19-AMBIENTI D'ALTA QUOTA DELLE ALPI NORD-OCCIDENTALI

Descrizione generale del sito

Il sito è rappresentativo degli ambienti d'alta quota delle Alpi Nord-Occidentali In particolare comprende 6 aree, collocate secondo un gradiente altitudinale compreso dai 2100 ai 3000 m slm. Si tratta di ambienti dove la neve permane al suolo dai cinque agli otto mesi, caratterizzati da lariceti, peccete e praterie alpine con suoli a diverso grado evolutivo. Una stazione è inserita nella rete nazionale MONICSAM (Monitoraggio, Conoscenza e Sicurezza dell'Ambiente e dei Territori di Alta Montagna), coordinato dal dott. Massimo Pecci, Ricercatore EIM. Una delle stazioni è inserita nella rete mondiale del progetto GLORIA (GLobal Observation Research Initiative in Alpine Environments) coordinato dell'Università di Vienna (prof. G. Grabherr) e sottoposto a monitoraggio dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta (ARPA Valle d'Aosta), in collaborazione con il Parco Naturale Mont Avic. Una terza stazione costituisce il sito permanente di monitoraggio del permafrost e dello strato attivo realizzato e gestito da ARPA Valle d'Aosta a 3.100 m di quota. Infine una quarta stazione, a 2.100 m di quota, si colloca nel piano subalpino dominato da lariceti inframmezzati da superfici pascolive e da formazioni erbacee oggetto di recente abbandono. Tale sito è oggetto di osservazioni fenologiche e di misure di flussi di carbonio in prateria secondo i protocolli della rete CARBOITALY.

Stazioni di ricerca
(nome, sigla, localizzazione, comune, provincia, alt. s.l.m., lat., long., estensione)

- Passo Salati-Col d'Olen, **MOSSO** (Alagna Valsesia, 120 km N da Torino), 2901 m, + 412540 + 5081005; 10 plot di 25 m^2, collocati ad una quota compresa fra i 2500 e 2850 m slm.
- Mont Mars, **MARS** (Fontainemore, 90 km N da Torino), 2050 m, + 416196 + 5055232, 2 plot di 16 m2
- Mont Avic, **AVIC** (Champdepraz, 40 km E da Aosta), 2340 m, +390576 +5055915, 4 summit point per ognuno dei quali analisi in upper summit area (-5 m dal highest summit point), lower summit area (- 10 m), 4 quadrat cluster di 3m X 3m ognuno con 4 permanent quadrats (1x1 m)
- Colle Superiore di Cime Bianche, **CIME BIANCHE** (Valtournenche, 50 Km NE da Aosta), 3100 m, +398720 +5086095, 1 deep borehole (-41 m) , 1 shallow borehole (-6 m), 1 plot 10 X 40 m, 1 AWS
- Conca di Torgnon, **TELLINOD** (Torgnon, 40 Km NE da Aosta), 2100 m, +389680 +5077920, plot 2800 m2 + eddy tower
- Conca di Torgnon, **TRONCHANEY** (Torgnon, 40 Km NE da Aosta), 2100 m, + 388330 + 5075950, 5 permanent plots (superficie variabile) entro quadrato 250 x 250 m

Referente del sito (nome, indirizzo, tel./fax/e-mail)

Prof. Ermanno Zanini
Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali (Di.Va.P.R.A.), settore Chimica Agraria e Pedologia-Laboratorio Neve e Suoli Alpini
10095 Grugliasco TO)
Tel. +39 011 6708518 fax. +39 011 6708692 e-mail ermanno.zanini@unito.it

Istituto responsabile e persona di contatto (nome, indirizzo, tel./fax/e-mail)

Di.Va.P.R.A. – Università di Torino
Laboratorio Neve e Suoli Alpini
10095 Grugliasco (TO)
11020 Gressoney la Trinité (AO)
Dott. Michele Freppaz
Tel. +39 011 6708514 fax. +39 011 6708692 e-mail michele.freppaz@unito.it

ARPA – Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta
Area Operativa Cambiamenti Climatici
11020 Saint-Christophe (AO)
Dott. Umberto Morra di Cella
Tel +39 0165 278553 fax +39 0165 278555 e-mail u.morradicella@arpa.vda.it

Comunità biotiche principali

Lariceti subalpini, aree umide, tundra alpina, praterie d'alta quota, detriti della zona alpina, sub-nivale e nivale.

Ricerche in corso

Studi su flora e vegetazione

Analisi vegetazionale (incluso orizzonte muscinale) nel sito MOSSO; monitoraggio della abbondanza e della copertura della flora vascolare secondo la metodologia del progetto GLORIA, dettagliatamente descritta nel relativo sito web (www.gloria.ac.at) (AVIC). L'analisi sulla flora è stata realizzata nel 2001; il protocollo di rilievo prevede una ripetizione non prima di 5 anni. Sarà realizzata la ripetizione nel corso del 2009.

