

Meteorologia e climatologia nel sistema educativo italiano -alcuni spunti di riflessione

Luigi Mariani (*MULSA/Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura*)

Submitted June 1, 2017 accepted June 30, 2017

Abstract

Meteorology and climatology (M&C) are two reference sciences of the climate system which comprehends the whole planet (lands, atmosphere, oceans, biosphere, continental and sea ice) and is mainly driven by astronomic factors. Meteorology is the science of weather and it is strictly related to climatology, a statistical abstraction which considers weather over long time spans. Moreover the concept of climate change (change in frequency and persistence of different climatic variables) is strictly related to climatology. By the historical point of view, since their foundation by Aristotle, M&C are important tracers of the scientific progress, becoming with Galileo the lead of the scientific revolution of the seventeenth century (Galileo's school invented the earliest meteorological instruments - thermometer, pluviometer, barometer, evaporimeter - and created the oldest meteorological network of the world). The epistemological interest of Galileo for M&C was perhaps due to the fact that these sciences show in an effective and immediate way the link between observations/measurements and interpretations/models which characterized his new scientific method (*nuova scienza*). This is because the meteorological phenomena (clouds, wind, rainfall, etc.) are often under our senses and the observations/measurements are relatively simple if compared with other scientific fields. By the social and economic point of view, weather variables (radiation, temperature, relative humidity, wind, evapotranspiration, cloud cover and so on) are fundamental driving variables for natural and anthropised ecosystems. For this reason M&C affect significantly all human activities (agriculture, trade, transport, tourism, health care, construction, public works, civil protection, etc.). In view of the abovementioned aspects, some evaluations about education in M&C are developed with reference to the Italian education path, organized in primary, lower secondary (middle school), upper secondary (high school) and university. More specifically, primary and lower secondary schools could give a basic education in meteorology and climatology in the broader field of the natural sciences. The case of upper secondary school is a little bit more complicated because in schools directly related to the world of work the knowledge of some specific areas of M&C is important for professional aims (e.g.: agrarian schools, aeronautical schools, nautical schools) while a more general approach related for example to the teachings of physics or geography may be more profitable for secondary schools focusing on humanities or science (*liceo classico* and *liceo scientifico*). Finally universities should take charge of educational activities that enable graduates to understand the basic mechanisms of the climate system and take advantage of technological innovations (new



measuring instruments, new techniques of analysis and prediction and so on). After the end of the education path, specific master degrees could cover, at least within a certain extent, the residual knowledge gap.

