

Università degli Studi di Napoli Federico II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Tesi di Laurea Triennale in
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Le Tecniche di Downscaling nello Studio delle Interazioni tra i Cambiamenti Climatici e l'Attività delle Frane

Relatore

Prof. Paolo Budetta

Candidato

Ciro Nurcato

N49/466

Anno Accademico 2014-2015

INTRODUZIONE

Il presente elaborato è relativo allo stato delle conoscenze sulle tecniche di **Downscaling** utilizzate nello studio delle interazioni tra i cambiamenti climatici e l'attività delle frane future.

Passerò quindi in rassegna:

- I legami tra variabili climatiche e frane, con particolare riferimento alle piogge;
- Gli approcci allo studio delle relazioni fra piogge e frane;
- Le proiezioni climatiche a scale temporali differenti;
- La struttura e l'utilizzo dei «*General Circulation Models*» (GCMs)
- Le tipologie di ridimensionamento (*downscaling*) climatico:
- Le metodiche più utilizzate (Downscaling dinamico, statistico, metodi misti)
- Conclusioni

LEGAMI TRA CAMBIAMENTI CLIMATICI E FRANE: APPROCCI METODOLOGICI

- **Monitoraggi a lungo termine** dei cambiamenti di alcune variabili climatiche e relativa risposta geomorfologica nei siti di studio;
- **Approcci “retrospettivi”**: stima dei possibili collegamenti tra il clima del passato e l’innesco delle frane;
- **Approcci “prospettici”**: basati su dati osservazionali pluriennali e proiezioni climatiche elaborate da GCMs ed adattate, a scala locale, con tecniche di downscaling.

DEFINIZIONI [1]

- **PERICOLOSITA' (hazard)**

probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo si verifichi in un dato periodo di tempo ed in una data area (IAEG, 1984)

o anche

probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo di determinata intensità si verifichi in un dato periodo di tempo ed in una data area (Canuti & Casagli, 1996)

$$H = f(I;F)$$

H=pericolosità; I=intensità del fenomeno; F=frequenza di accadimento

- **RISCHIO**

probabilità di conseguenze sfavorevoli sulla salute, sulle proprietà e sulla società, derivanti dall'esposizione ad un fenomeno pericoloso (hazard) di un certo tipo e di una data intensità, in un certo lasso di tempo ed in una data area (Smith, 2004)

DEFINIZIONI [2]

Per le frane distinguiamo:

- ❑ **RISCHIO SPECIFICO:** *grado di perdita attesa quale conseguenza di un particolare fenomeno franoso di una data intensità (Canuti e Casagli, 1996);*

$$RS = H \cdot ES \cdot V = Pi \cdot V$$

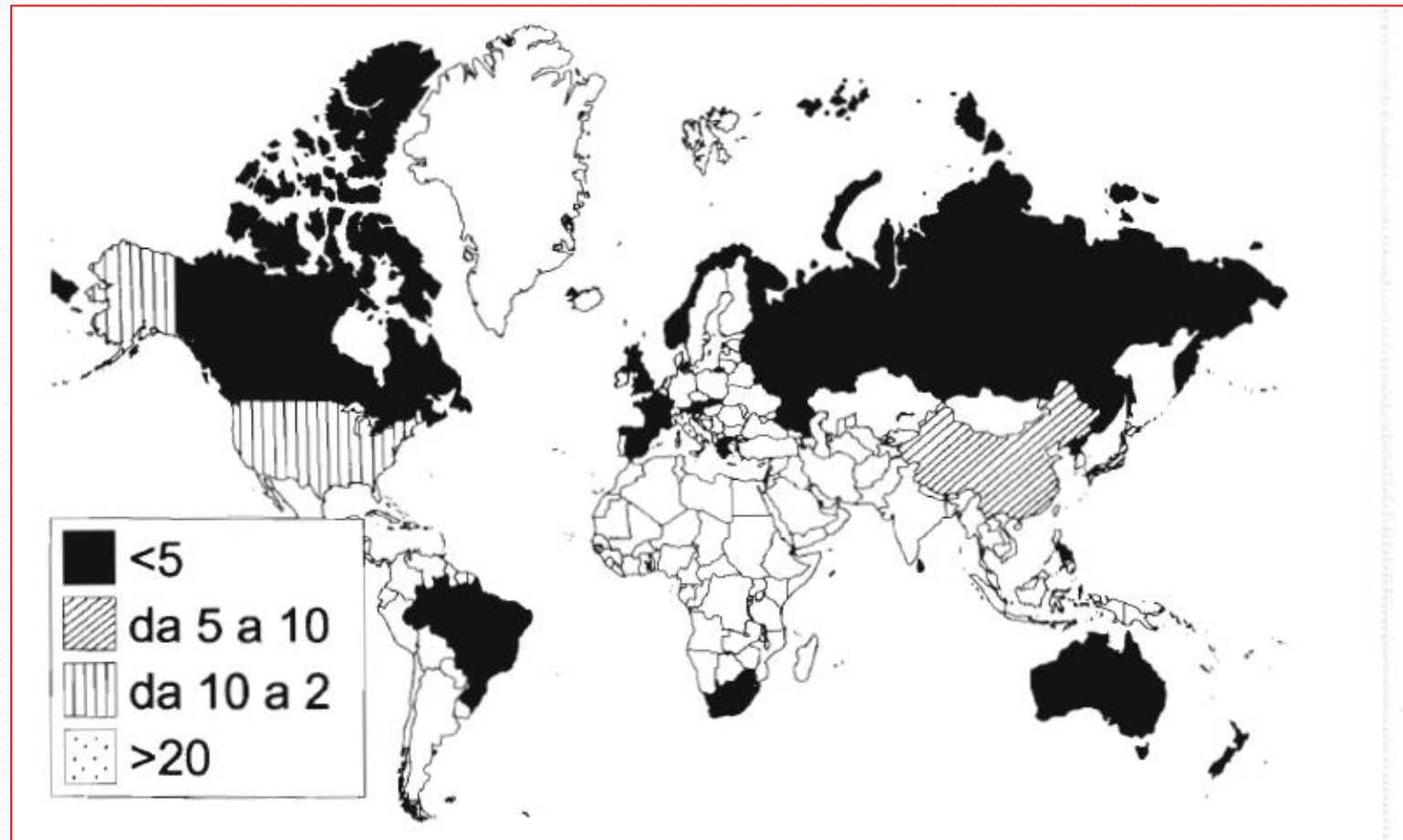
ove RS=rischio specifico; H=pericolosità; ES=esposizione al rischio;
V=vulnerabilità; Pi=probabilità d'impatto