Analisi della variabilità interannuale del ciclo fenologiche del larice (dal 2005), analisi dei tassi di accrescimento mediante microcarote e dendrometri (da 2008), applicazione di modelli fenologici guidati da dati meteorologici e da dati telerilevati (TRONCHANEY).

Osservazioni fenologiche su prateria (Nardeto), misure di biomassa epigea e ipogea, analisi delle dinamiche di sequestro di carbonio e di produttività primaria netta (TELLINOD).

Caratterizzazione preliminare delle dinamiche degli inquinanti atmosferici (concentrazione di ozono e deposizioni umide) e loro effetto sulla vegetazione in sito remoto (AVIC).

Studi sul clima

Analisi di serie storiche di dati climatici in tutte le aree di studio e studio del pedoclima, studio dell'evoluzione dei parametri climatici a differenti quote (MOSSO, AVIC, CIME BIANCHE). In particolare presso l'Istituto Scientifico A. Mosso (MOSSO) sono disponibili serie storiche di dati a partire dal 1927.

Studio della robustezza delle tecniche di spazializzazione di dati meteo-climatici mediante confronto con sensori installati localmente.

Studi sui suoli

Dinamica della sostanza organica del suolo (MARS), variazioni del ciclo degli elementi nutritivi in relazione all'innevamento e al cambiamento climatico (MARS), caratteristiche chimico-fisiche dei suoli (in tutti i siti). Caratterizzazione della sostanza organica del suolo e valutazione dei tassi di emissione della CO_2, anche nel periodo invernale, con l'impiego di tecniche specifiche (Snow Flux Tower) (TELLINOD).

Studi sulla neve

Rilevamenti della copertura nevosa (MOSSO, MARS, CIME BIANCHE), analisi chimico-fisiche del manto nevoso (MOSSO, MARS, AVIC). Monitoraggio di alcune caratteristiche fisiche del manto nevoso (temperatura, densità, contenuto d'acqua) mediante sistema di misura automatica e misure periodiche manuali (CIME BIANCHE). Indagine sulla relazione fra altezza e isolamento termico del manto nevoso (CIME BIANCHE, MOSSO).

Studi sull'acqua

Rilevamenti della qualità dei corpi idrici superficiali nei siti MOSSO, a partire dal 2004, e MARS, a partire dal 2007.
Indagini specifiche sulla qualità di corsi d'acqua e dei numerosi laghi presenti nel sito AVIC; indagine (dal 2006) sull'effetto della pratica del pascolo sul chimismo delle torbiere (AVIC).

Studi sulla criosfera

Monitoraggio in continuo (dal 2006) del regime termico del substrato in zona soggetta a permafrost (CIME BIANCHE), determinazione del bilancio energetico della superficie e analisi dei principali parametri fisici del substrato interagenti con lo stato termico. Misura dello strato attivo (CIME BIANCHE). Misura della temperatura all'interfaccia neve/permafrost (MOSSO).

Storia del sito

Per quanto concerne il sito presso l'Istituto Scientifico A. Mosso (MOSSO), dal 1927 sono disponibili informazioni circa le variabili nivo-meteorologiche, grazie all'opera del Prof. Umberto Monterin, proseguita poi dal figlio Willy. Il Laboratorio Neve e Suoli Alpini opera anche presso lo storico Regio Osservatorio Meteorologico del Monte Rosa.

Dal 2002 sono in atto misure sulle caratteristiche chimiche e fisiche del manto nevoso su differenti substrati (suolo non

permanentemente gelato, permafrost, ghiaccio).

Nel sito MARS sono in atto dal 2004 misure in continuo di temperatura del suolo e di dinamica delle forme di azoto e carbonio del suolo, con particolare riferimento alle aree umide. Dal 2005 sono inoltre in atto misure sulle caratteristiche chimiche e fisiche del manto nevoso.

Nel sito AVIC sono disponibili i dati del progetto GLORIA dal 2001, le analisi relative alla concentrazione di ozono troposferico e alle deposizioni umide dal 2006 (sotto chioma, pineta di pino uncinato, e in campo aperto), nell'ambito del progetto Interreg Alcotra Italia-Francia COGEVA VAHSA.
Il sito di CIME BIANCHE, presso il quale si realizza dal 2006 il monitoraggio del permafrost e dello strato attivo, è stato oggetto di successive implementazioni a cura di ARPA Valle d'Aosta. La dotazione originale, costituita nel 2006 da una stazione meteorologica automatica, un sistema automatico per la misura in continuo di alcuni parametri fisici del manto nevoso e due catene termometriche collocate entro fori verticali, è stata integrata (nel 2008) da una seconda stazione meteorologica e un secondo sistema automatico per la neve, collocati in zona prossima al sito principale con lo scopo di analizzare la variabilità spaziale di numerosi parametri. La vicina stazione storica dell'Areonautica Militare (Plateau Rosa, 3450 m) consente di disporre delle serie dei principali parametri meteo-climatici a partire dal 1972.
A partire dall'inverno 2006/07 vengono realizzate regolarmente misure di densità e altezza del manto nevoso in diversi punti.

