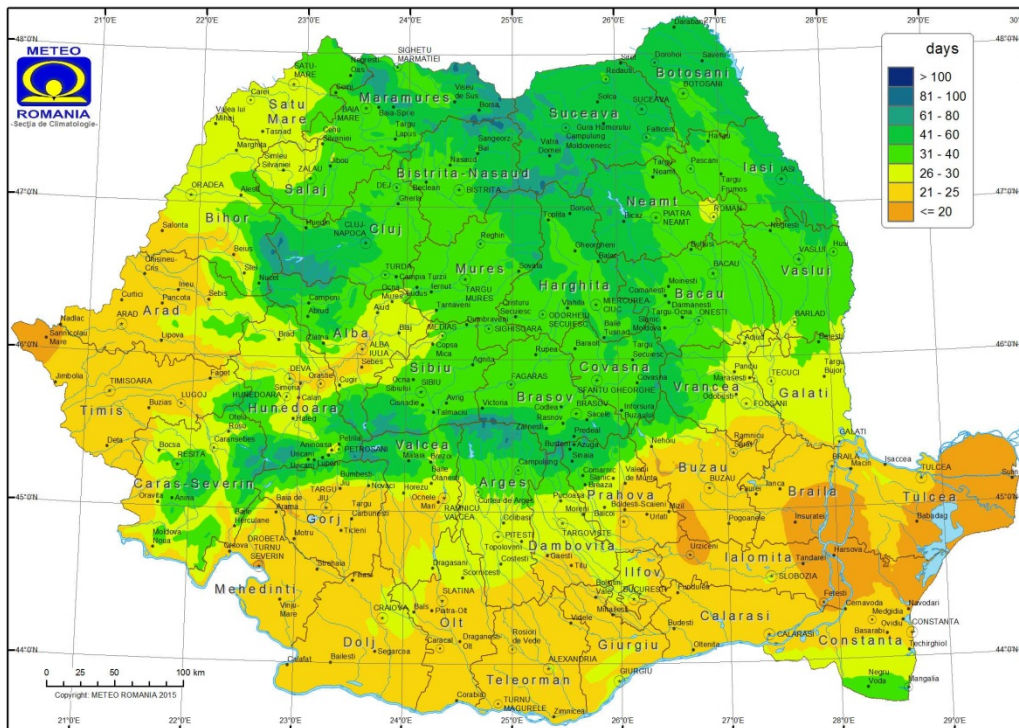


Figura 6.4: Distribuția numărului mediu anual de zile cu ninsori (1981 – 2010)

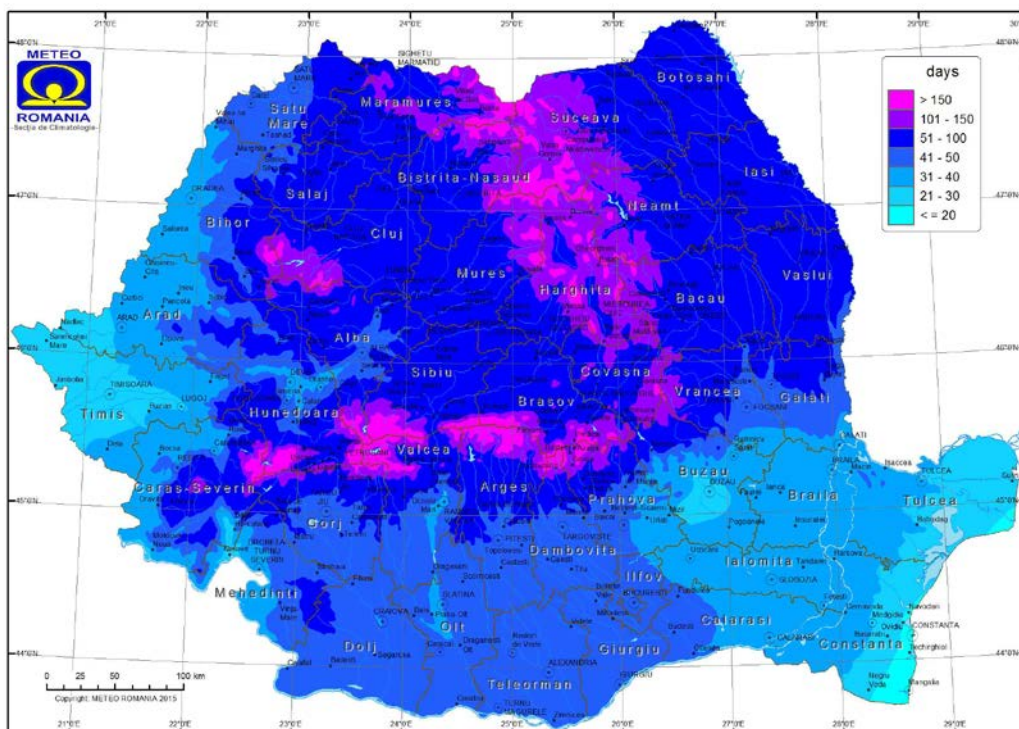


Figura 6.5: Distribuția numărului mediu anual de zile cu strat de zăpadă (1981 – 2010)

Figura 6.5 ilustrează numărul mediu anual de zile cu strat de zăpadă pentru perioada 1981 – 2010. Distribuția spațială a acestui parametru este configurată de altitudine, prezența Mării Negre, dar și a

föhnului. Cele mai mari valori se întâlnesc în zonele montane, iar cele mai mici în apropierea zonelor litorale. Se observă valori relative scăzute în zone cum ar fi cele din regiunea Carpaților de Curbură, unde efectele föhnului sunt mai importante.

Figura 6.6 prezintă media grosimii stratului de zăpadă pentru perioada 1981 – 2010. Variația spațială și temporală a acestui parametru depinde de valorile radiației solare, de poziția geografică față de arcul carpatic, față de Marea Neagră precum și de factorii ce determină circulația atmosferică la scara Europei (Clima României, 2008).

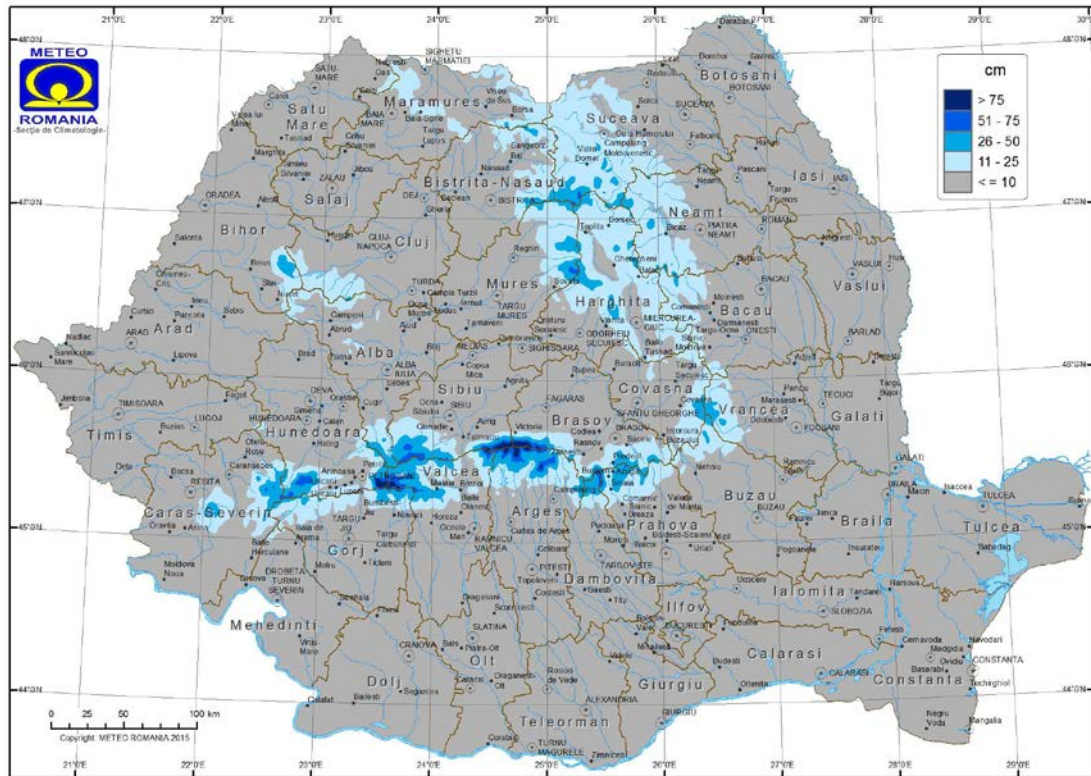


Figura 6.6: Distribuția grosimii medii a stratului de zăpadă (1981 – 2010)

6.3 Norvegia

6.3.1 Validarea cu date măsurate la stațiile meteorologice

Rețeaua de stații meteo din Norvegia este prezentată în figură 6.7. Rețeaua include 750 de stații. Dintre acestea aproape 200 aparțin și sunt operate de Institutul de Meteorologie Norvegian (Met Norvegia). Dintre acestea aproximativ jumătate sunt automate- autonome, un sfert sunt manuale și restul sunt automate dar cu un observator. Temperatura aerului este măsurată cel puțin cu frecvență orară, în timp ce grosimea stratului de zăpadă este măsurată zilnic la stațiile manuale.