Riassunto

Meteorologia e climatologia (M & C) sono due scienze di riferimento del sistema climatico, il quale comprende l'intero pianeta (terre emerse, atmosfera, oceani, biosfera, ghiacci continentali e marini) ed è principalmente guidato da fattori astronomici. La meteorologia è la scienza del tempo atmosferico ed è strettamente collegata alla climatologia, un'astrazione statistica che tiene conto del tempo su periodi di tempo lunghi (decenni e più). Correlato alla climatologia è il concetto del cambiamento climatico, che è il cambiamento di frequenza e persistenza delle diverse variabili climatiche. Dal punto di vista storico, a partire dalla loro fondazione come scienze che si deve ad Aristotele, M&C sono state importanti traccianti del progresso scientifico, divenendo con Galileo la guida della rivoluzione scientifica del XVII secolo (la scuola di Galileo è benemerita per aver inventato i primi strumenti meteorologici - Termometro , pluviometro, barometro, evaporimetro - e la prima rete meteorologica mondiale, la rete dell'Accademia del Cimento). L'interesse epistemologico di Galileo per M&C è forse dovuto alla rilevanza di M&C per mostrare in modo efficace e immediato il legame tra osservazioni/misurazioni da un lato e interpretazioni/modelli dall'altro che caratterizza il nuovo metodo scientifico da lui proposto (scienza nuova). Infatti i fenomeni atmosferici (nubi, vento, piogge, ecc) sono spesso sotto i nostri occhi e le osservazioni/misurazioni sono relativamente semplici rispetto ad altri settori scientifici. Dal punto di vista socio-economico, le variabili meteorologiche (radiazione, temperatura, umidità relativa, vento, evapotraspirazione, copertura nuvolosa e così via) sono variabili guida fondamentali per gli ecosistemi naturali e antropizzati e per questo motivo M&C influenzano in modo significativo tutte le attività umane (agricoltura, commercio, trasporti, turismo, sanità, edilizia, lavori pubblici, protezione civile, ecc.). In considerazione degli aspetti sopraelencati, alcune valutazioni circa la didattica in M&C sono sviluppate con riferimento al percorso formativo italiano organizzato in scuola primaria, secondaria inferiore, secondaria superiore e università. Più in particolare le scuole primarie e secondarie inferiori potrebbero dare una formazione di base in M&C viste nel più vasto ambito delle scienze naturali. Il caso della scuola secondaria superiore è un pò più complicato perché nelle scuole direttamente connesse con il mondo del lavoro (ad es. scuole agrarie, scuole aeronautiche, scuole nautiche) la conoscenza di alcune specifiche aree di M&C è importante per scopi professionali immediati mentre un quadro più generale e legato alle scienze naturali potrebbe risultare più utile per i licei. Infine le università dovrebbero farsi carico di attività didattiche che consentano ai laureati di comprendere i meccanismi fondamentali del sistema climatico e di usufruire di innovazioni tecnologiche (nuovi strumenti di misura, nuove tecniche di analisi e previsione e così via). Al termine del percorso di formazione, specifici master potrebbero, almeno entro certi limiti, far fronte al divario di conoscenze residuo.



Premessa

Premetto di non avere una conoscenza aggiornata in merito alla struttura dei corsi della scuola primaria e secondaria ove sono stato chiamato in passato da maestri e professori a tenere brevi conferenze su temi legati alla meteorologia e alla climatologia (M&C), materie che con riferimento alle applicazioni agricole ho insegnato per molti anni (dal 1992 al 2008) e sempre con incarichi a contratto alla facoltà di agraria dell'Università degli Studi di Milano. Ho inoltre occasione di valutare il livello di preparazione in M&C di laureati in occasione di master post-universitari in cui svolgo incarichi di docenza.

Alla luce di tali esperienze didattiche scrivo pertanto queste brevi note con lo scopo di porre in evidenza gli aspetti di M&C che mi paiono più rilevanti in termini didattici e che dovrebbero dunque attrarre l'attenzione dei docenti che operano nei diversi livelli del nostro sistema educativo. Tali considerazioni esulano totalmente dal tema della laurea in meteorologia il cui scopo è quello di formare meteorologi e climatologi ma si rivolgono unicamente al tema di M&C viste come discipline esemplari e dunque degne a mio parere avviso di lasciare una traccia nella cultura generale e nella cultura professionale di base di coloro che escono dal percorso educativo italiano con un diploma o una laurea triennale o specialistica.

Occorre in premessa dire che la meteorologia intesa come scienza dei fenomeni atmosferici nasce con Aristotele e percorre l'intera avventura scientifica fino ai giorni nostri, assurgendo con Galileo al ruolo di protagonista della rivoluzione scientifica del XVII secolo. Dalla meteorologia deriva la climatologia, un'astrazione statistica che considera i fenomeni meteorologici su archi di tempo lunghi, dell'ordine dei decenni e più. Alla climatologia si lega il concetto di



cambiamento climatico, inteso come variazione di frequenza e persistenza dei fenomeni oggetto di indagine climatologica.

Meteorologia e climatologia - spunti di interesse per la didattica

"We cannot hope to understand the causes of climatic stability or change by restricting ourselves to any one field of earth science. Nature is ignorant of how our universities are organized" (Weyl, 1968).