Le osservazioni fenologiche (e la misura locale di alcuni parametri meteo) sono state avviate nel 2005 presso il sito di TRONCHANEY. Dal 2006 sono inoltre in atto misure in continuo della temperatura del suolo che si aggiungono a campagne preliminari di misura della radiazione solare globale (1 anno completo in 3 settori diversi del plot) e della dinamica di accumulo e fusione del manto nevoso in zona boscata e in zona limitrofa priva di copertura arborea. Dall'estate del 2008 alle osservazioni fenologiche sono associate misure di accrescimento radiale (mediante microcarote) e misure di variazione diametrale di alcuni fusti mediante dentrometri automatici.

Le attività presso il sito di TELLINOD sono iniziate nell'estate 2008, periodo di installazione della strumentazione per il monitoraggio dei flussi di anidride carbonica (eddy tower) e di realizzazione delle prime osservazioni fenologiche, e altre indagini, sulla prateria alpina.

Dati raccolti
dati storici (tipo, frequenza ed eventuale banca dati)

- MOSSO: dal 1927 sono disponibili informazioni circa le variabili nivo-meteorologiche. Dal 2007 è iniziato un piano di monitoraggio della vegetazione, del suolo, dell'acqua e della neve, secondo uno specifico protocollo individuato in collaborazione con l'ARPA Piemonte.
- MARS: dal 2004 misure in continuo di temperatura del suolo e di dinamica delle forme di azoto e carbonio del suolo.
- AVIC: dal 2001 sono stati effettuati rilievi vegetazionali, monitoraggio delle variabili pedoclimatiche, dal 2005 monitoraggio delle deposizioni atmosferiche

dati attuali (tipo, frequenza ed eventuale banca dati)

dati fisici
MOSSO: Nel sito presso l'Istituto Scientifico A. Mosso, dal 2005, grazie alla collaborazione con il Comando Truppe Alpine-Servizio Meteomont, è in funzione una stazione automatica per la raccolta in continuo dei dati nivometeorologici e della temperatura del suolo a 10 cm di profondità ed all'interfaccia suolo/neve. Dal 2005 è in atto il costante monitoraggio dei fenomeni valanghivi nell'area in esame.
MARS: Nel sito della Riserva Naturale Mont Mars sono in atto dal 2004 misure in continuo di temperatura del suolo.
AVIC: nel Parco Naturale, dal 2001, è attivo il monitoraggio in continuo della temperatura del suolo e delle variabili meteo- climatiche. L'Ente Parco dispone, inoltre, di numerosi dataset di interesse riguardanti le componenti abiotiche e biotiche del proprio patrimonio.
dati chimici
MOSSO: Nel sito presso l'Istituto Scientifico A. Mosso dal 2005 è in atto il controllo annuale della qualità chimica delle acque dei Lago Bowditch e di Cimalegna. Dal 2002 vengono svolte analisi annuali sulle caratteristiche chimico-fisiche del manto nevoso sul ghiacciao di Indren (3400 m slm) e presso il Passo Salati. Dal 2003 è inoltre in atto la caratterizzazione chimico-fisica annuale di materiale organo-minerale depositato alla fronte del ghiacciaio di Indren. Dal 2007 è in corso il monitoraggio del suolo, della vegetazione, dell'acqua e del manto nevoso in 10m plot permanenti secondo un protocollo elaborato in collaborazione con l'ARPA-Piemonte.
Sono stati individuati 5 punti di monitoraggio. I siti sono stati scelti, sulla base delle indicazioni fornite dall'ARPA –

Piemonte, nel corso di un sopralluogo svoltosi nel Luglio 2007, sia guardando alle tipicità e rarità delle associazioni rinvenute, sia alle caratteristiche geomorfologiche dell'area seguendo, ovunque possibile, le linee di scorrimento è di ristagno delle meteoriche. Particolare attenzione è stata rivolta alle cenosi insistenti sui plateau d'altitudine.
Nella scelta delle aree si sono tenute in conto le specificità e le emergenze naturali presenti nei siti interessati, in particolare le rarità floristiche ben rappresentate nella zona come Senecio uniflorus, Saxifraga seguieri, Eritrichium nanum, e le peculiarità riscontrabili a livello di Habitat. Sotto questo aspetto, in particolare, è stata considerata significativa la vasta estensione di vegetazione di alta quota condizionata dalla morfologia subpianeggiante dell'altopiano di Cimalegna, occupata da vallette nivali con vegetazione condizionata dalla lunga durata della permanenza primaverile della coltre nevosa, mentre raramente a quote comparabili si hanno paesaggi con pendenze ridotte. Perciò una buona parte delle particelle di monitoraggio sono state poste in questo tratto del percorso, a quote superiori ai 2750 m.