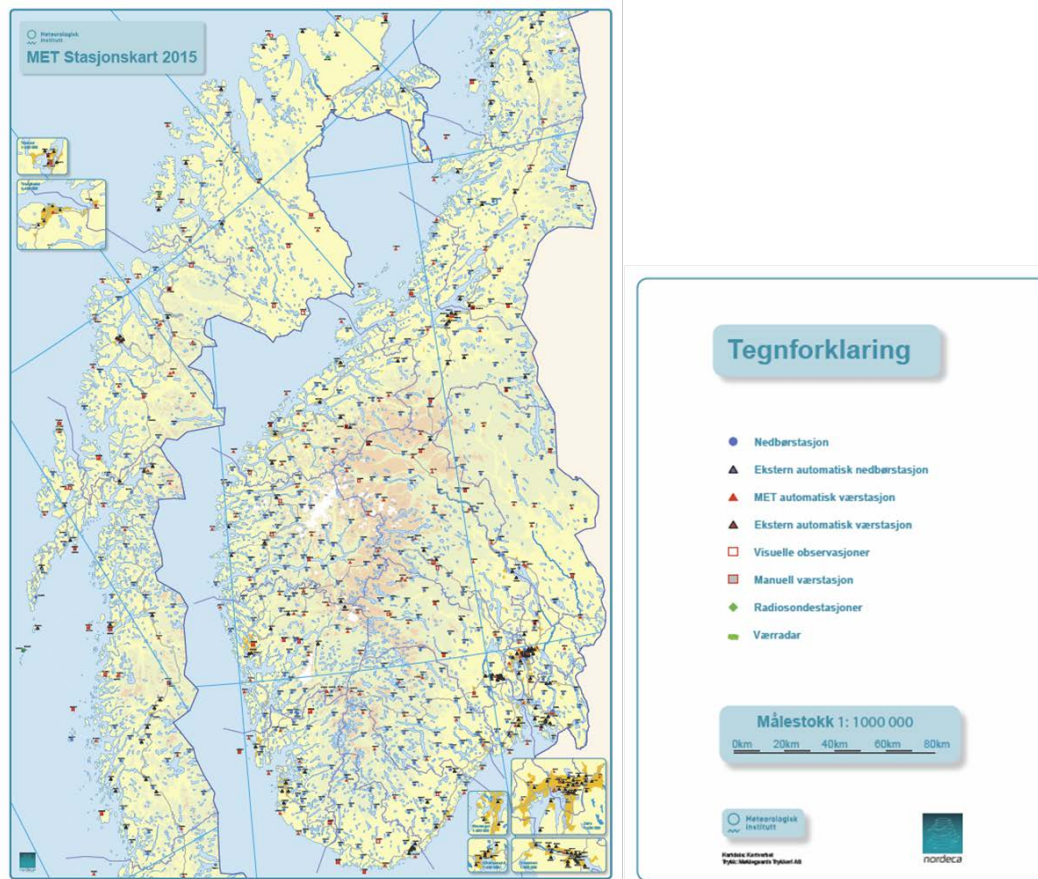


Figura 6.7: Stațiile meteo din Norvegia care sunt operate de Met Norvegia și de alte organizații (marcate cu triunghiuri negre). (Met Norway, 2015).

6.3.2 Climatologia zăpezii

Clima Norvegiei prezintă variații însemnate. De la punctul sau cel mai sudic, Lindesnes, până la cel mai nordic, North Cape, este o diferență de 13 grade de latitudine, sau cam aceeași distanță ca cea de la Lindesnes până la Marea Mediterană. Norvegia prezintă mari variații și în ceea ce privește energia solară incidentă din timpul anului. Cele mai mari diferențe se întâlnesc în nordul Norvegiei, cu soare la miezul nopții în lunile de vară și fără soare în timpul lunilor de iarnă. Topografia accidentată a Norvegiei reprezintă una din principalele cauze pentru diferențele locale importante, pe distanțe scurte.

Atunci când distribuția temperaturilor ajunge cea normală în sezonul de iarnă, două caracteristici sunt evidente: în primul rând temperatura medie în lunile de iarnă este peste pragul de îngheț peste toată regiunea de coastă a Atlanticului; în al doilea rând, în zonele mai joase din interior, atât în partea de nord cât și în cea de sud a Norvegiei, se înregistrează temperaturi medii foarte scăzute iarnă. Platoul Finnmark este zona cea mai rece cu temperaturi medii lunare în jur de -15°C . Cu creșterea energiei solare în timpul primăverii, stratul de zăpadă se topește și zonele de uscat se încălzesc mai repede decât marea. Primăvara timpuriu o regiune din apropierea coastei de vest a

Norvegiei are cele mai ridicate temperaturi medii, dar în luna mai, cele mai ridicate temperaturi se întâlnesc în partea de sud-est. Vara cele mai calde zone sunt în partea de sud-est și în cele costiere din sud. Toamna uscatul pierde mai multă căldură decât apa mării și zonele costiere pot avea cele mai ridicate temperaturi.

Figurile de mai jos prezintă climatologia zăpezii bazată pe datele din perioada 1971 – 2000. Figura 6.8 a arată valorile maxime medii ale SWE. Volumul de zăpadă este cel mai mare la altitudinile cele mai înalte, în special pentru zonele glaciare. Regiunile costiere prezintă cantități cu mult mai reduse. O situație asemănătoare se observă în figura 6.8 b, în care se mai observă un gradient cu latitudinea și că zonele costiere din sud-vest sunt practic fără zăpadă.

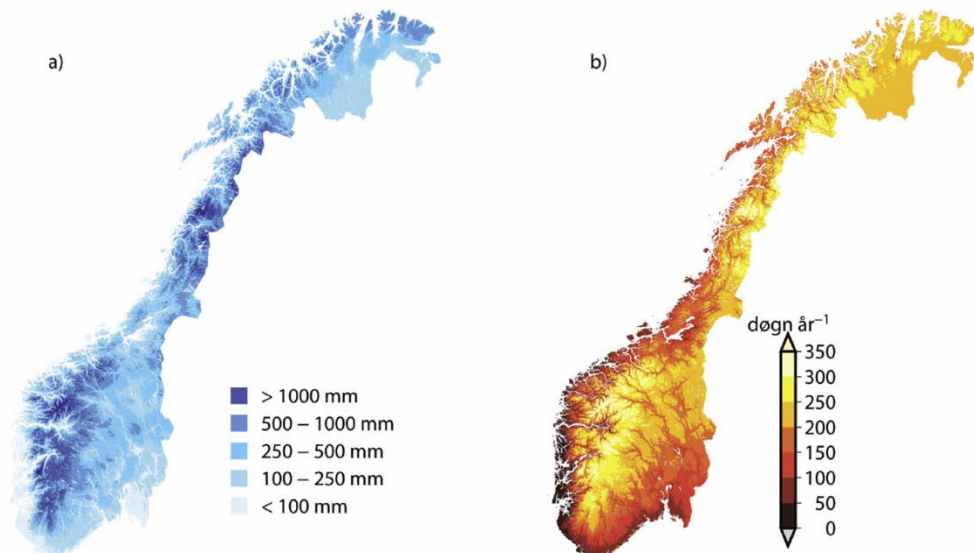


Figura 5.8: Distribuția valorilor maxime medii ale SWE și numărul de zile cu strat de zăpadă (1971 – 2000). ((I. Hanssen-Bauer, 2015)

Figură 6.9 arată distribuția numărului mediu de zile cu zăpadă uscată. Se observă că în regiunile din interiorul teritoriului, care sunt și cele mai puțin afectate de clima costieră, sunt și cele unde predomina zăpada uscată. Zonele glaciare nu fac parte din această categorie. Cele mai întinse regiuni cu perioade lungi de zăpadă uscată se găsesc în zonele centrale din sud-est (Østlandet) și din nord (Finnmark).

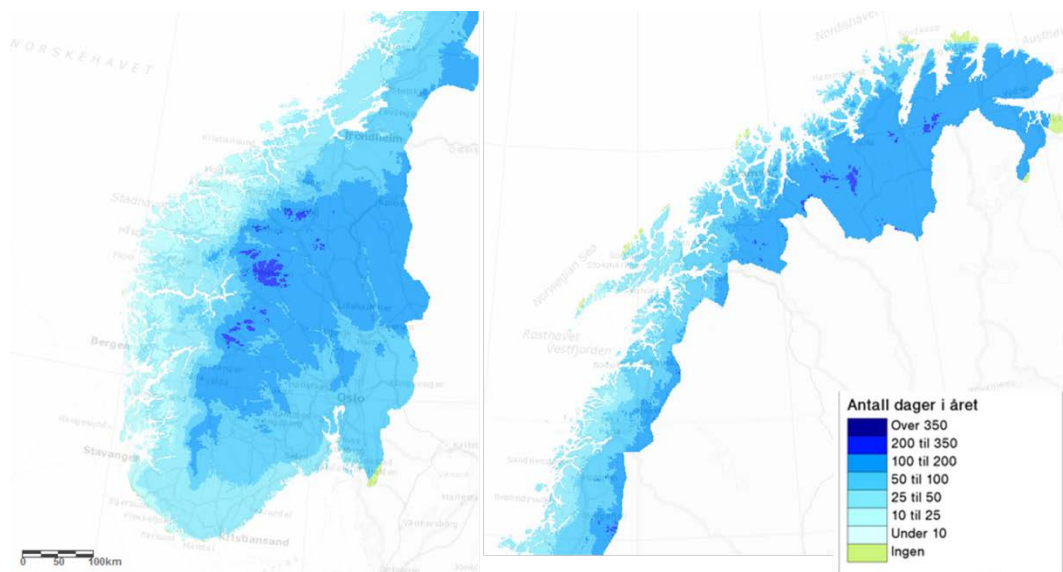


Figura 6.9: Distribuția numărului mediu de zile cu zăpada uscată (1971 – 2000) (NVE).

7 Concluzii

Scopul principal al proiectului este de a dezvolta un nou serviciu care să ofere autorităților naționale, informații consistente în timp cvasi real, pentru supravegherea caracteristicilor spatio-temporale stratului de zăpadă și a hazardelor asociate (inundații provocate de topirea bruscă a zăpezii și avalanșe), în condițiile climatului prezent și viitor, pe baza datelor de observare măsurate in situ și a celor furnizate de sateliți.