"Noi dunque desidereremmo di essere liberati una volta per tutte da codesto incubo della meteorologia, che consuma metà delle nostre forze senza alcuna soddisfazione" (Schiaparelli, 1875).

Queste due frasi, pronunciate a così lunga distanza di tempo l'una dall'altra e in contesti totalmente diversi, sono espressione di due atteggiamenti culturali peculiari e che spesso ritroviamo anche nel dibattito odierno: da un lato la preoccupazione di Peter K. Weyl per il fatto che una sana interdisciplinarietà, che coinvolga la meteorologia e la climatologia, appaia sempre più lontana dagli obiettivi di un mondo accademico che fa della specializzazione sempre più spinta il proprio fine ultimo, fino al paradosso del "saper tutto di niente"; dall'altro l'ostilità per la meteorologia espressa da Giovanni Virginio Schiaparelli, uno dei massimi scienziati italiani del XIX secolo, cui la necessità di garantire la continuità delle misure meteorologiche nell'Osservatorio di Brera (allora gli osservatori erano contemporaneamente meteorologici, astronomici e a volte anche sismologici), rubava tempo prezioso alle amate ricerche in campo astronomico.

Aldilà degli elementi di verità che emergono da ambedue le posizioni, trovo quella di Weyl molto più vicina al mio sentire in quanto sono convinto che l'approccio sistemico ai fenomeni naturali si riveli essenziale per la comprensione degli stessi. Un tale



approccio spinge ad interpretare il reale alla luce della densa rete di cause che sono alla sua base e si richiama in ultima analisi alla frase di Galileo secondo cui *“...le cognizioni più eccellenti delle cose naturali <si ottengono> con gli studii e contemplazioni fatte sopra questo grandissimo libro che essa natura continuamente tiene aperto innanzi a quelli che hanno occhi sulla fronte e nel cervello”* (Galileo, 1611) ove per *“occhi sulla fronte”* deve intendersi la nostra capacità di misurare e osservare e per *“occhi nella mente”* quella di interpretare quanto osserviamo e misuriamo.

Occorre a questo punto dire che in moltissimi ambiti delle scienze naturali gli *“occhi sulla fronte”* sono rivolti alle grandezze atmosferiche (radiazione, temperatura, umidità relativa, vento, evapotraspirazione, copertura nuvolosa, ecc.) poiché queste sono variabili guida essenziali per gli ambienti naturali e antropizzati. Inoltre il tempo atmosferico assieme a quella sua astrazione statistica che è correntemente indicata come clima condizionano in modo rilevante tutte le attività umane (agricoltura, commercio, trasporti, turismo, sanità, edilizia, lavori pubblici, protezione civile, ecc.), per cui l’interesse economico associato ad una conoscenza approfondita di tali variabili è sempre più rilevante.

Si osservi inoltre che le variabili atmosferiche sono passibili di osservazione visiva e di misura mediante strumenti relativamente semplici e dunque costituiscono una palestra ideale per avvicinare lo studente alle scienze della natura e allo studio e misura sistematica dei fenomeni naturali.

Si ricorda inoltre che a livello storico la meteorologia può essere proposta come un ottimo esempio di scienza sperimentale. Infatti Galileo applicò la sua *“scienza nuova”* ai due settori dell’astronomia e della meteorologia e ciò spiega perché la scuola galileiana mise a



punto i primi strumenti meteorologici (Galileo stesso inventò il termometro, Castelli il pluviometro e l'evaporimetro e Torricelli il barometro) che poi abili artigiani provvidero a replicare in molti esemplari che furono diffusi a livello italiano ed europeo, rendendo così possibile la nascita della prima rete meteorologica osservativa mondiale (Camuffo e Bartolin, 2012).