Zona 1: 2500 m slm Le particelle si trovano su una conoide detritica con vegetazione ormai relativamente chiusa, in cui accanto a classiche specie dei detriti come Doronicum grandiflorum, Saxifraga aizoides, Achillea nana, compaiono anche specie di ambienti più stabili come Soldanella alpina, Homogyne alpina, Carex parviflora, Cirsium spinosissimum.
Zona 2: 2700 m slm Anche in questo caso la vegetazione appare poco tipificabile, con una commistione di specie delle praterie alpine e pascoli d'alta quota, come Geum montanum, Ligusticum mutellina, Campanula scheuchzeri, Ranunculus montanus, specie più resistenti all'elevato innevamento, come Gnaphalium supinum, e specie a vocazione pioniera, più resistenti in cenosi aperte, come Agrostis rupestris
Zona 3: 2850 m slm Vegetazione tipica di valletta nivale a dominanza di briofite legate specificamente a questi ambienti (Diversi Polytrichum, Anthelia julacea) condizionate dal lungo ristagno di neve e dall'apporto idrico fornito dallo scioglimento della stessa.
Zona 4: 2870 m slm Vegetazione di valletta nivale con una maggior componente di fanerogame, in particolare Salix herbacea, Minuartia sedoides, Saxifraga bryoides, Poa laxa, Saxifraga seguieri.
Zona 5 : 2880 m slm, Pascolo alpino acidofilo delle aree di lunga stabilità, con Carex curvula, Leontodon helveticus, Agrostis rupestris, Festuca alpina, Senecio uniflorus, in cui si inserisce come presenza sporadica, sempre a segnalare la brevità del periodo vegetativo e lo scioglimento tardivo delle nevi, il Salix herbacea

Nelle aree di saggio, oltre al monitoraggio della vegetazione, si prevede un monitoraggio dei suoli con il fine di valutare la coltre pedologica dal punto di vista chimico-fisico. In particolare, le proprietà chimiche del suolo che verranno rilevate sono il pH, la conducibilità elettrica, i cationi scambiabili (Na^+, $K^{+,}$ Ca^{2+}, Mg^{2+}), le forme di azoto inorganico (NH_4^+, NO_3^-), i solfati (SO_4^{2-}) e i cloruri (Cl^-). Tra le proprietà fisiche verranno rilevate l'umidità e la temperatura del suolo.
Inoltre, i suoli non dovranno essere osservati solo dal punto di vista chimico-fisico ma anche biotico. I tal senso, i rilievi saranno condotti in modo tale da consentire all'ARPA - Piemonte l'analisi degli indici di pedofauna.
Si prevede inoltre il monitoraggio della qualità chimiche efisiche del manto nevoso.

Inoltre, grazie alla presenza della stazione nivometeorologica automatica del Col d'Olen (2901 m slm) della rete del Comando Truppe Alpine – Servizio Meteomont, con cui l'Università ha in atto una convenzione, si intende analizzare l'andamento dei parametri nivometeorologici, approfondendo in particolare l'interazione tra copertura nevosa e proprietà del suolo, quali ad esempio le sue caratteristiche termiche.

Sia per il monitoraggio del suolo che della neve e delle acque i dati ottenuti verranno trattati statisticamente con il software SPSS.

MARS: Nel sito della Riserva Naturale Mont Mars fin dal 2004 si svolgono regolarmente indagini sulle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli, con particolare riferimento alle aree umide che caratterizzano questa Riserva Naturale della Regione Valle d'Aosta. Inoltre, fin dal 2005, è presente un sito di monitoraggio nell'ambito del progetto MONICSAM (Monitoraggio, Conoscenza e Sicurezza dell'Ambiente e dei Territori di Alta Montagna), coordinato dal dott. Massimo Pecci, Ricercatore EIM. Si tratta del Progetto "Profilo Chimico Ambientale Speditivo del Manto Nevoso". A partire dalla stagione invernale 2005-2006 sul territorio nazionale è stata attivata una collaborazione per il controllo speditivo del chimismo della neve in situ, in termini di pH e conducibilità elettrica, nel corso delle operazioni di routine per l'analisi stratigrafica del manto nevoso. Le unità operative coinvolte sono le seguenti:

- EIM al Gran Sasso d'Italia
- CVA-ARPA Veneto sulle Dolomiti Bellunesi
- Centro Nivometeo di Bormio in Valtellina
- Meteo Svizzera per l'area del ghiacciaio Basodino
- Università degli Studi di Torino (DIVAPRA-LNSA) per l'area della Riserva Naturale Mont Mars in Valle d'Aosta.