- ❑ **RISCHIO TOTALE:** *valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alle proprietà e delle interruzioni delle attività economiche dovuti ad una certa frana*

$$R = RS \cdot W = Pi \cdot WL$$

ove R=rischio totale; W=valore degli elementi a rischio;
WL=danno potenziale

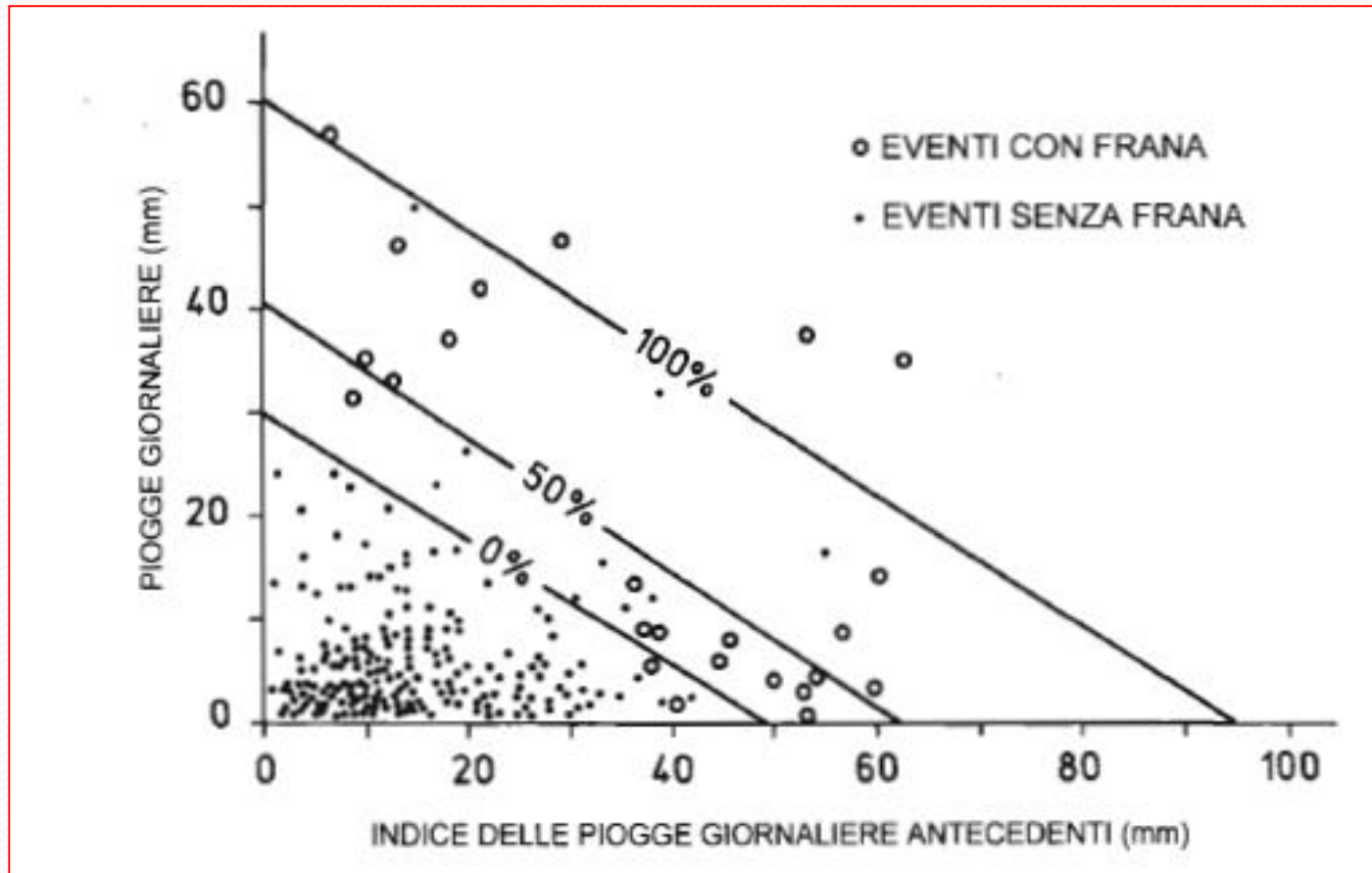
APPROCCIO SINTETICO BASATO SU UN'ANALISI STATISTICA A SCALA GLOBALE



FIP: DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA DEI LAVORI ANALIZZATI