L'educazione alla meteorologia e alla climatologia

Chi vive in Italia osserva che le perturbazioni arrivano mediamente da ovest e, se abita al Nord, si accorge che la stagione dei temporali si protrae da marzo a novembre mentre se vive al sud tale stagione si estende all'anno intero. Ancora, chi vive nelle pianure del Nord ha una percezione del tempo atmosferico frutto di una "ricetta" che prevede mediamente 180-220 giorni di anticiclone con tempo stabile e soleggiato, 15-25 giorni di foehn alpino con tempo limpido e ventoso, 80-100 giorni di perturbazioni atlantiche o minimi mediterranei con tempo piovoso e così via. Sulle cause di tali comportamenti è di solito "nebbia fitta" in quanto ai più manca una cultura meteorologica e climatologia di base. A ciò si aggiunga che sui mezzi di comunicazione di massa appare sempre più spesso il concetto di *cambiamento climatico*. Tuttavia tale concetto è il più delle volte espresso da giornalisti totalmente privi di cultura meteorologica e climatologica di base, per cui emergono affermazioni che, oltre a risultare raccapriccianti per chi si occupa a livello professionale di tali tematiche, finiscono con l'inculcare nei lettori dei preconcetti totalmente privi di fondamento¹.

¹ Al riguardo segnalo come paradigmatico l'articolo "La Terra mai così calda da 500 milioni di anni" (Corriere della sera del 24 luglio 2003 - <http://www.archiviostampa.it/it/articoli/art.aspx?id=2451>) a firma di Giovanni Caprara, attuale presidente dell'Unione dei Giornalisti Scientifici Italiani. Il titolo



In ragione di quanto sopra, l'educazione di base alla meteorologia e alla climatologia dovrebbe ragionevolmente rientrare nei programmi educativi delle scuole di ogni ordine e grado, dalle scuole elementari, a quelle secondarie di primo e secondo grado e alle università.

Nel caso della scuola primaria un approccio alla meteorologia e alla climatologia potrebbe aver luogo nell'ambito dell'insegnamento delle scienze o della geografia mentre nel caso della scuola secondaria di primo grado tali attività potrebbero ad esempio essere condotte nell'ambito dei vari corsi dedicati all'educazione tecnologica.

Più nello specifico, nella scuola primaria e in quella secondaria di primo grado potrebbe essere proposta la tenuta di un diario meteorologico, ove registrare non solo i fenomeni rilevanti ma anche le misure di pioggia effettuate con un pluviometro costruito in classe (figura 1) o quelle di temperatura ottenute con un termometro collocato in uno schermo antiradiazione sempre costruito in classe. A corollario di tali osservazioni e misure si potrebbero approntare le modalità di archiviazione e visualizzazione dai dati tramite foglio elettronico e discutere anche dei fenomeni atmosferici che più impressionano (temporali, grandine, trombe d'aria, foehn, neve, ecc.) o delle attività di previsione del tempo.

Nelle scuole secondarie di secondo grado sarebbe inoltre opportuno parlare di meteorologia, climatologia e cambiamento climatico approfondendo alcuni aspetti specifici nell'ambito ad esempio dei corsi di fisica o di geografia. Nel caso della scuola secondaria

infatti contiene una falsità enorme, in quanto la Terra – ad esempio – è stata di vari gradi più calda di oggi fra 8000 e 5000 anni fa, durante il grande optimum olocenico.



superiore si deve inoltre considerare il caso delle scuole direttamente connesse con il mondo del lavoro (ad es. scuole agrarie, scuole aeronautiche, scuole nautiche) per le quali la conoscenza di alcune specifiche aree di M&C è importante per scopi professionali immediati. Un quadro più generale e legato alle scienze naturali potrebbe risultare invece più utile per i licei.

Ovviamente perché un insegnante di scuola primaria o secondaria possa affrontare a ragion veduta le tematiche relative alla meteorologia, alla climatologia e al cambiamento climatico potrebbe rivelarsi in molti casi essenziale un'attività di formazione e/o aggiornamento riferita a tali materie.

Infine in ambito universitario risulterebbe molto utile poter sviluppare una didattica della meteorologia e della climatologia applicate alle discipline di profilo previste per i diversi corsi di laurea.