AVIC: Nel sito del parco, nel corso degli anni 2005 e 2006 è stata condotta una attività volta a fornire un quadro

complessivo sulle deposizioni di inquinanti e sulle concentrazioni di ozono nell'area del Parco nonché sui rischi potenziali a cui la vegetazione è sottoposta. Tale attività è stata condotta nell'ambito del progetto Interreg Alcotra Italia-Francia COGEVA VAHSA. Al fine di comprendere le relazioni fra inquinanti e vegetazione forestale, all'interno di tale area, sono state selezionate stazioni per il campionamento in radura (Open Field, OF) e stazioni per il campionamento sottochioma (Through Canopy, TC), queste ultime localizzate all'interno di popolamenti di Pinus uncinata. Pertanto sono state monitorate le caratteristiche chimiche delle precipitazioni e sono state fornite indicazioni quantitative riguardanti la presenza di ozono troposferico. I criteri utilizzati per lo studio della composizione chimica delle precipitazioni ricalcano in linea generale quelli presentati dal programma CONECOFOR.
Il campionamento delle deposizioni è stato eseguito mediante appositi campionatori (deposimetri); nella zona sottochioma sono stati posizionati 8 deposimetri, mentre in quella in campo aperto (OF) ne sono stati impiegati 3. I deposimetri utilizzati sono di tipo bulk che consentono un campionamento di tipo continuo.
Le concentrazioni di ozono sono state valutate attraverso l'impiego di campionatori di tipo passivo, attualmente molto sfruttati nel monitoraggio realizzato in aree rurali e montane rispetto ai campionatori di tipo automatico. Gli analizzatori utilizzati sono della stessa tipologia adottata presso le aree permanenti del programma CONECOFOR. I campionatori in OF sono stati collocati al centro della radura in modo da garantire un'adeguata distanza dai popolamenti arborei circostanti; la selezione delle aree TC è stata effettuata cercando situazioni il più possibile omogenee da un punto di vista morfologico-vegetazionale.

Inoltre, durante il periodo primaverile-estivo del 2005, sono state realizzate misure atte a valutare l'efficienza fotosintetica delle piante, mediante la tecnica della fluorescenza della clorofilla a con lo scopo di ricavare alcune informazioni relative alle condizioni di stress indotte da elevate concentrazioni di ozono nei confronti della vegetazione.
L'approccio adottato consiste nell'utilizzo di un fluorimetro attivo portatile, Handy-PEA, (Hansatech Inst., UK) per il calcolo dei parametri di fluorescenza Fv/Fm e P.I. (Performance Index), funzionali alle analisi descritte. Per realizzare queste misure sono stati selezionati 3 individui di Pinus uncinata nei pressi della radura e 3 all'interno del bosco.
Infine, in relazione all'importanza degli ambienti di torbiera per il sito AVIC (ne sono censite 20 distribuite nei piani vegetazionali montano, subalpino e alpino del parco con una maggiore frequenza fra i 1700 ed i 2200 m di quota), e alla necessità di coniugare le esigenze di conservazione con l'impiego delle risorse ai fini pastorali, è stato condotto negli anni 2005 e 2006 il monitoraggio delle caratteristiche idrochimiche delle torbiere, finalizzato ad evidenziare fenomeni di alterazione chimico - fisica causati dalle pratiche zootecniche. Su 5 torbiere (pascolate e non pascolate) sono stati prelevati campioni di acqua (superficiale e interstiziale) per la determinazione in laboratorio di un set di analiti e sono state effettuate misure di campo di diversi parametri chimico-fisici. Il monitoraggio è stato organizzato ipotizzando un'alterazione acuta delle caratteristiche idrochimiche delle torbiere pascolate a causa delle deiezioni del bestiame. Le campagne di misura e prelievo campioni sono state pertanto strutturate in modo da ottenere dati prima dell'inizio del pascolo e a fine periodo di alpeggio. Gli analiti considerati sono: forme di azoto inorganico (NH4+, NO3-, NO2-), azoto totale (N_{tot}), cationi scambiabili (Mg^{2+}), solfati (SO42-), domanda chimica di ossigeno (COD) e fosforo totale (P_{tot}). Tra le proprietà chimiche del suolo sono stati misurati il pH, la conducibilità elettrica, l'ossigeno disciolto e il tasso di saturazione. In più, contestualmente ai rilievi di cui sopra, è stata misurata la temperatura dell'acqua.

dati biotici:

in tutti i siti analisi vegetazionali annuali (incluso orizzonte muscinale). Nel sito TRONCHANEY è avviato dal 2005 il monitoraggio delle variazioni interannuali del ciclo fenologico di Larix decidua. Tale attività, che vede la collaborazione di ARPA Valle d'Aosta con il Dipartimento di Biologia Vegetale (UNITO) e il Laboratorio di Telerilevamento delle Dinamiche Ambientali (UNIMIB), è condotta mediante l'integrazione di metodi di indagine differenti. La definizione del sito a terra è stata fortemente condizionata dall'impiego del sensore MODIS come fonte dei dati telerilevati. Pertanto è stata individuata un'area sufficientemente estesa (500 m x 500 m), con prevalente esposizione meridionale, non eccessivamente pendente ed omogenea dal punto di vista morfologico strutturale. All'interno dell'area sono stati individuati 2 transetti intersecanti, lungo i quali sono stati definiti 5 sub-plot distribuiti secondo un gradiente altitudinale. In ogni sub-plot sono individuate 10 piante oggetto di osservazione fenologica. Al fine di caratterizzare al meglio il popolamento forestale sono state condotte apposite indagini: cavallettamento totale, misura di età, incremento, altezza, *Leaf Area Index*, copertura delle chiome, dello strato arbustivo e di quello erbaceo. Inoltre è stata realizzata una specifica analisi vegetazionale che ha permesso di rilevare specie caratteristiche del Vaccinio-Piceion, con presenza cospicua di *Calamagrostis villosa*; pertanto la vegetazione è attribuita al *Larici-Pinetum cembrae*, subass. *calamagrostietosum* (J.-L. Richard 1968).
Le osservazioni fenologiche, condotte riferendosi ad uno specifico protocollo di rilievo, sono effettuate con frequenza settimanale sia ad inizio stagione vegetativa, sia in senescenza. Sulla base di tali osservazioni (realizzate su un totale di 30 piante) si definisce la data di inizio e fine stagione e la durata della stessa.
Al fine di realizzare confronti tra fisiologia e fenologia dei popolamenti forestali in aree di montagna è stata analizzata la variazione temporale di parametri chiave della fotosintesi attraverso misure di fluorescenza attiva, realizzate con un fluorimetro diretto, e la determinazione spettrofotometrica delle concentrazioni dei pigmenti fogliari (clorofilla a e b e carotenoidi). Tali misure sono state realizzate su aghi campione prelevati dagli individui oggetto di osservazioni fenologiche.

Parallelamente alle osservazioni a terra, e con lo scopo di poter sviluppare e validare strumenti in grado di distribuire spazialmente le osservazioni fenologiche o strumenti in grado di simulare l'andamento della stagione vegetativa, sono stati messi a punto modelli fenologici basati su immagini satellitari acquisite dal sensore MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). In particolare sono impiegati i dati di NDVI, giornalieri e composti a 16 giorni, con risoluzione spaziale di 250 m. Sulla base di tali informazioni, e successivamente ad operazioni di filtraggio ed all'applicazione di appositi algoritmi di calcolo, è possibile produrre (a partire dal 2000) mappe fenologiche indicanti la data di inizio e di fine della stagione vegetativa e derivarne la lunghezza per ogni anno.

Per la previsione delle date relative alle diverse fasi fenologiche sono stati impiegati sia metodi basati sul calcolo delle somme termiche, sia metodi che si basano sulla conoscenza di parametri quali fotoperiodo, temperatura dell'aria e deficit di pressione di vapore (VPD). Si tratta di modelli matematici funzionali a predire l'andamento della vegetazione nel corso della stagione a partire da dati climatici, proprio perché il clima è il principale promotore della sincronizzazione delle fenofasi; sono metodi semi empirici, che sono stati calibrati con le osservazioni dirette delle fasi di fogliazione o di senescenza.
Vengono applicati sia il modello *spring warming* (SW), che si basa sul concetto che una determinata fase fenologica si manifesta quando viene raggiunto un determinato livello di somme termiche (*forcing units*), sia il modello GSI (*Growing Season Index*), basato sull'azione limitante svolta dalle variabili climatiche sullo sviluppo fogliare e sul ciclo fenologico. Attraverso l'impiego del GSI è possibile fornire non solo la data di inizio ma anche di fine stagione.
Il sito TRONCHANEY è attualmente oggetto di ulteriori indagini con le quali si intende, nell'ottica del monitoraggio di lungo termine, analizzare le dinamiche di produttività delle formazioni forestali: in particolare, dal 2008 sono analizzati gli accrescimenti di alcuni alberi "fenologici" mediante la tecnica delle microcarote per l'analisi del tasso e delle dinamiche di accrescimento stagionale (con frequenza settimanale) e attraverso misure di variazioni diametriche dei fusti (con dendrometri automatici).
Le attività sopra descritte, a meno di ulteriori implementazioni strumentali e analisi di dettaglio, è svolta nell'ambito delle attività istituzionali dall'ARPA Valle d'Aosta.

Il sito di TELLINOD, primo sito di misurazione dei flussi di CO_2 in Valle d'Aosta e primo punto oggetto di indagini secondo i protocolli della rete CARBOITALY, è attualmente strumentato con la sensoristica necessaria all'applicazione della tecnica di correlazione turbolenta (eddy covariance). Parallelamente alla determinazione dei flussi ecosistemici di CO2, vapore acqueo, calore latente e sensibile, sono rilevati ulteriori dati relativi alla formazione vegetale oggetto di indagine (biomassa epigea, ipogea, LAI, fenologia, …). Tali parametri, parzialmente indagati nel corso della prima estate (2008), saranno approfonditi nel corso del 2009.
Le attività prevedono inoltre l'applicazione di misure radiometriche puntuali (*proximal sensing*) per la stima di indici di vegetazione (es. *Photochemical Reflectance Index, Steady-state fluorescence parameters*, …) utili per l'implementazione di modelli basati sul LUE approach per la determinazione del photosynthetic rate a partire da dati iperspettrali remoti.