(da: Polemio e Petrucci, 2001)

SOGLIE D'INNESCO PLUVIOMETRICHE



**CORRELAZIONE TRA EVENTI FRANOSI INNESECATI O
NON INNESECATI E DATI PLUVIOMETRICI**

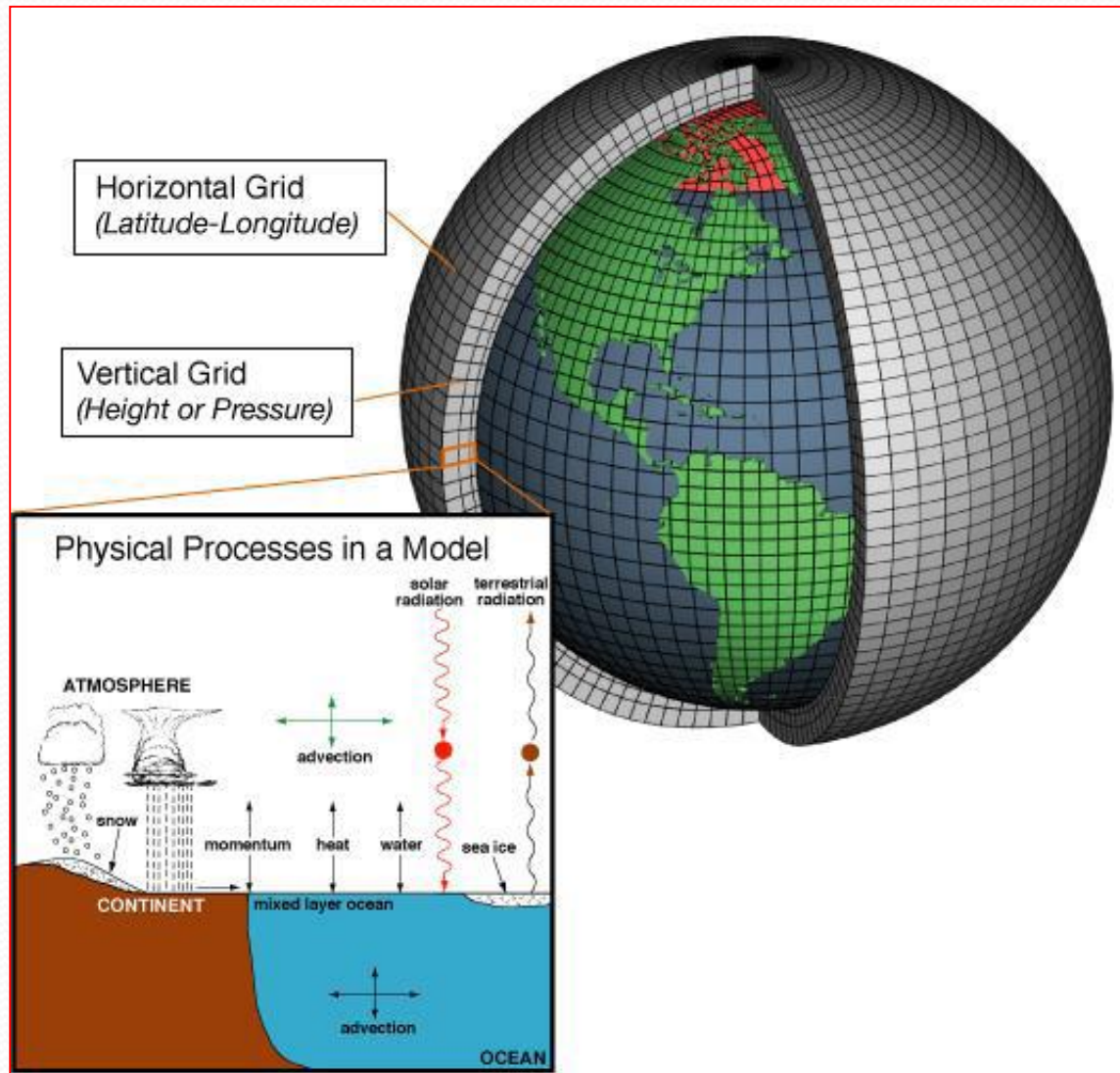
LE PROIEZIONI CLIMATICHE A SCALE TEMPORALI DIFFERENTI

Approccio prospettico:

vengono utilizzati i *General Circulation Models – GCMs* i quali permettono di rappresentare matematicamente vari processi fisici dei sistemi climatici a scala globale. Ovvero simulano il clima della Terra attraverso equazioni matematiche che descrivono processi atmosferici, oceanici, ed interazioni biotiche.

Le informazioni vengono poi utilizzate per simulare il clima attuale e prevedere quello futuro (con proiezioni alla fine del secolo).