Snowball va furniza și va demonstra metode care să conducă la elaborarea de produse geospațiale privind acoperirea sezonieră cu zăpadă (extinderea stratului de zăpadă, situația zăpezii în topire, echivalentul în apa din zăpada) obținute din date satelitare, comunității științifice din România, decidenților politici, utilizatorilor de informații privind stratul de zăpadă și publicului larg.

În vederea îndeplinirii obiectivului principal, proiectul include dezvoltarea de algoritmi pentru evaluarea umidității zăpezii și implementarea unui prototip pentru sistemul de monitorizare a zăpezii bazat pe combinarea datelor de la sateliții Sentinel-1/-3, cu datele măsurate la stațiile meteo și cu cele obținute din modelarea hidrologică. Algoritmul pentru obținerea produsului de umiditate a zăpezii se bazează pe datele satelitare furnizate de senzorii Sentinel-3 OLCI și SLSTR.

Acest raport prezintă planurile elaborate pentru realizarea activităților de calibrare și validare a produsului de umiditate a zăpezii. Lucrarea a fost împărțită în trei task-uri : 1) Calibrarea și validarea algoritmului (cal/val) ; 2) Analiza datelor de diagnoză și 3) Validarea produselor la scară mare.

Scopul analizei de diagnoză este acela de a obține o înțelegere a condițiilor geofizice în care transmite semnalul măsurat de senzorii satelitari pentru determinarea performanțelor algoritmului și a limitărilor acestuia. Alegerea unui algoritm se bazează pe înțelegerea corectă a modului în care comportă un algoritm în diferite condiții. Următorul pas îl reprezintă validarea și calibrarea algoritmului, iar etapa finală, validarea produsului. Scopul acestui studiu este acela de a determina calitatea produsului în general, pentru tot domeniul spațial și temporal al produsului.

Cei trei pași descriși mai sus nu sunt prezentați într-o secvență strictă. De exemplu calibrarea și validarea ar trebui să fie urmate de studiile privind diagnoza pentru a determina limitările algoritmului și pentru a obține o înțelegere mai cuprinzătoare a proceselor fizice care afectează algoritmul.

Acest raport furnizează o descriere generală a activității de validare a produselor satelitare, cu prezentarea seturilor de date și a abordărilor dezvoltate. Cu toate acestea trebuie menționat că validarea nu este o știință exactă și că dezvoltările se perfectionează odată cu aplicațiile operative. Din acest punct de vedere raportul este un «document viabil» care poate fi upgradat în cursul proiectului, în funcție de abordări mai rafinate și de metodologia finală selectată.

8.2 Modelul NMA pentru măsurătorile in-situ ale parametrilor suprafeței zăpezii

Observator: Data:..... Ora: 06.00 UTC												
Grup	Observație	Valoare										
iii	Indicativul Stației										
H	Înălțimea bazei norului deasupra stației (h)										
VV	Vizibilitatea (VV)										
N	Acoperirea noroasă totală										
Dd	vânt -direcție (dd)										
ff	- viteză (ff) (m/s)										
± TTT	Temperatura aerului (0°C)										
ww	Stare atmosferică în prezent (ww)										
W ₁	Stare atmosferică în trecut (W ₁)										
W ₂	Stare atmosferică în trecut (W ₂)										
N _n	Nori joși										
C _L	Tipul de nori joși										
C _M	Tipul de nori medii										
C _H	Tipul de nori înalți										
± T _x T _x T _x	Temperatura maximă a aerului în ultimele 24 de ore ($^{\circ}\text{C}$)										
± T _n T _n T _n	Temperatura minimă a aerului în ultimele 24 de ore ($^{\circ}\text{C}$)										
sss	Grosimea stratului de zăpadă (cm)										
RRRR	Precipitații în ultimele 24 de ore (mm)										
s's'	Înălțimea stratului de zăpadă proaspătă în ultimele 24 de ore (cm)										
-T _s T _s T _s	Temperatura zăpezii mai jos de suprafață ($^{\circ}\text{C}$)										
E _n	Tipul zăpezii la suprafață (E _n)										
P _s P _s	Adâncimea de penetrare a sondei (P _s) (cm)										
N _v	Nori în vale (N _v)										
C _n	Alunecări de zapada (C _n)										
L ₁	Avalanșe observate: -număr de avalanșe observate (L1)										
L ₂	-tipul avalanșei (L2)										
L ₃	-altitudinea de declanșare (L3)										
L ₄	-panta de expunere a avalanșei (L4)										
L ₅	-estimarea riscului local de avalanșă (L5)										
2 dd	Vântul la altitudine: -Direcție (dd)										
ff	-viteză (ff) (m/s)										
sss s's'	Zăpada la altitudine: -grosimea stratului de zăpadă (sss) -grosimea stratului de zăpadă proaspătă (s's')										
3 UU	Umiditatea relativă a aerului (UU) - în %										
T _L T _L	Conținutul de apă din zăpadă (T _L T _L - în %) (if T _s T _s T _s ≈ 0 $^{\circ}\text{C}$)										
4	Tipul de cristale de zăpadă la suprafață (F ₁ , F ₂)										
F ₁ (tipul dominant de cristale)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>1: + zăpadă proaspătă</td> <td>6: o zăpadă topită</td> </tr> <tr> <td>2: λ zăpadă descompusă</td> <td>7: — crustă de gheață</td> </tr> <tr> <td>3: ● zăpadă circulară</td> <td>8: V brumă la suprafață</td> </tr> <tr> <td>4: □ zăpadă fațetată</td> <td>9: * măzărice</td> </tr> <tr> <td>5: ^ grosimea stratului de brumă</td> <td></td> </tr> </table>	1: + zăpadă proaspătă	6: o zăpadă topită	2: λ zăpadă descompusă	7: — crustă de gheață	3: ● zăpadă circulară	8: V brumă la suprafață	4: □ zăpadă fațetată	9: * măzărice	5: ^ grosimea stratului de brumă	
1: + zăpadă proaspătă	6: o zăpadă topită											
2: λ zăpadă descompusă	7: — crustă de gheață											
3: ● zăpadă circulară	8: V brumă la suprafață											
4: □ zăpadă fațetată	9: * măzărice											
5: ^ grosimea stratului de brumă												
F ₂ (tipul următor de cristale)											
D _m D _m	Diametrul mediu al cristalelor dominante de zăpadă la suprafață (mm)										
5 i	Indicatorul omogenității suprafeței stratului de zăpadă i = (0-1-2)										
M _v M _v M _v	Masa volumetrică M _v M _v M _v (kg/m ³)										

8.3 Modelul NMA pentru măsurătorile in-situ ale grosimii stratului de zăpadă

Stație (sau localizare):			PROFIL STRATIGRAFIC Nr:									
Data:			Expunere:									
Ora (locală):			Înclinarea pantei (grades):									
Observator:			Vremea:									
Locație:			Temperatura aerului (la 2 m):									
Altitudine:												
Temperatura zăpezii		H	F1 F2	Dm	d	U	MV	TEL	CISA		(h)	H – înălțimea stratului de zăpadă (cm)
H (cm)	°C	cm	simbol	mm			kg/m ³	%	∅	C	cm	Pentru temperatură: H indică nivelul unde a fost făcută măsurătoarea. Pentru stratigrafie: H indică nivelele între care au fost examinate cristalele de gheață.
												F1 F2 - forma cristalelor 1. + zăpadă proaspătă 2. λ zăpadă descompusă 3. ● zăpadă circulară 4. □ zăpadă fațetată 5. ^ grosimea stratului de brumă 6. o zăpadă topită 7. – crustă de gheață 8. v brumă la suprafață 9. * mazărice
												Dm - Diametrul mediu al cristalelor dominante de zăpadă la suprafață (o zecime de mm. ex.: 0.5/1.0)
												d – duritatea zăpezii 1. pumn: foarte moale 2. 4 degete: moale 3. 1 deget: dură 4. stilou: foarte dura 5. lama de cuțit: compactă
												U – umezeala zăpezii 1. uscată ($T \leq -1^{\circ}\text{C}$, sau nu se pot face bulgări de zăpadă) $T \geq -1^{\circ}\text{C}$; se pot face ușor bulgări de zăpadă: 2. ușor umedă (mănușile rămân uscate) 3. umedă (mănușile sunt ude) 4. udă (curge apă atunci când se strânge pumnul) 5. foarte udă (amestec de apă și zăpada)
												MV - masa volumetrică (kg/m³) MV = greutatea netă x 2 (greutatea în grame) (măsurată cu un cilindru de 500 cm ³)

9 Anexa B: Senzorul 5TM

ACURATEȚE	<p>Permitivitatea Dielectrica Aparenta (ϵ_a): $\pm 1 \epsilon_a$ între 1 - 40 (tipul de sol); $\pm 15\%$ între 40 - 80</p> <p>Conținutul Volumetric de Apă al Solului (VWC): Folosind ecuația lui Topp: $\pm 0.03 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ($\pm 3\%$ VWC) pentru solurile minerale care au conductivitatea electrică $< 10 \text{ ds/m}$; folosind calibrarea medie specifică, $\pm 0.02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ($\pm 2\%$ VWC) în medii poroase</p> <p>Temperatură: $\pm 1^\circ\text{C}$</p>
REZOLUȚIE	<p>ϵ_a: $0.1 \epsilon_a$ între 1-20, $< 0.75 \epsilon_a$ între 20-80</p> <p>VWC: $0.0008 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (0.08% VWC) de la 0 la 50% VWC</p> <p>Temperatura: 0.1°C</p>
DOMENIU	<p>ϵ_a: 1 (aer) la 80 (apa)</p> <p>Temperatura: $-40 - 60^\circ\text{C}^*$</p> <p>* Senzorii pot fi utilizați la temperaturi mai înalte în anumite condiții. Contactați Decagon pentru detalii.</p>
DIMENSIUNI	10 cm x 3.2 cm x 0.7cm
LUNGIMEA CABLULUI	Senzorii sunt livrați în mod standard cu un cablu de 5 m. Sunt disponibile și cabluri de alte dimensiuni. Lungimea maximă a cablului este de 75 m. Contactați Decagon pentru alte dimensiuni de cablu.
TIMPUL DE MĂSURARE	150 ms (milisecunde)
PUTERE	3.6 - 15 VDC, 0.3 mA mod static, 10 mA pe durata măsurătorii de 150 ms
OUTPUT	RS232 sau SDI-12
TIPURI DE CONECTORI	3.5mm priza "stereo" (3)

6. CONCLUZII

Prezentul raport prezintă rezultatele obținute în cursul anului 2015 pentru implementarea obiectivelor proiectului SnowBall, conform cu planul de lucru, defalcat pe pachete de lucru, activități și livrabilele aferente.