AVIC: i rilievi della vegetazione sono stati effettuati (2001) e saranno realizzati nel corso dell'estate 2009 secondo le specifiche indicate dal protocollo del progetto GLORIA (*Multi-Summit Approach*). In sintesi, sono state individuate 4 aree sommatali (*summit regions*) con caratteristiche morfologiche e di uso predefinite. Tre di queste sono collocate all'interno del Parco Naturale Mont Avic (rispettivamente a 2340, 2585 e 2790 m di quota), la quarta si situa in comune di Valtournenche (AO) a 3.100 m circa).
Il protocollo di rilievo di GLORIA definisce diverse porzioni dell'area sommitale dove effettuare un campionamento con livelli di dettaglio differenziati:

- quadrati permanenti di 1m x 1m, all'interno dei quali si effettuano misure di composizione specifica, copertura, abbondanza e frequenza mediante l'utilizzo di un reticolo di 100 celle di 0,1 m x 0,1 m. Sono previsti 4 quadrati permanenti per ognuna delle 4 direzioni cardinali per ogni area sommitale;
- settori sommitali, ovvero 4 aree nella porzione di rilievo compresa entro -5 m di dislivello dalla cima e altrettante nella zona di quota compresa tra -5 e -10 m di dislivello dalla cima. All'interno dei settori sono stati effettuati: l'inventario di tutte le specie presenti, la stima della copertura vegetale e la determinazione dei valori di abbondanza di ogni specie per effettuare un confronto tra la ricchezza specifica di diversi campionamenti ed evidenziare la comparsa di nuove specie.

Di tutte le aree e le sub aree di campionamento è inoltre prodotta una ricca documentazione fotografica fondamentale per effettuare i campionamenti futuri negli stessi settori e verificarne le eventuali variazioni.
In corrispondenza di ogni area sommitale è posizionato un datalogger per l'acquisizione in continuo dei valori di temperatura del suolo (a 10 cm di profondità).
La realizzazione dei nuovi rilievi nel corso dell'estate 2009 è interamente a carico di ARPA Valle d'Aosta e sarà supportata dal Dipartimento Biologia Vegetale (UNITO).

dati sui processi:
dinamica ed evoluzione della sostanza organica del suolo, dinamica dei nutrienti nel suolo, pedogenesi in ambienti d'alta quota, impatto dei cambiamenti climatici sulla criosfera.

dati minimi garantiti a lungo termine
in tutti i siti: campionamenti della vegetazione, caratterizzazione dei suoli, misure climatiche e pedoclimatiche. Nei siti MARS e MOSSO le attività di monitoraggio sono finanziate almeno fino al 2011.

Accesso ai dati
Su richiesta scritta e motivata con obbligo di citazione della fonte.

Strutture disponibili (laboratori, strumentazione, mezzi per effettuare prelievi, strutture ricettive, ecc.)
Laboratori per l'analisi chimica, chimico-fisica e mineralogica dei suoli, analisi chimica e fisico-chimica delle acque e della neve. Stazioni nivo-meteorologiche automatiche. Strumentazioni per l'analisi ed il campionamento dei suoli, delle acque e della neve. Strumenti geodetici e software GIS. Strutture ricettive in alta quota, presso l'Istituto A. Mosso e il Parco Naturale Mont Avic.

Progetti di ricerca ed enti finanziatori
Progetti INTERREG III A e III B, Convenzioni, Progetti di ricerca di rilevante interesse nazionale COFIN, Convenzioni con Comuni ed Altri Enti territoriali.

Collaborazioni in atto
Regione Autonoma Valle d'Aosta (vari Assessorati)
Parco Naturale Alta Valsesia (Varallo Sesia - VC)
Comando Truppe Alpine-Servizio Meteomont
AINEVA
Provincia di Torino, Servizio Difesa del Suolo
Riserva Naturale Mont Mars
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta (ARPA)
CNR-IREA MIlano
WSL-SLF Birmensdorf-Davos
Politecnico di Torino
Politecnico di Milano
Università Politecnica delle Marche
INSTAAR Università del Colorado USA
BOKU Vienna
Università del Galles (Bangor)
Università Statale di Mosca (Lomonosov)
Università di San Pietroburgo
Università di Uppsala