I GENERAL CIRCULATION MODELS (GCMs)



(da Trzaska et al., 2014)

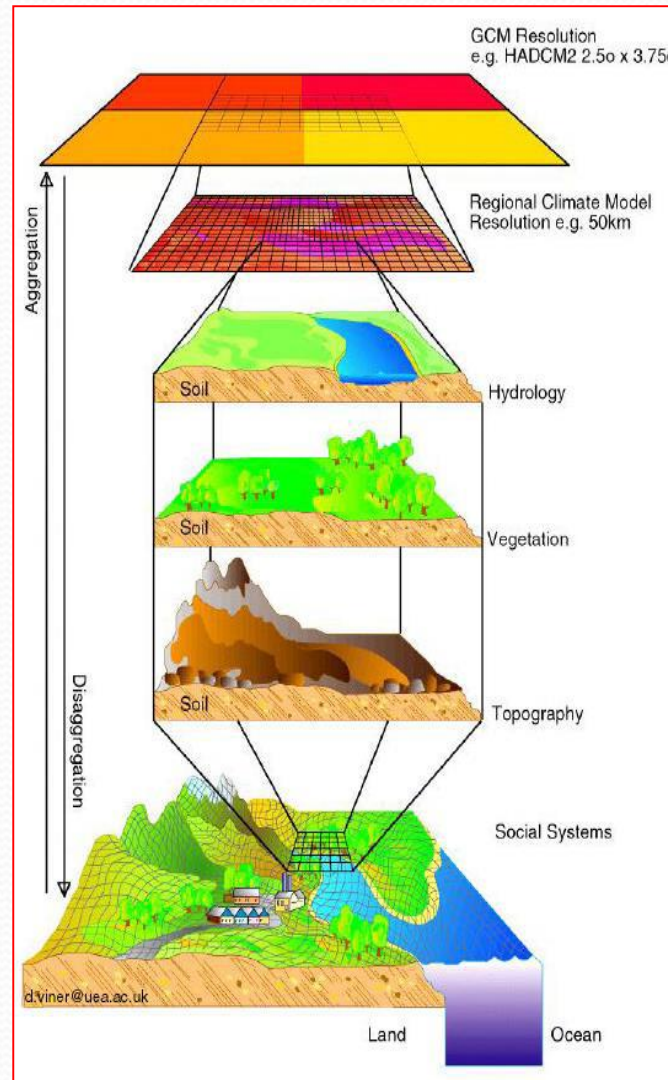
IL DOWNSCALING (processo di ridimensionamento)

I GCMs forniscono stime che valgono su scala globale o continentale e per lunghi periodi e quindi non consentono di apprezzare l'eterogeneità dei cambiamenti climatici.

Le peculiarità della superficie terrestre inducono alterazioni nei valori riscontrati in precedenza e che possono essere colte solo ad una scala inferiore di quella utilizzata dai GCMs: per questi motivi si ricorre al **DOWNSCALING**.

Quest'ultimo peraltro aggiunge informazioni dettagliate all'output del GCM e può essere eseguito sia a scala spaziale che a scala temporale