Un esempio per i corsi di laurea in discipline agronomiche

L'agricoltura è un'attività che si svolge per lo più a cielo aperto, per cui la conoscenza delle variabili atmosferiche e l'interpretazione e previsione delle ricadute produttive delle stesse costituisce una priorità assoluta. Riferendoci ad esempio al caso della vite si osservi che la produzione viticola si fonda sulla radiazione solare che, intercettata dalla chioma, fornisce energia al processo di fotosintesi, il quale utilizza anidride carbonica e acqua per produrre glucosio. Da quest'ultimo prende il via la vasta gamma di biosintesi che conduce alle molecole organiche che compongono foglie, fusti, radici e frutti. Dal canto suo la produzione lorda di sostanza organica derivante dalla fotosintesi subirà decurtazioni per effetto delle limitazioni termiche (la vite opera in un intervallo grossomodo



compreso fra 7 e 35°C, con un optimum sui 22-28°C, ma ognuna delle biosintesi sopra accennate ha propri intervalli termici specifici), di quelle idriche (la vite, grazie ad un apparato radicale profondo, è in grado di sfruttare con grande efficacia la riserva idrica dei suoli, il cui livello è frutto del bilancio fra apporti da precipitazioni e perdite evapotraspirative, perdite che a loro volta sono funzione di temperatura, umidità relativa, vento e radiazione), di quelle nutrizionali (azoto, fosforo, potassio, macroelementi secondari e microelementi) e infine di quelle da avversità biotiche² (insetti, funghi, acari, batteri, ecc.) e abiotiche (gelo, vento forte, ecc.).

In virtù di quanto sopra sommariamente descritto, la radiazione solare, la temperatura, la precipitazione, il vento e l'umidità relativa sono variabili guida essenziali, in grado di influire in modo relevantissimo sulla quantità e qualità della produzione viticola ed enologica. Da ciò la necessità primaria di misurare queste variabili per avere il "polso" del vigneto. Nessun panettiere si sognerebbe mai di cuocere il proprio pane senza conoscere la temperatura del forno; analogamente le misure meteorologiche dovrebbero essere viste come un supporto essenziale per le decisioni del produttore ed in particolare per le decisioni strategiche in grado di condizionare l'intera vita dell'impianto (scelta della varietà, della sistemazione del suolo, della forma di allevamento, ecc.) e per quelle tattiche da cui dipende la produzione di una particolare annata (concimazioni, trattamenti, diserbi, lavorazioni, potature, sfogliatura, diradamento grappoli, ecc.).

Alla luce di quanto sopra colpisce il fatto che dal 2008 i corsi

2 Si noti che le limitazioni nutrizionali e da avversità biotiche sono influenzate in modo determinante dalle variabili meteorologiche.



specifici di Agrometeorologia (di cui in tabella 1 si riporta uno schema di programma) non siano più tenuti nella maggior parte delle Università Italiane e che la materia – che, per inciso, è anche ufficialmente riconosciuta dall’Organizzazione Meteorologica Mondiale (World Meteorological Organization, 2010) – venga trattata solo sinteticamente nella parte iniziale del corso di Agronomia Generale da parte di docenti che il più delle volte non sono per nulla esperti di una disciplina che negli ultimi decenni ha vissuto un progresso relevantissimo come attesta ad esempio l’ambito della meteorologia previsionale operativa.

Come conclusione dalla vicenda sopra delineata, mi pare ragionevole affermare che la scomparsa dell’agrometeorologia dall’insegnamento universitario sia frutto dell’affermarsi di un’idea distorta di unitarietà disciplinare, idea che contrasta con la necessità pratica degli allievi di cogliere in modo sistemico i fenomeni meteorologici che accadono alle diverse scale e di disporre di un quadro di conoscenze aggiornate su tematiche di stretto interesse professionale.