Bibliografia principale

1. Freppaz M., Lunardi S., Bonifacio E., Scalenghe R., Zanini E. (2002). *Ski slopes and stability of soil aggregates*. In: Pagliai M., Jones R. (Eds.) Advances in GeoEcology 35, Sustainable Land Management-Environmental Protection, Catena Verlag, Reiskirchen, Germany, ISBN 3-923381-48-4. pp.125-132.
2. Wipf S., Rixen C., Freppaz M., Stockli V. (2002). *Ski piste vegetation under artificial and natural snow: patterns in multivariate analysis.* In: Bottarin, R., Tappeiner, U. (Eds.) Interdisciplinary Mountain Research, Blackwell Verlag GmbH, Berlin, Wien, ISBN 3-8263-3434-5 pp. 170-179.
3. Freppaz M., Celi L., Stockli V., Phillips M. (2003). *Results of a first study on tree growth and soil characteristics at a cold site located below the limit of discontinuous alpine permafrost*. Sessione poster. 8th International Conference on permafrost, Zurich, 21-25th July 2003. Wilfried Haeberli & Dagmar Brandove (Ed.) pp 39-40.
4. Freppaz M., Rosso, F., Celi, L., Phillips M., Stockli V., Zanini, E. (2004). *Soil temperature and nutrient dynamics at a cold scree slope located below the limit of discontinuous alpine permafrost*. Sessione poster. European Geosciences Union 1st General Assembly Nice, France, 25 - 30 April 2004. Geophysical Research Abstracts, vol.6, 07463.

5. Zanini E., Freppaz M (2006). *Effetti del cambiamento del regime delle precipitazioni nevose sulla temperatura del suolo e sul ciclo dei nutrienti in pedoambienti alpini*. Ital. J. Agron. 3: 577-585.
6. Freppaz M., Marchelli M., Viglietti D., Bruno E., Zanini E. (2006) *Suoli più freddi in un mondo più caldo? Il ruolo della neve nel condizionare la temperatura e la vita del suolo*. Neve e Valanghe (ISSN 1120-0642) 58: 74-81.
7. Pecci M., D'Aquila P., Valt M., Kappenberger G., Freppaz M., Dellavedova P., Filippa G. (2006) *Il profilo chimico-ambientale speditivo del manto nevoso*. Neve e Valanghe (ISSN 1120-0642) 58: 90-105.
8. Barni E., Freppaz M., Consolata S. (2007) *Interactions between vegetation, roots and soil stability in restored high altitude ski runs on the Western Alps, Italy.* Arctic Antarctic and Alpine Research 39, n.1: 25-33.
9. Freppaz M., Williams B.L., Edwards A.C., Scalenghe R., Zanini E. (2007*) Labile nitrogen, carbon and phosphorus dynamics at low temperatures in seasonally snowcovered soils (NW Italy).* Biology and Fertility of Soils 43: 519-529.
10. Edwards A.C., Scalenghe R., Freppaz M. (2007) *Changes in the seasonal snow cover of alpine regions and its effect on soil processes: a review*. Quaternary International 162-163: 172-181.
11. Freppaz M., Williams B.L., Edwards A.C., Scalenghe R., Zanini E. (2007) *Simulating soil freeze/thaw cycles typical of winter alpine conditions: implications for N and P availability.* Applied Soil Ecology 35: 247-255.
12. Filippa G., Lipzin D., Seok B., Chowanski K., Helmig D., Williams M. W., Zanini E., Freppaz M. (2007). *A Comparison of Summer and Winter CO2 Fluxes From a Seasonally Snow-Covered High Alpine Meadow at Niwot Ridge, Colorado.* Comunicazione orale. American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco (US), December 2007. C32A-02.
13. Freppaz M., Rosso F., Stockli V., Phillips M., Celi L., Zanini E. (2008) *A cold site located below the limit of discontinuous alpine permafrost: Soil nutrient dynamics and plant characteristics*. In Tian-Xiao Liu (Ed.) Soil Ecology Research Developments. Nova Publisher, New York, ISBN 1-60021-971-3. pp. 197-216.
14. Rixen C., Freppaz M., Stoeckli V., Huovinen C., Huovinen K., Wipf S (2008) *Altered snow density and chemistry change soil nitrogen mineralization and plant growth*. Arctic Antarctic and Alpine Research vol. 40 n.3: 568-575.
15. Freppaz M, Marchelli M, Celi L, Zanini E (2008) *Snow removal and its influence on temperature and N dynamics in alpine soils (Vallée d'Aoste - NW Italy).* Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171: 672-680.
16. Stanchi S., Freppaz M., Oberto E., Caimi A., Zanini E. (2008). *Plastic and liquid limits in Alpine soils: methods of measurement and relations with soil properties*. Advances in Geoecology 39: 594-604.
17. Maggioni M., Freppaz M., Piccini P., Zanini E. (in stampa). *Snowpack evolution on the Indren glacier (NW Alps, Italy) under different meteorological conditions.* Arctic Antarctic and Alpine Research.
18. Freppaz M., Agnelli A., Drusi B., Stanchi S., Galliani C., Revel Chion V., Zanini E. (2008) *Soil quality and fertility: studies in the Valle d'Aosta.* In: Fontanari E. e Patassini D. (Eds.) Terraced landscapes of the Alps, Projects in Progress. Marsilio Editori, Italy, ISBN 978-88-317-9486 pp. 37-39.
19. Moeckel C., Pizzetto L., Di Guardo A., Steinns E., Freppaz M., Filippa G., Camporini P., Benner J., Jones KC (2008) *Persistent organic pollutants in boreal and montane soil profiles distribution, evidence of processes and implications for cycling*. Environ. Sci. Technol. 42: 8374-8380.