PROCESSO SCHEMATICO DEL DOWNSCALING SPAZIALE

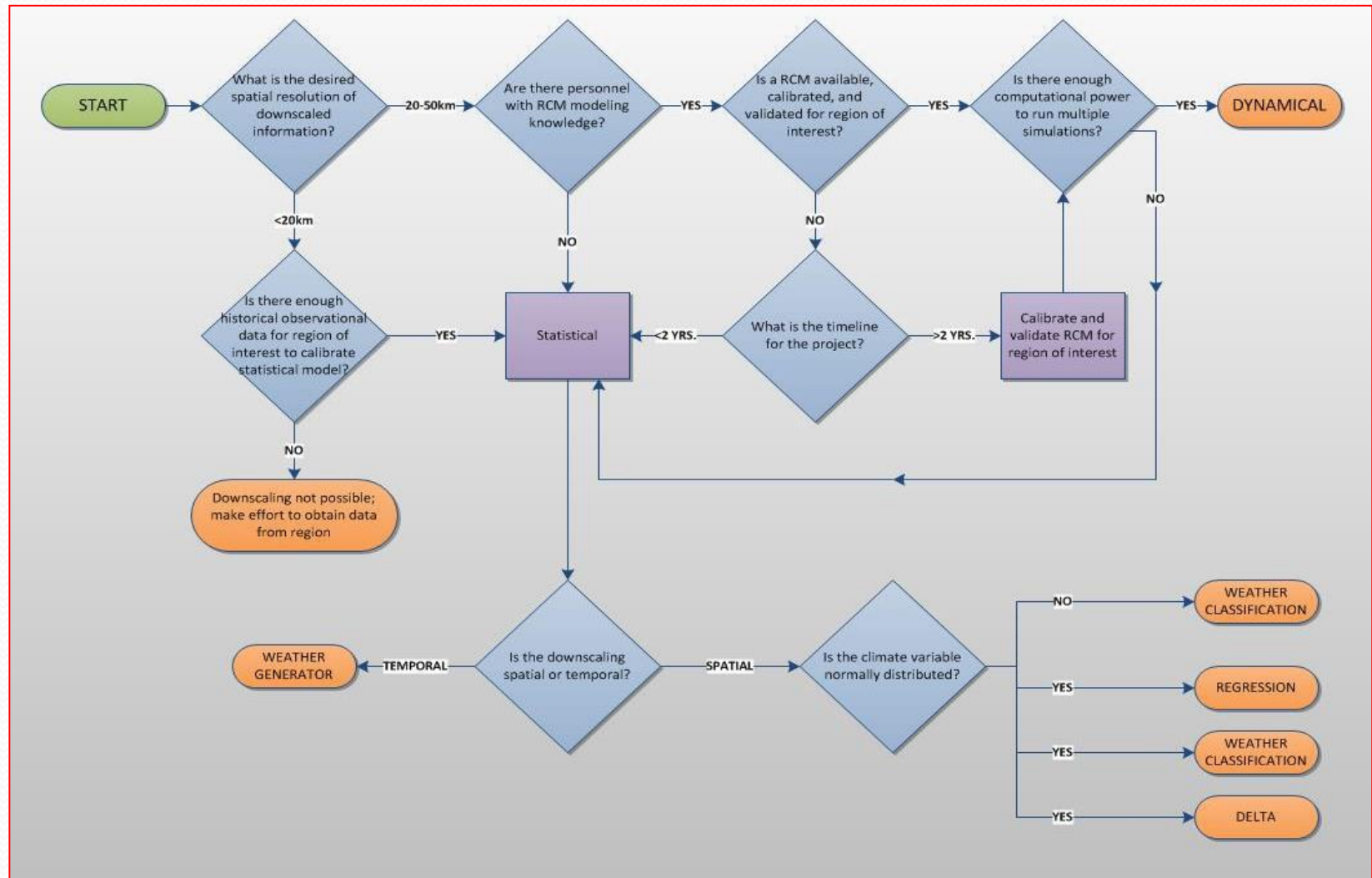


(da Trzaska et al., 2014)

TIPOLOGIE DI DOWNSCALING

- **Downscaling “dinamico”**: basato sul *Regional Climate Model* (RCM), modello simile al GCM ma con risoluzione maggiore;
- **Downscaling “statistico”**: stabilisce relazioni empiriche tra variabili climatiche atmosferiche e/o locali, attuali e/o storiche; una volta trovate e verificate queste relazioni si utilizzano i GCM per generare previsioni sulla variazione del clima locale. Il tutto è basato sul presupposto che le relazioni empiriche non cambino in futuro;
- Downscaling combinato **“dinamico-statistico”** (output del GCM ridotto con un RCM ed ancora ridotto con equazioni statistiche) o **“statistico-dinamico”** (filtra con approccio statistico l’output del GCM che viene successivamente utilizzato nelle simulazioni RCM)

ALBERO DELLE DECISIONI



(da Trzaska et al., 2014)

IL DOWNSCALING DINAMICO

❑ Riutilizzo dell'output del GCM (ad es. pressione atmosferica al suolo, vento, temperatura, umidità) attraverso un RCM, con imputazione di equazioni e dati locali specifici, al fine di simulare il clima su scala regionale.

❑ Limiti dei RCMs: ingenti quantità di informazioni da inserire, gran numero di calcoli da sviluppare, tempi di sviluppo dilatati

❑ Progetti per la valutazione dei cambiamenti climatici:

- PRUDENCE
- ENSEMBLES
- CLARIS
- NARRCCAP
- CORDEX
- AMMA
- STARDEX

IL DOWNSCALING STATISTICO

- ❑ Permette di trovare relazioni empiriche tra caratteristiche climatiche locali e caratteristiche atmosferiche su larga scala sfruttando dati storici
- ❑ Pregi: computazionalmente poco costosi rispetto ai RCMs
- ❑ Il rapporto tra predittore e predittando è subordinato ad una serie di fattori tra i quali la “stazionarietà” della relazione statistica intercorrente tra loro
- ❑ Metodi per il downscaling statistico:
 - METODI LINEARI (delta, regressione lineare semplice o multipla, metodi spazio-temporali)
 - CLASSIFICAZIONI METEOROLOGICHE (metodo dell’analogo, analisi per gruppi, reti neurali artificiali AAN, mappa autorganizzante SOM)
 - GENERATORI METEO (Lars-WG, MarkSim GCM, NHNM)