WP1 Management

Activitatea 1.1. Managementul Proiectului

Comitetul de Conducere al Proiectului (PSC), compus din responsabili din instituțiile partenere și condus de managerul de proiect a continuat să asigure în cursul anului 2015 un management concret și eficient al proiectului, care a cuprins probleme științifice, administrative, financiare și de comunicării cu autoritatea contractantă.

Întâlnire anuală a Proiectului 19 SEE/30.06.2014 SnowBall a avut loc la Universitatea de Vest din Timișoara, în perioada 26-28 octombrie 2015. În cadrul întâlnirii a avut loc și ședința Comitetului de Conducere a Proiectului (Steering Committee) care a analizat stadiul de implementare al proiectului în concordanță cu planul de activități și au fost discutate problemele care pot afecta îndeplinirea obiectivelor proiectului. A fost verificat și actualizat Planul de Management al proiectului și au fost discutate ultimele instrucțiuni primite de la autoritatea contractantă, privind verificarea cheltuielilor suportate la nivel de proiect și realizarea indicatorilor din cadrul Raportului Științific și Tehnic anual 2015.

WP2 Măsurarea in-situ a parametrilor stratului de zăpadă

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

Pentru măsurarea parametrilor stratului de zăpadă s-a continuat proiectarea, realizarea, testarea și instalarea unor dispozitive și echipamente automate care să permită măsurarea continuă în perimetrul stațiilor meteorologice existente, respectiv măsurarea continuă pe sezonul de iarnă în diferite zone de interes.

Astfel au fost proiectate și implementate noi instrumente și echipamente moderne de măsurare a înălțimii și temperaturii suprafeței stratului de zăpadă și a profilului de temperatură în sol, precum și a umidității volumetrică a zăpezii (conținutul de apă lichidă în stratul de zăpadă).

Pentru realizarea sistemelor portabile s-a decis utilizarea unor platforme de dezvoltare "open source" bazate microcontroller-e pe 8 sau 32 biți.

A fost finalizat livrabilul D2.2. „Prototipul testat în laborator pentru măsurarea profilului temperaturii zăpezii – versiunea 2”.

Activitatea 2.2. Observarea și măsurarea parametrilor stratului de zăpadă

Monitorizarea și evaluarea parametrilor stratului de zăpadă din date satelitare necesită calibrarea/validarea cu măsurători in-situ ale proprietăților spectrale din vizibil și IR ale stratului de zăpadă, obținute în timpul campaniilor de măsurători. În acest scop, au fost efectuate măsurători atât de către ANM cât și de către NR, cu spectrometrele portabile DSR (StellarNet) și respectiv cu FieldSpec Pro FR (ASD Inc.).

Au fost finalizate livrabilele: D2.3. „Seturile de date de grosimea zăpezii (SD), echivalentul în apă din zăpadă (SWE) (furnizate de stațiile automate)” și D2.5 „Seturi de date ale reflectanței spectrale a zăpezii – versiunea 1”.

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

Au fost inventariate datele necesare, au fost proiectate modelele de date adecvate și stabilite procedurile clare de integrarea a acestora în baza de date GIS. Baza de date geospațială cuprinde

date clasice (hărți, imagini satelitare, măsurători) sau alte tipuri de date (fotografii, grafice, date statistice, documente descriptive).

Următoarele surse au fost folosite la construcția bazei de date: baze de date create de instituții ale statului; baze de date disponibile gratuit pe Internet; date produse în cadrul unor proiecte naționale la care există acces liber la date și date produse de membrii consorțiului SnowBall prin vectorizarea hărților topografice, ortofotoplanurilor, imaginilor satelitare sau prin măsurători cu receptoare GPS.

Datele vectoriale existente au fost obținute în diferite formate de fișier (ESRI Shapefile, ESRI Geodatabase, CAD), cu domenii spațiale variabile. Au fost efectuate o serie de operații pentru omogenizarea atributelor, corectarea geometrică și topologică, derivarea de straturi noi sau combinarea anumitor informații în cadrul aceluiași strat, definirea de relații între straturi și tabele, centralizarea datelor într-o bază de date. 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, Opțiuni de publicare (metoda de interpolare, formatul, stilul aplicat în mod implicit, identificatorii stratului).

Au fost implementate serviciile de rețea conforme directivei INSPIRE: servicii de vizualizare, descărcare și prelucrare a datelor.

Au fost finalizate livrabilele: D2.9. „Seturi de date ale parametrilor stratului de zăpadă – versiunea 1”, D2.11. „Prototipul bazei spațiale de date cu parametrii aferenți zăpezii”, D2.12. „Baza de date spațială pentru zona test, în mediul SIG” și D2.13. „Seturi de date meteorologice și hidrologice in-situ și istorice – versiunea 1”.

Activitatea 2.4. Elaborarea de produse folosind baza de date spațiale

În cadrul acestei activități s-au realizat seturi de date gridate zilnice, la o rezoluție spațială de 1000 m x 1000 m, pentru perioada 01 octombrie 2005-30 aprilie 2015, pentru următorii parametri: temperatura aerului (minimă, medie și maximă); precipitațiile atmosferice; grosimea stratului de zăpadă (SD) și echivalentul în apă al stratului de zăpadă (SWE). Hărțile obținute în cadrul acestei etape oferă o imagine de ansamblu a variabilelor analizate, dar a căror precizie este direct influențată de scara la care au fost realizate, de erorile de estimare spațială specifice metodelor geostatistice și de densitatea punctelor cu măsurători. Pentru anumite zone, cu condiții climatice deosebite și nu se efectuează măsurători meteorologice, se recomandă realizarea unor studii detaliate privind variabilitatea spatio-temporală a parametrilor de interes, care să pună accent pe caracterul local de manifestare în timp și spațiu a fenomenelor meteorologice.

A fost finalizat livrabilul D2.15. „Cartografierea produselor derivate din baza de date spațiale – versiunea 1”.

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

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

Au fost adaptați și validați algoritmi pentru cartografierea zăpezii umede. Algoritmii pentru produsul de umiditate a zăpezii din domeniul optic (OWS) se bazează pe informații despre proprietățile zăpezii (a stratului fracționat de zăpadă-FSC, a temperaturii suprafeței zăpezii-STS și a dimensiunii granulei de zăpadă-SGS) combinate cu măștile de nori realizate cu datele furnizate de senzorii „Ocean Land Colour Instrument (OLCI)” și „Sea Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR)” imbarcați pe satelitul Sentinel-3. Produsul de umiditate a zăpezii în domeniul SAR (SWS) se bazează pe date de la radarul cu apertură sintetică (SAR) imbarcat la bordul satelitului Sentinel-1.

Validarea rezultatelor s-a realizat pentru zonele test din Norvegia și România pentru sezonul de iarnă 2015. Validarea a fost limitată la compararea cu temperaturile aerului măsurate la stațiile meteo, dar vor fi extinse la compararea cu date de apă lichidă din zăpadă ce vor fi, măsurate in-situ în sezonul 2016.

Hărțile obținute din date satelitare din domeniul optic (OWS) au în general bine corelate cu măsurătorile de temperatura aerului. În multe cazuri rezultatele evaluărilor pentru zăpadă uscată au fost susținute de existența temperaturilor aerului sub pragul de îngheț. Se remarcă deasemenea că rezultatele clasificărilor din hărțile OWS sunt în bună concordanță cu topografia și condițiile climatice locale, fără a fi alterate de efecte parazite de zgomot.

Prin compararea hărților cu zăpadă umedă din date SAR (SWS) cu evoluția temperaturilor orare ale aerului la stațiile meteo, se poate concluziona că datele furnizate de satelitul Sentinel-1 sunt potrivite pentru cartografierea zăpezii umede în zonele montane. Utilizarea procedurilor de corecție de tip netezire gamma (flattening gamma) a terenului conduce la o reducere sunstantială a efectelor induse de topografie; astfel s-au putut crea hărți cu mozaice zilnice, prin combinarea pasajelor ascendent și descendent. Trebuie totuși remarcat că această metodă nu este preferabilă în cazul umidității zăpezii, care variază între noapte și zi datorită variațiilor de temperatură. În acest caz au fost luate în considerare numai pasajele de după amiază (ascendente).

Unele din hărțile de zăpadă realizate pe zona test din România subestimează suprafețele acoperite cu zăpadă. Deoarece algoritmi OWS și MWS pentru estimarea umidității zăpezii se pot aplica doar în situațiile în care terenul este acoperit 100% cu zăpadă, pot apare erori în cazul când suprafața acoperită cu zăpadă este fragmentată. Acest aspect este în parte legat de calibrarea algoritmilor folosiți și adaptarea acestora la condițiile specifice din România. O altă explicație poate fi și aceea datorată diferențelor dintre unghiurile zenitale solare de la latitudinile Norvegiei și României. Pentru înțelegerea completă a cauzelor care conduc la subestimarea suprafețelor acoperite cu zăpadă se vor continua cercetările cu datele de calibrare/validare ce vor fi furnizate în sezonul de iarnă 2016.