Conclusioni

In conclusione la scuola primaria e secondaria inferiore dovrebbero favorire ad avviso di chi scrive la formazione di una cultura di base in M&C nel più vasto ambito delle scienze naturali mentre per le scuole secondarie superiori si potrebbero individuare priorità diverse a seconda delle tipologie di scuola. Infine l’università dovrebbe farsi carico di una formazione in meteorologia e climatologia che ponga i laureati in condizione di comprendere i meccanismi fondamentali del sistema climatico e di sfruttare appieno i nuovi strumenti di misura, analisi e previsione che la



tecnologia mette oggi a nostra disposizione. Ovviamente, se l'università non è in grado di far fronte a tale necessità, esiste sempre la possibilità di attivare Master specifici atti a coprire, per lo meno entro una certa misura, il gap di conoscenze cumulatosi lungo il percorso di studi.

Ringraziamenti

Ringrazio il professor Sergio Pinna, ordinario di Geografia all'Università di Pisa, per la revisione critica operata.

Bibliografia

Camuffo D. e Bartolin C., 2012. The earliest temperature observations in the world: The Medici Network (1654-1670), *Climatic Change* 111(2):335-363 · July 2012.

Galilei G., 1611. lettera di Galileo a Piero Dini del 21 maggio 1611, la 532 dell'Edizione Nazionale, righe 209-248.

Weyl Peter K., 1968. The Role of the Oceans in Climatic Change: A Theory of the Ice Ages. *Meteorological monographs*, 8: 37-62.

World Meteorological Organization, 2010. Guide to agrometeorological practices, Geneva (disponibile al sito http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/gamp/gamp_en.php).