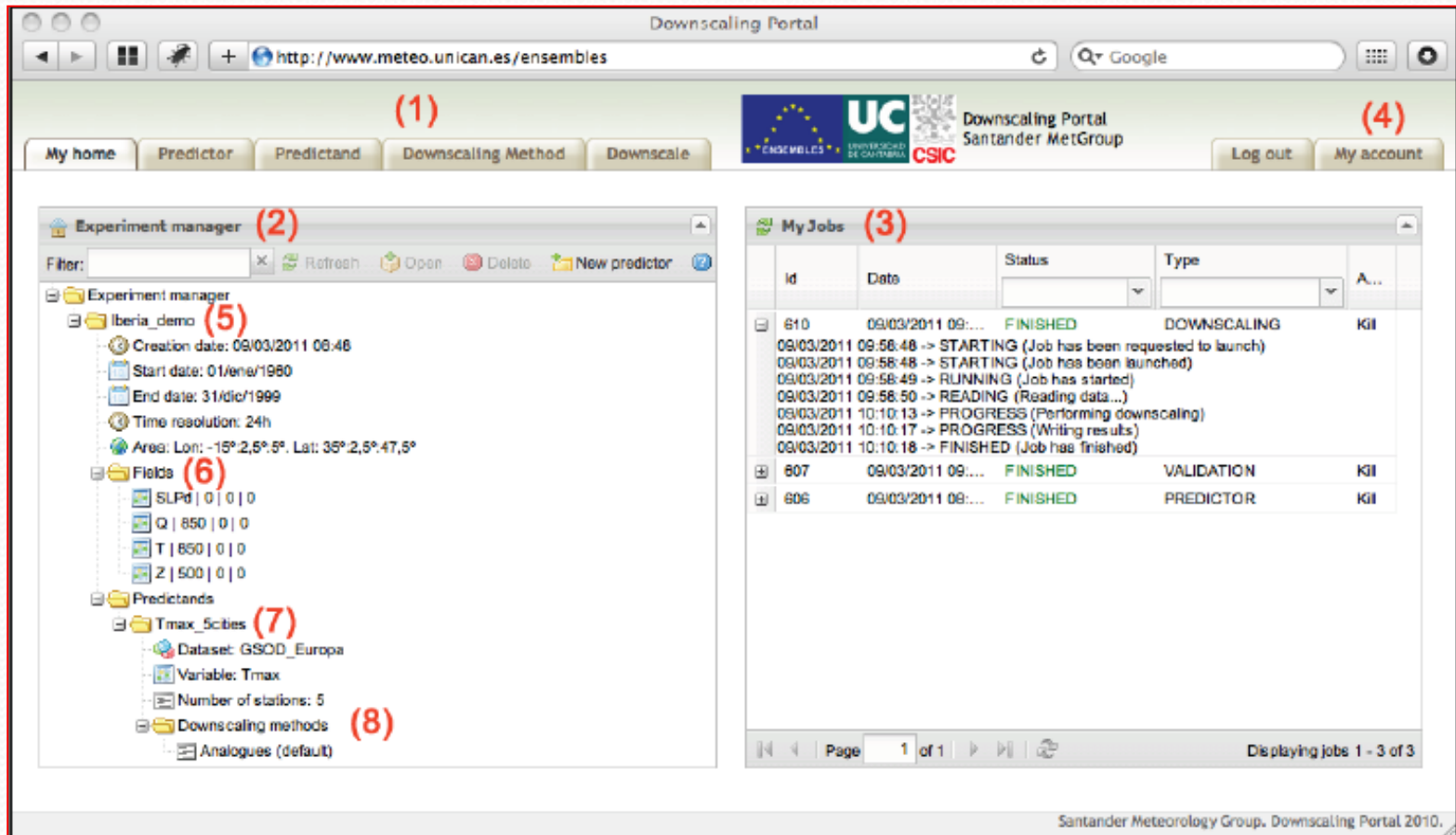
METODI MISTI DI DOWNSCALING

- Utilizzo in modo sequenziale di più metodi (ad es. per ottenere precipitazioni giornaliere localizzate può essere applicato prima un downscaling spaziale, poi un generatore meteo)
- Vengono coinvolti sia downscaling spaziali che temporali
- Alcuni metodi utilizzati:
 - BCSD (Bias-corrected disaggregation)
 - SDSM (Statistical Downscaling Model)

DOWNSCALING DINAMICO

IL PROGETTO ENSEMBLES (2004 – 2009) [1]

Sviluppato dal *Santander Meteorology Group* (<http://www.meteo.unican.es>) con l'assistenza tecnica di *Predictia* (<http://www.predictia.es>) nell'ambito delle attività finanziate dall'Unione Europea



The screenshot displays the 'Downscaling Portal' web application. The browser address bar shows the URL <http://www.meteo.unican.es/ensembles>. The page features a navigation bar with tabs: 'My home', 'Predictor', 'Predictand', 'Downscaling Method', and 'Downscale'. The main content area is divided into two panels. The left panel, titled 'Experiment manager', shows a tree view of experiments. The right panel, titled 'My Jobs', displays a table of job execution details.

(1) Navigation tabs: My home, Predictor, Predictand, Downscaling Method, Downscale.

(2) Experiment manager panel header.

(3) My Jobs panel header.

(4) Log out, My account buttons.

(5) Experiment manager tree view showing 'Iberia_demo' experiment details:

- Creation date: 09/03/2011 09:48
- Start date: 01/ene/1980
- End date: 31/dic/1999
- Time resolution: 24h
- Area: Lon: -15° 2,5° 5°, Lat: 35° 2,5° 47,5°

(6) Fields section showing variables: SLPd, Q, T, Z.

(7) Predictands section showing 'Tmax_Scires' dataset details:

- Dataset: GSOD_Europa
- Variable: Tmax
- Number of stations: 5

(8) Downscaling methods section showing 'Analogues (default)'.

My Jobs Table:

Id	Date	Status	Type	A...
610	09/03/2011 09:...	FINISHED	DOWNSCALING	Kil
09/03/2011 09:58:48 -> STARTING (Job has been requested to launch) 09/03/2011 09:58:48 -> STARTING (Job has been launched) 09/03/2011 09:58:49 -> RUNNING (Job has started) 09/03/2011 09:58:50 -> READING (Reading data...) 09/03/2011 10:10:13 -> PROGRESS (Performing downscaling) 09/03/2011 10:10:17 -> PROGRESS (Writing results) 09/03/2011 10:10:18 -> FINISHED (Job has finished)				
607	09/03/2011 09:...	FINISHED	VALIDATION	Kil
606	09/03/2011 08:...	FINISHED	PREDICTOR	Kil

Page 1 of 1. Displaying jobs 1 - 3 of 3.

Santander Meteorology Group. Downscaling Portal 2010.