Concluzia generală care reiese din analiza evaluărilor zăpezii umede a confirmat rezultatele bune obținute prin aplicarea procedurii care combină informațiile de temperatura zăpezii și mărimea granulelor de zăpadă, din serii de date temporale. Datele măsurate de temperatura zăpezii de la stațiile meteo au validat și confirmat în mare parte produsele de zăpadă umedă obținute din date satelitare. Din analiza rezultatelor s-a confirmat că datele satelitare SAR în bandă C sunt foarte sensitive la condiția stratului de zăpadă uscată sau umedă. Cu toate acestea, utilizarea numai a datelor satelitare SAR în bandă C, nu permite determinarea cu precizie a gradului de umiditate a zăpezii.

A fost finalizat livrabilul D3.1 „Algoritmi validați de evaluare a umidității zăpezii din date satelitare optice și SAR (SWS)”.

Activitatea 3.2. Algoritmul și produsul multi-sensor/multi-temporal de zăpadă umedă - MWS

S-a dezvoltat un nou algoritm bazat pe date satelitare multi-sensor/multi-temporale pentru zăpadă umedă (MWS), care se bazează pe fuziunea datelor optice cu datele SAR într-un model nou, care simulează stările proprietăților suprafeței, pentru generarea de hărți fiabile ale umidității zăpezii. Algoritmul se bazează pe experiența partenerului norvegian NR de a combina date de la mai mulți senzori folosind modelul Modelul Markov Ascuns (Markov Model Hidden - HMM). Ideea de bază este aceea de a simula, cu un model de stare, stările prin care trece suprafața zăpezii în timpul sezonului rece. Modelul HMM este aplicat la nivel de pixel, astfel încât este modelată întreaga evoluție a fiecărui pixel din cursul sezonului rece.

Hărțile de zăpadă includ clasele tematice: zăpadă uscată, zăpadă puțin umedă, zăpadă umedă, zăpadă foarte umedă și zăpadă apoasă la care se adaugă clasele teren acoperit parțial cu zăpadă, teren fără zăpadă și nori.

Deasemenea a fost dezvoltat și s-a validat prima versiune prototip a produselor multi-sensor/multi-temporal pentru cartarea zăpezii umede. Componenta optică a algoritmului se bazează pe informații despre proprietăților zăpezii (a stratului fracționat de zăpadă-FSC, a temperaturii suprafeței zăpezii-STS și a dimensiunii granulei de zăpadă-SGS) combinate cu măștile de nori realizate cu datele furnizate de senzorii «Ocean Land Colour Instrument (OLCI)» și «Sea Land Surface Temperature

Radiometer (SLSTR)» imbarcați pe satelitul Sentinel-3. Produsul privind umiditatea zăpezii în domeniul SAR (SWS) se bazează pe date de la radarul cu apertură sintetică (SAR) imbarcat la bordul satelitelui Sentinel-1. Pentru validarea produselor MWS a fost elaborat „Planul de validare pentru produsele de evaluarea umidității zăpezii utilizând date satelitare”,

Analiza validării rezultatelor estimării umidității zăpezii din noul produs multi-sezonal/multi-temporal pare a fi foarte promițătoare, furnizând informații zilnice despre diferitele grade de umiditate a zăpezii, independent de acoperirea cu nori. Principala valoare adăugată a produselor MWS este că reprezintă un produs nou, cu frecvență zilnică, independent de observațiile din acea zi.

Analiza validării rezultatelor estimării umidității zăpezii din noul produs multi-sezonal/multi-temporal pare a fi foarte promițătoare, furnizând informații zilnice despre diferitele grade de umiditate a zăpezii, independent de acoperirea cu nori.

Noul produs bazat pe fuziunea temporală a datelor optice și SAR pentru estimarea stărilor zilnice de umiditate a zăpezii pentru realizarea hărților cu umiditatea zăpezii va fi foarte util pentru avertizările de producere a inundațiilor și avalanșelor.

Au fost finalizate livrabilele: D3.2 „Algoritmul validat de evaluare a zăpezii umede din date satelitare multi-senzor/multi-temporale (MWS)” și D3.3 „Produse-prototip umiditatea zăpezii din date satelitare multi-senzor/multi-temporale (MWS) pentru avertizările de producere a inundațiilor și avalanșelor – versiunea 1”.

Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zăpadă în NOAA

A fost realizată proiectarea metodologiei de estimare a echivalentului de apă din stratul de zăpadă, prin fuziune de date, folosind modelul cu parametrii distribuți NOAA, observații la stații și produse satelitare. În cadrul metodologiei, diferitele tipuri de date și informații sunt analizate comparativ, utilizând o serie de algoritmi de cros-validare automată, apoi de estimare a echivalentului în apă al stratului de zăpadă, în format grid la rezoluția de 1 km, prin parcurgerea unor etape succesive de interpolare și ajustare funcție de gradul de incertitudine asociat diferitelor tipuri de date.

A fost finalizat livrabilul D3.5. „Metodologia fuziunii datelor pentru estimare a echivalentului în apă din stratul de zăpadă (SWE), utilizând simulări distribuite ale modelului nivologic, observații terestre și produse satelitare”.

WP4 Impactul schimbărilor climatice asupra hazardelor legate de zăpadă

Activitatea 4.1. Variabilitatea și schimbările climatice ale stratului de zăpadă și impactul asociat

Au fost continuate activitățile legate de analiza variabilității și schimbării climatice asociate cu stratul de zăpadă și impactul asociat. Au fost folosite la analiză rezultatele celor 5 experimente numerice cu modele climatice regionale, la rezoluția de 12,5 km, din arhiva EURO-CORDEX 2014), folosite și în etapa anterioară. Se observă că în condițiile de forțaj radiativ mai intens (scenariul RCP 8.5) diminuarea grosimii stratului de zăpadă, a cantității de zăpadă, precum și a cantității de zăpadă topită, în intervalele considerate, sunt mai mari. Acestea se accentuează și odată cu apropierea de sfârșitul secolului XXI, mai ales în cazul scenariului RCP 8.5.

Datele de intrare pentru modelul hidrologic au fost dezvoltate de Administrația Națională de Meteorologie, pornind de la experimente numerice în condițiile schimbării climatice (RCP 2.6 și RCP 8.5) cu modelul regional RCA4 (EURO-CORDEX), forțat cu câmpurile meteorologice la frontiera domeniului de la modelul global ICHEC-EC-EARTH (CMIP 5). Datele simulate cu modelul regional la rezoluția de 12,5 km au fost dezagregate spațial la rezoluția de 1 km, folosind metode geostatistice, pentru a putea fi folosite la scara bazinelor studiate și pentru a corecta diferențele dintre orografia modelului și orografia reală. Aceste date au fost analizate din perspectiva schimbării climatice în regiunea de interes a sub-bazinelor studiate.

Folosind datele dezagregate spațial la rezoluția de 1km de echipa Administrației Naționale de Meteorologie, modelul hidrologic a fost calibrat de echipa INHGA și au început pregătirile pentru

folosirea lui la Activitatea 4.2 privind variabilitatea și schimbarea climatică în inundațiile rapide asociate cu topirea zăpezii.

A fost finalizat livrabilul D4.1 „Evaluarea în condiții prezente (1981-2000) și viitoare (2021-2050) a parametrilor legați de zăpadă din arhiva CMIP5, redusă la scară pentru analiza hazardelor și resurselor selectate în zona de interes”.

Activitatea 4.2. Variabilitatea și schimbările din domeniul inundațiilor rapide produse cu contribuția topirii zăpezii asociat

În cadrul acestei activități a fost realizată calibrarea modelului hidrologic cu simularea acumulării de zăpadă și a topirii ei pentru zona superioară a bazinelor Argeș și Ialomița.

Pentru simularea scurgerii în partea superioară a bazinelor hidrografice ale râurilor Argeș și Ialomița se utilizează modelul hidrologic conceptual CONSUL, model dezvoltat în cadrul I.N.H.G.A.

Calibrarea parametrilor modelului hidrologic Consul s-a efectuat prin simularea celor mai importante evenimente ploaie-scurgere selectate în special în cursul tranziției de la iarnă la primăvară, din perioada de calibrare considerată, 2001-2005.

Rezultatele simulărilor cu modelul CONSUL în bazinele hidrografice analizate au arătat că modelul oferă rezultatele cele mai bune în special în cazul viiturilor generate de precipitații uniform repartizate în spațiu. Abaterile dintre hidrografele de debit simulate cu modelul CONSUL și cele observate sunt datorate atât erorilor de model cât și insuficienței datelor meteorologice și hidrologice. Principala eroare este cauzată de determinarea ploii medii pe bazinul hidrografic și a distribuției temporale și spațiale variabile a acesteia.

A fost finalizat livrabilul D4.2. „Modelul hidrologic al acumulării și topirii zăpezii - calibrat în partea superioară a bazinelor râurilor Argeș și Ialomița”.