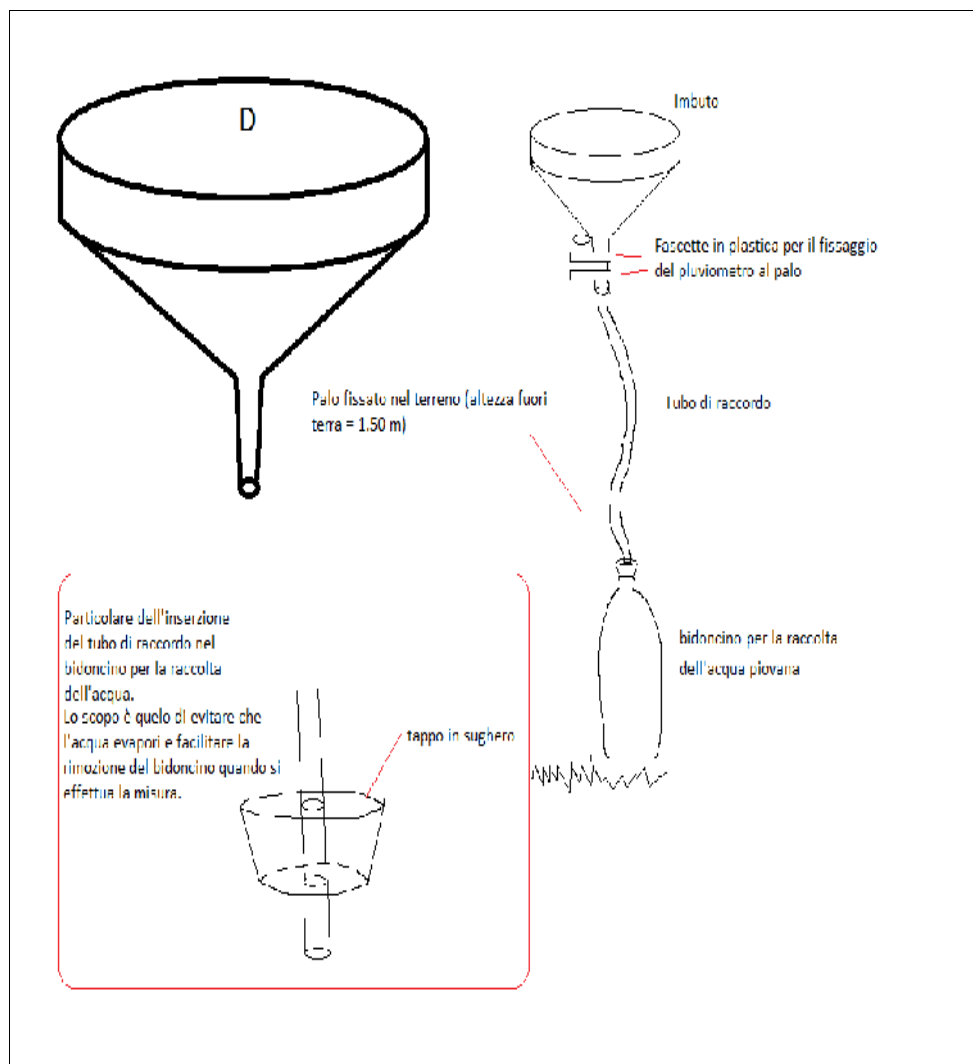


Figura 1 – Schema realizzativo di un pluviometro totalizzatore artigianale e che può essere facilmente costruito da chiunque.



Tabella – Programma di un corso universitario di agrometeorologia (4 crediti)

Parte 1 – Meteorologia e climatologia

Il sistema atmosferico: funzioni, struttura, fenomeni e relative scale, elementi di complessità e di indeterminatezza.

Circolazione generale: strutture meteorologiche sinottiche e a mesoscala delle medie latitudini; Cenni di meteorologia tropicale: monsoni, El Niño, cicloni tropicali.

Meteorologia previsionale: tipi di previsioni (nowcasting, breve e medio termine, lungo termine); attendibilità delle previsioni.

Esercizi di previsione meteorologica: interpretazione di mappe meteorologiche; previsione a breve e medio termine su un'area viticola a scelta

Il sistema climatico: caratteristiche del sistema, struttura e funzioni; elementi di complessità (feedback, ruolo dei sistemi nuvolosi, ruolo dei gas serra); classificazioni climatiche alle diverse scale.

Simulazione del sistema climatico con modelli matematici (EBM, GCM).

Parte 2 – Misure agrometeorologiche

Strumenti di misura meteorologica: tecnologie, principi di funzionamento, aspetti metrologici.

Esercitazione sull'uso degli strumenti: collocazione all'aperto di strumenti di misura, loro recupero dopo alcuni giorni e analisi dei dati acquisiti.

Parte 3 – micrometeorologia

Micrometeorologia: boundary layer e canopy layer, bilancio radiativo, bilancio energetico di superficie e variabili



meteorologiche associate.

Micrometeorologia: la turbolenza (caratteristiche e fenomeni associati)

Micrometeorologia: Metodi per la stima delle variabili meteorologiche all'interno del canopy layer..

Micrometeorologia: metodi di stima dell'evapotraspirazione da coltura di riferimento

Micrometeorologia: Gelate, nebbie, brezze; cenni di micrometeorologia urbana

Parte 4 – Geostatistica, GIS e modellistica

Geostatistica e sistemi informativi geografici applicati alle variabili atmosferiche e fenologiche: variabili atmosferiche come variabili regionalizzate; variabilità nello spazio e nel tempo; legami fra scale.

Geostatistica: esercizio di ricostruzione di campi di temperatura dell'aria, radiazione globale, PAR, precipitazione.

Geostatistica: esercizio di ricostruzione di campi di grandezze fenologiche della vite

Modelli di simulazione dinamica: applicazioni al bilancio idrico ed alla produzione delle colture

Modelli di bilancio idrico e di produzione a livello territoriale: recupero dati ed esecuzione del modello su dati pregressi e previsti. Esempio con il modello SIM_PP.

Analisi agroclimatica per scopi vocazionali: dal recupero dei dati all'analisi degli stessi alla stesura di una relazione climatica riferita a un dato territorio