DOWNSCALING DINAMICO: ENSEMBLES [2]

Downscaling Portal

http://www.meteo.unican.es/ensembles

Log out My account

Jobs info

Reanalysis: ERA40 Global (4)

Start date: 01/01/1960 End date: 31/12/1999

Longitude: -15 to 5 Latitude: 35 to 47.5 Resolution: 2.5 / 2.5

Add fields to the predictor: (6)

U 0 0
V
Q
RV_UV
SLPd
2T

Var-Level-Time (UTC)

SLPd - 0 - 0
Q - 850 - 0
T - 850 - 0
Z - 500 - 0

Compatible GCMs: (7)

BCM2 true
CNCM3 true
HADGEM2 true
MPEH5 true

Predictor name: Iberia_demo (8)

Create new Predictor

(5)

Map showing the Iberian Peninsula and surrounding regions, with a grid overlay indicating the spatial domain of the downscaling model.

Se ha producido un error al abrir la página. Para más detalles, seleccione Ventana > Actividad.

DOWNSCALING DINAMICO: ENSEMBLES [3]

Downscaling Portal

http://meteo.unican.es/ensembles

My home Predictor Predictand Downscaling Method Downscale Log out My account

View Create Jobs info

Zone: Iberia_demo (1)

Dataset: GSOD_Europa (2) info Variable: Maximum daily temperature (3)

(4)

(5)

Predictand details

Selected stations: 5 (+ info)

☐ Show station names

Stations info

Name	Height	Longitude	Latitude
SANTANDER/PARAYAS	9	-3.817	43.433
NAVACERRADA	1888	-4.017	40.783
MADRID/BARAJAS RS	582	-3.55	40.45
CORDOBA/AEROPUERTO	92	-4.85	37.85
PALMA DE MALLORCA	6	2.817	39.55

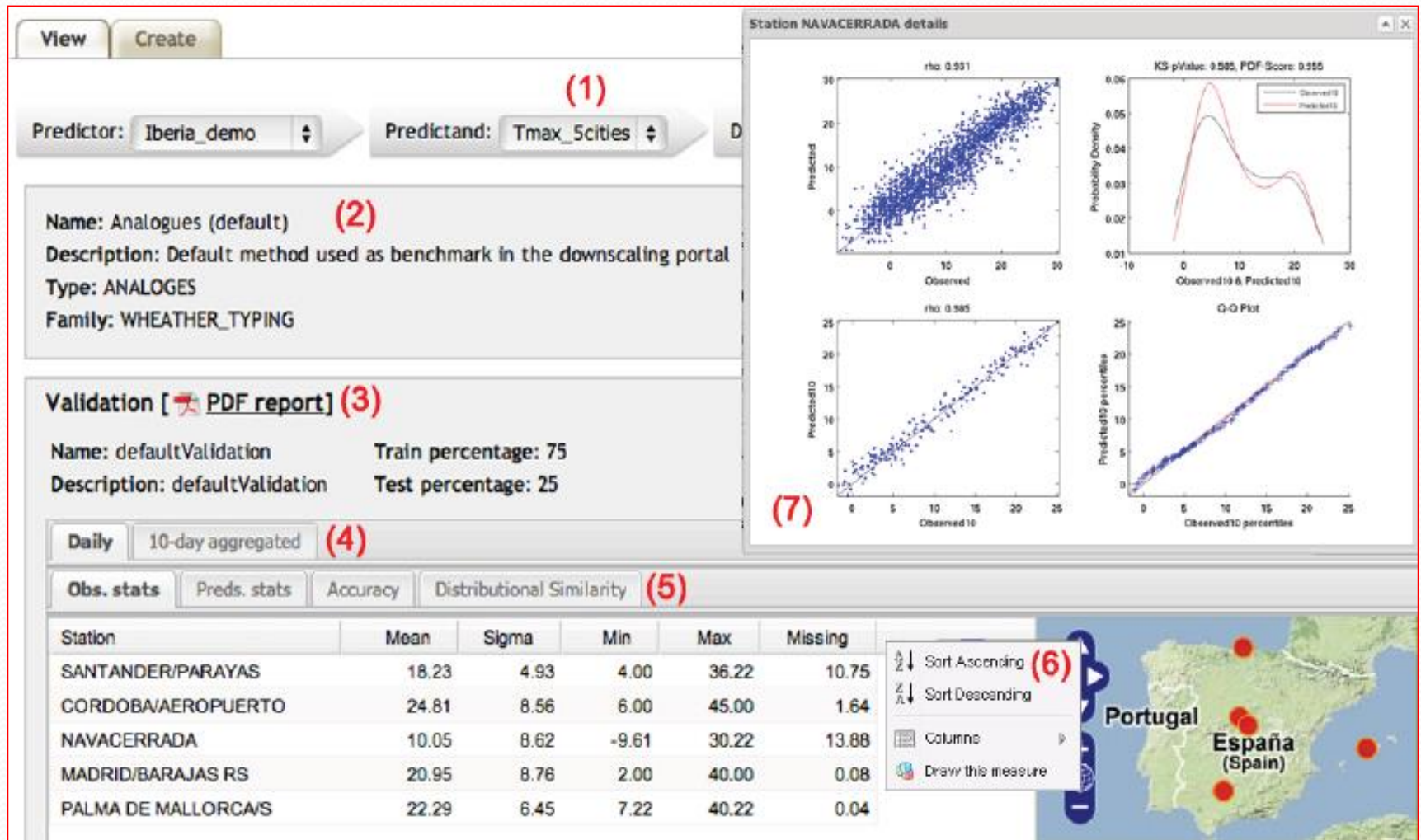
(6)