WP5 Modelarea realimentării acviferelor din topirea zăpezii

Activitatea 5.1. Evaluarea infiltrației din topirea zăpezii în zona nesaturată

Au fost puse în evidență avantajele, sau dezavantajele folosirii modelelor bazate pe ecuația echilibrului energetic sau ale celor bazate pe metoda indicelui de temperatură. Astfel modelele bazate pe metoda indicelui de temperatură sunt ușor de aplicat conducând la rezultate rezonabile, dar sunt sensibile la condițiile meteo, în special la vânt și radiație solară. Pentru îmbunătățirea acestor modele și pentru creșterea acurateții rezultatelor se recomandă încorporarea vântului și a datelor despre umiditate. În cazul modelelor bazate pe ecuația echilibrului energetic acestea sunt sensibile la erorile de estimare ale datelor de intrare tip vânt, radiație solară, albedo. Astfel o mai bună parametrizare a factorului albedo cât și a funcției de vânt, o îmbunătățire a estimării condițiilor meteorologice pot crește acuratețea rezultatelor.

Sunt deasemenea prezentate măsurătorile expediționare realizate pentru determinarea infiltrației din topirea zăpezii precum și modelul matematic de simulare a curgerii în zona nesaturată.

Activitatea 5.2. Modelarea acviferelor

Au fost alese 3 zone de studiu reprezentative pentru care au fost descrise în detaliu condițiile geologice, hidrogeologice și climatice: 1. Zona de studiu Bolboci-Vf. Omu (bazinul superior al văii Ialomița); 2. Zona de studiu conul aluvionar Prahova-Teleajen; 3. Zona Colentina, Municipiul București. Alegerea celor 3 zone 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 zonă de studiu o reprezintă conul aluvionar Prahova –Teleajen și ultima zonă cu acvifere de dimensiuni mici localizate în Câmpia Romană unde zona de studiu o reprezintă zona Colentina (Complex Laboratoare Colentina, București).

A fost elaborată structura modelului conceptual pentru reîmplementarea acviferelor din topirea zăpezii. În acest sens s-a realizat o schemă a proceselor și factorilor implicații privind determinarea infiltrațiilor din sol care includ: condițiile atmosferice, radiația solară globală, interceptia zonele împădurite cu zăpada și ploaia căzută, precum și pierderile din sublimare și evaporare la interfață cu pădurea, redistribuirea vântului asupra zăpezii, fenomenul de topire influențat de condițiile meteorologice dar și de căldura solului precum și fenomenul de sublimare cu trecere în stare de vapori.

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.

A fost finalizat livrabilul D5.1 „Descrierea amplasamentelor și modelele conceptuale”.

WP6 Asimilarea parametrilor stratului de zăpadă în Sistemul Național de Prognoză și Avertizare a Viiturilor

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

A fost elaborată metodologia care a condus la obținerea hărții actualizate a acoperirii/utilizării terenului în zona de studiu din România. Metodologia constă în fuziunea datelor satelitare în vederea realizării clasificărilor, într-o primă fază, urmată de clasificările propriu-zise, utilizând trei surse de informații tematice : versiunea 2012 a bazei de date Corine Land Cover, sistemul de identificare LPIS (Land Parcel Identification System) și clasificarea supervizată și nesupervizată a imaginilor satelitare achiziționate. Accesarea și compararea unor informații recente referitoare la acoperirea vegetală/utilizarea solurilor a condus la actualizarea și îmbunătățirea calității bazelor de date existente. În cadrul unui sistem GIS și prin integrarea cu ortofotoplanuri și/sau imagini satelitare, se va putea astfel realiza o mai bună gestionare și monitorizare a claselor de acoperire/utilizare a terenului din zona de studiu.

Harta actualizată a acoperirii/utilizării terenului pentru zona de studiu reprezentată de bazinele hidrografice Argeș și Ialomița este necesară pentru implementarea modelului hidrologic cu parametrii distribuiți NOAH-R, dezvoltat în cadrul pachetului de lucru WP3.

A fost finalizat livrabilul D6.1 „Harta actualizată a acoperirii/utilizării terenului pentru zona de studiu”.

Activitatea 6.2. Proiectarea algoritmilor și metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică

A fost realizată metodologia de asimilare a parametrilor stratului de zăpadă în modelul de prognoză hidrologică NWSRFS și în sistemul de estimare a riscului de producere a viiturilor rapide din România – ROFFG. Sistemele de prognoză hidrologică NWSRFS și ROFFG utilizează pentru modelarea evoluției stratului de zăpadă același model conceptual SNOW-17, iar valorile optime de echivalent în apă rezultate în urma aplicării procedurii de fuziune de date vor fi utilizate pentru asimilarea în mod specific în cadrul acestui model, pentru ajustarea parametrilor de stare. Modelul SNOW-17 face parte din familia modelelor de zăpadă de tip index, utilizând temperatura aerului ca index unic pentru a determina și caracteriza procesele de schimb energetic care au loc la interfața zăpadă – aer. În afară de datele privind temperatura aerului, singura dată de intrare suplimentară necesară pentru rularea modelului o reprezintă cantitățile de precipitații.

Au fost realizate simulări cu ajutorul modelului cu parametrii distribuiți NOAH-R care vor fi utilizate ca date de intrare în cadrul procedurii de fuziune de date pentru estimarea echivalentului în apă al stratului de zăpadă, iar valorile ajustate final în urma aplicării procedurii vor fi asimilate în cadrul modelului, pentru ajustarea parametrilor de stare.

A fost finalizat livrabilul D6.2. „Proiectarea metodologiei de asimilare a parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică”.

Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică

Au fost inventariate și selectate sistemele, modulele și utilitarele software necesare pentru implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modelele operative de prognoză hidrologică.

Cu ajutorul aplicațiilor software selectate a început realizarea de scripturi și programe de gestiune a operațiilor de export-import automat pentru fluxul de date, respectiv operațiile specifice de procesare pentru asimilarea parametrilor de zăpadă în modelele operative de prognoză hidrologică NWSRFS și ROFFG.

În cadrul procesului de asimilare de date pentru aceste modele hidrologice operative se va realiza asimilarea directă a valorilor de echivalent de apă în stratul de zăpadă, iar într-o a doua etapă de asimilare, în situațiile în care se vor constata diferențe semnificative între gradul de acoperire cu strat de zăpadă la nivelul bazinului hidrografic simulat de model pe baza curbei de epuizare și cel indicat de procedura de fuziune de date se va asimila tot prin procedură directă și acest parametru, în cadrul modelului de zăpadă SNOW-17.

WP7 Registrul avalanșelor și hărțile de hazard

Activitatea 7.1. Dezvoltarea algoritmilor de detectare a avalanșelor

În cadrul acestei activități, s-a finalizat baza de date spațiale pentru validare din M-tii Făgăraș, obținându-se astfel primul inventar al avalanșelor pe baza imaginilor satelitare GeoEye-1. Acest set de date spațiale permite o estimare mai obiectivă a magnitudinii acestui fenomen, precum și o localizare precisă, comparativ cu datelor obținute de la persoane care au surprins avalanșe și de asemenea oferă date pe suprafețe mușt mai extinse comparativ cu cele furnizate de stațiile meteorologice. Inventarul avalanșelor obținut reprezintă o premieră pentru Carpații românești și totodată primul exemplu de utilizare a imaginilor GeoEye în analiza avalanșelor. Acesta demonstrează faptul că avalanșele din Carpați sunt mult mai numeroase decât se știa anterior, iar imaginile de teledetecție joacă un rol important în dezvoltarea unor baze de date spațiale consistente și care să acopere întreaga suprafață a ariilor montane în România.

A fost finalizat și validat algoritmul pentru detectarea avalanșelor pe baza imaginilor optice de înaltă rezoluție spațială (HR) și de foarte înaltă rezoluție spațială (VHR). Partenerul norvegian a dezvoltat o abordare bazată pe filtre de textură pentru detectarea automată a avalanșelor de pe imagini satelitare optice de înaltă rezoluție spațială. Partea esențială a algoritmului de detecție implică analiza de textură în încercarea de a distinge depozitele de zăpadă ce constituie avalanșe de alte tipuri de acoperire a terenului, cum este stratul de zăpadă nederanjată de avalanșe, stratul de zăpadă afectat de procese de vânt, copaci, roci. Caracteristica texturii zăpezii din depozitele de avalanșă este extrasă prin combinarea imaginii cu un set de 12 filtre multidirecționale și multi-scară.

Algoritmul propus a identificat bine (pana la 87% din avalanșe), pe imaginile test. Erorile de detecție a avalanșelor se datorează condițiilor fizico - geografice diferite de la un areal la altul precum și cele din momentul achiziției imaginii satelitare. Pentru a compensa acest neajuns există posibilitatea măririi numărului de filtre din arhivă, de preferat cu filtre extrase din datele reale. De asemenea, delimitarea arealelor cu probabilitate mare de producere a avalanșelor, realizată în mediul GIS utilizând analiza multicriterială a factorilor, standardizați cu ajutorul funcțiilor fuzzy, poate furniza un strat tematic, specific fiecărei regiuni studiate, ce poate fi integrat în algoritmul de detectare al avalanșelor în vederea reducerii erorilor de supraestimare.

A fost finalizat livrabilul D7.1 „Algoritm validat pentru detectarea avalanșelor din imagini satelitare optice HR și VHR”.

Activitatea 7.2. Algoritm de detectare a schimbării pe baza imaginilor Sentinel-1 și Sentinel 2

S-au stabilit metodologia și etapele de dezvoltarea ale algoritmului de detectare a schimbărilor în imagini satelitare, fiind selectate imaginile din arhive și realizându-se corecțiile asupra imaginilor test. A fost testată abilitatea de a cartografi algoritmului pe un set de imagini Sentinel-1 și Radarsat-2 în arealele montane din Norvegia. Rezultatele preliminare au arătat că prin utilizarea acestui algoritm au fost detectate majoritatea avalanșelor din imagini, cu unele false detectări, dar limita acestora nu este întotdeauna corespunzătoare cu cea realizată de către experți.