(7)

Create default Downscaling Method

Predictand Name: Tmax_Scities (8) Create new Predictand

DOWNSCALING DINAMICO: ENSEMBLES [4]



DOWNSCALING DINAMICO: ENSEMBLES [5]

Downscaling Portal

https://www.meteo.unican.es/ensembles

Resampling S...s in Matlab http://dipos...z-nieto.pdf http://www.../13648152 ScienceDire...ief network ScienceDire...n Swaziland Accuracy of ...tes of truth

My home Predictor Predictand Downscaling Method Downscale

Climate Change Seasonal Hindcast

View Create (1)

Predictor: Iberia_demo Predictand: Tmax_5cities Downscaling method: Analogues (default) Scenario: A1B (2)

	BCM2	CNRM3 (3)	HADGEM2	MPEH5
2001 - 2010	☐	☐	☐	☐
2011 - 2020	☐	☐	☐	☐
2021 - 2030	☐	☐	☐	☐
2031 - 2040	☐	☐	☐	☐
2041 - 2050 (4)	☐	☐	☐	☐
2051 - 2060	☐	☐	☐	☐
2061 - 2070	☐	☐	☐	☐
2071 - 2080	☐	☐	☐	☐
2081 - 2090	☐	☐	☐	☐
2091 - 2100	☐	☐	☐	☒ (5)

Run selected downscalings (6)

Developed by: predictia

Santander Meteorology Group. Downscaling Portal 2011.

I DIVERSI APPROCCI AL DOWNSCALING

SCHEMA RIASSUNTIVO [1]

	Downscaling dinamico	Downscaling statistico
Fornisce	• Informazioni su griglie con scale di 20-50 Km • Serie temporali giornaliere • Serie temporali mensili • Scenari per eventi estremi • Informazioni presso siti senza dati raccolti con osservazioni	• Qualsiasi scala disponibile • Serie temporali giornaliere (solo alcuni metodi) • Serie temporali mensili • Scenari per eventi estremi (solo alcuni metodi) • Scenari per qualsiasi variabile costantemente osservata
Richiede	• Molte risorse computazionali e competenze • Grande quantità di dati input • Simulazioni GCM affidabili	• Non elevate quantità di risorse computazionali • Non elevate quantità di dati input • Quantità sufficiente di dati osservativi di buona qualità • Simulazioni GCM affidabili
Applicazioni	• Valutazioni a livello regionale o nazionale con il sostegno delle risorse e del governo • Piani di applicazione futuri in vari campi sviluppati da agenzie governative • Studi di impatto che coinvolgono diverse aree geografiche	• I generatori meteo sono molto usati per la gestione delle colture, delle acque e per altre risorse naturali • Il metodo delta o il metodo del fattore di cambio possono essere usati per la maggior parte delle attività di adattamento

I DIVERSI APPROCCI AL DOWNSCALING

SCHEMA RIASSUNTIVO [2]

	Downscaling dinamico	Downscaling statistico
Vantaggi	• Basato su meccanismi fisici • Risolve problemi superficiali e atmosferici a scale inferiori di quelle fornite dai GCMs • Non è vincolato a dati storici così che è più facile generare possano essere simulati nuovi scenari • Gli esperimenti che usano gli RCMs permettono un'analisi delle incertezze	• Poco computazionale e molto efficiente • I metodi possono essere semplici o difficili da elaborare e sono abbastanza flessibili per adattarsi a scopi specifici • Lo stesso metodo può essere usato per più regioni geografiche • Simulazioni GCM affidabili • Si basa sulle osservazioni climatiche per lo sviluppo delle previsioni future • I tools possono essere usati liberamente da tutti e sono facilmente utilizzabili ed interpretabili
Svantaggi	• Molto computazionale • A causa dei molti calcoli, gli RCMs sono guidati da uno/due GCMs • Per alcune parti del globo ci sono pochi RCMs disponibili • Può richiedere ulteriori Downscaling e ciò genera ulteriori incertezze • I risultati derivano da più RCMs che non forniscono dati coerenti • Si ereditano gli errori dai GCMs che guidano gli RCMs	• Per alcune aree potrebbero non essere disponibili dati ad alta qualità • L'ipotesi di stazionarietà, cioè il presupposto che la relazione trovata tra scala locale e grande scala resti invariata nel tempo • I metodi più semplici potrebbero fornire solo dati a risoluzione mensile

CONCLUSIONI

- I processi di downscaling sono stati sviluppati per fornire agli organi decisionali un'adeguata quantità e qualità di informazioni affinché possano scegliere le opportune contromisure per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici
 - La scelta del metodo più appropriato dipende dalle esigenze dell'utente in quanto gli obiettivi e le risorse di ogni studio sono **unici**.
- RACCOMANDAZIONI FINALI
 - Collaborare con esperti del settore climatico
 - Diffidare dalle mappe ad alta risoluzione già approntate
 - Ricordare che i risultati devono essere intesi come indicatori di potenziali cambiamenti e impatti
 - Valutare la necessità di applicare o meno il downscaling ai risultati dei GCMs
 - Verificare l'adeguatezza della scala delle proiezioni
 - Includere una valutazione sull'incertezza utilizzando output da vari GCMs