Activitatea 7.3. Simularea avalanșelor

În cadrul activității de simulare a traiectoriilor avalanșelor s-au selectat o serie modele ale altitudinii terenului și s-au testat parametri globali și de frecare a zăpezii. Modelul RAMMS a fost aplicat pentru o serie de avalanșe consemnate în statistici pentru M. Făgăraș și care au avut un grad de risc ridicat, având înregistrare victime, precum și date despre suprafața afectată de depozitele de avalanșă Astfel, simularea traiectoriilor pentru avalanșele din Valea Bâlea au permis reconstruirea grosimii și extinderii spațiale a depozitelor de zăpadă dizlocate, care au fost similare cu datele consemnate în statistică. Această activitate va continua în etapa viitoare, în care se vor genera hărțile de hazard la avalanșă pentru arealele test.

WP8 Promovare și Diseminare

Activitatea 8.1. Situl web al proiectului

Site-ul web al proiectului (<http://snowball.meteoromania.ro>) a fost actualizat, fiind incluse informații cu privire la activitatea consorțiului SnowBall în etapa curentă: rezultatele obținute, întâlniri, diseminare, etc. De asemenea, a fost realizată o versiune în limba română a întregului site.

Activitatea 8.2. Strategia de diseminare

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. La crearea strategiei de diseminare au fost luate în considerare următoarele: identificare grupului țintă de utilizatori; crearea unor mesaje adecvate care să atragă atenția grupului de audiență țintă; selectarea canalelor de comunicare prin intermediul cărora mesajele sunt trimise către grupul țintă.

Au fost realizate o serie de produse pentru promovarea și vizibilitatea proiectului: leaflet-uri în limba română și engleză, broșura proiectului în limba română și engleză, postere, afișe, conform cu recomandările din ghidul de comunicare și design, furnizat de ANCSI.

Au fost finalizate livrabilele D8.2 „Strategia de diseminare” și D8.3. „Broșura proiectului – versiunea 1”.

Activitatea 8.3. Acțiuni de diseminare și instruire

Rezultatele obținute în cadrul proiectului au fost prezentate la conferințe/simpozioane naționale și internaționale precum: 3-rd Internațional Conference on Remote Sensing and Geoinformation of Environment – RSCY2015, Cipru, 16-19.03.2015; Conferința Internațională Apa și Aerul – Componente ale mediului, Cluj-Napoca, 20-22.03.2015; Conferința internațională “Methodological challenges în geography”, 15-16 mai 2015, Timișoara; Al XXXI-lea Simpozion Național de Geomorfologie, 21-24 mai 2015, Sf. Gheorghe Deltă; Workshop-ul “ESA Sentinel-3 for Science Workshop”, Veneția, 2-5 iunie 2015; Conferința EAWS – European Avalanche Warning Services, Romă, 4-6.06.2015; Conferința “Geobalcanica-Connects all geographers”, 5-7 iunie 2015, Skopje; 26-th General Assembly of the Internațional Union of Geodesy and Geophysics-IUGG 2015, Praga, 22 iunie - 2 iulie 2015; 33-rd Internațional Conference on Alpine Meteorology – ICAM, Innsbruck, 31 august - 4 septembrie 2015; EUMETSAT Meteorological Satellite Conference 2015, Toulouse, 21-25

septembrie 2015; Conferința științifică anuală a Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor, București, 2-3 noiembrie 2015; Sesiunea anuală de comunicări științifice a Administrației Naționale de Meteorologie, București, 19-20.11.2015.

La Conferința Internațională "Achievements and future steps" organizată de ANCSI în cadrul Programului RO14-"Cercetare în Sectoare Prioritare", Mecanismul Financiar EEA 2009-2014, care a avut loc la București în data de 10 decembrie 2015, au fost prezentate rezultatele obținute în prima jumătate a perioadei de implementare a proiectului.

Au fost finalizate livrabilele D8.6. „Produse pentru vizibilitatea proiectului”, D8.7. „Pachete de prezentare a proiectului la conferințe” D8.8 „Raport al acțiunii de diseminare” și D8.9 „Newsletter al proiectului (e-zine) - format digital”.

7. BIBLIOGRAFIE

- 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 României, pp.143-151.
- Amlien, J., and Solberg R., 2003. A comparison of temperature retrieval algorithms for snow covered surfaces. Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toulouse, France, 21-25 July 2003.
- Anderson, Eric A. and Norman H. Crawford, 1964. The Synthesis of Continuous Snowmelt Runoff Hydrographs on a Digital Computer, Technical Report No. 36, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, California, 103 pp.
- Anderson, E. A., 1968. Development and Testing of Snow Pack Energy Balance Equations, Water Resources Research, Vol. 4, No. 1, pp 19-37.
- Anderson, E.A., 1973. National Weather Service River Forecast System - Snow Accumulation and Ablation Model, NOAA Technical Memorandum NWS HYDRO-17, 217 pp.
- Anderson, E.A., 1976. A Point Energy and Mass Balance Model of a Snow Cover, NOAA; Technical Report NWS 19, 150 pp.
- Armstrong, R.N., Pomeroy JW, Martz LW. 2010. Estimating evaporation in a Prairie landscape under drought conditions. Canadian Water Resources Journal 35(2): 173–186.
- Ayers, H.D. 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.
- Baum, L. E. and Petrie, T., 1966. Statistical Inference for Probabilistic Functions of Finite State Markov Chains. The Annals of Mathematical Statistics, 37 (6), 1554–1563.
- Birsan, M-V., Dumitrescu, A., 2014. Snow variability în România in connection to large-scale atmospheric circulation. Int. J. Climatol., 34: 134-144.
- Bloomfield, E. A., Pillgrin, O. H., Watson, K. K., 1978. Non-unique infiltration-soil waterstorage relationship with application to catchment modeling. Hydrology Simposium. Ins. Eugrs. Aust. National Conf. Publ. 78/9
- 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.
- Bojariu, R., Bîrsan, M.V., Cică, R., Velea, L., Burcea, S., Dumitrescu, A., Dascălu, S.I., Gothard, M., Dobrinescu, A., Cărbunaru, F., Marin, L., 2015. Schimbările climatice – de la bazele fizice la riscuri și adaptare. Editura Printech, București. 200 p.
- Buga, D., Zavoianu, I., 1974. Județul Dâmbovița. Col. Jud. Patriei. Inst. Geogr. Ed. Acad. RSR, București.
- Capela Lourenço, Tiago; Ana Rovisco; Annemarie Groot; Carin Nilsson; Hans-Martin Füssel; Leendert Van Bree; Roger B Street, 2014. Adapting to an Uncertain Climate. Lessons From Practice. Springer International Publishing. 182 p., Hardcover ISBN 978-3-319-04875-8. DOI 10.1007/978-3-319-04876-5.
- Chow, V. T., 1971. Handbook of applied hydrology. McGraw Hill Company, New York
- Coll, C., Caselles, V. J., Sobrino, A. and Valor, E., 1994. On the atmospheric dependence of the split-window equation for land-surface temperature. International Journal of Remote Sensing, 1994. 15(1), 105-122.
- Computer Sciences Corporation (CSC), 1979. Radiative Properties of Snow for Clear Sky Solar Radiation, CSC Technical Report 79/6025, Prepared for NASA, 37 pp, November 1979.
- Danuso, F., Della Mea, V. 1994. Climate modeling and weather generation. Stata Technical Bulletin, University of Udine, 16 p.

- Diaconu C., 1966. Monografia hidrologică a bazinului hidrografic al râului Ialomița. Studii de hidrologie XVI, ISCH.
- Dornes, P.F., Pomeroy, J.W., Pietroniro, A., Carey, S.K., Quinton, W.L., 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.
- Dumitrescu, A., Birsan, M.-V. and Manea, A., 2015. Spatio-temporal interpolation of sub-daily (6 h) precipitation over Romania for the period 1975–2010. *International Journal of Climatology* 07/2015; DOI: 10.1002/joc.4427.
- Ellis, C.R., Pomeroy, J.W., 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.
- Fang, X., Pomeroy, J.W., Westbrook, C.J., Guo, X., Minke, A.G., Brown, T., 2010. Prediction of snowmelt derived streamflow in a wetland dominated prairie basin. *Hydrology and Earth System Sciences* 14: 991–1006.
- Fierz, C., Armstrong, R.L., Durand, Y., Etchevers, P., Greene, E., McClung, D.M., Nishimura, K., Satyawali, P.K. and Sokratov, S.A., 2009. The International Classification for Seasonal Snow on the Ground. IHP-VII Technical Documents in Hydrology N°83, IACS Contribution N°1, UNESCO-IHP, Paris.
- Fily, M., Bourdelles, J. P. Dedieu & C. Sergent, 1997. Comparison of in Situ and Landsat Thematic Mapper Derived Snow Grain Characteristics in the Alps. *Remote Sensing of Environment* 59: 452-460.
- Garnier BJ, Ohmura A. 1970. The evaluation of surface variations in solar radiation income. *Solar Energy* 13: 21–34.
- Gogu, C.R., 2014. Soluții viabile în hidrogeologie urbană. Editura Conspress, București.
- Granger, R.J., Gray, D.M., 1989. Evaporation from natural non-saturated surfaces. *Journal of Hydrology* 111: 21–29.
- Granger, R.J., Pomeroy, J.W., 1997. Sustainability of the western Canadian boreal forest under changing hydrological conditions - 2- summer energy and water use. În *Sustainability of Water Resources under Increasing Uncertainty*, Rosjberg D, Boutayeb N, Gustard A, Kundzewicz Z, Rasmussen P (eds.) IAHS Publ No. 240. IAHS Press: Wallingford, UK; 243–250.
- Green, R.O., Painter, T.H., Roberts, D.A. and Dozier, J., 2006. Measuring the expressed abundance of the three phases of water with an imaging spectrometer over melting snow, *Water Resources Research*, 42, doi:10.1029/2005WR004509.
- Hamon, Russell W., Leonard, L. Weiss, and Walter T. Wilson, 1954. Insolation as an Empirical Function of Daily Sunshine Duration, *Monthly Weather Review*, Vol. 82, No. 6, pp 141-146, June 1954.
- Hanssen-Bauer, I., E.J. Førland, I. Haddeland, H. Hisdal, S. Mayer, A. Nesje, J.E.Ø. Nilsen, S. Sandven, A.B. Sandø, A. Sorteberg and B. Ådlandsvik, 2015. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015, Miljødirektoratet, ISSN no. 2387-3027.
- Hengl, Tomislav, Gerard, B.M. Heuvelink, and David G, Rossiter., 2007. About Regression-Kriging: From Equations to Case Studies. *Computers & Geosciences* 33 (10). Elsevier: 1301–15.
- IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C.

- Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.
- Jacob, D., et al., 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, Volume 14, Issue 2, pp 563-578.
- Isaaks, Edward H., and Srivastava, R Mohan, 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*, Oxford University Press.
- Julien, P.Y., Saghafian B., Ogden F.L., 1995. Raster-based hydrological modeling of spatially-varied surface runoff. *Water Resour. Bull.*, AWRA, 31(3), 523-536
- Johnston, Kevin, Jay M Ver Hoef, Konstantin Krivoruchko, and Neil Lucas. 2001. *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. Vol. 380. Esri Redlands.
- Key, J. R., Collins, J. B., Fowler C., and Stone, R. S., 1997. High-latitude surface temperature estimates from thermal satellite data. *Remote Sensing of Environment* 61: 302-309.
- Larsen, S.Ø., Salberg, A.B., Solberg, R., 2013. Automatic avalanche mapping using texture classification of optical satellite imagery. In: R. Lasaponara, N. Masini, M. Biscione (Eds.), '33rd EARSeL Symposium', Matera, Italy.
- Leavesley, G.H, Lichty, R.W., Troutman, B.M., Saindon, L.G., 1983. *Precipitation-runoff modelling system: user's manual*. Report 83-4238 US Geological Survey Water Resources Investigations; 207.
- Lemke, P. et al., 2007. Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the 4th Assessment Report of IPCC. Cambridge Univ. Press, 337-383.
- Liteanu, E., 1952. *Geologia zonei oraşului Bucureşti*. Com.Geol., Stud. tehn., econ., E 1, Hidrogeologie, 83 p., Bucureşti.
- Mailat, E., 2013. *Relația climă-scurgere în Bazinul Hidrografic Superior al Râului Argeş*, (Phd thesis).
- 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.
- Mitchell, K., 2005. *The community Noah land-surface model (LSM), user's guide, public release version 2.7.1*. NCEP/EMC, USA.
- Miță, P., Corbuș, C., 1996. *Model of determination of the flood waves in small basins*. C.E.R.E.G. Strasbourg.
- Miță, P., Drăgan, L., 1986. Particularități privind scurgerea din topirea zăpezii. *Studii de hidrologie*, nr. 2, IMH, Bucureşti.
- Multihac, V., 1990. *Structura geologică a României*. Editura Tehnică, Bucureşti.
- Nagler, T. and Rott H., 2000. Retrieval of wet snow by means of multitemporal SAR data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 38(2), pp. 754-765.
- Oreskes, N., Shrader-Frechette, K., and Belitz, K., 1994. Verification, validation, and confirmation of numerical models in the earth sciences, *Science*, 263, 641-646.
- 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 Bucureşti.
- Patrușiu, D., Gherasi, N., Sandulescu, M., Popescu, I., Popa, E., Brandabur, T., 1967. *Harta geologică a României, scara 1:200.000, foaia Braşov*, Institutul de Geologie Bucureşti.

- Patruluius, D., 1969. Geologia masivului Bucegi și a culoarului Dâmbovicioara. Editura Academiei RSR.
- Pebesma, Edzer J., 2004. Multivariable Geostatistics in S: The Gstat Package. *Computers & Geosciences* 30 (7). Elsevier: 683–91.
- Pomeroy, J.W., Li, L., 2000. Prairie and Arctic areal snow cover mass balance using a blowing snow model. *Journal of Geophysical Research* 105: 26619–26634.
- Priestley, C.H.B., Taylor, R.J., 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review* 100: 81–92.
- Radu, E., Milea, A.I., 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.
- Richardson, C. W., 1985. Weather simulation for crop management models. *Transactions of ASAE*. 28(5): 1602-1606
- Rudjord, Ø., Salberg, A.-B., and Solberg R., 2015. Global Snow Cover Mapping Using a Multi-Temporal Multi-Sensor Approach. *Proceedings of 8th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images*, July 22-24, 2015, Annecy, France.
- Saloranta, T. M., 2012. Simulating snow maps for Norway: description and statistical evaluation of the seNorge snow model. *The Cryosphere* 6, 1323-1337.
- Serreze, M.C. et al., 2000. Observational evidence of recent change in the northern high-latitude. *Climatic Change*, 46 (1-2), 159-207.
- Slavoaca, D., Slavoaca, Ruxandra, Istrate, A., 2000. Karst Hydrogeology of Romania. Bucegi Massiv. Editat de Iancu Orășeanu, Adrian Iurkiewicz. Ed. Belvedere, Oradea, 2Small, D. 2011. Flattening gamma: Radiometric terrain correction for SAR imagery. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 40(8), 3081-3093.
- Snow Hydrology, Summary Report of the Snow Investigations, North Pacific Division, Corps of Engineers, Portland, Oregon, 437 pp, June 1956.
- Solberg, R., Andersen, T., 1994. An automatic system for operational snow-cover monitoring in the Norwegian mountain regions. *Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 8-12 August 1994, Pasadena, California, USA: 2084-2086.
- Solberg, R., Amlien, Koren, J., H, Eikvil, L., Malnes, E., Storvold R., 2004. Multi-sensor/multi-temporal analysis of ENVISAT data for snow monitoring. *Proceedings of ESA ENVISAT & ERS Symposium 2004*, Salzburg, Austria, 6-10 September 2004. (ESA SP-572, April 2005)
- Solberg, R, Huseby, R.B., Koren, H. and Malnes E., 2008. Time-series fusion of optical and SAR data for snow cover area mapping. *Proc. of EARSeL LIS-SIG Workshop*, Berne, February 11-13 February, 2008.
- 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, 35–46.
- Solberg R., Rudjord, Ø., Salberg, A.-B., and Killie, M.A., 2015. Advancements and validation of a global snow product fusing optical and passive microwave radiometer data. *Proceedings for the 2015 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference*, 21-25 September 2015, Toulouse, France.
- Stroeve, J., Haefliger, M. and Steffen, K., 1996. Surface temperature from ERS-1 ATSR infrared thermal satellite data in polar regions. *Journal of Applied Meteorology*, 35(8), 1231-1239.
- Șerban, P., 1984. Mathematical models for forecasting the flood waves in the hydraulic structured basins. *Hydrology studies*, Tom. 51, NIMH Ed., Bucharest
- Șerban, P., 1987. The VIDRA flood simulation and forecasting model. *Meteorology and Hydrology*, Vol. 17, No. 2, Bucharest

- Șerban, P., Corbuș, C., 1987. Contributions to the numerical simulation of the flood routing along the river reaches. *Hidrotehnica*, vol. 32, no. 4, Bucharest
- Șerban, P., Stănescu, V. AL., Roman, P., 1989. Dynamics hydrology. Technical Ed., Bucharest
- Șerban, P., Simota, M., Corbuș, C., 1992. Model for the forecasting of daily mean discharges. XVI Konferenț der Donauländer über hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen, 18-22 Mai, Kelheim
- Șerban, P., Corbuș, C., 1994. The climate change impact on the water balance on a river basin. *Hidrotehnica Review*, Tom. 39, No. 3, Bucharest
- 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.
- Taylor, Karl E. 2001. Summarizing Multiple Aspects of Model Performance in a Single Diagram. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 106 (D7): 7183–92. doi:[10.1029/2000JD900719](https://doi.org/10.1029/2000JD900719).
- Techel, F. and Pielmeier, C., 2011. Point observations of liquid water content în wet snow – investigating methodical, spatial and temporal aspects. *The Cryosphere*, 5, 405–418.
- Varma, M., Zisserman, A., 2005. A Statistical Approach to Texture Classification from Single Images. *Int. J. Comput. Vision*, 62(1-2), 61-81.
- Viterbi, A. J., 1967. Error bounds for convolutional codes and an asymptotically optimum decoding algorithm. *IEEE Transactions on Information Theory*, 13 (2): 260–269. doi:10.1109/TIT.1967.1054010
- Wigmosta, M.S., Vail, L.W. and Lettenmaier, D.P., 1994. A distributed hydrology- vegetation model for complex terrain. *Water Resour. Res.*, 30(6), 1665-1679.
- Wigmosta, M.S., Lettenmaier D.P., 1999. A comparison of simplified methods for routing topographically driven subsurface flow. *Water Resour. Res.*, 35(1), 255-264.
- *** Atlasul Cadastrului Apelor din România. Partea 1. Date morfo-hidrografice asupra rețelei hidrografice de suprafață. Ministerul Mediului, 1992.
- *** Clima României, Ed. Academiei Române, 2008
- *** Geografia României. Institutul Național de Statistică București, 1987.
- *** Arhiva INHGA – Laboratorul de Studii și Cercetări Hidrogeologice
- *** 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.
- *** Planul de management al spațiului hidrografic Argeș-Vedea, 2009.
- *** Studiu Regional privind Agricultura și Dezvoltarea rurală în Regiunea Centru, 2011, Agenția pentru Dezvoltare Regională Centru.
- *** 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/>
- Sursa link: <http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/downloads5.0.html>

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